INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

THAISA KELLY DA SILVA LIRA

A QUALIDADE DA ÁGUA EM RIACHOS DO COMPLEXO ESTUARINO LAGUNAR MUNDAÚ-MANGUABA – CELMM

Marechal Deodoro
2019

THAISA KELLY DA SILVA LIRA

A QUALIDADE DA ÁGUA EM RIACHOS DO COMPLEXO ESTUARINO LAGUNAR MUNDAÚ-MANGUABA – CELMM

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais (Modalidade Mestrado Profissional) como requisito para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Renato de Mei Romero

Marechal Deodoro

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
***Campus* Marechal Deodoro**
Biblioteca Lúcio Soley Lomônaco

L768q

Lira, Thaisa Kelly da Silva.

A qualidade da água em riachos do complexo estuarino lagunar Mundaú-Manguaba - CELMM / Thaisa Kelly da Silva Lira. – 2019.

90 f. : il., col.

1 CD-ROM : 6.41 megabytes (PDF) ; 4 ¾ pol. ; caixa acrílica (12,5 cm x 14 cm).

Inclui figuras e tabelas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Marechal Deodoro, Marechal Deodoro, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Renato de Mei Romero.

1. Recursos hidrícos. 2. Monitoramento ambiental. 3. Avaliação química. I. Título. II. Romero, Renato de.

CDD: 600

Maria Jôse Nascimento Leite Machado
Bibliotecária – CRB-4/2125

THAISA KELLY DA SILVA LIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais (Modalidade Mestrado Profissional) como requisito para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias Ambientais.

Aprovado em 04 de setembro de 2019.

Orientador:

Prof. Dr. Renato de Mei Romero – IFAL / Campus Marechal Deodoro

Banca examinadora:

Prof. Dr. Johnnatan Duarte Ferreira – IFAL / Campus Maceió

Prof.ª Dr.ª Michely Inêz Prado de Camargo Libos – IFAL / Campus Marechal Deodoro

Prof. Dr. Carlos Ruberto Fragoso Júnior – UFAL / A.C. Simões

Marechal Deodoro, AL

2019

*Dedico essa dissertação ao **meus pais**, pelo apoio incondicional em minha caminhada.*
***Mãe**, obrigada por me presentear com sua fé inabalável.*

*Aos meus filhos, **Vinícius Emanuel e Maria Cecília**, por esse amor que me cuida, me ensina e me faz existir.*

*A minha irmã **Verônica Menezes**, presente de Deus, obrigada por todos os ensinamentos.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de iniciar os meus agradecimentos, agradecendo à Deus, por sua presença constante em minha vida. Obrigada pelo acordar de um novo dia todos os dias.

A meus pais, Manuel e Aparecida, meu infinito agradecimento. Sempre acreditaram em minha capacidade e me acharam A MELHOR de todas, mesmo não sendo. Isso só me fortaleceu e me fez tentar não ser A MELHOR, mas a fazer o melhor de mim. Obrigada pelo amor incondicional.

Aos meus filhos Vinícius e Cecilia, obrigada pela paciência, por todas as vezes que vocês quiseram brincar e a mamãe não pode. Amor incondicional de uma força inexplicável.

A meus irmãos, Tassiana, Thainy e Thony, pois, a seu modo, sempre se orgulharam de mim e confiaram em meu trabalho, esse trabalho tem um pouquinho de cada vocês. Obrigada pela confiança. Em especial, meu agradecimento ao meu irmão, filho, tio, amigo, companheiro Thacyo, obrigada por toda dedicação a mim e a meus filhos, sem você eu não conseguiria.

A minha mãe de adoção, Rosele, por sempre acreditar em mim e sempre estar disposta a me ajudar em meus sonhos, por mais loucos e distantes que sejam.

Aos meus tios Cleôncio e Cidinha, obrigada por sempre estar juntinho, acompanhar e comemorar todo meu crescimento.

Ao Prof. Dr. Renato Romero, por acreditar em meu potencial de uma forma que eu não acreditava ser capaz de corresponder. Sempre disponível e disposto a ajudar, querendo que eu aproveitasse cada segundo dentro do mestrado para absorver algum tipo de conhecimento. Me fez enxergar que existe mais que pesquisadores e resultados por trás de uma dissertação, mas vidas humanas. Você não foi somente orientador, mas, em alguns momentos, inspiração, conselheiro e amigo. Obrigada por acreditar em mim.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Johnnatan Duarte, por acreditar em meu potencial, Prof. Dr(a). Michely Libos, pela gentileza que sempre me atendeu, ao Prof. Dr.

Carlos Ruberto, agradeço pelas conversas breves, porém importantíssimas e pela disponibilidade de todas as vezes em que procurei. Agradeço que tão gentilmente aceitaram participar e colaborar com esta dissertação.

A meus amigos do mestrado, pelos momentos divididos juntos, especialmente aos companheiros, Ismar, Renato, Chico, Katty, e Geosomina que se tornaram verdadeiras amigos e tornaram mais leve esse trabalho. Obrigada por dividir comigo as angústias e alegrias e ouvirem minhas bobagens. Foi bom poder contar com vocês.

Ao amigo Pedro Henrique, pelas inúmeras caronas, conselhos, 0,50 centavos de músicas e companheirismo.

À Qualitex Engenharia e Serviços, pela disponibilidade de ambiente e maquinário para realização da minha pesquisa, assim como todo o tempo disponibilizado para que eu conseguisse desenvolver a mesma. Meus agradecimentos, espero poder retribuir toda ajuda.

Por fim, a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta dissertação, o meu sincero agradecimento.

“Quanto a você, siga o seu caminho até o fim. Você descansará, e então, no final dos dias, você se levantará para receber a herança que lhe cabe”.

Daniel 12:13.

LIRA, Thaisa Kelly da Silva. A qualidade da água em riachos do complexo estuarino lagunar Mundaú-Manguaba – CELMM. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Tecnologias Ambientais) Campus Marechal Deodoro, Instituto Federal de Alagoas, Marechal Deodoro, 2019.

RESUMO

A pesquisa se dedica a avaliar aspectos relacionados a qualidade da água em riachos com diferentes uso e ocupação de solo em uma zona metropolitana de Alagoas. Com este intuito, foram realizadas amostragens de água na região do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú Manguaba (CELMM) e submetidas a aferição de 23 variáveis físicas, químicas e biológicas. Em posse dessas avaliações, foi possível realizar uma proposta de enquadramento dos riachos aos padrões estabelecido pela resolução CONAMA Nº357/2005 para corpos d'água doces (classes: I, II, III e IV). Posteriormente foi calculado e aplicado o Índice de Qualidade da Água (IQA), conforme CETESB, para cada riacho amostrado. Em conjunto as estas avaliações, um exame comparativo entre as áreas de riachos de mata preservada, riachos com interferência agrícola e riachos submetidos a um contexto urbano, foi realizado buscando identificar possíveis interferências nestes sistemas naturais. A utilização do IQA apontou que as águas dos riachos amostrados apresentaram condições que variaram de 39 a 83, enquadrando-os em intervalos de classificação como "Boa" a "Ruim". Tendo como parâmetros críticos o potencial hidrogeniônico – pH e Coliformes termotolerantes, que na maioria das vezes ultrapassaram os valores permitidos pela Resolução CONAMA Nº 357/2005. A inclusão de parâmetros como Temperatura, Nitrogênio Total, Condutividade, Óleos e Graxas Demanda Química de Oxigênio – DQO, Dureza total, Salinidade, Nitrato (Como N), Cloretos (Cl-), Sulfato Total, Alcalinidade Total, Sólidos Dissolvido Total, clorofila a, Mercúrio, Alumínio dissolvido, Ferro dissolvido podem indicar de forma mais precisa os possíveis impactos causados ações antrópicas que interceptam os corpos hídricos desta região. As fontes de poluição que se verificam na bacia contribuinte concentram-se nas atividades de drenagem urbana com despejo irregular de esgoto, pesqueiro, cultivares diversos, criação de bovinos e suínos, atividade frigorífica, balneários, captação de água para abastecimento e irrigação e pequenos fragmentos de floresta em estágio de regeneração. Os resultados permitiram concluir que as atividades antrópicas presentes estão contribuindo para a degradação e redução da qualidade de suas águas superficiais, incluindo em áreas preservadas, onde se esperava o contrário. Por isso, toma-se importante o monitoramento qualitativo e constante dos recursos hídricos, visando atender requisitos legais quanto a preservação dos recursos e seus usos previstos.

Palavras-chave: Recursos Hídricos. Monitoramento Ambiental. Avaliação química.

LIRA, Thaisa Kelly da Silva. Water quality in the streams of the Mundaú-Manguaba lagoon estuarine complex - MMELCS. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Campus Marechal Deodoro, Instituto Federal de Alagoas, Marechal Deodoro, 2019.

ABSTRACT

The research is dedicated to evaluate aspects related to water quality in streams with different land use and occupation in a metropolitan area of Alagoas. Water samples were taken in the region of the Mundaú Manguaba Estuarine Lagunar Complex System (MMELCS) and submitted to the measurement of 23 physical, chemical and biological variables. In possession of these assessments, it was possible to make a proposal of framing the streams to the standards established by CONAMA Resolution No. 357/2005 for freshwater bodies (classes: I, II, III and IV). Subsequently, the Water Quality Index (IQA), according to CETESB, was calculated and applied to each stream sampled. Together with these evaluations, a comparative examination between the areas of preserved forest streams, agricultural interference streams and those with an urban context, was conducted to identify possible interferences in these natural systems. The use of the IQA pointed out that the waters of the sampled streams presented conditions that varied from 39 to 83, fitting them in the classification ranges as “Good” to “Bad”. Having as critical parameters the hydrogen potential - pH and thermotolerant coliforms, which in most cases exceeded the values allowed by CONAMA Resolution No. 357. The inclusion of parameters such as Temperature, Total Nitrogen, Conductivity, Oils and Greases, Chemical Oxygen Demand - COD, Total hardness, Salinity, Nitrate (N), Chlorides (Cl-), Total Sulphate, Total Alkalinity, Total Dissolved Solids, Chlorophyll a, Mercury, Dissolved Aluminum, Dissolved Iron may more accurately indicate the possible impacts caused by anthropogenic actions that intercept the water bodies of this region. The sources of pollution found in the contributing basin are concentrated in urban drainage activities with irregular sewage, fishing, cultivars, cattle and pork farming, slaughterhouse, recreation, water supply for irrigation and small forest fragments in regeneration stage.The results allowed us to conclude that the present anthropogenic activities are contributing to the degradation and reduction of the quality of its surface waters, including in preserved areas, where the opposite was expected. Therefore, the qualitative and constant monitoring of water resources is important to meet legal requirements regarding the preservation of resources and it’s intended uses.

Keywords: Water resources, Environmental monitoring, Chemical evaluation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 Curvas médias de variação de qualidade das águas – Parâmetros Físicos

Figura 02 Curvas médias de variação de qualidade das águas – Parâmetros Químicos

Figura 03 Curvas médias de variação de qualidade das águas – Parâmetro Biológico

Figura 04. Localização dos trechos monitorados dentro do compartimento do CELMM

Figura 05. Fotos demonstrando o uso do solo em cada uma das matrizes de uso de solo escolhidas. a) Mata, b) Agrícola, c) Urbano.

Figura 06. Desenho esquemático do transecto de amostragem de cada riacho.

Figura 07. Agrupamento nMDS das variáveis químicas em cada uma das localidades amostradas.

Figura 08. Análise de componentes principais (PCA).

Figura 09. Box plot das variáveis que compõe o IQA.

Figura 10. Indicação da classificação do índice da qualidade da água.

Figura 11. Caracterização quanto ao IQA e a conformidade CONAMA Nº357/005 (BRASIL, 2005), nos riachos monitorados do CELMM

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Evolução histórica da administração das águas no Brasil

Tabela 02. Resumo dos componentes para o cálculo do IQA, com destaque à importância de cada variável.

Tabela 03. Ponderação do Índice de qualidade química – IQA

Tabela 04. Característica dos trechos amostrados. Código, tipo de impacto, localização hidrográfica e geográfica, altitude município e data de amostragem

Tabela 05. Descrição dos parâmetros, metodologias, equipamentos e limites de quantificação aplicados os parâmetros monitorados.

Tabela 06. Parâmetros avaliados e classificação conforme a Resolução CONAMA Nº 357/05 (BRASIL, 2005).

Tabela 07. Caracterização da faixa ripária, fontes potenciais de poluição, uso da água, salinidade e enquadramento conforme Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005).

Tabela 08. Pontos monitorados neste estudo, classificação quanto ao uso do solo (M – Mata) e conformidade junto a Resolução CONAMA Nº 357/05 (BRASIL, 2005).

Tabela 09. Pontos monitorados neste estudo, classificação quanto ao uso do solo (A – Agrícola) e conformidade junto a Resolução CONAMA Nº 357/05 (BRASIL, 2005).

Tabela 10. Pontos monitorados neste estudo, classificação quanto ao uso do solo (U – Urbano) e conformidade junto a Resolução CONAMA Nº 357/05 (BRASIL, 2005).

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 14
2. REVISÃO DE LITERATURA 17
2.1 A Bacia hidrográfica como unidade de gestão 17
2.2 Impacto ambientais nas bacias hidrográficas 18
2.3 Eutrofização dos Corpos D'Água 19
2.4 Ocupação por matas e florestas 20
2.5 Ocupação por agricultura 20
2.6 Ocupação Urbana 21
2.7 Qualidade da água 21
2.8 A legislação e a qualidade das águas 22
2.9 Enquadramento de corpos hídricos 23
2.10 Índices e Indicadores Ambientais 25
2.11 Índice de qualidade da água - IQA 27
2.12 Influência dos Parâmetros Físicos e Químicos na Qualidade das Águas 31
2.13 Características Físicas da Água 31
2.13.1 Temperatura (ºC) da Água 32
2.13.2 Turbidez 32
2.13.3 Sólidos Totais Dissolvidos (STD) 32
2.14 Características Químicas da Água 33
2.14.1 Potencial Hidrogeniônico (pH) 33
2.14.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) 34
2.14.3 Nitrogênio Total 34
2.14.4 Fósforo Total 35
2.14.5 Oxigênio Dissolvido (OD) 35
2.15 Influência dos Parâmetros Microbiológicos na Qualidade das Águas 36
2.15.1 Coliformes Termotolerantes 37
3. OBJETIVOS 38
3.1 Geral 38
3.2 Específicos 38
4 MATERIAL E MÉTODOS 38
4.1 Área de estudo 38
4.2 Avaliação dos parâmetros conforme resolução CONAMA Nº 357/05 46
4.3 Estatística descritiva dos dados 47
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 48

5.1 Proposta de enquadramento dos riachos monitorados conforme resolução CONAMA N º 357/2005 55
5.2 Classificação e avaliação do índice da qualidade da água IQA 58
6. CONCLUSÃO 66
7. REFERÊNCIAS 68
8. ANEXO 1 74

1. INTRODUÇÃO

A degradação ambiental do complexo estuarino lagunar Mundaú - Manguaba (CELMM) encontra se em fase acelerada sendo constantemente objeto de teses, dissertação e notícias. Silva e colaboradores (2007 e 2008) relatam algumas intervenções neste sistema, tais como: lançamento de efluentes industriais não-tratados, disposição inadequada de resíduos sólidos, assoreamento, exploração indiscriminada dos recursos naturais, ocupação desordenada de áreas de risco e práticas agrícolas e de pesca inadequadas. A região também é marcada por conflitos ambientais (Silva e Souza, 2008) e apresenta confirmado acúmulo de matéria orgânica e esgotos domésticos em seus sedimentos, segundo Araújo et. al. (2011).

Tucci (2004) também destaca essa problemática quanto a questão da qualidade da água de mananciais que compõem esta bacia hidrográfica, uma vez que a qualidade da água está relacionada ao uso do solo na bacia e com o grau de controle sobre as fontes de poluição. Assim, o autor vem a destacar que as alterações na qualidade da água estão diretamente relacionadas com as alterações que ocorrem na bacia hidrográfica, como vegetação e solo. Nicoldi e Petermann (2010) relatam a alta vulnerabilidade a qual as regiões metropolitanas da costa brasileira estão expostas, com destaque para Maceió, sua zona metropolitana e seu complexo energético e cloroquímico.

Ainda é possível verificar no Plano de Ações e Gestão Integrada do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú Manguaba do Ministério do Meio Ambiente, que aborda as principais causas que favorecem o aceleramento do processo de degradação ambiental nas bacias, além das já citadas, estão relacionadas à fragilidade institucional do setor de Recursos Hídricos, Meio Ambiente e Saneamento e desarticulação interinstitucional; implementação ineficaz de projetos e desperdício dos recursos públicos; queima, corte e aterro de manguezais; destruição progressiva de dunas e restingas.

Sendo Alagoas um dos maiores exportadores de açúcar e álcool do país, a irrigação do cultivo da cana-de-açúcar, para a produção desses produtos, favorece também a contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos em função do uso de agroquímicos, impulsionando sérios riscos ambientais, como, a perda de biodiversidade vegetal e animal em função desta poluição. Não o bastante, esses processos implicam no meio ambiente, a partir do momento em que a água de rios e riachos vai sendo contaminada por diversas substâncias químicas.

Dentro da perspectiva do estudo sobre a qualidade da água e as interferências das atividades antrópicas na degradação do meio, surgem as leis que regulamentam as diretrizes

ambientais, buscando a integridade e qualidade do meio ambiente. Especificamente, como referencial de lei, pode-se destacar a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA Nº 357/2005 (BRASIL, 2005), no qual dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Tratando-se da qualidade das águas, a mesma só veio ganhar evidência com a sanção da Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 no qual instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, (BRASIL, 2010), apresentando como um dos principais pilares, na ênfase da qualidade da água, o gerenciamento dos recursos hídricos, de modo a oferecer o uso múltiplo, em consonância com objetivos que garante "à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos".

A qualidade da água é função das condições naturais e do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica (SPERLING, 2007). Mesmo com toda preservação e em suas condições naturais, a característica da água pode ser alterada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultantes da precipitação atmosférica.

Para investigar a conformidade da qualidade da água é preciso avaliar a necessidade dos usos e/ou finalidade a que ela se destina. Tendo como exemplo, as características físicas e químicas de uma amostra de água proveniente de um rio podem se enquadrar para usos não consuntivos, como geração de energia e navegação, mas não se enquadrar para usos consuntivos, como abastecimento doméstico ou irrigação, havendo necessidade de tratamento e desinfecção para alcançar os parâmetros corretos para o uso final.

O objetivo de introduzir índices e indicadores para o monitoramento ambiental de recursos hídricos em bacias hidrográficas da região, está relacionado com a ascensão da população humana e ao elevado de grau de urbanização das mesmas. Os impactos do desenvolvimento urbano aumentam a poluição ambiental sobre os mananciais, ao considerar que a densidade demográfica e a ausência de mecanismos adequados de controle e depuração artificial são fatores determinantes para a manutenção ou depreciação da qualidade dos recursos hídricos (ORTEGA, 2011).

Devido a esse fato, ocorre a necessidade de entender e medir as dinâmicas de transformação que a população provoca no decorrer do uso dos recursos hídricos das bacias hidrográficas através da avaliação da qualidade química geral de suas águas e da aplicação de índices de qualidade e de como estes são afetados pela ocupação de solos na bacia.

Ao se pensar em instrumentos de verificação da qualidade da água, tem-se como um bom referencial o Índice de Qualidade das Águas – IQA. Proposto inicialmente pela National Sanitation Foundation, nos EUA, na década de 70 e adaptado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) no Brasil. Sendo ele hoje o principal indicador do país, o IQA busca avaliar a qualidade da água bruta, visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento (ANA, 2015).

Esse índice é composto por 09 parâmetros de qualidade, para avaliação dos aspectos físico-químicos da água, são eles: oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), temperatura (T), turbidez (Tur), sólidos totais (ST), nitrogênio total (N), fósforo total (PT) e demanda bioquímica de oxigênio a 20 ºC e durante 5 dias de incubação (DBO5, 20ºC) e para os aspectos biológicos, os coliformes fecais (CF) para o seu cálculo (CETESB, 2008). O índice resultante pode ser entendido como "notas", que retratam condições que variam de "ótima" a "péssima", ou que permitem inferências sobre alguns aspectos específicos sobre o curso d'água, tal como biodiversidade e toxicidade (SPERLING, 2007).

Diante do exposto e da necessidade de estudos voltados aos impactos das atividades antrópicas, a presente pesquisa construir o IQA, com os 09 parâmetros recomendados, para cada ponto e avaliou a contribuição de cada uma das variáveis exploratórias em usos de solo pré-determinados. Ampliou sua avaliação com a implementação de mais 14 variáveis químicas da água de riachos, onde foi possível enquadrar os riachos de acordo com a Resolução CONAMA Nº 357/2005 (BRASIL, 2005), fazendo um comparativo entre riachos de mata preservada, riachos com interferência agrícola e riachos sob influência urbana.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Bacia hidrográfica como unidade de gestão

Os recursos hídricos, enquanto parte importante do meio físico, são facilmente comprometidos, sejam no âmbito da qualidade e/ou quantidade, sejam por características como alteração de cursos d'água ou diminuição dos canais de drenagem, tornando o atual cenário de degradação e descaso preocupante (SILVA, 2003).

Bacias hidrográficas têm sido adotadas como unidades de estudo, planejamento e gestão para a análise do meio ambiente, em função de sua operacionalidade. Tal procedimento é estimulado pela regulamentação da Política Nacional de Recursos Hídricos, que prevê a criação de comitês com a participação de todos os setores da sociedade.

Entende-se como bacia hidrográfica a área da superfície terrestre drenada por um rio ou canal principal e seus afluentes ou tributários, estando limitada pelos divisores de água e pela saída da bacia em seu exutório. Em toda bacia hidrográfica existe uma hierarquização da rede de drenagem, partindo dos pontos mais elevados para os mais baixos, de acordo com o dinamismo dos diferentes tributários. Neste contexto, de acordo com Guerra (2006), as bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas, uma vez que mudanças significativas em qualquer parte da bacia, podem gerar alterações, efeitos e/ou impactos a jusante e nos fluxos energéticos de saída (descarga, cargas sólidas e dissolvida), dentre outras consequências.

Do ponto de vista ambiental, a bacia hidrográfica é um sistema biofísico e socioeconômico, integrado e interdependente, no qual são estabelecidas diversas atividades antrópicas, que modificam, substancialmente, a paisagem natural. Ao se analisar os impactos decorrentes dessa alteração, verifica-se uma relação íntima destes com o uso e ocupação da bacia hidrográfica.

De acordo com Rocha, Pires e Santos (2000), a utilização da bacia hidrográfica como unidade de análise permite o planejamento adequado dos recursos hídricos, envolvendo procedimentos que incluem o inventário e o levantamento de informações básicas do ambiente, como clima, relevo, geologia, hidrologia, fauna, flora, qualidade da água e aspectos culturais.

De posse dessas informações, por meio de uma análise integrada de dados, é possível caracterizar e reconhecer, por exemplo, áreas críticas, riscos ambientais tecnológicos, dentre outros, o que propicia a elaboração de diagnósticos, prognósticos e zoneamento ambiental.

Ross e Prette (1994) destacam que a principal desvantagem da adoção da bacia hidrográfica como unidade de gestão, é o fato de interposição de administração municipal, uma

vez que quase nunca os limites estaduais e municipais respeitam os limites de bacia. Acredita-se, porém, que esse fator não seja empecilho para a adoção da bacia hidrográfica como unidade de estudo, em função de inúmeras outras vantagens.

2.2 Impacto ambientais nas bacias hidrográficas

As características e realidades geoambientais de uma região compõe um instrumento fundamental para o seu desenvolvimento sustentado. Os recursos naturais estão dispostos para a sociedade, dentre eles, podemos considerar como o mais importante a água, uma vez que é indispensável para a sobrevivência (SILVA, 2009).

A degradação dos recursos naturais provoca sensíveis alterações na estrutura e no funcionamento dos ecossistemas. É importante considerar o meio ambiente como parte integrante do desenvolvimento sócio-econômico da humanidade, onde a preservação dos recursos naturais é imprescindível para o bem-estar do ser humano. Vale considerar ainda a importância da análise das intervenções antrópicas, pois são elas que provocam degradações e desequilíbrios ambientais.

O crescimento populacional e as formas de ocupação são fatores dos mais relevantes na alteração da qualidade da água em reservatórios voltados ao abastecimento público urbano, pois os recursos naturais estão cada vez mais reduzidos, em decorrência dos impactos crescentes da presença humana sobre os ecossistemas (TUNDISI, 2003)

Avaliando as características físicas, químicas e biológicas dos recursos hídricos, podemos destacar uma relação destas com os usos da bacia hidrográfica, o que comprova que o compartimento água é representativo das diversas atividades humanas desenvolvidas na bacia.

Entende-se por poluição das águas a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos (SPERLING, 1996). Basicamente existem duas formas em que a fonte de poluentes pode atingir um corpo d'água, a poluição pontual caracterizada pela concentração no espaço, como, por exemplo, descarga de canalizações de esgotos em um rio e a poluição difusa na qual os poluentes chegam ao corpo d'água distribuídos ao longo de sua extensão, como é o caso da poluição por fertilizantes e agrotóxicos usados no cultivo agrícola.

A poluição urbana, origina os efluentes domésticos e industriais que decorrem em uma carga poluidora, oriundos de lançamentos de resíduos sólidos e efluentes sem o tratamento

adequado, lavagem das ruas e erosão urbana trazendo uma grande quantidade de poluentes para os rios. A poluição de origem agrícola ocorre devido à erosão do solo (sedimentos) e o escoamento pluvial proveniente das áreas plantadas que transporta os sedimentos, nutrientes (fertilizantes) e os compostos químicos adicionados ao plantio (pesticidas). Para avaliação como indicadores desses contaminantes estão relacionados os parâmetros DBO, Fósforo e Nitrogênio que caracterizam os nutrientes e podem afetar as condições aquáticas quanto à disponibilidade de oxigênio e à eutrofização.

2.3 Eutrofização dos Corpos D'Água

O processo onde um corpo aquático recebe uma carga excessiva de nutrientes, com elevados teores de nitrogênio e fósforo, é denominado como eutrofização. O referido fenômeno, provoca o enriquecimento do meio, tornando-o mais fértil e possibilitando o crescimento em maior extensão dos seres vivos que os utilizam, especialmente as algas. Estas grandes concentrações de algas podem trazer prejuízos aos usos que se possam fazer desse corpo aquático, prejudicando seriamente o abastecimento público ou causando poluição por morte e decomposição (CETESB, 2003).

Podemos destacar ainda, que a eutrofização, reduz drasticamente a concentração de oxigênio da água, uma vez que esse oxigênio é consumido pelo crescimento excessivo das algas planctónicas, oriundas da decomposição do nitrogênio e o fosforo orgânico, contidos no material fecal humano e nos restos de matérias orgânicas lançados. Ainda nesse contexto, a redução do oxigênio é responsável pela mortandade de peixes e outros organismos aquáticos por asfixia. (CETESB, 2005).

A eutrofização pode ser natural ou artificial. Quando natural, é um processo lento e contínuo que resulta do aporte de nutrientes trazidos pelas chuvas e pelas águas superficiais que erodem e lavam a superfície terrestre. A eutrofização natural corresponde ao que poderia ser chamado de "envelhecimento natural" do lago. Quando é induzida pelo homem, a eutrofização é denominada de artificial, cultural ou antrópica. Neste caso, os nutrientes podem ter diferentes origens, como: efluentes domésticos, efluentes industriais e/ou atividades agrícolas, entre outras. Este tipo de eutrofização é responsável pelo "envelhecimento precoce" de ecossistemas lacustres. (SPERLING, 1996).

A eutrofização artificial é um processo dinâmico, no qual ocorrem profundas modificações qualitativas e quantitativas nas comunidades aquáticas, nas condições físicas e

químicas do meio e no nível de produção do sistema, podendo ser considerada uma forma de poluição (ESTEVES, 1998).

2.4 Ocupação por matas e florestas

Na bacia hidrográfica, a maior parte dos nutrientes é retida dentro de um ciclo quase fechado. As plantas, ao morrerem e caírem no solo, sofrem decomposição, liberando nutrientes. Numa região de vegetação climática, a capacidade de infiltração da água da chuva no solo é elevada. Em consequência, os nutrientes lixiviam pelo solo, onde são absorvidos pelas raízes das plantas, voltando a fazer parte da sua composição, e fechando, desta forma, o ciclo (SPERLING, 1996).

Mesmo em condições naturais e de ausência de interferência humana, os fenômenos de decomposição do material sedimentado, há um certo aumento, ainda incipiente, do nível de nutrientes na massa líquida. Em decorrência ao fato, há uma progressiva elevação na população de plantas aquáticas na massa líquida e, em consequência, de outros organismos situados em níveis superiores na cadeia alimentar (cadeia trófica).

2.5 Ocupação por agricultura

A substituição das matas por vegetais agricultáveis pode causar também uma redução da capacidade de infiltração no solo. Assim, os nutrientes, já adicionados em excesso, tendem a escoar superficialmente pelo terreno, até atingir, eventualmente, o lago ou represa. O aumento do teor de nutrientes no corpo d'água causa um certo aumento do número de algas e, em consequência, dos outros organismos, situados em degraus superiores da cadeia alimentar (SPERLING, 1996).

A intensificação da produtividade agrícola em áreas de alta fragilidade ecológica, como áreas de alto declive, próximas a nascentes e margens de rios, resulta no cenário de erosão hídrica; esta erosão compromete a concentração de carbono e nutrientes do solo, ocasionando na perda de suas capacidades produtivas.

Para compensar o desequilíbrio produtivo gerado pela erosão hídrica, o agricultor acaba aumentando o aporte de fertilizantes e outros insumos agrícolas visando o aumento da produtividade, aumentando também os níveis de degradação da água (MERTEN; MINELLA, 2002). Essa degradação pode ocorrer devido a lixiviação do solo, que em regiões de intensa atividade agrícola, onde houve aplicação de fertilizantes fosfatados e defensivos agrícolas,

provoca o enriquecimento dos corpos hídricos com nitrogênio e fósforo, gerando um dos problemas ambientais mais difundidos das águas continentais que é a eutrofização (FREITAS *et. al* , 2012).

2.6 Ocupação Urbana

De acordo com Sperling (1996) caso se substitua a área agricultável da bacia hidrográfica por ocupação urbana, uma série de consequências podem ocorrer, tais como: o assoreamento, drenagem pluvial urbana e lançamento de esgotos.

A impermeabilização do solo, ocasionada pela malha asfáltica, não permite que haja recarga eficiente do solo, o que pode levar à redução do nível do lençol freático e, portanto, do nível de base do rio (POFF et al. 2006). A qualidade natural das águas superficiais do rio está potencialmente comprometida em função da urbanização, destacando-se intenso processo de assoreamento, resultante do uso e ocupação do solo de forma desordenada e não planejada, fruto de políticas públicas de construção de vias expressas e de pavimentação de ruas sem implantação de drenagem urbana de águas pluviais, além da omissão em relação à proliferação de loteamentos clandestinos. Esta situação é agravada pelo lançamento *in natura* de efluentes doméstico e industrial. (ANDRADE PINTO *et. al,* 2004).

2.7 Qualidade da água

A palavra poluir, originária do latim *poluere*, significa sujar. Ecologicamente falando, a poluição pode ser definida como as alterações nas propriedades físicas, químicas ou biológicas de um determinado ecossistema que acarreta prejuízos ao desenvolvimento das populações e desequilíbrios na natureza. A poluição da água pode ter origem nas zonas urbana, rural ou industrial e pode ser amenizada ou, até mesmo intensificada, dependendo do tipo de solo, rocha ou outras características físicas do meio ambiente (SILVA, 2009).

A avaliação da qualidade da água é um estudo das características físicas, químicas e biológicas, relativas aos efeitos antrópicos e usos propostos, verifica-se se a água está apropriada para determinados usos.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), o monitoramento é a medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo d'água.

2.8 A legislação e a qualidade das águas

Com a evolução agrícola no país na década de 30, houve também uma necessidade de evoluir a administração dos recursos hídricos com a publicação da primeira legislação em defesa da qualidade das águas utilizadas pela população, chamada Código das Águas no Brasil.

Logo em seguida, 1933, foi criada a Diretoria de Águas, depois Serviço de Águas, no Ministério da Agricultura. Em 1934, esse serviço foi transferido para a estrutura do Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM), quando é editado o Código de Águas, que sofreu algumas alterações com a Constituição de 1988. A Tabela 01, apresenta a evolução histórica desta administração até os dias de hoje.

Tabela 01: Evolução histórica da administração das águas no Brasil

Ano	Instrumento legal
1934	Decreto Federal nº. 24.643 – Código das Águas.
1965	Lei nº. 4.771 de 15 de setembro de 1965 que instituiu o Código Florestal.
1981	Lei Federal nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981 – Criações do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.
1988	Nova Constituição Federal.
1989	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA.
1997	Lei nº. 9.433 de 8 de janeiro de 1997 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos.
1998	Lei nº. 9.605 de 12 de fevereiro de 1998 que estabelece os crimes ambientais e suas sanções.
2000	Agência Nacional das Águas – ANA (autarquia vinculada ao Ministério do Meio Ambiente).
2003	Resolução nº. 32 de 15 de outubro de 2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) que institui a Divisão Hidrográfica Nacional em 12 regiões.
2005	Resolução CONAMA nº. 357 de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento (revogando a Resolução 20/86).
2011	Resolução CONAMA Nº 430/2011 – "Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA."
2017	PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5 – MS Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. O MINISTRO DE ESTADO DA SAÚDE, no uso das atribuições que lhe confere o art. 87, parágrafo único, incisos I e II, da Constituição.

Fonte (autora)

2.9 Enquadramento de corpos hídricos

O Decreto 3.766 (ALAGOAS, 1978), anexo C, que enquadra os cursos d'água do Estado de Alagoas na classificação estabelecida pela Portaria n° GM-0013 de 15 de janeiro de 1976 do Ministério do Interior, utilizando como base a destinação dada a suas águas. São considerados classe I os rios cujas águas se destinam ao abastecimento doméstico, sem ou com prévia desinfecção e classe II aqueles cujas águas se destinam ao mesmo fim, após submetidas a tratamento convencional e também à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho). Os enquadramentos definidos nesse decreto não abrangem todos os cursos d'água pertencentes ao domínio do Estado de Alagoas.

O Art. 7 prevê posterior classificação dos demais rios após conclusão de estudos efetuados pela Coordenação do Meio Ambiente. Trinta anos depois, um segundo decreto, o de número 4.062/2008 (AL), revogou o primeiro.

> Considerando a necessidade de adequação da legislação ambiental e de recursos hídricos do Estado à legislação federal vigente, particularmente quanto à classificação dos corpos d'água definidos pela Resolução n° 357/2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA.

No Brasil, o órgão responsável pela classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelecer as condições e padrões de lançamentos de efluentes, é o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Criado em 1981 pela Lei 6.938/81 é um órgão colegiado de caráter normativo, deliberativo e consultivo do Ministério do Meio Ambiente. A Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), determina que o enquadramento deve estar baseado não necessariamente em seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade, de modo a assegurar seus usos preponderantes, atuais e futuros, determinando reduções de custo em combate à poluição das águas mediante ações preventivas permanentes.

A Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, define enquadramento da seguinte forma:

> Estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo.

Para realizar o controle da poluição das águas de rios e reservatórios utilizam-se os padrões de qualidade, que definem os limites de concentração a que cada substância presente na água deve obedecer. Esses padrões dependem da classificação dos corpos d'água. Essa classificação se dá de acordo com a salinidade: água doce (salinidade inferior ou igual a 0,5 ‰), salobra (salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰) e salina (salinidade superior a 30 ‰).

A Resolução CONAMA nº 35782005 (BRASIL, 2005), dividiu as águas do território nacional em águas doces, salobras e salinas, em função dos usos previstos foram criadas treze classes. Nas classes relativas à água doce, a classe especial pressupõe os usos mais nobres, e a classe 4 os usos menos nobres. A cada uma dessas classes corresponde uma determinada qualidade a ser mantida no corpo d'água. Para isso foram estabelecidos limites e/ou condições em função de sua destinação final ou segundo seus usos preponderantes. A seguir estão descritas as classes segundo a resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), relativas às águas doces.

Classe especial: Águas destinadas:

a) Ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;

b) A preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;

c) A preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

Classe I: Águas que podem ser destinadas:

a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;

b) A proteção das comunidades aquáticas;

c) A recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000;

d) A irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;

e) A proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Classe II: Águas que podem ser destinadas:

a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;

b) A proteção das comunidades aquáticas;

c) A recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000;

d) A irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;

e) A aquicultura e a atividade de pesca.

Classe III: Águas que podem ser destinadas:

a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;

b) A irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;

c) A pesca amadora;

d) A recreação de contato secundário;

e) A dessedentação de animais.

Classe IV: Águas que podem ser destinadas:

a) A navegação;

b) A harmonia paisagística

O Art. 38 estabelece que o enquadramento dos corpos d' água dar-se-á de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e Conselhos Estaduais. Contudo, o Art.42 salvaguarda que enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe II, as salinas e as salobras classe I, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente, CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005).

2.10 Índices e Indicadores Ambientais

Os indicadores selecionados para o planejamento ambiental deverão refletir os condicionantes da interpretação dada aos seus valores, sejam eles, técnicos, históricos, sociais ou mesmo lógicos, matemáticos ou linguísticos. Devem identificar as relações e esclarecer sobre seus vínculos. Se os indicadores forem bem selecionados, reduz-se o número de parâmetros e medidas sobre o meio, diminuindo e norteando a amostragem. Isto é de fundamental importância ao planejamento, onde o processo decisório requer agilidade e eficiência no emprego de recursos (SANTOS, 2004). O objetivo de introduzir índices e

indicadores para o monitoramento ambiental de recursos hídricos em bacias hidrográficas, está relacionado com a ascensão da população humana e ao elevado de grau de urbanização das mesmas. Os impactos do desenvolvimento urbano aumentam a poluição ambiental sobre os mananciais, ao considerar que a densidade demográfica e a ausência de mecanismos adequados de controle e depuração artificial são fatores determinantes para a manutenção ou depreciação da qualidade dos recursos hídricos.

Devido a esse fato, ocorre a necessidade de entender e medir as dinâmicas de transformação que a população provoca no decorrer do o uso dos recursos hídricos das bacias hidrográficas.

Para Sperling (2007) os índices não são um instrumento de avaliação de atendimento à legislação ambiental, mas sim de comunicação para o público das condições ambientais dos corpos d'água. Vários itens de qualidade são convertidos em uma nota ou avaliação única. A capacidade de síntese proporcionada por um índice é de grande valia para a comunicação com o público não técnico.

A Agência Nacional das Águas (ANA) tem estimulado o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA), que visa à integração das informações sobre o monitoramento da qualidade dos corpos hídricos nos diversos estados da federação. Atualmente a ANA conta com 2.167 pontos realizando a análise de 4 (quatro) parâmetros (pH., OD, condutividade e temperatura). Apenas estes parâmetros não são suficientes para uma avaliação adequada, porém para uma efetividade maior, a Agência necessita de pontos de coleta mais próximos aos locais da realização das análises. Com o intuito de reduzir essa adversidade, a ANA padronizou as coletas e capacitou funcionários estaduais para a realização, tanto das coletas quanto das análises. Dessa forma os estados brasileiros realizaram campanhas com a mesma periodicidade e análises baseadas nos mesmos parâmetros. Tais atitudes trariam maior confiabilidade nos resultados que serão divulgados pela Agência (ANA, 2005). Para uma melhor visualização das informações a respeito da qualidade dos corpos hídricos em todo o país, são utilizados alguns índices que têm a capacidade de responder, de forma simplificada, algumas questões específicas a esse respeito.

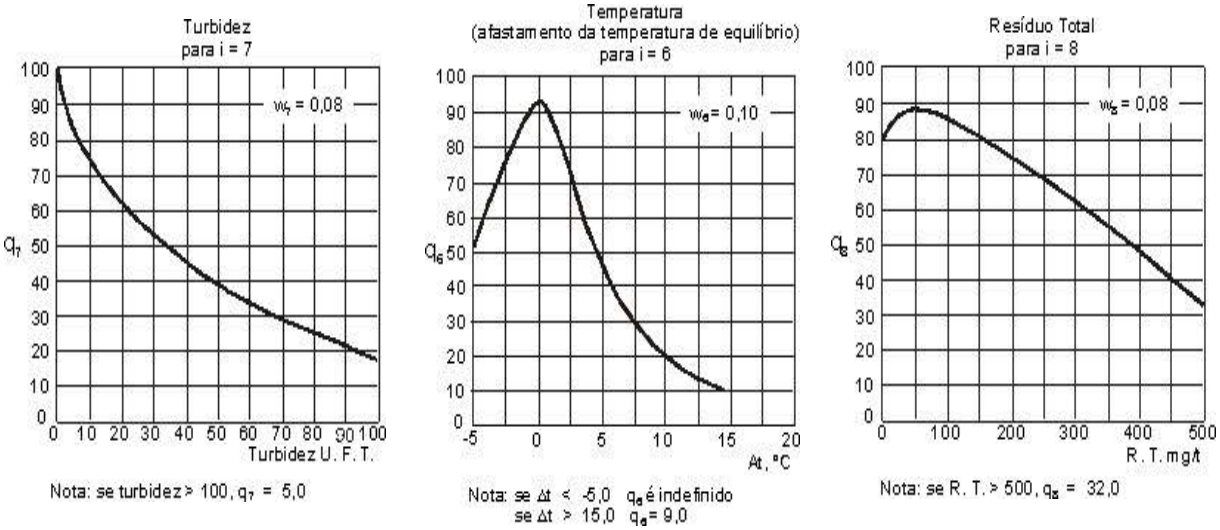
A Agência Nacional de Águas (ANA, 2009) cita 7 (sete) exemplos destes: Índice de Qualidade da Água (IQA); Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público (IAP); Índice de Estado Trófico (IET); Índice de Contaminação por Tóxicos; Índice de Balneabilidade (IB); Índice de Qualidade de Água para a Proteção da Vida Aquática (IVA) e

Índice de Qualidade de Água em Reservatórios (IQAR). Dentre os índices citados, este trabalho dará ênfase ao IQA.

2.11 Índice de qualidade da água - IQA

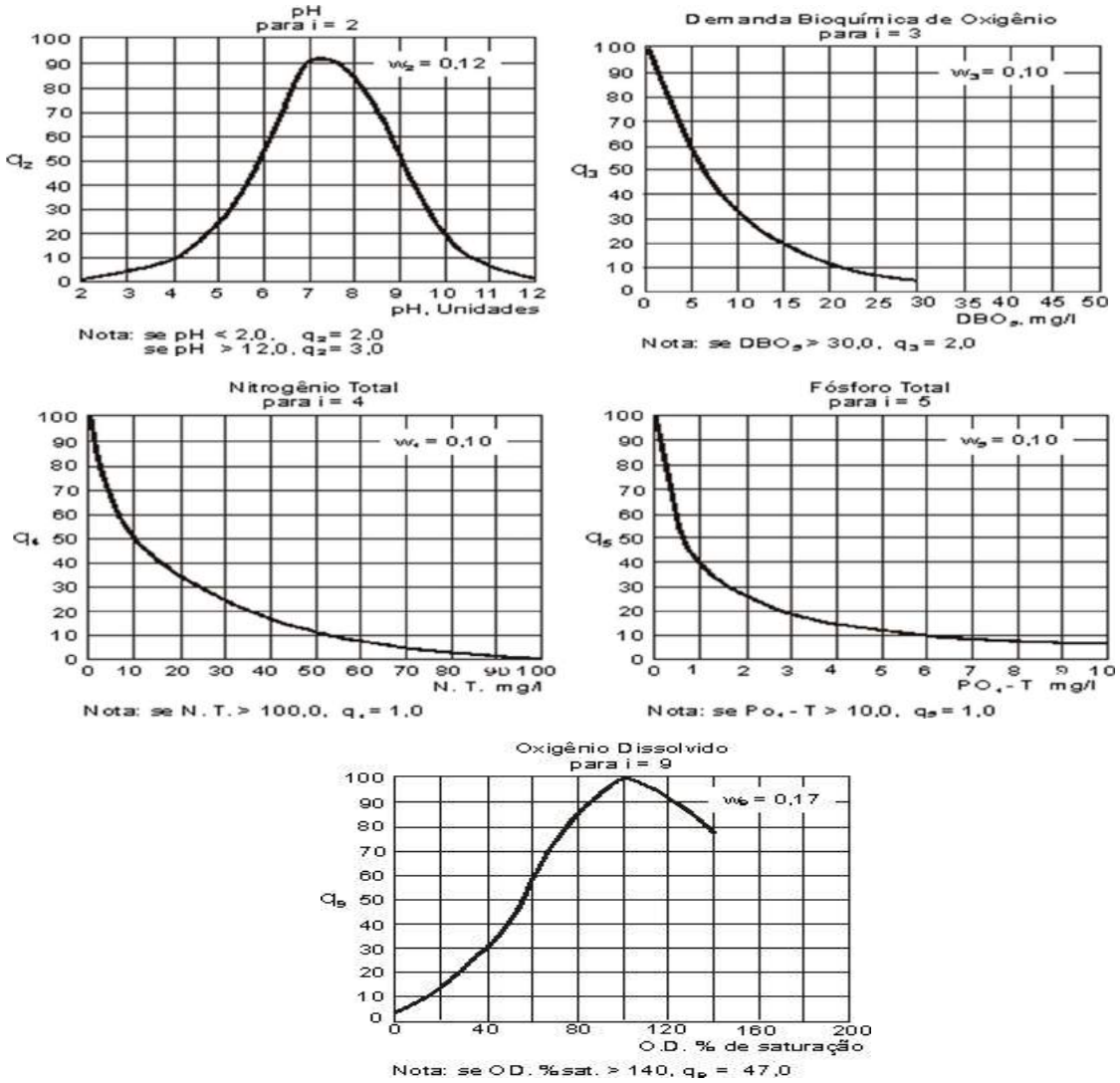
O IQA foi proposto inicialmente pela National Sanitation Foundation, nos EUA em 1970, e adaptado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) no Brasil em 1975. Tal órgão alterou dois parâmetros, porém manteve suas curvas de qualidade e pesos relativos, são eles: nitrato por nitrogênio total e fosfato por fósforo total (PINHEIRO, 2008). O IQA é um modelo matemático simples. Sua estrutura foi estabelecida através de pesquisas de opinião junto a vários especialistas da área, quando cada um selecionou os parâmetros que julgava relevantes para avaliar a qualidade das águas e estipulou, para cada um deles, um peso relativo. Assim o índice incorpora nove variáveis consideradas relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para abastecimento público. Das 35 variáveis indicadoras de qualidade de água inicialmente propostas, somente 9 foram selecionadas: Coliformes Termotolerantes, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio Total, Fósforo Total, Temperatura, Turbidez, Sólidos Totais Dissolvidos e Oxigênio Dissolvido (OD). Para estas, a critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro. Estas curvas de variação, sintetizadas em um conjunto de curvas médias para cada parâmetro, bem como seu peso relativo correspondente, são apresentadas na Figura 01 Parâmetros Físicos, Figura 02 Parâmetros Químicos e Figura 03 Parâmetro Biológico.

Figura 01 Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas – Parâmetros Físicos



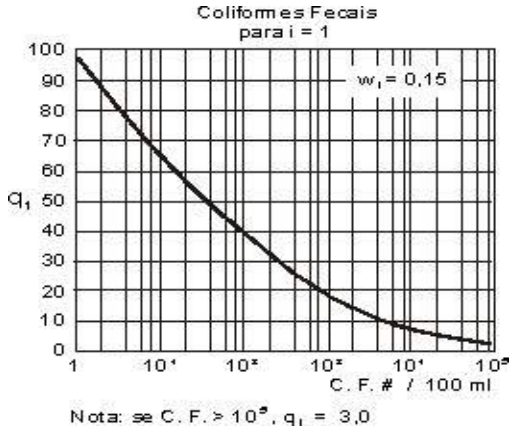
Fonte: CETESB, 2005

Figura 02 Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas – Parâmetros Químicos



Fonte: CETESB, 2005

Figura 03 Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas – Parâmetro Biológico



Fonte: CETESB, 2005

O Índice de Qualidade das Águas foi proposto com o objetivo de resumir as variáveis analisadas em um só número, que representa a condição da qualidade da água. Para obtenção do cálculo do índice de qualidade das águas fornece resultados representados por (qi) que variam em uma escala de 0 a 100, obtidos através das equações representativas das curvas de qualidade de cada parâmetro. Os valores de (qi) associados aos seus respectivos pesos (Tabela 02), permitem calcular o IQA a partir da seguinte equação:

$$IQA = \prod_{i=1}^{n} q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

qi: Qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100;

wi: Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro (número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade).

i: Número do parâmetro, variando de 1 a 9 (n=9, ou seja, o número de parâmetros que compõem o IQA é 9);

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$$

O somatório dos pesos de todos os parâmetros é igual a 1, conforme a expressão a seguir:

Sendo:

n: número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Tabela 02. Resumo dos componentes para o cálculo do IQA, com destaque à importância de cada variável.

i-ÉSIMO	PARÂMETRO–IQA	PESO (w)
1	Coliformes Termotolerantes	0,15
2	Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
3	Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO5	0,10
4	Temperatura	0,10
5	Nitrogênio Total	0,10
6	Fósforo Total	0,10
7	Turbidez	0,08
8	Sólidos Totais	0,08
9	Oxigênio Dissolvido (OD)	0,17
		SOMATÓRIA = 1 OU 100%

Fonte: CETESB, 2005

A avaliação final desse índice é expressa numericamente por valores que variam na escala de 0 a 100. Para cada conjunto de valores obtidos há uma qualificação especifica, representada também na forma de cores padronizadas. A partir dos valores de IQA obtidos, os corpos hídricos analisados foram classificados em faixas. Nas quais, segundo a Agência Nacional de Águas - ANA (2015) apresentam variações entre os estados brasileiros. Portanto, no estado de Alagoas geralmente são utilizadas as faixas da Tabela 03. Os índices podem ser entendidos como "notas", que retratam condições que variam de "péssima" a "ótima", ou que permitem inferências sobre alguns aspectos específicos sobre o curso d'água, tal como biodiversidade e toxicidade (SPERLING, 2007).

Tabela 03. Ponderação do Índice de qualidade química – IQA

Qualidade d'água	Faixa do IQA
Ótima	91 –100
Boa	71 – 90
Aceitável	51 – 70
Ruim	26 – 50
Péssima	0 – 25

Fonte: ANA, 2015.

O IQA pode ser utilizado para diversas finalidade como, por exemplo, informar sobre a qualidade da água ao público; acompanhar a qualidade dos recursos hídricos superficiais; identificar problemas de qualidade da água que demandem estudos especiais em trechos de rios; avaliar o desempenho de programas de controle da poluição e servir de instrumentos para a gestão dos recursos hídricos. A avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA apresenta limitações, uma vez, que este índice não analisa vários parâmetros importantes para o

abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (ex: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água. Mas vale salientar que o IQA é um dos índices mais eficientes utilizados para avaliação da qualidade da água para abastecimento.

2.12 Influência dos Parâmetros Físicos e Químicos na Qualidade das Águas

A poluição das águas tem como origem diversas fontes, dentre as quais se destacam efluentes domésticos, efluentes industriais e carga difusa urbana e agrícola. Essas fontes estão associadas ao tipo de uso e ocupação do solo (CETESB, 2008).

No ponto de vista estrutural, a composição química e físicas das águas, deve-se aos compostos proveniente de diferentes fontes, tais como a erosão dos solos e rochas, reações que ocorrem no subsolo, e dos efeitos resultantes das atividades antrópicas. A composição da água está diretamente associada à composição química das rochas, dos oceanos e da atmosfera. Fatores ambientais como o clima, a estrutura e posição dos estratos e das rochas e efeitos bioquímicos associados aos ciclos das plantas e animais macro e microscópicos, determinam o transporte, dissolução e transformação das substâncias (CETESB, 2003).

A caracterização dessas substâncias em águas constitui-se em um dos tópicos de maior importância para o estabelecimento dos usos das águas relativamente aos seus riscos à saúde, à vida aquática e animal, à indústria e à agricultura, inclusive fornecendo subsídios para estimar as reais necessidades de tratamento e seus custos, além de permitir a avaliação de eficiência do mesmo. Muitas substâncias e organismos foram descobertos e estudados nas águas, visando conhecer seus efeitos e estabelecer níveis e critérios de aceitação (CETESB, 2003).

Para maior clareza apresenta-se a seguir uma descrição de cada parâmetro utilizado na avalição do IQA dos riachos monitorados.

2.13 Características Físicas da Água

São chamadas características físicas as que detectam mediante medição de propriedades físicas. Em geral, podem impressionar os sentidos (visão, olfato, etc.) e isto implica que tenham incidência direta sobre as condições estéticas da água (CETESB, 2003). Os parâmetros físicos utilizados no IQA foram: temperatura da água, sólidos totais e turbidez que são descritos a seguir.

2.13.1 Temperatura (ºC) da Água

Este parâmetro é determinado por inúmeros fatores ambientais que o fazem variar continuamente. A temperatura é importante porque influi no retardamento ou aceleração da atividade biológica, na absorção do oxigênio, na precipitação de compostos e na formação de depósitos (CETESB, 2003).

A temperatura da água afeta a solubilidade dos gases, alterando a quantidade de oxigênio dissolvido. Consequentemente, o processo de decomposição da matéria orgânica é influenciado, resultando em mudança da qualidade da água (BRANCO, 1991).

2.13.2 Turbidez

Turbidez em termos práticos é a redução da transparência da água devido à presença de matéria em suspensão. As partículas em suspensão dispersas nas águas têm origem na degradação mecânica ou na transformação química ou biológica dos materiais (argila, iodo, areia, matéria orgânica ou inorgânica e microrganismos) e possuem formação e tamanhos diferentes entre si, com tamanho oscilando entre 0,01 a 100µm. Essas partículas interferem na passagem da luz, dificultando alguns tipos de reações como, por exemplo, a fotossíntese, a produtividade de peixes e as comunidades biológicas aquáticas, além de afetar os usos domésticos, industriais e recreacional das águas. Em margens de rios é muito comum o fenômeno da erosão, em estações chuvosas, resultar no aumento da turbidez das águas. Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas com os despejos de matéria orgânica ou inorgânica (APHA, 2017)

2.13.3 Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Conhecido também como resíduo sólidos, os sólidos totais dissolvidos podem ser descritos como a somatória dos teores dos constituintes minerais presentes na água. Nas águas naturais, os sólidos estão constituídos principalmente por carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos e possivelmente nitratos de cálcio, magnésio e outras substâncias. Os minerais contidos nas águas naturais podem diminuir por diluição (água da chuva) ou aumentar pela adição de despejos industriais, (APHA, 2017).

A determinação da salinidade das águas pode ser verificada através da quantidade de sólidos totais dissolvidos, sendo que águas doces são aquelas com STD igual ou inferior a 500

mg.L $^{-1}$, águas salobras são aquelas com STD entre 500 e 1.500 mg.L^{-1} e águas salgadas são aquelas com STD superiores a 1.500 mg.L^{-1} (APHA, 2017).

O total de sólidos dissolvidos agride sensivelmente a vida aquática, a sedimentação dos leitos, causa danos às desovas de peixes e às corrosões em sistemas de tratamento e distribuição de águas entre outros (CETESB, 2003).

2.14 Características Químicas da Água

Os parâmetros químicos são índices de grande importância para a caracterização da água que devido às suas características pode reagir em maior ou menor grau com quase todas as substâncias. Estes parâmetros podem ser relacionados a valores que permitem classificar o grau de contaminação, a origem ou ainda a natureza dos principais poluentes e os efeitos que os mesmos podem produzir na água.

Considera-se a água como solvente universal, esta pode conter quaisquer dos elementos da tabela periódica. No entanto, são poucos os que têm significância com relação à sua presença na água e os efeitos que podem produzir durante os processos de tratamento e, em geral, sobre a saúde humana (CETESB, 2003).

2.14.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) da água representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do ambiente aquático. Consiste na concentração de íons H^+ nas águas. É determinado em escala antilogarítmica (pH= log10 [H^+]), compreendendo o intervalo de 0 a 14. O valor 7 é considerado neutro, valores abaixo indicam substâncias ácidas e valores acima indicam substâncias alcalinas (AOAC, 1995).

O controle de pH em estabelecimento de água é significativo, porque afeta o processo de tratamento de água e pode contribuir para a corrosão de estrutura das instalações hidráulicas e do sistema de distribuição. A corrosão pode adicionar constituintes para a água, tais como: ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio (CETESB, 2003).

A matéria orgânica influencia a formação de ácidos húmicos, entre outros ácidos, diminuindo o pH e, consequentemente, aumentando a acidez do corpo d'água.

2.14.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Esse parâmetro indica a quantidade consumida ou a ser consumida de oxigênio, através de reações biológicas e químicas em um corpo d'água, por bactérias, microrganismos e matéria orgânica de todas as naturezas (SPERLING, 1996). A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir a completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e de outros organismos, indicando um desequilíbrio da vida aquática, o aparecimento de sabores, odores e visuais desagradáveis.

Para que as bactérias sobrevivam e se multipliquem é necessário haver alimento, matéria orgânica e oxigênio. Com o aumento da quantidade de nutrientes, as bactérias se multiplicam em demasia e disputam entre si todo o oxigênio disponível; dessa forma, o oxigênio tende a acabar e as bactérias a se extinguirem, transformando-se em mais nutrientes disponíveis, pois também são matéria orgânica (BIER, 1985).

A análise consiste na determinação do oxigênio necessário para a biodegradação de compostos orgânicos, através da diferença entre o oxigênio dissolvido na amostra antes (ODI = oxigênio dissolvido imediato) e após 5 dias (ODP = oxigênio dissolvido posterior) de incubação a 20ºC± 1,0.

2.14.3 Nitrogênio Total

Na ausência de atividade humana, o nitrogênio é originário principalmente dos microrganismos (cianobactérias nas águas e algumas bactérias do solo) que transformam o nitrogênio gasoso (N_2) em amoníaco (NH_3). Entretanto, na presença da atividade humana, a incorporação do nitrogênio dá-se pela matéria orgânica em decomposição e despejos de adubos e esgotos.

Existem duas formas de nitrogênio no estudo das águas: o íon amônio (NH_4^+) e o gás amônia (NH_3) (CETESB, 2003).

Devido ao seu elevado valor energético, o íon amônio é muito importante aos organismos produtores, porém, sua oxidação reduz a concentração de oxigênio, e em meio alcalino, o íon amônio se transforma em gás amônia, podendo ser tóxico aos peixes. Como consequência, quando existe muito nitrogênio amoniacal na água, pode-se inferir que ela é pobre em oxigênio dissolvido e que deve haver muita matéria em decomposição. O nitrogênio é apontado como o principal responsável pela eutrofização (MATO, 1996).

Por estes motivos, a concentração de nitrogênio amoniacal é importante parâmetro de classificação das águas naturais e normalmente utilizado na constituição de índices de qualidade das águas.

2.14.4 Fósforo Total

No ambiente aquático, o fósforo pode ser encontrado sob várias formas: orgânico solúvel (matéria orgânica dissolvida) ou particulado (biomassa de microrganismos); e inorgânico: solúvel (sais de fósforo) ou particulado (compostos minerais, como apatita).

O status trófico da água em reservatórios é determinado principalmente por elementos como o nitrogênio e o fósforo, cuja presença nos corpos d'água é atualmente intensificada por fontes domésticas como os detergentes fosfatados além de adubos químicos entre outros (FATMA, 1999).

Como consequência da ação antrópica, o fósforo aparece em águas naturais devido principalmente às descargas de esgotos sanitários. Tendo como principal contribuinte, os detergentes superfosfatos empregados em larga escala domesticamente, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais.

Na maioria das águas continentais, o fósforo é o principal fator limitante da produtividade. Sua presença está associada com a eutrofização das águas. O fósforo funciona como alimento para as algas, que passam a se reproduzir em enorme quantidade, consumindo o oxigênio, vital para a manutenção da vida de outras espécies (CETESB, 2003).

2.14.5 Oxigênio Dissolvido (OD)

O termo OD (Oxigênio Dissolvido) refere-se à quantidade de oxigênio dissolvido livre em águas que está disponível para a respiração de organismos aquáticos aeróbios (CETESB, 2003).

O oxigênio proveniente da atmosfera se dissolve nas águas naturais devido à diferença de pressão parcial e à produção desse gás pelo mecanismo da fotossíntese pelas algas clorofiladas (CETESB, 2005). A determinação deste parâmetro é muito importante como indicativo de poluição e grau de depuração, uma vez que qualquer consumo indevido traz

imediatamente repercussões na vida aquática, como a eutrofização e a poluição orgânica, que podem ser indicação de contato com algum tipo de esgoto.

As reações bioquímicas que utilizam o oxigênio aumentam com a elevação da temperatura. Portanto, os níveis de oxigênio dissolvido tendem a ser mais críticos no verão, onde sua solubilidade em água diminui e, principalmente em águas eutrofizadas, seu consumo aumenta. Nas águas eutrofizadas, a decomposição dos compostos orgânicos libera sais, especialmente os de nitrogênio e fósforo, que serão utilizados como nutrientes pelas algas (ESTEVES, 1998).

O consumo de oxigênio dissolvido se deve à respiração dos microrganismos decompositores, principalmente as bactérias heterotróficas aeróbias. As bactérias, na presença de oxigênio, convertem a matéria orgânica a compostos simples e inertes, como água e gás carbônico, reduzindo o teor de OD, bem como o pH da água. Com isto, elas tendem a crescer e se reproduzir, gerando mais bactérias, enquanto houver disponibilidade de alimento (matéria orgânica) e oxigênio no meio (SPERLING, 1996).

Um rio considerado limpo, em condições normais, apresenta um teor de OD entre 8 a 10 $mg.L^{-1}$ (ANA, 2009). A concentração mínima de oxigênio dissolvido necessária para a manutenção da vida aquática está na faixa entre 2 a 5 $mg.L^{-1}$ OD, de acordo com a necessidade de cada organismo. A concentração de OD disponível mínima para a sobrevivência da maioria dos peixes é de 4 $mg.L^{-1}$ e de 5 $mg.L^{-1}$ para trutas e salmões (CETESB, 2003). Portanto a morte de peixes em rios poluídos se deve à ausência de oxigênio e não à presença de substâncias tóxicas.

2.15 Influência dos Parâmetros Microbiológicos na Qualidade das Águas

A conservação das águas é uma necessidade universal que exige atuação por parte das autoridades sanitárias e órgãos de saneamento, particularmente em relação aos mananciais e águas de consumo humano, uma vez que sua contaminação por excretas de origem humana ou animal de sangue quente pode torná-los um veículo na transmissão de agentes de doenças infecciosas e parasitárias. Por esse motivo impõe-se a necessidade de exames rotineiros das mesmas, para avaliação de sua qualidade do ponto de vista bacteriológico.

Esses microrganismos normalmente ocorrem em número reduzido e sua chegada à água é intermitente. Por esse motivo a pesquisa de microrganismos patogênicos na água necessita de procedimentos complexos e longo tempo para obtenção de resultados, o que inviabiliza sua

aplicação em rotina. Portanto, para avaliação da qualidade da água do ponto de vista bacteriológico é imprescindível a utilização de organismos indicadores de contaminação fecal.

Na identificação desses contaminantes na água, não há a necessidades da identificação completa dos organismos envolvidos, apenas a identificação do grupo do mesmo já é suficiente, porém sua enumeração é primordial, pois irá dar ideia do teor de contaminação e dos riscos de deterioração, possibilitando sua comparação com padrões previamente fixados e, ainda possibilitará a avaliação da eficiência dos processos naturais ou artificiais de tratamento em sua remoção (CETESB, 2003).

2.15.1 Coliformes Termotolerantes

São indicadores da presença de microrganismos patogênicos na água, sendo que a presença das bactérias coliformes termotolerantes na água significa que a mesma recebeu matérias fecais, ou esgoto sanitário.

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia coli*, e membros da família Enterobacteriacea.

Todas as bactérias coliformes são gram-negativas de hastes não esporuladas que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo, (APHA, 2017).

A faixa de temperatura que favorece seu crescimento é de 7ºC a 46ºC, sendo 37ºC a ideal, não resistindo a temperatura de 60ºC ou superiores, porém, são capazes de sobreviver à temperatura de 4ºC por um longo período. O pH ótimo para o seu desenvolvimento é de 7,0, embora possa sobreviver em valores próximos de 4,5 (APHA, 2017).

A determinação da concentração dos coliformes termotolerantes assume sua segunda maior importância como parâmetro indicador da possibilidade de existência de microrganismos patogênicos e que transmitem doenças de veiculação hídrica.

Segundo a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005, para águas doces classe 1, para contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA N°274, de 2000 e não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano.

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

Avaliar a qualidade da água em riachos da porção baixa do CELMM e relacionar com o uso e ocupação do solo.

3.2 Específicos

- Analisar 23 variáveis de importância ambiental no CELMM;
- Construir uma proposta de enquadramento dos corpos d'água junto a resolução CONAMA Nº 357/2005 (BRASIL, 2005);
- Calcular o índice de qualidade das águas – IQA em riachos da porção baixa do CELMM;
- Avaliar a qualidade dos corpos d'água nos riachos submetidos a diferentes contextos de uso e ocupação de solo;
- Apresentar um diagnóstico ambiental sobre o nível de qualidade da água na porção baixa do CELMM.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa se enquadra em uma abordagem de caráter predominantemente quantitativo, utilizando como método a pesquisa explicativa e exploratória.

No âmbito da pesquisa quantitativa, centrando-se na objetividade dos resultados, a pesquisa buscou, primeiramente, perpassar por um estudo bibliográfico, com o objetivo de compreender e embasar o enquadramento junto a Resolução pertinente e a influência dos parâmetros avaliados na aplicação do índice da qualidade da água.

Adote-se, nesse estudo a pesquisa explicativa por compreender que existe uma preocupação em identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos (GIL, 2007), explicando o porquê dos mesmos através dos resultados oferecidos.

4.1 Área de estudo

A bacia de drenagem do CELMM tem altitude máxima de 1.000 m e ocupa uma área de 7.844 km^2, com 4.126 e 3.718 m^2 correspondentes as bacias de Mundaú e Manguaba respectivamente (RIBEIRO et al. 2011). A média anual de descarga de água doce para o sistema

Mundaú através do Rio Mundaú é de 33,5 $m^3.s^{-1}$ e para o sistema Manguaba, através dos Rios Paraíba do Meio e Sumaúma é de 17,6 $m^3.s^{-1}$ e 5,0 $m^3.s^{-1}$, respectivamente (OLIVEIRA; KJERKVE, 1993).

Segundo a classificação de Köppen o estado de Alagoas não apresenta grandes oscilações com relação à temperatura média do ar. O clima da área enquadra-se no tipo As', ou seja, quente e úmido com chuvas de outono-inverno, (ALVARES et al. 2013). O estudo de Oliveira e Kjerfve (1993), afirma que a região do CELMM exibe um clima tropical semi-úmido com estações secas bem definidas (de outubro a dezembro) e úmidas (de maio a julho). A temperatura média anual média é de 25 ° C, e os ventos sopram predominantemente de uma direção sudeste, governada principalmente pelos alísios no verão.

A média anual da precipitação observada (1961-1990) na região é de 2070 mm, com um valor médio mensal máximo de 382 mm em maio e um valor médio mensal mínimo de 32 mm em novembro (INMET, 1992).

A Lagoa Mundaú é classificada com base em sua geomorfologia como uma lagoa costeira sufocada, uma vez que os canais conectados para a entrada agem como um filtro dinâmico, reduzindo as flutuações do nível das marés e correntes dentro da lagoa (KJERFVE e MAGILL, 1989; KJERFVE, 1994).

Na bacia hidrográfica do rio Mundaú os problemas ambientais têm se agravado nos últimos anos e as condições ambientais passaram a ser bastante críticas, podendo levar o Complexo Lagunar em questão ao limite de sua sustentabilidade. Segundo o Plano de ações e Gestão Integrada do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú Manguaba do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2005), as principais questões que contribuem para o acelerado processo de degradação ambiental na bacia são, entre outras: lançamento de esgoto domésticos e despejos industriais não tratado no rio; assoreamento e ocorrência de cheias; queima, corte e aterro de manguezais; destruição progressiva de dunas e restingas; degradação dos recifes; isolamento de acessos às praias por empreendimentos privados e ocupação irregular de terrenos da marinha (BRASIL, 2005).

No mesmo relatório, ANA (2005) relata os principais efeitos da degradação, os quais seriam: comprometimento da saúde pública a partir de doenças de veiculação hídrica; comprometimento das atividades turísticas como principal atrativo da região; comprometimento da exploração pesqueira, as quais geram consequências socioeconômicas tais como redução da qualidade de vida no CELMM e comprometimento do desenvolvimento sustentável do CELMM e seu entorno (BRASIL, 2005).

Outro fator que contribui para a diminuição da água disponível na bacia hidrográfica seria a irrigação da cultura da cana-de-açúcar. A indústria canavieira é uma atividade que envolve sérios riscos ambientais. Na fase final do processo industrial, os efluentes líquidos dessa atividade, como a vinhaça, que são lançados em rios e córregos, matando peixes e deixando a água contaminada com resíduos químicos típicos do preparo do açúcar e do álcool (CRUZ et al. 2005).

A porção baixa do CELMM compreende os municípios de Maceió, Rio Largo, Satuba, Santa Luzia do Norte, Coqueiro Seco, Marechal Deodoro e Pilar. A população das cidades do entorno desta bacia é de aproximadamente 951.413 habitantes e a população contribuinte ao CELMM nas cidades do entorno é de 251.372 habitantes (ANA, 2005). A vegetação do entorno é composta principalmente pela floresta atlântica úmida, formada por manguezais, tabuleiro, mata ciliar e restingas. Os três últimos subsistemas são os mais degradados, sendo os tabuleiros e a mata ciliar amplamente substituídos por plantação de cana-de-açúcar (NAZARIO, 2008).

No entorno as lagunas e na região dos canais de ligação, há uma cobertura vegetal compostas por bosques de manguezal, e algumas unidades de conservação a exemplo da Área de Proteção Ambiental do Catolé, da Área de proteção Ambiental de Santa Rita e do Parque municipal de Maceió. (ANA, 2004).

Para conferir o objetivo proposto, primeiramente se procedeu a identificação dos pontos de amostragem, onde foram selecionados 24 riachos. Todos os pontos amostrados se encontram na região metropolitana de Alagoas e tiveram sua amostragem durante o período seco entre os meses de novembro e dezembro de 2017 e 2018 (Tabela 04 e Figura 04).

Tabela 04. Característica dos trechos amostrados. Código, tipo de impacto, localização hidrográfica e geográfica, altitude município e data de amostragem.

Riacho	Impacto na faixa ripária	Compartimento do CELMM	Sub-bacias	Latitude S (WGS84)	Longitude O (WGS84)	Altitude (m)	Município	Data (d/m/a)
S1F	Mata	Lagoa Manguaba	Rio Sumaúma	9°44'24.40"	35°56'57.90"	21	Marechal Deodoro	29/11/17
S2F		Lagoa Manguaba	RH CELMM	9°40'31.93"	35°56'59.81"	52	Marechal Deodoro	29/11/17
S3F		Lagoa Manguaba	RH CELMM	9°41'28.30"	35°55'44.90"	32	Marechal Deodoro	02/12/17
S4F		Canais conectores	RH CELMM	9°42'11.63"	35°50'0.30"	10	Marechal Deodoro	04/12/17
S5F		Lagoa Mundaú	RH CELMM	9°35'57.9"	35°45'52.3"	35	Maceió	14/12/17
S6F		Lagoa Mundaú	Rio Mundaú	9°33'53.50"	35°48'0.50"	23	Maceió	05/12/17
S7F		Lagoa Manguaba	RH CELMM	9°39'25.20"	35°52'25.60"	14	Marechal Deodoro	01/12/17
S8F		Lagoa Manguaba	RH CELMM	9°39'30.30"	35°52'45.00"	16	Marechal Deodoro	01/12/17
S9A	Agrícola	Lagoa Manguaba	RH CELMM	9°39'47.89"	35°56'1.49"	17	Marechal Deodoro	11/12/17
S10A		Lagoa Manguaba	RH CELMM	9°40'48.30"	35°55'19.00"	30	Marechal Deodoro	02/12/17
S11A		Lagoa Manguaba	RH CELMM	9°42'49.29"	35°54'26.84"	20	Marechal Deodoro	11/12/17
S12A		Lagoa Mundaú	Rio Mundaú	9°35'32.60"	35°49'21.10"	11	Santa Luzia do Norte	04/12/17
S13A		Lagoa Manguaba	RH CELMM	9°36'23.80"	35°56'23.70"	7	Pilar	12/12/17
S14A		Lagoa Mundaú	Rio Mundaú	9°33'58.50"	35°48'31.40"	52	Satuba	05/12/17
S15A		Lagoa Manguaba	Rio Sumaúma	9°43'41.50"	35°55'54.40"	16	Marechal Deodoro	12/12/17
S16A		Lagoa Mundaú	Rio Remédios	9°36'22.66"	35°49'27.14"	23	Santa Luzia do Norte	14/12/17
S17U	Urbano	Lagoa Manguaba	RH CELMM	9°42'51.5"	35°53'34.6"	3	Marechal Deodoro	24/10/18
S18U		Lagoa Manguaba	Rio Paraíba do Meio	9°36'38.3"	35°57'17.4"	8	Pilar	01/11/18
S19U		Lagoa Mundaú	RH CELMM	9°3916.0"	35°44'30.8"	4	Maceió	08/11/18
S20U		Lagoa Mundaú	RH CELMM	9°32'45.7"	35°44'40.5"	3	Maceió	11/11/18
S21U		Lagoa Mundaú	RH CELMM	9°39'41.8"	35°44'47.8"	6	Maceió	13/12/18
S22U		Lagoa Mundaú	RH CELMM	9°39'34.4"	35°45'49,5"	3	Maceió	05/12/18
S23U		Lagoa Mundaú	Rio Remédios	9°36'40.5"	35°49'10.8"	3	Santa Luzia do Norte	05/12/18
S24U		Lagoa Mundaú	Rio Mundaú	9°34'20,3"	35°49'14,4"	8	Satuba	12/12/18

Fonte: Autor, 2018

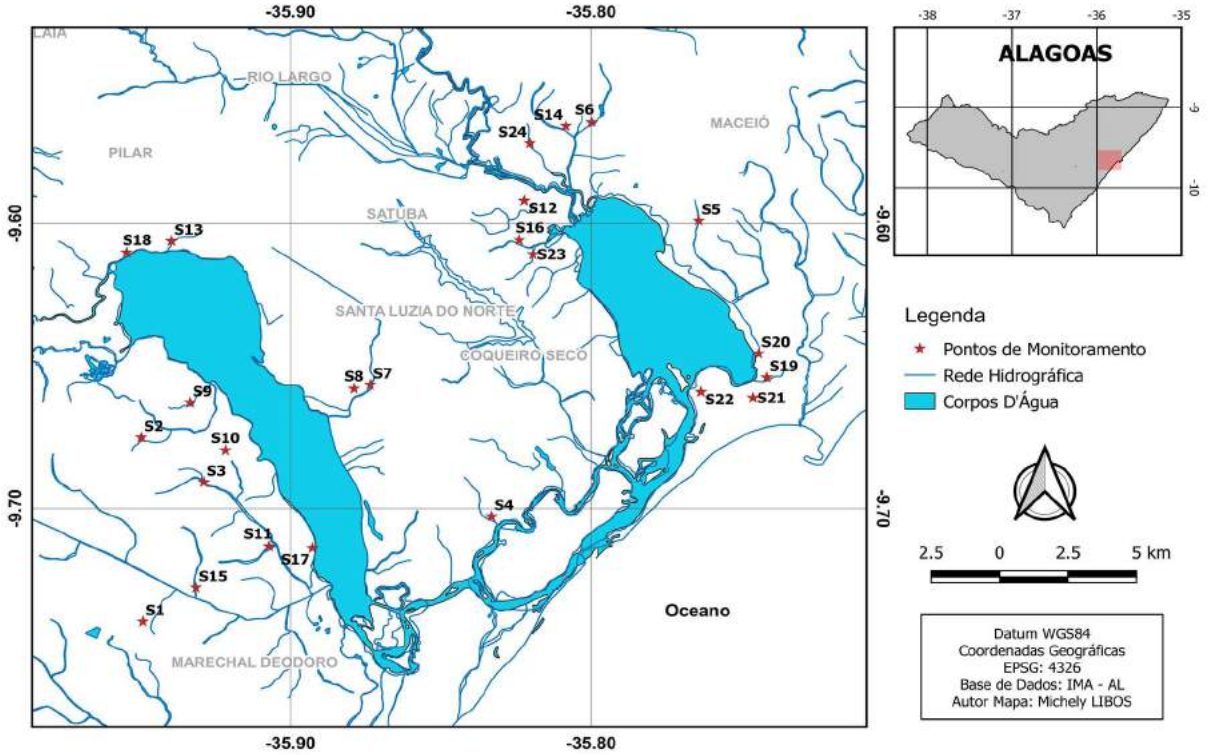


Figura 04. Localização dos trechos monitorados dentro do Compartimento do CELMM

Fonte: Michely Libos

Os riachos foram selecionados com base em similaridade geológica, tamanho, matriz de uso de solo e facilidade de acesso. Para a realização deste estudo, foram definidos 24 riachos para a amostragem, sendo 08 trechos caracterizados pela presença de Mata Atlântica na vegetação ripária, nomeados aqui como Riachos de Mata (Figura 05a, b), 08 trechos sobre influência de algum tipo de agroecossistema na região ripária, denominado como riachos agrícolas (Figura 05c, d), e 08 trechos sobre influência de cidades, denominados como riachos urbanos (Figura 05e, f). Os riachos foram classificados dessa forma, conforme os impactos na faixa ripária, no uso solo adjacente e localização dos trechos amostrados.

Os riachos são caracterizados pela constante movimentação das águas. Essa turbulência frequente gera uma distribuição homogêneo de parâmetros físicos-químicos e biológicos neste ambiente. Para uma melhor amostragem e representação do trecho amostrado, as amostragens foram realizadas de forma composta, ou seja, obtendo uma porção de amostra, em diferentes seções transversais e longitudinais dos trechos em questão (Figura 06) e posteriormente, formando uma porção suficiente para as análises laboratoriais.

Figura 05. Fotos demonstrando o uso do solo em cada uma das matrizes de uso de solo escolhidas. a - b) riachos com mata; c - d) riachos com influência agrícola; e - f) riachos com interferência urbana.

a)

b)

c)

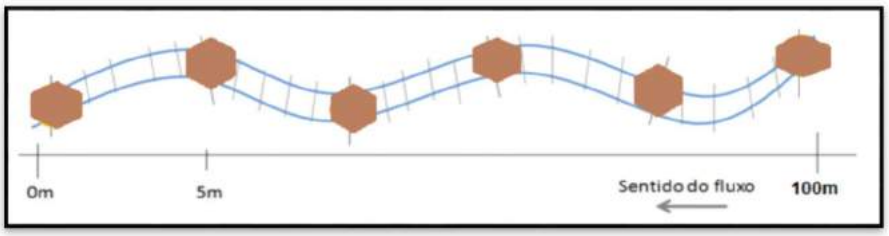
d)

e)

f)

Fonte: Autor, 2018

Figura 06. Desenho esquemático do transecto de amostragem de cada riacho.



Fonte: APHA, 2017

Para a determinação dos parâmetros físico-químicos básicos: pH, temperatura (ºC), condutividade (µm/cm) e oxigênio dissolvido ($mg.L^{-1}$), foram utilizados um aparelho phmetro METROHM (*826 pH*) e oxímetro portátil HANNA (*HI 9146*), respectivamente, as amostragens foram realizadas sub-superficialmente em todos os pontos monitorados, e as análises realizadas in loco.

As amostragens para determinação de Coliformes Termotolerantes foram realizadas, em um ponto fixo do trecho, utilizando-se frascos plásticos com 250 mL de capacidade, autoclaváveis e esterilizados, sendo preservados sob refrigeração a 4 ± 2ºC por no máximo 24 horas (APHA, 2017).

Para as demais variáveis físico-químicos, sub-amostras foram retiradas da amostra composta em um balde de plástico com capacidade de 20 litros e em seguida transferidas para garrafas PET de 1,0 litros de capacidade, com seus respectivos, conservantes para as análises laboratoriais. Tais garrafas antes de receberem a amostra, foram homogeneizadas com água do próprio trecho d'água, para ambientá-las. Depois de preenchidas as garrafas, as mesmas, foram preservadas em caixas térmicas e transportadas ao laboratório.

Todas as amostras foram direcionadas para o laboratório de análises ambientais da Qualitex Engenharia e Serviços, onde os diversos parâmetros foram analisados e parametrizados (Tabela 05 e 06). As análises obedeceram às metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017).

Para todas as amostragens mencionadas acima, foram realizados registros fotográficos e marcados a localização geográfica dos pontos, sendo esta operação realizada com o auxílio de um aparelho GPS marca GARMIN modelo Start 660.

Tabela 05. Descrição dos parâmetros, metodologias, equipamentos e limites de quantificação aplicados os parâmetros monitorados.

PARÂMETRO IQA	UNIDADE	METODOLOGIA DE ANÁLISE	EQUIPAMENTO DE ANÁLISE	LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO
Oxigênio Dissolvido (OD)	$mg.L^{-1}$	SMEWW 23nd 2017 4500 O G	Oxímetro	0,1
Coliformes Termotolerantes	$NMP.100mL^{-1}$	SMEWW 23nd 2017 9221 B / E	Incubadora bacteriológica	1,0
pH	UpH	SMEWW 23nd 2017 4500 H+ B	pHmetro de membrana /Metrohn/826	0,1
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO5	$mg.L^{-1}$	SMEWW 23nd 2017 5210 B	Incubadora de DBO	1,0
Temperatura	ºC	SMEWW 23nd 2017 2550 B	Sensor temperatura	0,1
Nitrogênio Total	$mg.L^{-1}$	SMEWW 23nd 2017 4500 N Org. B	Destilador de Kjeldahl	0,01
Fósforo Total	$mg.L^{-1}$	SMEWW 23nd 2017 4500 P C	Espectrofotômetro	0,01
Turbidez	NTU	SMEWW 23nd 2017 2130 B	Turbidimétrico	0,1
Sólidos Totais	$mg.L^{-1}$	SMEWW 23nd 2017 2540 G	Estufa (105 ºC) / Balança Analítica	10,0
Condutividade	$mS.cm^{-1}$	SMEWW 23nd 2017 2510 B	Condutivimetro	0,001
Óleos e Graxas	$mg.L^{-1}$	SMEWW 23nd 2017 5520 D	Extrator de Soxhlet / Balança	5,0
Demanda Química de Oxigênio - DQO	$mg.L^{-1}$	SMEWW 23nd 2017 5220 B	Bloco digestor / Espectrofotômetro	5,0
Dureza total	$mg.L^{-1}$	SMEWW 23nd 2017 2340 A/B/C	Titulação	1,0
Salinidade	‰	SMEWW 23nd 2017 2110 C	Eletromérico	0,00001
Nitrato (Como N)	$mg.L^{-1}$	SMEWW 23nd 2017 4500-NO3 E	Espectrofotômetro	0,001
Cloretos (Cl-)	$mg.L^{-1}$	SMEWW 23nd 2017 4500 Cl B	Titulação	1,0
Cor Verdadeira	$Pt.C^{-}o^{-1}$	SMEWW 23nd 2017 2120 A/B/C	Espectrofotômetro	0,1
Sulfato Total	$mg.L^{-1}$	SMEWW 23nd 2017 4500 SO4-2 E	Espectrofotômetro	0,01
Alcalinidade Total	$mg^{\cdot}L^{-1}$	SMEWW 23nd 2017 2320 B	Titulação	0,5
Sólidos Dissolvido Total	$mg^{\cdot}L^{-1}$	SMEWW 23nd 2017 2540 C	Balança	10,0
Mercúrio	$mg.L^{-1}$	SMEWW 23nd 2017 3112 B	Gerador de Hidretos	0,00001
Alumínio Dissolvido	$mg.L^{-1}$	SMEWW 23nd 2017 3500 Al C	Absorção atômica	0,01
Ferro Dissolvido	$mg.L^{-1}$	SMEWW 23nd 2017 3500 D	Absorção atômica	0,01

Fonte: Autor, 2018

4.2 Avaliação dos parâmetros conforme resolução CONAMA Nº 357/05

Os resultados foram obtidos a partir dos dados fornecidos pelas análises realizadas em campo e em laboratório. As avaliações dos parâmetros foram realizadas com base nas classes para águas doces da resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005).

Tabela 06. Parâmetros avaliados e classificação conforme a Resolução CONAMA Nº 357/05

Parâmetro	CONAMA Nº357/2005, Classe I	CONAMA Nº357/2005, Classe II	CONAMA Nº357/2005, Classe III	CONAMA Nº357/2005, Classe IV
Coliformes Termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	CONAMA Nº 274/ 2000 Máx. 200,0 Satisfatória	CONAMA Nº 274/ 2000 Máx. 1000,0 Satisfatória	Máx. 2500,00	Não Aplicável
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Oxigênio Dissolvido ($mg.L^{-1}$)	Min. 6,0	Min. 5,0	Min. 4,0	Min. 2,0
$DBO_{(5)}$ ($mg.L^{-1}$)	Máx. 3,0	Máx. 5,0	Máx. 10,0	Não Aplicável
Turbidez (NTU)	Máx. 40,0	Máx. 100,0	Máx. 100,0	Não Aplicável
Fósforo Total (ambientes lótico) ($mg.L^{-1}$)	Máx. 0,1	Máx. 0,1	Máx. 0,15	Não Aplicável
Nitrogênio Total ($mg.L^{-1}$)	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável
Sólidos Totais ($mg.L^{-1}$)	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável
Temperatura (ºC)	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável
Óleos e Graxas ($mg.L^{-1}$)	Visual	Visual	Visual	Visual
Cor verdadeira ($Pt.Co^{-1}$)	Visual	75,0	75,0	Não Aplicável
Sólidos Dissolvidos Totais ($mg.L^{-1}$)	500,0	500,0	500,0	Não Aplicável
Clorofila - a ($\mu g.L^{-1}$)	10,0	30,0	60,0	Não Aplicável
Nitrato (Como N) ($mg.L^{-1}$)	10,0	10,0	10,0	Não Aplicável
Condutividade ($mS.cm^{-1}$)	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável
DQO ($mg.L^{-1}$)	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável
Cloretos (Cl-) ($mg.L^{-1}$)	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável
Dureza total ($mg.L^{-1}$)	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável
Sulfato Total (SO_4^{-2}) ($mg.L^{-1}$)	250,0	250,0	250,0	Não Aplicável
Alcalinidade Total ($mg.L^{-1}$)	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável
Mercúrio ($mg.L^{-1}$)	0,0002	0,0002	0,002	Não Aplicável
Alumínio dissolvido ($mg.L^{-1}$)	0,1	0,1	0,2	Não Aplicável
Ferro dissolvido ($mg.L^{-1}$)	0,3	0,3	5,0	Não Aplicável

Fonte: CONAMA Nº 357/ 2005 (BRASIL, 2005)

4.3 Estatística descritiva dos dados

Os dados obtidos no monitoramento e nos cálculos das cargas foram analisados por meio de estudos estatísticos preliminares e de estatísticas básicas sugeridas por Sperling (2007). Com isso, foi possível fazer a organização e a caracterização das condições de qualidade da água, sob diferentes condições de uso e ocupação do solo. As estatísticas básicas e o cálculo de IQA foram desenvolvidas em planilhas *Excel (Microsoft)* para todos os parâmetros analisados neste estudo.

Os gráficos de Box-plot foram produzidos no programa estatístico PAST, a Análise de Componentes Principais (PCA) e de Escalonamento Dimensional não Métrico (nMDS) foram executadas no software Primer 6.0.

A PCA consiste essencialmente em reescrever as coordenadas das amostras em outro sistema de eixos. Este método permite a redução da dimensionalidade dos pontos representativos das amostras, o gráfico da componente principal 1 (PC1) versus a componente principal 2 (PC2) fornece uma janela privilegiada (estatisticamente) para observação das amostras no espaço n-dimensional (MOITA-NETO & MOITA, 1998) A análise nMDS faz um agrupamento das amostras baseado nas similaridades de suas variáveis.

Para a realização da PCA e da nMDS os dados referentes a todas as variáveis químicas foram primeiramente transformados (log x+1) e depois normalizados com objetivo de reduzir o efeito das unidades de medida em diferentes escalas para cada variável, posteriormente realizou-se uma análise de correlação entre as variáveis químicas, de forma a reduzir redundâncias, dessa forma aquelas altamente correlacionadas ($r \geq 0,7$) foram retiradas. Para a construção das matrizes de agrupamento utilizou-se a distância euclidiana (CLARKE & GORLEY, 2006).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como os usos da água são inicialmente limitados por sua salinidade, este é uma variável a ser determinada em primeiro lugar para o enquadramento da água, conformes as classes dispostas na Resolução CONAMA Nº 357/05 (BRASIL, 2005), sendo normalmente relacionado à clorinidade (Cl^- ‰), quantidade de cloreto em gramas por quilo de água, através da equação: Salinidade[‰]=0,030+1,805xCl- ‰10 ou seja, Salinidade[‰]=0,030+1,805 x ([Cl^-]mg L^{-1} / 1000). A salinidade pode ser calculada com maior exatidão relacionada aos sólidos totais dissolvidos (STD) na água (APHA, 2017). Para a determinação da salinidade desta pesquisa em questão utilizou a conversão pela clorinidade, citada acima.

Na Tabela 07 são apresentados os nomes dos riachos, a avaliação qualitativa quanto as potenciais fontes de poluição, o uso dado à água na localidade e a salinidade (‰).

Tabela 07. Caracterização da faixa ripária, fontes potenciais de poluição, uso da água, salinidade.

Riacho	Impacto na faixa ripária	Rio	Fontes potenciais de poluição	Uso da Água	Salinidade (‰)
S1F	Mata	Córrego da Usina Sumaúma	Balneário a montante do trecho amostrado	Curso d'água natural / recreação	0,03
S2F		Córrego do Lago Azul	Balneário a montante do trecho amostrado	Curso d'água natural / recreação	0,02
S3F		Córrego do Estiva	Maquinário de captação de água a jusante do trecho amostrado	Captação de água para irrigação	0,02
S4F		Córrego do Broma	Balneário a jusante do trecho amostrado	Curso d'água natural / recreação	0,02
S5F		Riacho do Silva	Criatório de suínos a montante do trecho amostrado	Curso d'água natural / recreação	0,09
S6F		Córrego do Catolé	Balneário a montante do trecho amostrado	Curso d'água natural / recreação	0,03
S7F		Córrego Paturais I	Plantação de frutíferas e cana de açúcar nos arredores	Curso d'água natural	0,02
S8F		Córrego Paturais II	Plantação de frutíferas e cana de açúcar nos arredores	Curso d'água natural	0,02

Riacho	Impacto na faixa ripária	Rio	Fontes potenciais de poluição	Uso da Água	Salinidade (‰)
S9A	Agrícola	Córrego sem identificação	Pastagem	Dessedentação animal	0,02
S10A		Córrego sem identificação	Cultura de cana de açúcar	Irrigação	0,02
S11A		Córrego sem identificação	Pasto, esgoto doméstico das comunidades e lavagem de roupas	Dessedentação animal e Lavagem de itens domésticos	0,02
12A		Córrego sem identificação	Pastagem	Dessedentação animal	0,03
S13A		Córrego sem identificação	Pastagem	Dessedentação animal	0,02
S14A		Córrego Mafrial	Bambuzal e indústria frigorífica	Curso d'água natural	0,02
S15A		Córrego sem identificação	Pastagem e maquinário de captação de água a montante do trecho amostrado	Dessedentação animal e Irrigação	0,02
S16A		Córrego sem identificação	Pastagem	Dessedentação animal	0,02
S17U	Urbano	Drenagem urbana IFAL-MD	Esgoto doméstico da comunidade	Canalizado - despejo irregular de esgoto	0,08
S18U		Drenagem Urbana Pilar	Esgoto doméstico da comunidade	Canalizado - despejo irregular de esgoto	0,07
S19U		Córrego Cambona	Esgoto doméstico da comunidade	Canalizado - despejo irregular de esgoto	0,10
S20U		Córrego do Bom Parto	Esgoto doméstico da comunidade	Canalizado - despejo irregular de esgoto	0,10
S21U		Córrego do Mercado	Esgoto doméstico da comunidade	Canalizado - despejo irregular de esgoto	0,10
S22U		Córrego do Vergel	Esgoto doméstico da comunidade	Canalizado - despejo irregular de esgoto	0,09
S23U		Drenagem urbana Santa Luzia	Esgoto doméstico da comunidade	Despejo irregular de esgoto	0,10
S24U		Drenagem urbana Satuba	Esgoto doméstico da comunidade	Despejo irregular de esgoto	0,08

Fonte: Autor, 2018

Quanto as 23 variáveis analisadas em cada riacho (Tabelas 08, 09 e 10) pode-se observar uma maior similaridade entre as áreas de mata e agrícolas que se separam das de uso urbano (Figura 07). Tais resultados indicam que dentre os parâmetros analisados os ambientes agrícolas ainda guardam características similares aos ambientes de mata e ambos diferem substancialmente dos ambientes urbanos. Os destaques dessa avaliação são os riachos S5 e S23 que apresentam características diferenciadas entre os demais riachos de suas respectivas áreas, com altas concentrações de Nitrogênio total, Fósforo e Sólidos totais (S5) e Cor verdadeira e Ferro total (S23).

Tabela 08. Pontos monitorados neste estudo, Classificação quanto ao uso do solo (M – Mata) e conformidade junto a Resolução CONAMA Nº 357/05.

PONTOS MONITORADOS		S - 01	S - 02	S – 03	S - 04	S - 05	S - 06	S - 07	S – 08
ÁREA		M	M	M	M	M	M	M	M
CLASSIFICAÇÃO (Resolução CONAMA 357/2005)		Classe I	Classe I	Classe II	Classe I	Classe IV	Classe III	Classe III	Classe III
Coliformes Termotolerantes	**NMP.100mL^{-1}**	9,20	13,0	540,0	4,50	1600,0	1600,0	79,0	1600,0
pH	**-**	5,50[(1)]	6,28	5,17[(1)]	4,33[(1)]	5,32[(1)]	7,00	5,61[(1)]	6,05
Oxigênio Dissolvido	**mg.L^{-1}**	8,60	8,80	9,21	7,19	8,62	10,00	10,64	8,14
DBO	**mg.L^{-1}**	2,10	2,40	1,45	1,45	1,70	1,50	0,85	1,80
Turbidez	**UNT**	2,94	8,94	2,43	4,10	3,11	1,76	2,43	1,16
Fósforo Total (ambientes lóticos)	**mg.L^{-1}**	0,020	0,018	0,012	0,027	0,520	0,016	0,012	0,010
Nitrogênio Total	**mg.L^{-1}**	0,56	0,61	0,38	0,25	9,56	0,27	0,58	0,36
Sólidos Totais	**mg.L^{-1}**	57,0	111,0	112,0	153,0	337,0	124,0	108,0	135,0
Temperatura	**ºC**	26,50	27,00	27,50	27,80	27,50	28,20	27,00	27,50
Óleos e Graxas[2]	**mg.L^{-1}**	16,80	16,00	14,40	7,60	6,60	8,40	15,60	11,20
Cor verdadeira:	**Pt.Co^{-1}**	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	9,75
Sólidos Dissolvidos Totais	**mg.L^{-1}**	38,0	26,0	17,5	27,5	239,0	43,0	18,0	16,5
Clorofila a	**µg.L^{-1}**	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Nitrato (Como N)	**mg.L^{-1}**	0,29	0,29	0,20	0,16	1,84	0,14	0,26	0,03
Condutividade	**mS.cm^{-1}**	0,089	0,074	0,049	0,084	0,249	0,108	0,058	0,059
DQO	**mg.L^{-1}**	33,88	40,81	39,81	36,26	41,66	42,46	49,90	41,71
Cloretos (Cl-)	**mg.L^{-1}**	15,99	11,99	9,49	14,24	39,49	14,24	10,74	7,99
Dureza total	**mg.L^{-1}**	8,25	6,75	4,25	5,75	44,00	7,25	3,25	4,50
Sulfato Total (SO4 -2)	**mg.L^{-1}**	< 5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Alcalinidade Total	**mg.L^{-1}**	< 1,0	2,00	5,00	< 1,0	< 1,0	4,25	2,00	2,75
Mercúrio	**mg.L^{-1}**	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001
Alumínio dissolvido	**mg.L^{-1}**	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,36	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ferro dissolvido	**mg.L^{-1}**	0,16	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,11	0,28	0,62	< 0,1

(1) Concentração em desacordo com os limites máximo, estabelecido na Resolução CONAMA 357/05.

(2) Todos os riachos monitorados apresentaram Óleos e Graxas, virtualmente ausente.

M: Mata

Tabela 09. Pontos monitorados neste estudo, Classificação quanto ao uso do solo (A – Agrícola) e conformidade junto a Resolução CONAMA Nº 357/05.

PONTOS MONITORADOS		S – 09	S - 10	S - 11	S - 12	S - 13	S - 14	S – 15	S - 16
ÁREA		A	A	A	A	A	A	A	A
CLASSIFICAÇÃO (Resolução CONAMA 357/2005)		Classe I	Classe III	Classe III	Classe III	Classe I	Classe I	Classe III	Classe III
Coliformes Termotolerantes	$NMP.100mL^{-1}$	47,0	540,0	1600,0	1600,0	79,0	49,0	48,0	1600,0
pH	-	7,20	5,76(1)	6,65	5,88(1)	7,45	6,82	6,49	7,41
Oxigênio Dissolvido	$mg.L^{-1}$	8,51	4,41	7,98	8,06	9,47	9,61	9,33	8,43
DBO	$mg.L^{-1}$	1,65	1,25	1,60	1,40	1,60	1,40	1,75	1,30
Turbidez	UNT	5,52	16,88	6,95	24,82	2,27	5,01	6,66	2,27
Fósforo Total (ambientes lóticos)	$mg.L^{-1}$	0,013	0,010	0,090	0,012	0,012	0,008	0,012	0,006
Nitrogênio Total	$mg.L^{-1}$	0,28	0,36	0,36	0,56	1,29	0,41	0,32	0,41
Sólidos Totais	$mg.L^{-1}$	91,0	109,0	110,0	61,0	69,0	52,0	38,0	33,0
Temperatura	ºC	29,60	30,10	28,70	29,80	29,10	28,70	30,50	30,20
Óleos e Graxas[2]	$mg.L^{-1}$	11,00	8,20	4,60	8,80	5,20	6,20	14,00	14,80
Cor verdadeira:	$Pt.Co^{-1}$	< 5,0	< 5,0	59,35	66,26	< 5,0	< 5,0	69,22	< 5,0
Sólidos Dissolvidos Totais	$mg.L^{-1}$	37,5	30,5	27,0	33,5	31,5	34,5	20,5	29,0
Clorofila a	$\mu g.L^{-1}$	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Nitrato (Como N),	$mg.L^{-1}$	0,03	0,06	0,20	0,26	0,76	0,10	0,07	0,10
Condutividade	$mS.cm^{-1}$	0,095	0,080	0,093	0,090	0,081	0,089	0,063	0,078
DQO	$mg.L^{-1}$	95,0	80,0	93,5	90,5	81,0	89,0	63,0	78,5
Cloretos (Cl-)	$mg.L^{-1}$	9,74	13,99	8,99	17,49	12,74	14,74	12,24	12,74
Dureza total	$mg.L^{-1}$	13,25	10,50	10,00	7,00	5,00	11,50	5,50	6,50
Sulfato Total (SO4 -2)	$mg.L^{-1}$	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Alcalinidade Total	$mg.L^{-1}$	14,00	8,50	10,50	5,50	5,50	9,50	5,25	5,75
Mercúrio	$mg.L^{-1}$	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001
Alumínio dissolvido	$mg.L^{-1}$	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ferro dissolvido	$mg.L^{-1}$	0,24	0,65	0,30	1,22	0,11	0,18	0,60	0,74

(1) Concentração em desacordo com os limites máximo, estabelecido na Resolução CONAMA 357/05.

(2) Todos os riachos monitorados apresentaram Óleos e Graxas, virtualmente ausente.

A: Agrícola

Tabela 10. Pontos monitorados neste estudo, Classificação quanto ao uso do solo (U – Urbano) e conformidade junto a Resolução CONAMA Nº 357/05.

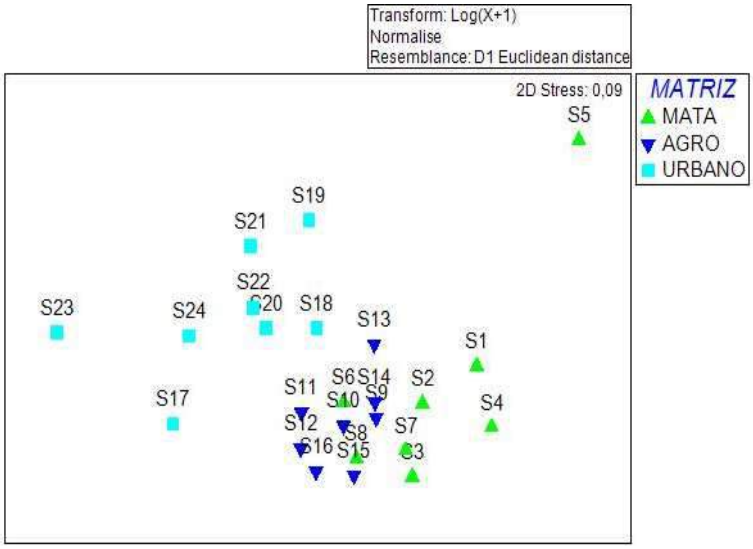
PONTOS MONITORADOS		S - 17	S - 18	S - 19	S – 20	S - 21	S - 22	S - 23	S – 24
ÁREA		U	U	U	U	U	U	U	U
CLASSIFICAÇÃO (Resolução CONAMA 357/2005)		Classe IV	Classe IV	Classe IV	Classe IV	Classe IV	Classe IV	Classe IV	Classe IV
Coliformes Termotolerantes	$NMP.100mL^{-1}$	43000	240	350	350	430	390	200	240
pH	-	6,60	6,67	6,61	6,68	7,12	7,54	6,05	7,33
Oxigênio Dissolvido	$mg.L^{-1}$	3,40(1)	3,18(1)	2,96(1)	2,29(1)	2,46(1)	3,38(1)	1,38	1,80
DBO	$mg.L^{-1}$	9,70	9,80	3,50	4,60	3,10	4,20	5,70	8,00
Turbidez	UNT	31,50	1,18	5,50	5,36	2,81	6,92	27,07	24,29
Fósforo Total (ambientes lóticos)	$mg.L^{-1}$	0,53	0,55	1,12	0,88	2,29	1,49	0,32	0,74
Nitrogênio Total	$mg.L^{-1}$	3,94	6,44	8,12	7,98	8,82	7,56	7,70	7,00
Sólidos Totais	$mg.L^{-1}$	373,00	198,00	234,00	228,00	398,00	536,00	316,00	232,00
Temperatura	ºC	29,8	29,7	28,9	30,0	31,7	29,2	28,8	27,8
Óleos e Graxas[2]	$mg.L^{-1}$	5,2	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	8,4
Cor verdadeira	$Pt.Co^{-1}$	16,28	9,82	9,16	5,00	19,71	12,39	79,82	109,40
Sólidos Dissolvidos Totais	$mg.L^{-1}$	246,0	101,0	161,0	162,0	165,0	172,0	163,0	110,0
Clorofila a	$\mu g.L^{-1}$	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Nitrato (Como N)	$mg.L^{-1}$	0,15	0,23	1,47	0,33	1,08	0,49	0,64	0,67
Condutividade	$mS.cm^{-1}$	0,411	0,199	0,455	0,526	0,667	0,820	0,322	0,466
DQO	$mg.L^{-1}$	17,80	11,00	8,60	13,50	7,70	10,30	15,40	16,60
Cloretos (Cl-)	$mg.L^{-1}$	82,99	41,49	54,98	59,98	62,48	52,48	54,48	46,98
Dureza total	$mg.L^{-1}$	101,00	22,00	95,00	101,00	102,50	207,00	100,00	50,00
Sulfato Total (SO4 -2)	$mg.L^{-1}$	25,30	12,90	32,28	23,26	56,36	57,24	65,96	31,64
Alcalinidade Total	$mg.L^{-1}$	70,00	10,50	75,00	91,00	99,00	277,00	125,00	70,00
Mercúrio	$mg.L^{-1}$	< 0,00001	0,00020	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	<0,0001	0,0006
Alumínio dissolvido	$mg.L^{-1}$	< 0,1	0,14	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ferro dissolvido	$mg.L^{-1}$	0,25	0,03	0,1	0,25	0,38	0,14	6,80	1,38

(1) Concentração em desacordo com os limites máximo, estabelecido na Resolução CONAMA 357/05

(2) Todos os riachos monitorados apresentaram Óleos e Graxas, virtualmente ausente.

U: Urbano

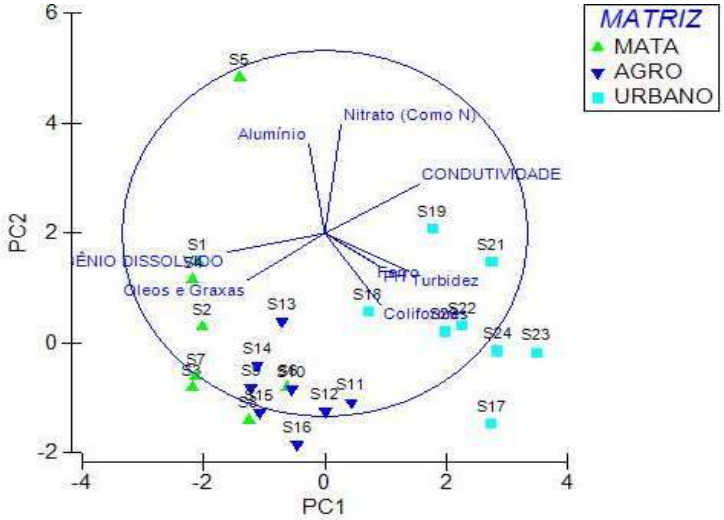
Figura 07. Agrupamento nMDS das variáveis em cada uma das localidades amostradas.



Na análise do agrupamento nMDS, podemos observar a similaridades das variáveis nas três áreas avaliadas (Figura 07). Um destaque pode ser dado ao ponto S5, que apresentou características totalmente diferente dos demais riachos avaliados. Este ponto se refere ao Riacho do Silva, dentro do parque municipal de Maceió, área protegida, mas que tem sua cabeceira fora da unidade de conservação e conta impactos bem registrados (SILVA, 2011).

No que se refere a análise de componentes principais, os 3 principais eixos explicaram 75,9% da variação do conjunto de dados, sendo que as variáveis que mais contribuíram para a distribuição dos dados em riachos de mata e agrícolas foram oxigênio dissolvido e óleos e graxas, já para os riachos urbanos a condutividade, turbidez e quantidade de coliformes termotolerantes foram as variáveis que mais interferiram na distribuição do conjunto de dados (Figura 08).

Figura 08. Análise de componentes principais (PCA)



Ao analisar individualmente algumas variáveis pode-se discutir características gerais dos riachos amostrados. Por exemplo as fontes de nitrogênio nas águas naturais são diversas, mas os esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte de lançamento deste elemento na água. O nitrogênio orgânico aparece devido à presença de proteínas, nitrogênio amoniacal, entre outros. Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio (CETESB, 2015). Nas áreas urbanas a descarga de esgoto não tratado, rico em compostos nitrogenados e fosfatados, são importantes contribuintes para o processo de eutrofização de corpos hídricos e suas concentrações foram marcantes nos ambientes urbanos.

No que se refere aos dados dos riachos de mata, o destaque ficou por conta do riacho S5, que apesar de se encontrar em uma área de mata preservada (Parque Municipal de Maceió), obteve a maior concentração de nitrogênio total (9,56 $mg.L^{-1}$), entre os todos os riachos monitorados, provavelmente oriundo de descargas de uma pocilga a montante do trecho monitorado.

As análises de condutividade trouxeram uma leitura da capacidade de conduzir correntes elétricas, relacionadas à presença de espécies iônica dissolvida na água. A CETESB (2009) aponta que acima de 0,100 $mS.cm^{-1}$, existe a possibilidade de entrada de esgoto no ambiente. Todos os riachos urbanos e dois dos córregos de matriz com mata (S5 e S6) apresentaram condutividade superior a este valor, indicando, portanto, uma possível contaminação com esgoto.

5.1 Proposta de enquadramento dos riachos monitorados conforme resolução CONAMA N º 357/2005

Uma das variáveis mais importante para o enquadramento e fornecimento de informações sobre a qualidade da água em ambientes lóticos é a medida do pH. Variações nesta variável são ocasionadas geralmente por consumo e por produção de dióxido de carbono (CO2), realizados por todos os organismos fotossintetizantes e pelos fenômenos de respiração ou fermentação, produzindo ácidos fracos. A matéria orgânica influencia a formação de ácidos húmicos, entre outros ácidos, diminuindo o pH e, consequentemente, aumentando a acidez do corpo d'água. Destaque-se que os rios brasileiros tendem a apresentar pH que varia de neutro a ácido (VON SPERLING, 2005). O padrão estabelecido pela resolução CONAMA Nº357/2005 (BRASIL, 2005), corpos d'água doces (classes: I, II, III e IV), fixa o critério de pH entre 6,0 a 9,0 para haver proteção da vida aquática e adequação ao abastecimento da população. Os

riachos S1, S3, S4, S5 e S7 não atendem ao critério estabelecido para todas as classes de corpos d'água doce para a variável de pH. Por esse motivo, essa variável será desconsiderada para o enquadramento deles. Como já exposto, com exceção do pH, os riachos S1, S2 e S4 se enquadra no artigo 14, classe I, com o atendimento das especificações estabelecida. Os riachos S3, S6, e S8 apresentaram as variáveis DBO, Turbidez, Fósforo Total (ambientes lóticos), Óleos e Graxas, Cor verdadeira, Sólidos Dissolvidos Totais, Clorofila-*a*, Nitrato (como N), Sulfato Total (SO_4^{-2}), Mercúrio, Alumínio dissolvido e Ferro dissolvido em conformidade com as especificação definida na classe I, com exceção do Coliformes termotolerantes que apresentou atendimento as especificações classe II e classe III, respectivamente, o que determinou o enquadramento desses riachos. As concentrações mais elevadas de Ferro dissolvido no riacho S7, enquadra-o em classe III, e provavelmente teve origem no carreamento de solo, relacionado a plantações de cana de açúcar nas proximidades do riacho. O único riacho de mata preservada que satisfez aos valores permissíveis dos ensaios avaliados na presente pesquisa foi o S2, podendo indicar um ponto de referência de boa qualidade para essa bacia.

Na observação dos resultados da Tabela 09, riachos agrícolas, podemos constatar que de acordo com o resultado de todas as variáveis avaliadas nos riachos S9, S13 e S14 apresentaram concentrações dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/2005 (BRASIL, 2005), para rios classe I. Para as variáveis DBO, Turbidez, Fósforo Total (ambientes lóticos), Óleos e Graxas, Cor verdadeira, Sólidos Dissolvidos Totais, Clorofila *a*, Nitrato (Como N), Sulfato Total (SO_4^{-2}), Mercúrio e Alumínio dissolvido nos riachos S10, S11, S12, S15 e S16, atendem as especificações para classe II. No entanto, as variáveis Oxigênio Dissolvido (S10), coliformes termtolerantes (S11, S12 e S13) e Ferro dissolvido (S10, S110 S12, S15 e S16) enquadram esses riachos no artigo 16, classe III da referida resolução.

Os riachos S10 e S12 apresentaram concentrações abaixo do limite especificado para pH em corpos d´água em todas as classes para água doce. Permanecendo assim enquadrados como classe III, devido ao atendimento da classe para todas as outras demais variáveis.

Nesse conjunto de riachos, os parâmetros Coliformes temotolerantes e Ferro dissolvido foram o que mais impactaram para o enquadramento dos riachos. A presença de coliformes termotolerantes, está relacionada a presença de animais de sangue quente nos arredores do córrego. Em relação ao Ferro dissolvido pode estar relacionado à ocorrência de ferrobactérias, geologia da área (SANTOS, 2000). Os resíduos agrícolas também são importantes fontes de ferro, por ser o constituinte de diversos agrotóxicos.

Na área urbana na Tabela 10, todos os riachos ultrapassaram as especificações para classe II, nas variáveis de Oxigênio dissolvido e Fósforo total (considerando ambiente lótico) de no mínimo 5,0 $mg.L^{-1}$ e 0,10 $mg.L^{-1}$, respectivamente, de forma que esses riachos, somente poderiam estar enquadrados em classe IV. Ainda sobre o Oxigênio dissolvido, podemos observar que os riachos S23 e S24 não alcançam o limite mínimo de 2,0 $mg.L^{-1}$, para atendimento ao enquadramento da classe IV. Como pode ser observado, apesar dos riachos analisados somente serem compatíveis com navegação e harmonia paisagística (classe IV), usos mais nobres foram frequentemente observados, como a recreação de crianças, dessedentação de animais e pesca.

A legislação permite que a classificação do rio seja generalizada pela desconformidade de um único parâmetro de qualidade. Ou seja, mesmo tendo a água qualidade superior, um único parâmetro em desconformidade faz com que o rio receba uma classificação inferior, o que não é o caso dos riachos analisados. Isto pode induzir a erros no enquadramento de rios, já que muitos dos aplicadores da lei podem entender que o rio deve estar enquadrado conforme a sua classificação e não conforme seus usos preponderantes.

Para os riachos S19, S20, S21 e S22 as demais variáveis, também com exceção do Mercúrio, atendem as especificações para classe II. Nos riachos S17, S18, S23 e S24 as demais variáveis atendem as especificações estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/2005 (BRASIL, 2005), para classe III.

As baixas concentrações encontradas de oxigênio dissolvido nessa área, possivelmente oriunda da presença de matéria orgânica biodegradável, encontrados no esgoto doméstico, pois quanto maior a quantidade de matéria orgânica encontrada na água, maior será o número de microorganismos decompositores e consequentemente maior quantidade de oxigênio consumido. Essa reação desencadeia a proliferação de bactérias e consequentemente uma demanda maior de oxigênio por meio da respiração, a ausência de oxigênio dissolvido provoca a morte de seres aeróbicos, evidenciado pela baixa concentração de coliformes termotolerantes encontrado, provocando processos anaeróbios no ambiente que geram o mau odor característico causado pelo gás sulfídrico e a produção de gás metano, que é altamente nocivo para a atmosfera (RIBEIRO, 2010).

A evidências de fósforo, pode ser observado pela quantidade de espuma presente na água, possivelmente, também, proveniente de esgoto doméstico lançado na rede de drenagem, com contribuição de detergentes.

Outro destaque é a presença de metais pesados como o Mercúrio encontrado em 5 riachos, todos com uso de solo urbano, sendo ultrapassado a especificação para classe II (S19, S20, S21, S22 e S24) e com ênfase para o ponto S24 que apresentou resultado 300% maior que o valor estabelecido artigo 16, classe II da resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005). O Mercúrio tem seu ciclo mais afetado por atividades antrópicas e cuja especiação química responde mais fortemente ao gradiente físico-químico típico das águas (PARAQUETTI et al. 2007). Além disso, o mercúrio pode ser consideravelmente tóxico quando incorporados à biota em ambiente aquático, representando, um risco à população humana, quando exposição via cadeia alimentar, gerando não só problemas de saúde, mas também de ordem social e econômica (COSTA; LACERDA, 2014). Atualmente, o uso industrial do mercúrio ainda é bastante amplo (lâmpadas e termômetros), embora haja proibição em alguns produtos como tintas, agrotóxicos e fármacos químicos (ANVISA, 2010). Uma pesquisa recente (BARROS, et al. 2019), mostra níveis de metais pesados detectados nos solo e em amostras de organismos do CELMM, confirmando a entrada e absorção destes elementos neste sistema.

5.2 Classificação e avaliação do índice da qualidade da água IQA

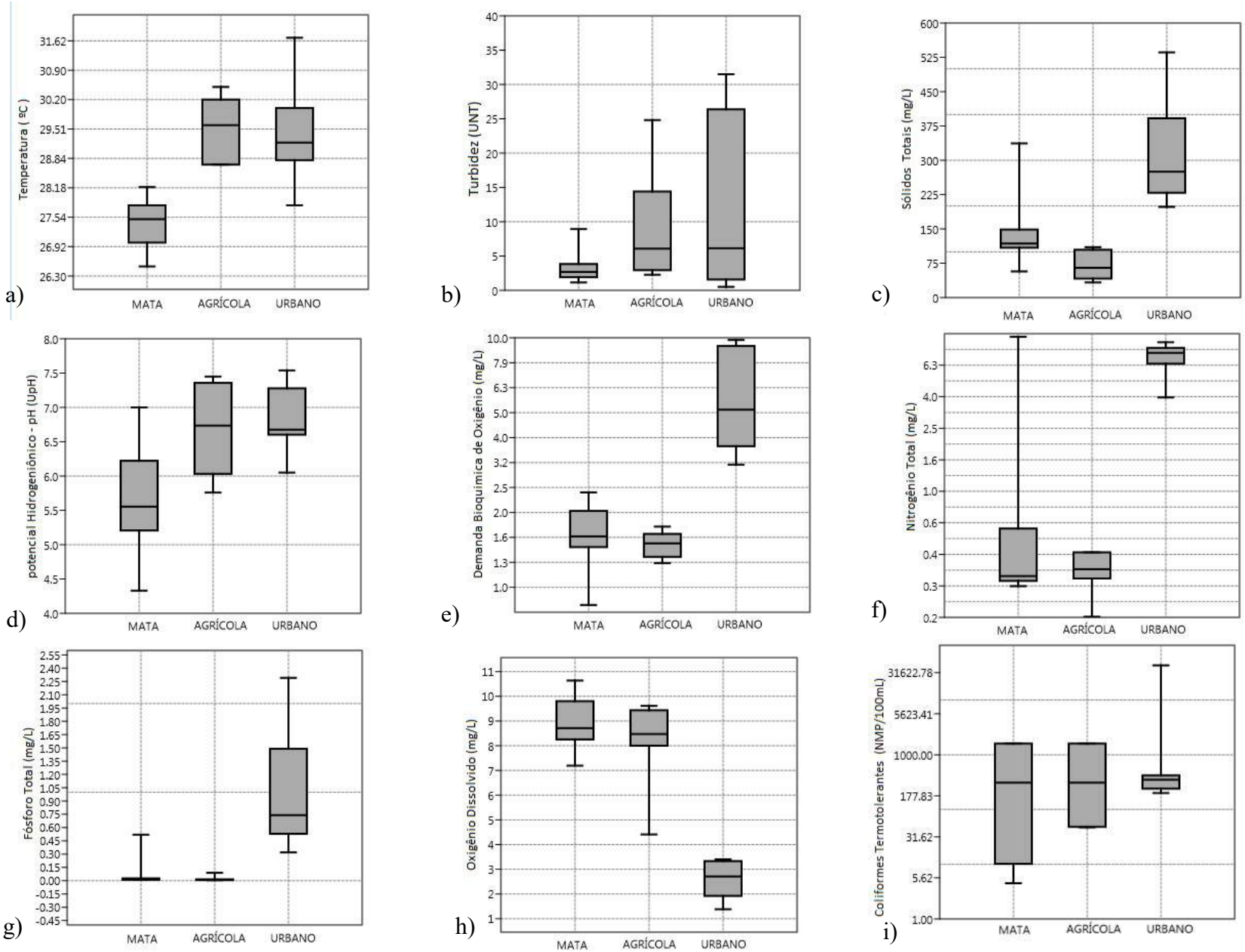
Analisado individualmente os parâmetros do IQA (Oxigênio Dissolvido - Coliformes Termotolerantes - Demanda Bioquimica de Oxigênio – pH – Nitrogênio Total - Fósforo Total - Temperatura - Turbidez - Sólidos Totais), em cada uma das matrizes de uso é possível observar a formação de alguns padrões (Figura 09).

Os valores de temperatura em riachos de mata preservada foram menores que as medições em áreas agrícolas seguido pela área urbana. O cenário se confirma devido a presença da vegetação encontrada em cada matriz. Nos riachos de mata preservada a vegetação alta e nativa possibilita a proteção da incidência da radiação solar, ocasionando em valores mais baixos deste parâmetro. Fato este, mais raro nas áreas adjacentes aos riachos agrícolas, onde se observou uma vegetação riparia rala e ocasional, refletindo em temperaturas mais elevadas. Já nas áreas urbanas, com a ausência de vegetação e grandes áreas de pavimentação justificam os maiores valores de temperaturas encontrados no estudo.

As amostragens foram realizadas em datas diferentes e as variações climáticas não podem ser desprezadas, contudo, o uso e a ocupação do solo afetam diretamente a temperatura. Mashiki (2012) concluiu que diferentes coberturas de solo influenciam diretamente no comportamento da temperatura superficial da microrregião diretamente impactada. Callejas et al. (2011) correlacionou aumento de temperaturas superficiais a níveis crescentes de

urbanização, sugerindo como principal ação para redução de temperaturas a melhoria da vegetação.

Figura 09. Box plot das variáveis que compõe o IQA



Um parâmetro que se manteve constantes para todas as áreas dos riachos em questão, foi a análise de pH. Segundo Sperling (2005), a variação do pH dos corpos hídricos pode ser de origem natural (dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera e fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais). Os valores de pH apresentaram variação de 4,3 à 7,0 pH entre as áreas monitoradas.

Nas análises de turbidez observou-se valores mais baixos nos rios de mata preservada, nesses locais a vazão do rio encontrava-se sem turbulências significativas que pudessem agitar os sedimentos de fundo. Os valores se elevaram nas áreas agrícolas e urbanos podendo ser associado a decomposição de matéria orgânica que foi mais presente nessas áreas. Harfuch et al. (2019) também associara a turbidez a processos de erosão na margem de rios agrícolas e de pecuária devido à ausência de mata ciliar.

A avaliação do conjunto de resultados para DBO, Fósforo, Nitrogênio total, e sólidos totais é um importante indicativo de poluição recente por despejos de origem doméstica. É interessante observar que os valores para a área de mata preservada, se manteve constante, e aceitáveis para o uso da água, com exceção do riacho S5, (Riacho do Silva), que apesar de se encontrar dentro de uma unidade de conservação apresentou características de recebimento de esgoto doméstico e grande desenvolvimento da atividade de decomposição de matéria orgânica. Em áreas agrícolas a presença desses parâmetros pode ser associada ao uso de fertilizantes conforme verificado por Silva (2016). Contudo, no presente estudo a tendência apresentou valores mais baixos e muito coerente com a área de mata preservada. Este comportamento pode ser explicado devido a substituição das áreas de cultivo por área de pastagem, minimizando a utilização de adubos e fertilizantes. A área agrícola teve um único pico de elevação dos parâmetros em questão, devido ao ponto S11 que apresentou a permanência de gado, esgoto doméstico das comunidades e lavagem de roupas. Os resultados encontrados em maior concentração de todos esses parâmetros foram os de área urbana, que está diretamente ligado ao volume de despejos e sua elevada carga que excedem a capacidade de recuperação dos riachos (Figura 09 c, e, f, g).

Os riachos em área de mata preservada apresentam oxigênio dissolvido com excelente saturação (entre 92 e 134 %) em água. Em áreas agrícolas a saturação apresentou mínima de 58,5% e máxima de 125%, também caracterizadas como boas para os organismos aquáticos. Boyd et al. (2001) atribui a valores altos de oxigênio a grande presença de plantas. Souza e Gastaldini (2014) encontraram valores inferiores a 6 $mg.L^{-1}$ em áreas antropizadas e locais com lançamento de direto de matéria orgânica, pois os processos metabólicos aeróbios reduzem o oxigênio do meio para estabilização da matéria orgânica, quanto maior a DBO menor a

concentração de oxigênio no curso de água. Esse fenômeno contribuiu para os baixos níveis de oxigênio, entre 18 e 34 % da saturação, nos rios urbanos.

Em todos os pontos foram verificados presença de coliformes termotolerantes. Nas áreas de mata foram encontrados os riachos com menores valores de coliformes termotolerantes. Stolfi (2010) atribui valores de coliformes termotolerantes em área de reserva devido a contaminação por fezes dos animais de sangue quente. Para as áreas de mata e agrícola os valores médios de coliformes termotolerantes foram muito próximos. Quatro pontos na área de mata e outros quatro pontos em área agrícola atendem ao critério da CONAMA 274/2000 (BRASIL, 2000) para recreação. Os resultados da área agrícola foram menos dispersos que os resultados em área de mata. A contribuição de despejos domésticos contribui para resultados maiores para coliforme na área urbana, onde, apenas um ponto atende a CONAMA 274/2000 (BRASIL, 2000). Na área urbana o ponto S17 obteve destaque no resultado de coliformes por se tratar de um riacho com o recebimento de uma alta carga de efluente sanitário e apresentou o melhor resultado de oxigênio dissolvido, possibilitando o desenvolvimento bacteriano.

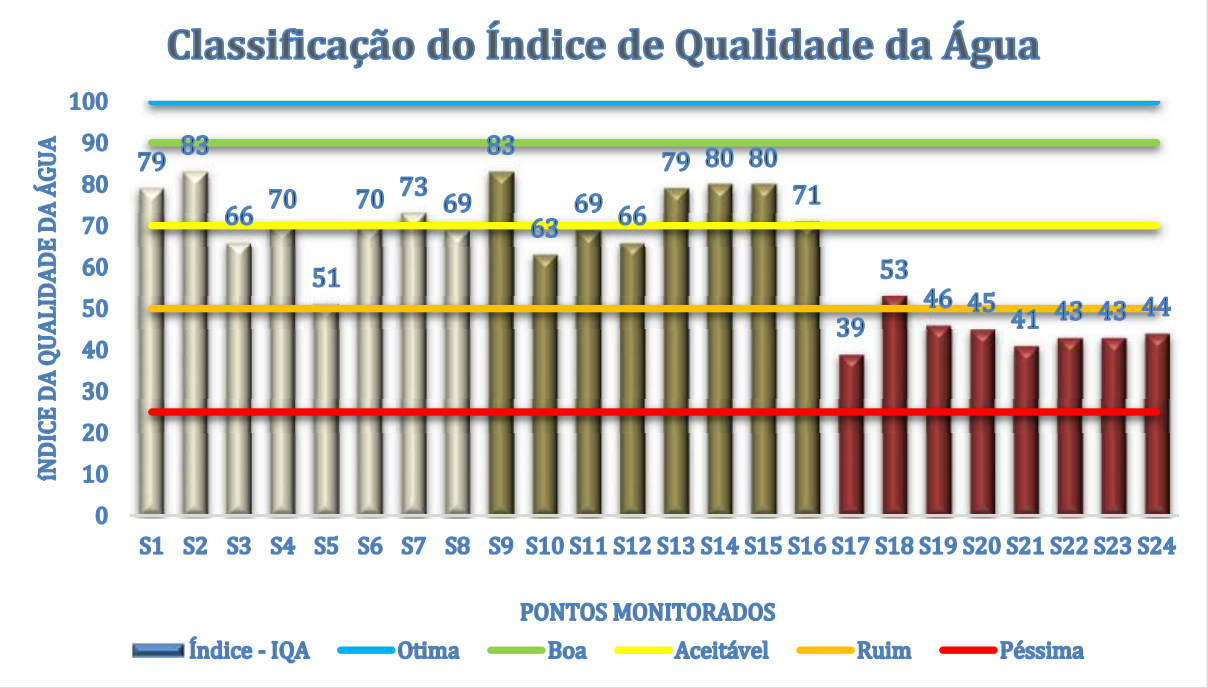
A partir dos dados levantados referentes ao IQA nas diferentes matrizes e foi possível a avaliação das condições ambientais atuais dos mesmos. A partir dos valores obtidos, os riachos monitorados foram classificados em faixas. A Agência Nacional de Águas - ANA (2015) apresentam variações entre os estados brasileiros. Portanto, a presente pesquisa, utiliza-se da classificação do estado de Alagoas (Tabela 03).

A figura 10 auxilia a apresentação da forma como cada riacho se comportou durante a avaliação do IQA. Avaliando os resultados alcançados após os cálculos para obtenção do índice para os 24 riachos amostrados, podemos observar que 33% encontra-se na faixa “Boa” e 41% dos riachos analisados se encontra na faixa “Aceitável”, os demais encontra-se na faixa “Ruim” indicada pela ANA (2015).

Os riachos de mata preservada, no geral, apresentam classificação “aceitável” de qualidade de água (cinco riachos) com base no IQA, As exceções ficam por conta dos riachos S1, S2 e S7 que classificaram na faixa “ Boa”, isso foi possível por se tratar de um trecho com mata nativa preservada e com controle de acesso à região. Ainda na área de mata preservada os riachos que apresentaram faixa “aceitável” destacam-se os riachos S3 e S5 com os índices mais baixos para a faixa “aceitável”. Esse fato é evidenciado pela presença maquinário de captação de água a jusante do trecho amostrado e criatório de suínos a montante do trecho amostrado, respectivamente. A correlação negativa, embora não-significativa, da concentração de sólidos totais e turbidez é fruto da influência dessas ações antrópicas aos arredores dos referidos pontos.

A redução desse índice é influenciada pela alta concentração de coliformes termotolerantes encontrada no local, mostrando que há alguma influência de animais de sangue quente ou algum tipo de descarga de matéria orgânica na água.

Figura 10. Indicação da classificação do indice da qualidade da água



Fonte: Autor, 2019

O riacho S5, resultou em um índice de apenas 51, o que classificou o riacho mais poluído dos demais monitorado nessa área e o coloca em situação muito semelhante aos riachos urbanos. Esse índice vem enfatizar a significativa influência das atividades antrópicas sobre o mesmo. É importante salientar que o trecho monitorado fica localizado dentro de uma unidade de conservação, Parque Municipal de Maceió, criado a partir da Lei Municipal 2.514 de 1978, localizado no bairro de Bebedouro, está inserido numa área de Mata Atlântica e é uma unidade de preservação ambiental que possui monitoramento 24 horas por dia (SILVA, 2013), para que se evite a caça aos animais presentes na região, derrubada de áreas ou ocupação irregular. Porém, apesar de uma unidade de proteção integral, o Parque Municipal de Maceió, vem sofrendo ações antrópicas de carácter degradativo tais como: disposição incorreta de resíduos sólidos, erosão, desmatamento, invasão urbana, retirada de área no leito do Riacho do Silva, todas de origem antrópica. Diversos são os fatores que causam degradação ambiental e a destruição dos ecossistemas locais, como: crescimento urbano desenfreado, aumento da demanda de recursos naturais e biológicos, falta de consciência ambiental, (Lopes, et al. 2017).

O registro nas pesquisas de (SILVA, 2011) e Pimentel et al.(2017) justificam os baixos valores do índice para essa área em virtude de ações antrópicas, ocasionando a alta concentração encontrada de coliformes termotolerantes, fósforo total, nitrogênio total e sólidos totais, proveniente de decomposição de matéria orgânica no local.

Nos riachos agrícolas, como pode-se confirmar anteriormente há uma similaridade do comportamento dos riachos de mata preservada, dos oito riachos monitorados, cinco apresentaram classificação "Boa" e três "Aceitável" devido a conservação dos parâmetros de coliformes termotolerantes e oxigênio dissolvido que manteve sua média em 56,0 NMP/100mL e 9,0 mg/L, respectivamente. A redução dos índices nessa área, se caracteriza devido à elevação das concentrações de coliformes termotolerantes, turbidez e fósforo total. A concentração de coliformes é justificada pela presença de animais dessedentando ao entono do trecho no momento da amostragem. Para os ensaios de turbidez e fósforo total, segundo Sperling (2005), a lixiviação de minerais primários, dissolução de compostos do solo e a decomposição de matéria orgânica podem ser relacionados como causas naturais da origem da presença de elemento nas amostras de águas naturais. Os três riachos classificados como "aceitável" no IQA, ficaram por conta dos riachos S10, S11 e S12, com destaque no riacho S10 que além dos parâmetros já citado para a redução do índice, a concentração de oxigênio dissolvido, apresentou uma diminuição de 50% da concentração média encontrada, o que impactou a classificação, fato esse ocorrido pela possível elevação da temperatura e degradação da matéria orgânica, caracterizada pela alta concentração de turbidez, nitrogênio e sólidos totais.

Os resultados da área dos riachos agrícolas indicam que estão sendo afetado principalmente pela falta de cobertura vegetal e uso inadequado do solo.

A classificação do IQA dos riachos com interferência urbana, apresentou 90% dos riachos monitorados na faixa "ruim" do IQA, com índice entre 39 a 46. Valores impulsionados pelo aumento das concentrações dos nutrientes como nitrogênio e fósforo e consequentemente de sólidos totais. O que confirma o aumento da decomposição de matéria orgânica no ambiente introduzida pelo despejo de resíduos sólidos e lançamento de efluentes industriais e sanitário sem tratamento prévio. Essa alta concentração de matéria orgânica, também evidenciada pela elevada concentração de DBO nos trechos, ocasionado o declínio na concentração do oxigênio dissolvido (OD), esse processo tem sua velocidade acelerada com o aumento da temperatura ocorrido em todos os pontos. Um rio considerado limpo, em condições normais apresenta normalmente de 8 a 10 $mg.L^{-1}$, podendo variar conforme a temperatura e pressão (ANA 2009).

A Concentrações de oxigênio dissolvido abaixo de 2 mg/L, confirmam as condições mais próximas de anaerobiose do corpo hídrico (CETESB, 2001), o que justifica a baixa concentração de coliformes termotolerantes, encontrados nos riachos S18 ao S24.

O Trecho S17 apresenta característica particular entre os demais, como recebimento de alta carga despejos de efluente sanitário, baixa concentração de nitrogênio e fósforo e um alto teor de oxigênio dissolvido (OD), possibilitando a manutenção dos Coliformes termotolerantes, o que caracterizou o baixo índice, IQA 39.

Moragas (2005) afirma que esse parâmetro (Coliformes termotolerantes) é o maior responsável pela redução da categoria do IQA dos corpos d'água brasileiros. O único riacho S18, classificado na faixa "aceitável" teve seu índice melhorado dos demais, devido a redução das concentrações de coliformes termotolerantes, turbidez e sólidos totais.

A partir dos resultados de IQA obtidos e do enquadramento da conformidade na CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), foi possível a construção de um mapa informativo sobre a qualidade dos riachos amostrados (Figura 11). Podemos observar que a classificação do IQA nos riachos é confirmando o enquadramento fundamentado pela Resolução CONAMA Nº 357/2005 (BRASIL, 2005), para as Classes I e II, água destinadas a consumo humano, com IQA entre "Boa" e "Aceitável", respectivamente. Ainda sobre a validação do IQA, alguns riachos apresentaram classificação do índice IQA "Boa" e um enquadramento Classe III, enquadramento esse impulsionado apenas pela elevação da concentração de Coliformes termotolerantes. Vale ressaltar que não foi obedecida a frequência de coleta estabelecida pela Resolução CONAMA Nº 357/2005 (BRASIL, 2005), em seu Art. 14, inciso I, alínea g, que recomenda pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral, no entanto; fica evidente a necessidade da adoção de medidas de saneamento e tratamento da água, principalmente se houver utilização para consumo humano. A avaliação do mapa apresenta também a evidência que os trechos mais próximos de cidades e zonas urbanas apresentam piores índices de qualidade da água – IQA, seguido do enquadramento das águas, como Classe IV, destinado a navegação e à harmonia paisagística.

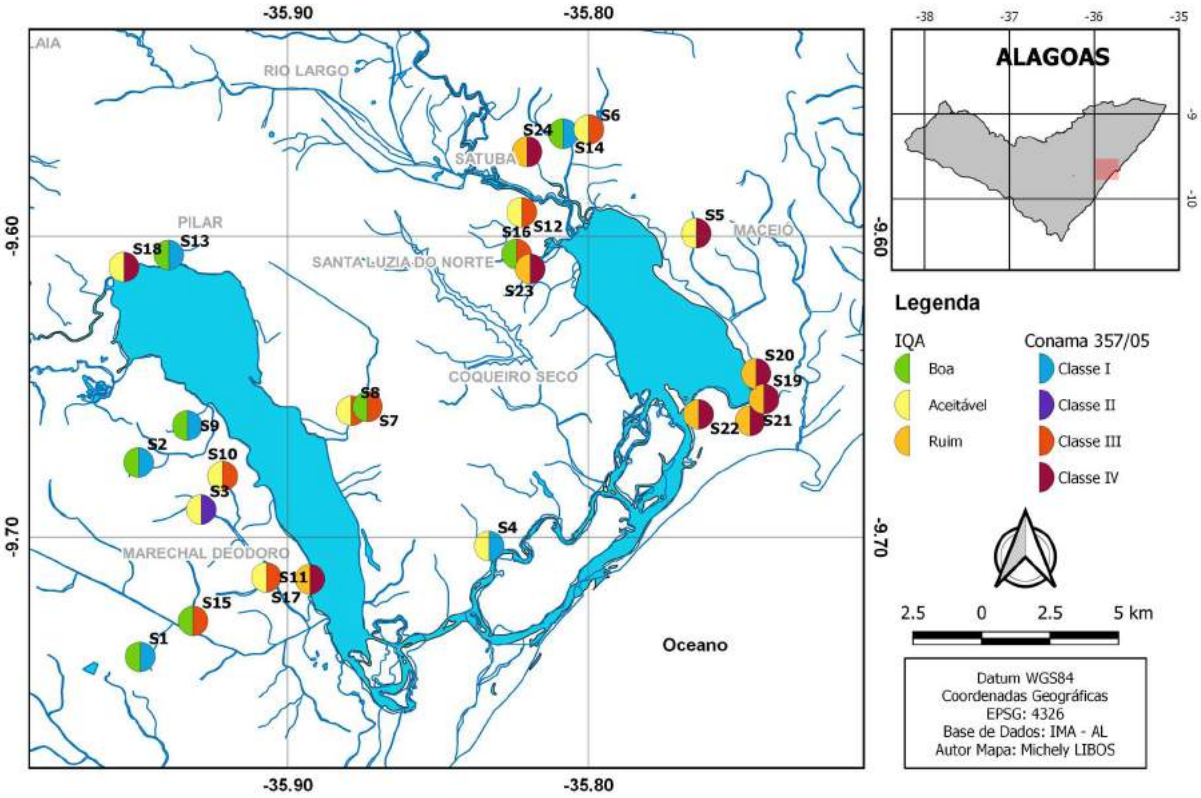


Figura 11. Caracterização quanto ao IQA e a conformidade CONAMA Nº 357/2005 nos riachos monitorados do CELMM.
Fonte: Autor, 2018.

6. CONCLUSÃO

No que se refere aos programas de gestão ambiental, o monitoramento da qualidade da água destaca-se como um importante instrumento de gestão dos recursos hídricos, uma vez que permite aumentar sua capacidade prognóstica, auxiliando na tomada de decisões gerenciais e oferece condições para prever situações de risco (Tundisi, 2003). No entanto, no Brasil, as informações sobre a qualidade da água para muitas bacias hidrográficas ainda não são suficientes ou inexistentes, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2005).

Com base no princípio da transparência e no sentido de direcionar ações do poder público e da sociedade civil organizada, foi preparado um boletim informativo de ciência cidadã (Anexo I) a ser encaminhado ao Comitê de Bacias hidrográficas do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú – Manguaba (CBHCELMM). O intuito deste documento é reportar a este comitê de forma rápida os achados e impressões da academia sobre a situação dos recursos hídricos nesta importante bacia hidrográfica.

A avaliação do enquadramento na Resolução CONAMA Nº 357/2005 (BRASIL, 2005), como corpos d'água doce, classe I, II, III e IV, mostra que apenas 6 (seis) riachos estão aptos

para destinar água para consumo humano, após tratamento simplificado, classe I (S1, S2, S4, S9, S13, S14). Os demais riachos se enquadram em classes III e IV devido as concentrações de Coliformes termotolerantes, Oxigênio dissolvido (OD), Fósforo total e metais pesados, como Mercúrio, Alumínio dissolvido e Ferro dissolvido. Pode-se concluir que o Estado de Alagoas necessita, de maneira urgente, realizar estudos para a enquadramento de seus corpos d'água nas classes de uso preconizadas na resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005). Este estudo deverá proporcionar e assegurar a qualidade das águas com os usos mais exigentes e diminuir os custos para combater a poluição da água, utilizando de ações preventivas permanentes.

A partir do cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA), com base na determinação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de água, ficou evidente que houve uma importante adequação dos resultados do IQA na faixa "boa" em acordo com a classe I da Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005). Entretanto, a pesquisa mostra que alguns riachos apresentaram um IQA "boa" com enquadramento de classe II e III devido a presença de metais pesados. Isso só confirma a importância de incluir outros índices com a avaliação de metais pesados para a classificação da qualidade da água.

Os resultados obtidos com o cálculo do IQA gerado neste estudo sugerem fortemente que os principais interferentes antrópicos na região são os despejos de efluentes domésticos. Para melhor entender esse efeito e melhor quantificar a interferência da agricultura na região, faz-se necessário o estudo dos parâmetros orgânicos que não foram determinados nesta pesquisa.

São necessários monitoramentos mais constantes na região, tendo em vista as condições adversas encontradas em alguns pontos ao longo das coletas, como a mortandade dos peixes, proliferação de algas, entre outros.

Em suma, deve-se considerar a implantação de medida de revitalização e conservação dos riachos, através de medidas mitigadoras sobre as causas de degradação ambiental, como a proteção de nascentes, proteção e restauração da mata ciliar, proteção de áreas de preservação permanente, contenção de processos erosivos em geral, dentre outros previstos em leis específicas. Esta pesquisa pode contribuir para ações de monitoramento ambiental e desenvolvimento de políticas públicas voltadas ao controle do uso sustentável dos recursos naturais das áreas estudadas.

7. REFERÊNCIAS

ALAGOAS. Decreto n.º 3.766, de 30 de outubro de 1978. Enquadra os Cursos D'água do Estado de Alagoas na Classificação Estabelecida pela Portaria n.º GM-0013, de 15 de janeiro de 1976, do Ministério do Interior e dá providências correlatas.

ALAGOAS. Decreto nº 4.062, de 7 de outubro de 2008. Revoga o decreto estadual nº 3.766, de 30 de outubro de 1978, que enquadra os cursos d'água do estado de alagoas na classificação estabelecida pela portaria nº gm-0013, de 15 de janeiro de 1976, do ministério do interior, e dá providências correlatas.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L. de M.; SPAROVEK, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v.22, p.711-728.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. 2017. ***Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater***. 23ª ed.

ANA. 2006. Agência Nacional de Águas. **Plano de ações e gestão integrada do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú-Manguaba.** 2006. Disponível em: http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/20061122145648_CELMM%20%20completo.pdf. Acesso em: 20 abr. 2018.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA).** Brasil, 2015. Disponível em: http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx# Acesso em: 13 de setembro de 2018.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil,** 2005. Disponível em: http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicação/PANORAMA_DA_QUALIDADE_DAS_AGUAS.pdf. Acesso em:20 abr.2018.

ANDRADE PINTO, L. V.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FERREIRA, E. 2004. **Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG**. Scientia Florestalis, n. 65.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1995. **Official methods of analysis**. 16ª ed., Arlington. 1141p.

ARAUJO, M. P., COSTA, T. L. F. & E CARREIRA, R. S. 2011. **Esterois como indicadores do acúmulo de esgotos domésticos em sedimentos de um sistema estuarino-lagunar tropical (Mundaú-Manguaba, AL).** Quim. Nova. 34,(1) 64-70 p.

ANVISA. **Gerenciamento dos resíduos de mercúrio nos serviços de saúde**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010.

BARROS, A. B.; AZEVEDO, J. A. M.; MIRANDA, P. R. B.; COSTA, J. G.; NASCIMENTO, V.X. 2019. **Bioavailability of heavy metals in mangrove soil in Alagoas, Brazil**. Bioscience Journal, Uberlândia v.35, n.3, May-June/2019, p. 818-825.

BIER, O. 1985. Técnicas Bacteriológicas. In: BIER, **O. Microbiologia e Imunologia**. 24ª ed. São Paulo: Melhoramentos, p.919-998.

BOYD, C.E. **Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón.** In: HAWS, M.C.; BOYD, C.E. (Ed.). Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica. Managua: Imprenta UCA, 2001. p.1-30.

BRANCO, S.M. 1991. Água e o Homem. In: **Hidrologia Ambiental**, v.3. São Paulo: Edusp, 414p.

BRASIL. Lei Federal Nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui **o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L9985.htm>. Acesso em: outubro 2017.

BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente Dos Recursos Hídricos E Da Amazônia Legal. 1997. Lei n. 9.433: **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 72p.

BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente, 2005. **Plano de Ações e Gestão Integrada do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba (CELMM)**, Disponível em: www.ana.gov.br. Acesso em: 20 de junho de 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 274 de 29 de novembro de 2000. Estabelece as condições de balneabilidade das águas brasileiras. Brasília, 2000.

CALLEJAS, I, A.; DURANTE, L.C.; OLIVEIRA, A. S.; NOGUEIRA, M. C. J. 2011. **Uso do solo e temperatura superficial em área urbana** (relation between land use and land cover and superfi cial temperature in urban areas). Mercator, v. 10, n. 23, p. 207-223.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo 2008. **Variáveis de qualidade das águas**. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp, Acesso em: 16 abr. 2018.

CETESB – Companhia De Tecnologia De Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo 2001. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo** Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/ Relatoriodequalidadedasaguas.asp. Acesso em: 16 abr. 2018.

CETESB – Companhia De Tecnologia De Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo 2003. **Coleta e Preservação de Amostras de Água**. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/ Coletaepreservação.asp. Acesso em: 16 abr. 2018.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo 2005. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo,** Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/ Relatoriodequalidadedasaguas.asp. Acesso em: 16 abr. 2018.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo 2015. "Índice de Qualidade das Águas". São Paulo. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wpcontent/uploads/sites/32/2013/11/Ap%C3%AAndice-C-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas-.pdf> Acesso em: 13 de setembro de 2018.

CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. 2006. **PRIMER** v6: User manual/tutorial. PRIMER-E, Plymouth.

CONAMA - Conselho Nacional Do Meio Ambiente. 2008. Dispõe sobre a **classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes, e das outras providências**. Resolução n. 357 de 17 de março de 2005. Resoluções do CONAMA: resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e novembro de 2008.Brasilia, 2. ed., p. 928.

COSTA, B. G. B.; LACERDA, L. D. Mercury (Hg) in fish consumed by the local population of the Jaguaribe River lower basin, Northeast Brazil. **Environmental Science And Pollution Research,** [s.l.], v. 21, n. 23, p.13335-13341, 15 ago. 2014.

CRUZ, F.N.; BORBA, G.L.; ABREU, L.R.D. 2005. **Poluição, Ciências da natureza e realidade**: **interdisciplinar,** EDUFRN Editora da UFRN**.**Elsevier, Amsterdam, pp. 1–8.

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

FATMA –FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA. 1999.
FREITAS, T. C.; ESKINAZI, S'A. E. M.; DUMANS, G.C.; RIBEIRO, F.T.C.; MIRANDA, G.V.L.; ANTÔNIO, J.F. 2012. **Análise Qualitativa e Toxicológica de uma Floração de Cianobactérias na. RBRH** – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Ouro Preto, v. 17, n. 3, p. 17-29.

GIL, Antônio Carlos. 2007. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas.

GUERRA, J. T. 2006. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 392 p.

HARFUCH, C. A. C.; OLIVEIRA, F.R.; MEIRA, B.R.; CAGNI, G.S.; SOUZA, R.F.; LIZAMA, M.LA.P.; VELHO, L.F.M. 2019. **Qualidade da água no trecho superior da bacia do rio Pirapó: um rio urbano no sul do Brasil.** Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 8, n. 2, p. 513-538.

INMET, 1992. Normais Climatológicas (1961–1990). Instituto Nacional de Meteorologia, Brasília - Brazil.

KJERFVE, B., 1994. Coastal lagoons. In: Kjerfve, B. (Ed.), Coastal Lagoon Processes. KJERFVE, B., MAGILL, K.E., 1989. Geographic and hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons. Mar. Geol. 88, 187–199.

LOPES, D. V. S.; SILVA, D.E.; SILVA, F. M. S.; PARAISO, L. A.; SOARES, T. L.; SOUZA, M. C. B. 2017. **Áreas de proteção ambiental (APA) de conservação da bacia do CELMM.**

Caderno de Graduação-Engenharia Ambiental, v. 4, n. 2, p. 73-88 , 2017. Alagoas, Alagoas, 2017.
MASHIKI, M. Y. 2012. **Geoprocessamento na identificação de ilhas de calor e influência do uso e ocupação do solo na temperatura aparente da superfície no município de Botucatu/SP**. Orientador: Prof. Dr. Sérgio Campos. Dissertação (Mestrado Agronomia–Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu-SP.

MATO, A.P. 1996. **Determinação de nitratos, nitritos e prováveis fontes de contaminação em águas.** 1996. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental) – Universidade Mackenzie, São Paulo.

MERTEN, G. H.; MINELLA, JEAN P. 2002. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura**. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v. v.3, n. n.4, p. 33-38.

MOITA NETO, J. & MOITA, G. C. 1998. **Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados**. Química nova 21(4) 467-469.

MORAGAS, W. M. 2005 **Análise dos sistemas ambientais do alto rio Claro – Sudoeste de Goiás**: contribuição ao planejamento e gestão. Tese de Doutorado – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 217 p.

NAZARIO, M. G. 2008. **Origem e destino da matéria orgânica do sistema Lagunar Mundaú/Manguaba – Al, Brasil: sinais da cana de açúcar.** Niterói, 2008. 104 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal Fluminense, Niterói.

NICOLODI, J. L.; PETERMANN, R. M. 2010. **Potential vulnerability of the Brazilian coastal zone in its environmental, social, and technological aspects**. Pan-American Journal of Aquatic Sciences 5(2): 12-32. p.

OLIVEIRA, A. M.; KJERFVE, B. 1993. **Environmental responses of a tropical coastal lagoons system to hydrological variability: Mundaú-Manguaba**, Brazil. Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 37, n. 6, p. 575-591.

ORTEGA. Diego Javier Perez. 2011. **Avaliação dos efeitos das atividades antrópicas na bacia hidrográfica do córrego do Ipê, município de Ilha Solteira-SP.** Orientador: Prof. Dr. Sérgio Luis de Carvalho. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

PARAQUETTI, H.H.M.; LACERDA, L.D.; ALMEIDA, M.D.; MARINS, R.V.; MOUNER, S. (2007). Mercury Speciation Changes in Waters of the Sepetiba Bay, SE Brazil during Tidal Events and Different Seasons. **Jornal da Sociedade Brasileira de Química**, vol.18, p.1259-1269.

PIMENTEL, O. V. P.; ANJOS, F. R.; BOMFIM, M. O.; MENDONÇA, A. L. 2017. **Análise de IQA e IET do Riacho do Silva**. Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas, v. 4, n. 1, p. 23-32.

PINHEIRO, M.R.C. 2008. **Avaliação da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé e aplicação do índice de qualidade de água.** 2008. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Macaé.

POFF, N. L.; BLEDSOE, B. P.; CUHACIYAN, C. O. 2006. **Hydrologic variation with land use across the contiguous United States: Geomorphic and ecological consequences for stream ecosystem**s. Geomorphology, v. 79, n. 2, p. 264-285.

RIBEIRO, M. A.; KNOPPERS, B. A.; CARREIRA, R. S. 2011. **Fontes e distribuição de matéria orgânica sedimentar no complexo estuarino lagunar de Mundaú-manguaba/AL, utilizando esteróis e álcoois como indicadores**. Química Nova, v. 34, p. 1111-1118.

RIBEIRO EV. **Avaliação da qualidade da água do Rio São Francisco no segmento entre Três Marias e Pirapora – MG**: índice de contaminação. Geonomos. 2010; 20(1):49-63.

ROCHA, O.; PIRES, J.S.; SANTOS, J.E. 2000 A bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento. In: ESPÍNDOLA, E.L.G. et al. (eds.). **A bacia hidrográfica do Rio Monjolinho.** São Paulo: Editora RIMA. 188p.

ROSS, J.L.S.; PRETTE, M.E.D**.** 1994. **Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental**. Revista do Departamento de Geografia, USP, nº 8, p. 1-74.

SANTOS, R.F. 2004 Indicadores Ambientais e Planejamento. In**: Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos. pp 57-70.

SANTOS, A.C. Noções de hidroquímica. In: FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Fortaleza: CPRM, 2000. p.81-102.

SILVA, D. F. SOUSA, F. A. S. 2008. **Conflitos ambientais e estratégias para minimização de impactos no complexo estuarino-lagunar Mundaú Manguaba** / AL. Revista Educação Agrícola Superior. 23,(1) 37-46.

SILVA, D. F. SOUSA, F. A. S. 2008. Degradação ambiental, ocupação irregular e manejo sustentável no complexo estuarino-lagunar Mundaú/Manguaba, estado de alagoas (AL). Engenharia Ambiental. 5(3) 152-170.

SILVA, D.F.; SOUSA, F.A.S.; KAYANO, M.T. 2007. **Avaliação dos impactos da poluição nos recursos hídricos da bacia do rio Mundaú.** Revista de Geografia, Recife: UFPE, v.24, p.209-221.

SILVA, F.R. 2016. Uso e ocupação do solo associado à qualidade da água no Rio Uberabinha. Orientadora: Profa. Dra. Sueli Moura Bertolino.2016. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

SILVA, M. A. R. 2003. **Economia dos recursos naturais. In: Economia do meio ambiente: Teoria e prática**. Rio de Janeiro: Editora Campos.

SILVA, V. M. 2011. “Efeitos das ações antrópicas na qualidade da água da bacia do Riacho do Silva, em Maceió – AL”. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento). Universidade Federal de Alagoas, Maceió/AL.

SILVA. Gildete Clarinda das Virgens Silva. 2009. **Avaliação crítica da qualidade das águas de bacias hidrográficas do Rio Joanes**. Dissertação (Mestrado em Química) –Universidade Federal da Bahia, Bahia.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. 2014. **Water quality assessment in watersheds with different anthropogenic impacts**. Engenharia Sanitária Ambiental, v. 19, n. 3 p. 263-274.

SPERLING, M. V. 1996. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 2ª ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA. Universidade Federal de Minas Gerais. Brasil. 243p.

SPERLING, M. V. 2005 **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/Universidade Federal de Minas Gerais. 457 p.

SPERLING, M.V. 2007. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. 588 p. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. (Princípios do tratamento biológico de águas residuais, v. 7).

STOLFI, C. M. 2011. **Parâmetros de referência para estudos de qualidade de águas em área de remanescente de Mata Atlântica urbano.** Orientador: Prof. Dr. Bernardino Ribeiro Figueiredo. 2010. Dissertação (Mestrado em Geociências, Geologia e Recursos Naturais) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

TUCCI, C.E.M. 2004. (Organizador). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**, 3ª edição, Porto Alegre, Editora da UFRGS/ABRH.

TUNDISI, J.G. 2003. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez**. São Carlos (SP): Rima.

8. ANEXO 1

BOLETIM CIÊNCIA CIDADÃ SOBRE QUALIDADE DAS ÁGUAS EM RIACHOS DO COMPLEXO ESTUARINO LAGUNAR MANDAÚ-MANGUABA – CELMM

Apresentação

Esta pesquisa foi conduzida no programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais – PPGTEC – IFAL em parceira com a empresa Qualitex Engenharia e Serviços. Se dedica a avaliar aspectos relacionados a qualidade da água em riachos com diferentes usos e ocupação de solo na porção baixa do CELMM. Foram realizadas amostragens de água e submetidas a aferição de 23 variáveis físicas, químicas e biológicas. Em posse dessas avaliações, foi possível realizar uma proposta de enquadramento junto ao padrão estabelecido pela resolução CONAMA Nº357/2005, corpos d'água doces (classes: I, II, III e IV) e a aplicação do Índice de Qualidade da Água (IQA), conforme CETESB, para cada ponto monitorado, de forma a testar esta ferramenta de diagnóstico para a bacia hidrográfica. Este documento trata-se de um resumo da dissertação de mestrado a ser encaminhado à órgãos ambientais e demais interessados na gestão da bacia. Para maiores detalhes sobre métodos utilizados, resultados adicionais e referencias bibliográficas, solicitamos a consulta a versão completa da dissertação.

Responsável pela pesquisa: Thaisa Kelly da Silva Lira

Orientação da pesquisa: Prof. Dr. Renato de Mei Romero (PPGTEC – IFAL)

Banca avaliadora: Prof. Dr. Johnnatan Duarte Ferreira (PPGTEC – IFAL/MD)

Banca avaliadora: Prof(a). Dr(a). Michely Ines de Camargo Libos (PPGTEC – IFAL)

Banca avaliadora: Prof. Dr. Carlos Ruberto Fragoso Jr. (PPGRHS – CTEC – UFAL)

Contextualização

A degradação ambiental do complexo estuarino lagunar Mundaú - Manguaba (CELMM) encontra se em fase acelerada sendo constantemente objeto de teses, dissertação e notícias. Lançamento de efluentes industriais não-tratados, disposição inadequada de resíduos sólidos, assoreamento, exploração indiscriminada dos recursos naturais, com acúmulo de matéria orgânica e esgotos domésticos em seus sedimentos, ocupação desordenada em áreas de risco e práticas agrícolas e de pesca inadequadas são problemas comuns nesta porção da bacia. A região também é marcada por conflitos ambientais e por uma intensa especulação imobiliária. Diante do exposto e da necessidade de estudos voltados aos impactos das atividades antrópicas, a presente pesquisa construiu o IQA, com os 09 parâmetros recomendados, para 24 riachos da bacia e avaliou a contribuição de cada uma das variáveis exploratórias em usos de solo pré-determinados. Ampliou ainda sua avaliação com a implementação de mais 14 variáveis químicas da água nestes riachos, onde foi possível realizar o enquadramento dos mesmos de acordo com a Resolução CONAMA Nº 357/2005 e realizar uma comparação entre áreas com mata preservada, com interferência agrícola e sob influência urbana.

Pontos monitorados

Para a realização deste estudo, foram definidos 24 riachos para a amostragem dentro dos limites da porção baixa do CELMM. Foram escolhidos 08 trechos caracterizados pela presença de Mata Atlântica na vegetação ripária, 08 trechos sobre influência de algum tipo de sistema agrícola e 08 trechos sobre influência de cidades. Estas tipologias foram escolhidas por entendermos que estas matrizes seriam as mais interessantes de serem analisadas na região. Todos os pontos amostrados se encontram na região metropolitana de Alagoas e tiveram sua amostragem realizada durante o período seco entre os meses de novembro e dezembro de 2017 e 2018.

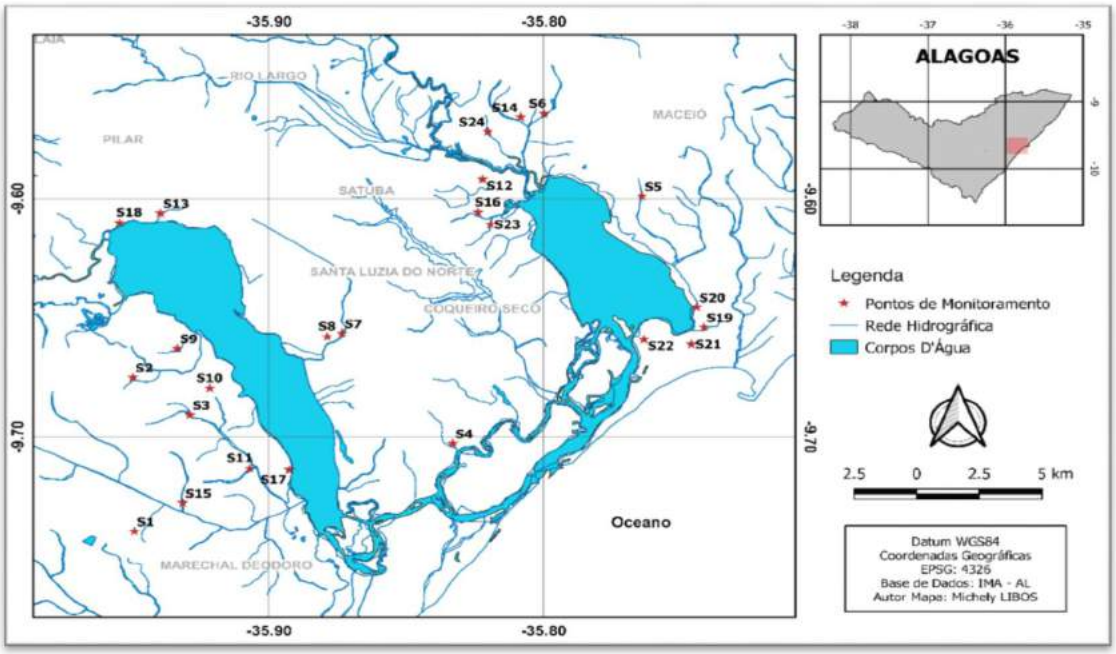
Tabela com as coordenadas dos locais amostrados e características espaciais

Riacho	Impacto na faixa ripária	Compartimento do CELMM	Sub-bacias	Latitude S (WGS84)	Longitude O (WGS84)	Altitude (m)	Município	Data (d/m/a)
S1F	Mata	Lagoa Manguaba	Rio Sumaúma	9°44'24.40"	35°56'57.90"	21	Marechal Deodoro	29/11/17
S2F		Lagoa Manguaba	RH CELMM	9°40'31.93"	35°56'59.81"	52	Marechal Deodoro	29/11/17
S3F		Lagoa Manguaba	RH CELMM	9°41'28.30"	35°55'44.90"	32	Marechal Deodoro	02/12/17
S4F		Canais conectores	RH CELMM	9°42'11.63"	35°50'0.30"	10	Marechal Deodoro	04/12/17
S5F		Lagoa Mundaú	RH CELMM	9°35'57.9"	35°45'52.3"	35	Maceió	14/12/17
S6F		Lagoa Mundaú	Rio Mundaú	9°33'53.50"	35°48'0.50"	23	Maceió	05/12/17
S7F		Lagoa Manguaba	RH CELMM	9°39'25.20"	35°52'25.60"	14	Marechal Deodoro	01/12/17
S8F		Lagoa Manguaba	RH CELMM	9°39'30.30"	35°52'45.00"	16	Marechal Deodoro	01/12/17

Continuação.

Riacho	Impacto na faixa ripária	Compartimento do CELMM	Sub-bacias	Latitude S (WGS84)	Longitude O (WGS84)	Altitude (m)	Município	Data (d/m/a)
S9A	Agrícola	Lagoa Manguaba	RH CELMM	9°39'47.89"	35°56'1.49"	17	Marechal Deodoro	11/12/17
S10A		Lagoa Manguaba	RH CELMM	9°40'48.30"	35°55'19.00"	30	Marechal Deodoro	02/12/17
S11A		Lagoa Manguaba	RH CELMM	9°42'49.29"	35°54'26.84"	20	Marechal Deodoro	11/12/17
S12A		Lagoa Mundaú	Rio Mundaú	9°35'32.60"	35°49'21.10"	11	Santa Luzia do Norte	04/12/17
S13A		Lagoa Manguaba	RH CELMM	9°36'23.80"	35°56'23.70"	7	Pilar	12/12/17
S14A		Lagoa Mundaú	Rio Mundaú	9°33'58.50"	35°48'31.40"	52	Satuba	05/12/17
S15A		Lagoa Manguaba	Rio Sumaúma	9°43'41.50"	35°55'54.40"	16	Marechal Deodoro	12/12/17
S16A		Lagoa Mundaú	Rio Remédios	9°36'22.66"	35°49'27.14"	23	Santa Luzia do Norte	14/12/17
S17U	Urbano	Lagoa Manguaba	RH CELMM	9°42'51.5"	35°53'34.6"	3	Marechal Deodoro	24/10/18
S18U		Lagoa Manguaba	Rio Paraíba do Meio	9°36'38.3"	35°57'17.4"	8	Pilar	01/11/18
S19U		Lagoa Mundaú	RH CELMM	9°3916.0"	35°44'30.8"	4	Maceió	08/11/18
S20U		Lagoa Mundaú	RH CELMM	9°32'45.7"	35°44'40.5"	3	Maceió	11/11/18
S21U		Lagoa Mundaú	RH CELMM	9°39'41.8"	35°44'47.8"	6	Maceió	13/12/18
S22U		Lagoa Mundaú	RH CELMM	9°39'34.4"	35°45'49,5"	3	Maceió	05/12/18
S23U		Lagoa Mundaú	Rio Remédios	9°36'40.5"	35°49'10.8"	3	Santa Luzia do Norte	05/12/18
S24U		Lagoa Mundaú	Rio Mundaú	9°34'20,3"	35°49'14,4"	8	Satuba	12/12/18

Mapa da área de estudo indicando os pontos monitorados



Tipologias investigadas da esquerda para direita, Mata, Agricultura e Zona Urbana

Todas as amostras foram direcionadas para um laboratório de análises ambientais da Qualitex Engenharia e Serviços, acreditado junto ao INMETRO conforme a NBR ISO 17025:2005, onde as diversas variáveis foram analisadas e parametrizadas de acordo com *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Os resultados obtidos a partir dos dados fornecidos pelas análises realizadas em campo e em laboratório foram avaliados com base nas classes para águas doces da resolução CONAMA Nº357/2005.

Resultados

PONTOS MONITORADOS		S - 01	S - 02	S – 03	S - 04	S - 05	S - 06	S - 07	S – 08
ÁREA		Mata	Mata	Mata	Mata	Mata	Mata	Mata	Mata
CLASSIFICAÇÃO (Resolução CONAMA 357/2005)		Classe I	Classe I	Classe II	Classe I	Classe IV	Classe III	Classe III	Classe III
Coliformes Termotolerantes	**NMP.100mL^{-1}**	9,20	13,0	540,0	4,50	1600,0	1600,0	79,0	1600,0
pH	**-**	5,50(1)	6,28	5,17(1)	4,33(1)	5,32(1)	7,00	5,61(1)	6,05
Oxigênio Dissolvido	**mg.L^{-1}**	8,60	8,80	9,21	7,19	8,62	10,00	10,64	8,14
DBO	**mg.L^{-1}**	2,10	2,40	1,45	1,45	1,70	1,50	0,85	1,80
Turbidez	**UNT**	2,94	8,94	2,43	4,10	3,11	1,76	2,43	1,16
Fósforo Total (ambientes lóticos)	**mg.L^{-1}**	0,020	0,018	0,012	0,027	0,520	0,016	0,012	0,010
Nitrogênio Total	**mg.L^{-1}**	0,56	0,61	0,38	0,25	9,56	0,27	0,58	0,36
Sólidos Totais	**mg.L^{-1}**	57,0	111,0	112,0	153,0	337,0	124,0	108,0	135,0
Temperatura	**ºC**	26,50	27,00	27,50	27,80	27,50	28,20	27,00	27,50
Óleos e Graxas[2]	**mg.L^{-1}**	16,80	16,00	14,40	7,60	6,60	8,40	15,60	11,20
Cor verdadeira:	**Pt.Co^{-1}**	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	9,75
Sólidos Dissolvidos Totais	**mg.L^{-1}**	38,0	26,0	17,5	27,5	239,0	43,0	18,0	16,5
Clorofila a	**µg.L^{-1}**	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Nitrato (Como N)	**mg.L^{-1}**	0,29	0,29	0,20	0,16	1,84	0,14	0,26	0,03
Condutividade	**mS.cm^{-1}**	0,089	0,074	0,049	0,084	0,249	0,108	0,058	0,059
DQO	**mg.L^{-1}**	33,88	40,81	39,81	36,26	41,66	42,46	49,90	41,71
Cloretos (Cl^-)	**mg.L^{-1}**	15,99	11,99	9,49	14,24	39,49	14,24	10,74	7,99
Dureza total	**mg.L^{-1}**	8,25	6,75	4,25	5,75	44,00	7,25	3,25	4,50
Sulfato Total ($SO4^{-2}$)	**mg.L^{-1}**	< 5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Alcalinidade Total	**mg.L^{-1}**	< 1,0	2,00	5,00	< 1,0	< 1,0	4,25	2,00	2,75
Mercúrio	**mg.L^{-1}**	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001
Alumínio dissolvido	**mg.L^{-1}**	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,36	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ferro dissolvido	**mg.L^{-1}**	0,16	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,11	0,28	0,62	< 0,1

PONTOS MONITORADOS		S – 09	S - 10	S - 11	S - 12	S - 13	S - 14	S – 15	S - 16
ÁREA		Agrícola	Agrícola	Agrícola	Agrícola	Agrícola	Agrícola	Agrícola	Agrícola
CLASSIFICAÇÃO (Resolução CONAMA 357/2005)		Classe I	Classe III	Classe III	Classe III	Classe I	Classe I	Classe III	Classe III
Coliformes Termotolerantes	**NMP.100mL^{-1}**	47,0	540,0	1600,0	1600,0	79,0	49,0	48,0	1600,0
pH	**-**	7,20	5,76(1)	6,65	5,88(1)	7,45	6,82	6,49	7,41
Oxigênio Dissolvido	**mg.L^{-1}**	8,51	4,41	7,98	8,06	9,47	9,61	9,33	8,43
DBO	**mg.L^{-1}**	1,65	1,25	1,60	1,40	1,60	1,40	1,75	1,30
Turbidez	**UNT**	5,52	16,88	6,95	24,82	2,27	5,01	6,66	2,27
Fósforo Total (ambientes lóticos)	**mg.L^{-1}**	0,013	0,010	0,090	0,012	0,012	0,008	0,012	0,006
Nitrogênio Total	**mg.L^{-1}**	0,28	0,36	0,36	0,56	1,29	0,41	0,32	0,41
Sólidos Totais	**mg.L^{-1}**	91,0	109,0	110,0	61,0	69,0	52,0	38,0	33,0
Temperatura	**ºC**	29,60	30,10	28,70	29,80	29,10	28,70	30,50	30,20
Óleos e Graxas[2]	**mg.L^{-1}**	11,00	8,20	4,60	8,80	5,20	6,20	14,00	14,80
Cor verdadeira:	**Pt.Co^{-1}**	< 5,0	< 5,0	59,35	66,26	< 5,0	< 5,0	69,22	< 5,0
Sólidos Dissolvidos Totais	**mg.L^{-1}**	37,5	30,5	27,0	33,5	31,5	34,5	20,5	29,0
Clorofila a	**µg.L^{-1}**	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Nitrato (Como N),	**mg.L^{-1}**	0,03	0,06	0,20	0,26	0,76	0,10	0,07	0,10
Condutividade	**mS.cm^{-1}**	0,095	0,080	0,093	0,090	0,081	0,089	0,063	0,078
DQO	**mg.L^{-1}**	95,0	80,0	93,5	90,5	81,0	89,0	63,0	78,5
Cloretos (Cl^-)	**mg.L^{-1}**	9,74	13,99	8,99	17,49	12,74	14,74	12,24	12,74
Dureza total	**mg.L^{-1}**	13,25	10,50	10,00	7,00	5,00	11,50	5,50	6,50
Sulfato Total ($SO4^{-2}$)	**mg.L^{-1}**	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Alcalinidade Total	**mg.L^{-1}**	14,00	8,50	10,50	5,50	5,50	9,50	5,25	5,75
Mercúrio	**mg.L^{-1}**	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001
Alumínio dissolvido	**mg.L^{-1}**	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ferro dissolvido	**mg.L^{-1}**	0,24	0,65	0,30	1,22	0,11	0,18	0,60	0,74

PONTOS MONITORADOS		S - 17	S - 18	S - 19	S – 20	S - 21	S - 22	S - 23	S – 24
ÁREA		Urbano	Urbano	Urbano	Urbano	Urbano	Urbano	Urbano	Urbano
CLASSIFICAÇÃO (Resolução CONAMA 357/2005)		Classe IV	Classe IV	Classe IV	Classe IV	Classe IV	Classe IV	Classe IV	Classe IV
Coliformes Termotolerantes	**NMP.100mL^{-1}**	43000	240	350	350	430	390	200	240
pH	**-**	6,60	6,67	6,61	6,68	7,12	7,54	6,05	7,33
Oxigênio Dissolvido	**mg.L^{-1}**	3,40(1)	3,18(1)	2,96(1)	2,29(1)	2,46(1)	3,38(1)	1,38	1,80
DBO	**mg.L^{-1}**	9,70	9,80	3,50	4,60	3,10	4,20	5,70	8,00
Turbidez	**UNT**	31,50	1,18	5,50	5,36	2,81	6,92	27,07	24,29
Fósforo Total (ambientes lóticos)	**mg.L^{-1}**	0,53	0,55	1,12	0,88	2,29	1,49	0,32	0,74
Nitrogênio Total	**mg.L^{-1}**	3,94	6,44	8,12	7,98	8,82	7,56	7,70	7,00
Sólidos Totais	**mg.L^{-1}**	373,00	198,00	234,00	228,00	398,00	536,00	316,00	232,00
Temperatura	**ºC**	29,8	29,7	28,9	30,0	31,7	29,2	28,8	27,8
Óleos e Graxas[2]	**mg.L^{-1}**	5,2	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	8,4
Cor verdadeira	**Pt.Co^{-1}**	16,28	9,82	9,16	5,00	19,71	12,39	79,82	109,40
Sólidos Dissolvidos Totais	**mg.L^{-1}**	246,0	101,0	161,0	162,0	165,0	172,0	163,0	110,0
Clorofila a	**µg.L^{-1}**	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Nitrato (Como N)	**mg.L^{-1}**	0,15	0,23	1,47	0,33	1,08	0,49	0,64	0,67
Condutividade	**mS.cm^{-1}**	0,411	0,199	0,455	0,526	0,667	0,820	0,322	0,466
DQO	**mg.L^{-1}**	17,80	11,00	8,60	13,50	7,70	10,30	15,40	16,60
Cloretos (Cl^-)	**mg.L^{-1}**	82,99	41,49	54,98	59,98	62,48	52,48	54,48	46,98
Dureza total	**mg.L^{-1}**	101,00	22,00	95,00	101,00	102,50	207,00	100,00	50,00
Sulfato Total ($SO4^{-2}$)	**mg.L^{-1}**	25,30	12,90	32,28	23,26	56,36	57,24	65,96	31,64
Alcalinidade Total	**mg.L^{-1}**	70,00	10,50	75,00	91,00	99,00	277,00	125,00	70,00
Mercúrio	**mg.L^{-1}**	< 0,00001	0,00020	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	<0,0001	0,0006
Alumínio dissolvido	**mg.L^{-1}**	< 0,1	0,14	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ferro dissolvido	**mg.L^{-1}**	0,25	0,03	0,1	0,25	0,38	0,14	6,80	1,38

Enquadramento CONAMA 357/2005

Uma das variáveis mais importante para o enquadramento e fornecimento de informações sobre a qualidade da água em ambientes lóticos é a medida do pH. Variações nesta variável são ocasionadas geralmente por consumo e por produção de dióxido de carbono (CO_2), realizados por todos os organismos fotossintetizantes e pelos fenômenos de respiração ou fermentação, produzindo ácidos fracos. A matéria orgânica influencia a formação de ácidos húmicos, entre outros ácidos, diminuindo o pH e, consequentemente, aumentando a acidez do corpo d'água. Destaque-se que os rios brasileiros tendem a apresentar pH que varia de neutro a ácido. O padrão estabelecido pela resolução CONAMA Nº357/2005, corpos d'água doces (classes: I, II, III e IV), fixa o critério de pH entre 6,0 a 9,0 para haver proteção da vida aquática e adequação ao abastecimento da população. Como em alguns riachos em áreas de mata preservada e com influências agrícolas apresentaram essa variável em desconformidade aos limites especificados para todas as classes, iremos desconsiderar essa variável e enquadrar os riachos com as demais variáveis.

Os riachos localizados em área de mata preservada, apresentaram enquadramento em sua maioria como classe I. Os riachos que foram condicionados ao enquadramento da classe II e III, foram impulsionados pelas variáveis de coliformes termotolerantes e Ferro dissolvidos. Possivelmente, provenientes dos animais que habitam próximos as localidades e o carreamento de solo, relacionado a plantações de cana de açúcar nas proximidades do riacho, respectivamente.

No conjunto de riachos com interferência agrícola, os parâmetros coliformes temotolerantes e Ferro dissolvido foram o que mais impactaram para o enquadramento da classe III dos riachos. A presença de coliformes termotolerantes, está relacionada a presença de animais de sangue quente nos arredores do córrego. Em relação ao Ferro dissolvido pode estar relacionado à ocorrência de ferrobactérias, geologia da área. Os resíduos agrícolas também são importantes fontes de ferro, por ser o constituinte de diversos agrotóxicos.

Os riachos urbanos foram condicionados ao enquadramento da classe IV, devido ao alto índice de decomposição de matéria orgânica no ambiente, introduzido pelo despejo de resíduos sólidos e lançamento de efluentes sanitário sem tratamento prévio. Evidenciada pela elevada concentração de Fósforo total e DBO nos trechos, ocasionado o declínio na

concentração do oxigênio dissolvido (OD), esse processo tem sua velocidade acelerada com o aumento da temperatura ocorrido em todos os pontos. Todos os riachos urbanos apresentaram concentrações de oxigênio dissolvido (OD) inferior a 4,0 $mg.L^{-1}$. Outro destaque é a presença de metais pesados como o Mercúrio encontrado em 5 riachos, todos com uso de solo urbano, sendo ultrapassado a especificação para classe II (S19, S20, S21, S22 e S24) e com ênfase para o ponto S24 que apresentou resultado 300% maior que o valor estabelecido artigo 16, classe II da resolução CONAMA 357/2005.

Enquadramento dos riachos monitorados neste estudo

RIACHO	ÁREA	CONAMA Nº 357/2005	RIACHO	ÁREA	CONAMA Nº 357/2005	RIACHO	ÁREA	CONAMA Nº 357/2005
S1	Mata	Classe I	S9	Agrícola	Classe I	S17	Urbano	Classe IV
S2	Mata	Classe I	S10	Agrícola	Classe III	S18	Urbano	Classe IV
S3	Mata	Classe II	S11	Agrícola	Classe III	S19	Urbano	Classe IV
S4	Mata	Classe I	S12	Agrícola	Classe III	S20	Urbano	Classe IV
S5	Mata	Classe IV	S13	Agrícola	Classe I	S21	Urbano	Classe IV
S6	Mata	Classe III	S14	Agrícola	Classe I	S22	Urbano	Classe IV
S7	Mata	Classe III	S15	Agrícola	Classe III	S23	Urbano	Classe IV
S8	Mata	Classe III	S116	Agrícola	Classe III	S24	Urbano	Classe IV

Índice da qualidade da água IQA

O IQA foi proposto inicialmente pela *National Sanitation Foundation*, nos EUA em 1970, e adaptado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) no Brasil em 1975. As variáveis utilizadas para o cálculo do IQA foram, Coliformes Termotolerantes, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio Total, Fósforo Total, Temperatura, Turbidez, Sólidos Totais Dissolvidos e Oxigênio Dissolvido (OD).

A partir dos valores de IQA obtidos, os corpos hídricos analisados foram classificados em faixas. Nas quais, segundo a Agência Nacional de Águas apresentam variações entre os estados brasileiros. No estado de Alagoas são utilizadas as faixas a seguir:

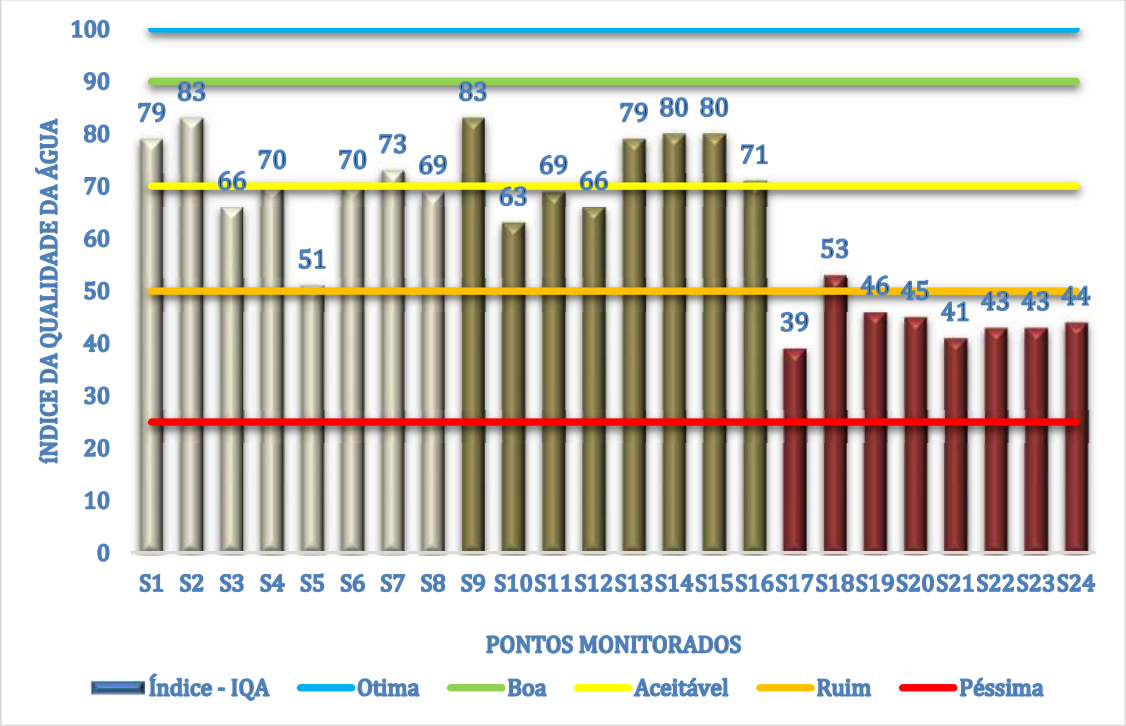
Qualidade d'água	Faixa do IQA
Ótima	91 –100
Boa	71 – 90
Aceitável	51 – 70
Ruim	26 – 50
Péssima	0 – 25

Avaliando os resultados alcançados após os cálculos para obtenção do índice para os 24 riachos amostrados, podemos observar que 33% encontra-se na faixa "Boa" e 41% dos riachos analisados se encontra na faixa "Aceitável" e 26% encontram-se na faixa "Ruim".

Uma variável que se manteve constantes para todas as áreas dos riachos em questão, foi a análise de pH. A variação do pH dos corpos hídricos pode ser de origem natural (dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera e fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais). Os valores de pH apresentaram variação de 4,3 à 7,0 pH entre as áreas monitoradas. A avaliação do conjunto de resultados para DBO, Fósforo, Nitrogênio total, e sólidos totais é um importante indicativo de poluição recente por despejos de origem doméstica. É interessante observar que esses valores declinaram o índice de IQA nas áreas monitoradas. Para a área de mata preservada, se manteve constante, e aceitáveis para o uso da água, com exceção do riacho S5, (Riacho do Silva). Em áreas agrícolas a presença desses parâmetros pode ser associada ao uso de fertilizantes. Contudo, no presente estudo a tendência apresentou valores mais baixos e muito coerente com a área de mata preservada.

A área agrícola teve um único pico de elevação dos parâmetros em questão, devido ao ponto S11 que apresentou a permanência de gado, esgoto doméstico das comunidades e lavagem de roupas. Os resultados encontrados em maior concentração de todos esses parâmetros foram os de área urbana, que está diretamente ligado ao volume de despejos e sua elevada carga que excedem a capacidade de recuperação dos riachos.

Classificação do Índice de Qualidade da Água - IQA



Outra variável importante que declinou o IQA foi a concentração do oxigênio dissolvido (OD). Os riachos em área de mata preservada apresentam oxigênio dissolvido com excelente saturação (entre 92 e 134 %) em água. Em áreas agrícolas a saturação apresentou mínima de 58,5% e máxima de 125%, também caracterizadas como boas para os organismos aquáticos. Áreas antropizadas geralmente apresentam valores inferiores a 6 $mg.L^{-1}$ devido à processos metabólicos aeróbios que reduzem o oxigênio do meio para estabilização da matéria orgânica. Esse fenômeno contribuiu para os baixos níveis de oxigênio, entre 18 e 34 % da saturação, nos rios urbanos.

Discussões e Recomendações

Quanto as 23 variáveis analisados em cada riacho pôde-se observar uma maior similaridade entre as áreas de mata e agrícolas que se separam das de uso urbano. Tais resultados indicam que dentre os parâmetros analisados os ambientes de mata estão mais parecidos com ambientes agrícolas, provavelmente devido ao constante processo de descaracterização destes frente a expansão da zona metropolitana de Maceió e seus impactos e ambos diferem substancialmente dos ambientes urbanos, bem mais degradados.

Um destaque pode ser dado ao ponto S5, que apresentou características totalmente diferente dos demais riachos avaliados dentro da mesma matriz. Este ponto se refere ao Riacho do Silva, no interior do parque municipal de Maceió, área protegida, mas que tem sua cabeceira fora da unidade de conservação e conta diversos impactos já bem conhecidos pelos órgãos ambientais e pela sociedade civil.

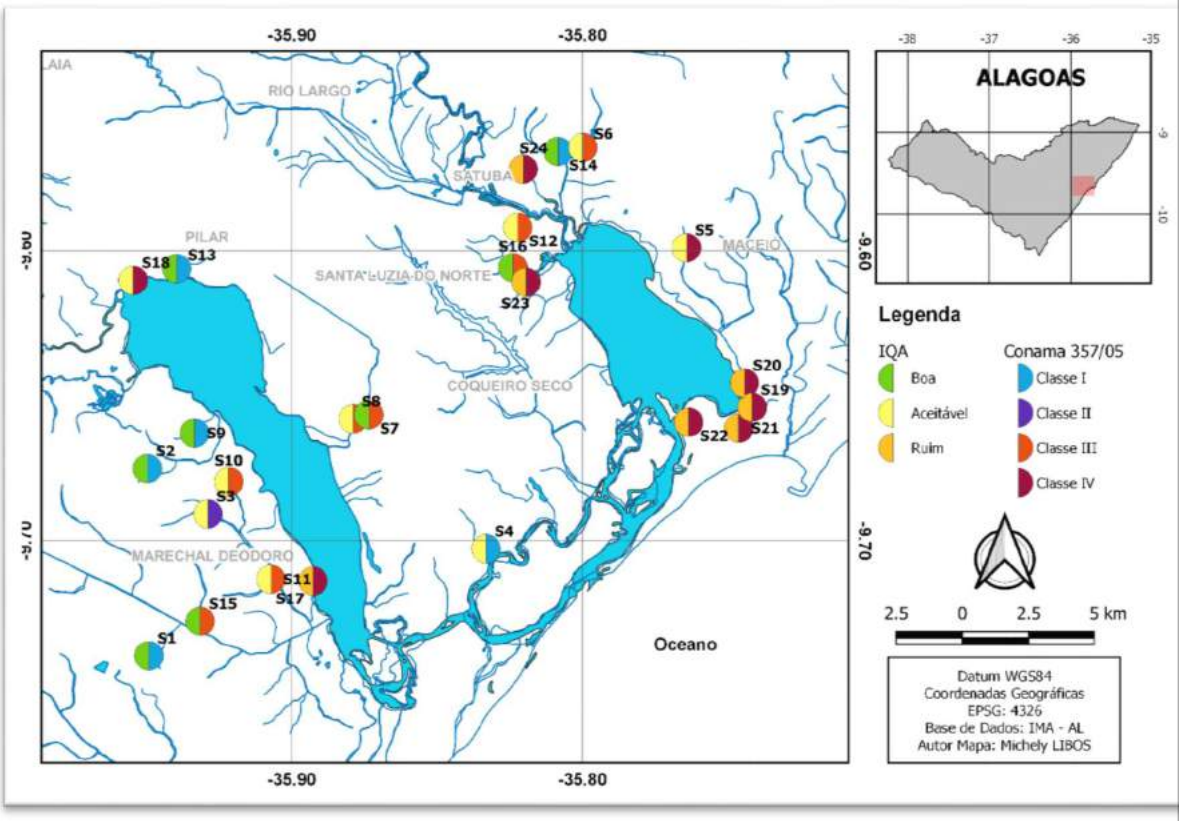
Foi construído um mapa informativo sobre a qualidade da água dos riachos amostrados , onde pudemos observar que a classificação do IQA nos riachos é confirmando o enquadramento fundamentado pela Resolução CONAMA Nº 357/2005,para as Classes I e II, água destinadas a consumo humano, com IQA entre "Boa" e "Aceitável", respectivamente. Ainda sobre a validação do IQA, alguns riachos apresentaram classificação do índice IQA "Boa" e um enquadramento Classe III, enquadramento esse impulsionado apenas pela elevação da concentração de Coliformes termotolerantes.

Vale ressaltar que não foi obedecida a frequência de coleta estabelecida pela Resolução CONAMA Nº 357/2005 (BRASIL, 2005), em seu Art. 14, inciso I, alínea g, que recomenda pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral, no entanto; fica evidente a necessidade da adoção de medidas de saneamento e tratamento da água, principalmente se houver utilização para consumo humano. A avaliação do mapa apresenta também a evidência que os trechos mais próximos de cidades e zonas urbanas apresentam piores índices de qualidade da água – IQA, seguido do enquadramento das águas, como Classe IV, destinado a navegação e à harmonia paisagística.

Vale ressaltar que apenas 6 (seis) riachos estão aptos para destinar água para consumo humano, após tratamento simplificado, classe I (S1, S2, S4, S9, S13, S14). Os demais riachos se enquadram em classes III e IV devido as concentrações de coliformes termotolerantes,

Oxigênio dissolvido (OD), Fósforo total e metais pesados, como Mercúrio, Alumínio dissolvido e Ferro dissolvido.

Mapa da região de estudo indicando a caracterização quanto ao IQA e a conformidade CONAMA Nº 357/2005.



No mundo globalizado e de alta competição, torna-se necessário que a agricultura seja praticada de forma intensiva e com alta produtividade, assim como, a urbanização e a ocupação irregular de áreas de mananciais e nascentes de rios evoluam de forma controlada. Logo, é imprescindível a adoção de medidas mitigadoras, preservação das matas ciliares, e principalmente entender que a oferta de água pelos mananciais deve ser preservada e ampliada sendo a cobertura do solo um fator decisivo no escoamento superficial e no transporte de sedimentos, podendo influenciar na qualidade e disponibilidade de água dos rios. Neste sentido, o estudo apresentado nessa pesquisa visa diagnosticar as condições do ambiente natural, identificar suas potencialidades e usos indicados para uma gestão sustentável de bacias hidrográficas.

Seguindo nesta perspectiva, na área de riacho de mata preservada foi possível destacar as características pristinas no riacho S2, o único riacho que satisfez aos valores permissíveis dos ensaios avaliados, podendo ser indicado como um ponto de referência de boa qualidade para

essa bacia. Em contra partida, a avaliação do riacho S5, (Riacho do Silva), trouxe um alerta sobre a preservação das nascentes dos rios situados em Unidade de Conservação. O riacho S5, resultou em um índice IQA de apenas 51, o que classificou o riacho mais poluído dos demais monitorado na bacia e o coloca em situação muito semelhante aos riachos urbanos. Este índice vem enfatizar a significativa influência das atividades antrópicas sobre o mesmo. O trecho monitorado fica localizado dentro de uma unidade de conservação, Parque Municipal de Maceió, criado a partir da Lei Municipal 2.514 de 1978, localizado no bairro de Bebedouro, está inserido numa área de Mata Atlântica e é uma unidade de preservação ambiental que possui monitoramento 24 horas por dia, para que se evite a caça aos animais presentes na região, derrubada de áreas ou ocupação irregular. Porém, apesar de uma unidade de proteção integral, o Parque Municipal de Maceió, vem sofrendo ações antrópicas de carácter de gradativo tais como: disposição incorreta de resíduos sólidos, erosão, desmatamento, invasão urbana e retirada de areia do leito, todas de origem antrópica. Essas ações precisam ser combatidas o quanto antes, a fim de recuperar as características nativas do riacho monitorado. Ainda em relação a medidas urgente de combate a preservação da qualidade das águas pode se citar a ausência de controle da captação de água por meios de motores à óleo, expondo todo o trecho com derramamento de óleos e graxas. Outro ponto a se avaliar, é a liberação de outorga para o uso desses recursos.

Sobre os resultados referentes aos riachos agrícolas indicam que os mesmos estão sendo afetado principalmente pela falta de cobertura vegetal e uso inadequado do solo. Esses impactos elevam a temperatura da água e o aceleramento da degradação da matéria orgânica, o que interferem diretamente na redução da concentração de oxigênio dissolvido (OD) na água. Outros impactos encontrados nessa área, que necessitam de ações mitigadoras urgentes, foram a presença de lavagem de roupa a margem do rio, e a captação da água do rio para irrigação de lavouras canavieiras e a existência de canais de esgoto doméstico de comunidades próximas desaguando nos riachos.

Acreditamos que uma maior atenção também possa ser dada aos riachos com interferência urbana, que apresentaram 90% dos riachos monitorados na faixa “ruim” do IQA, com índice entre 39 a 46. Valores impulsionados pelo aumento das concentrações dos nutrientes como nitrogênio e fósforo. O que confirma o aumento da decomposição de matéria orgânica no ambiente introduzida pelo despejo de resíduos sólidos e lançamento de efluentes industriais e sanitário sem tratamento prévio. Essa alta concentração de matéria orgânica, também evidenciada pela elevada concentração de DBO nos trechos, ocasiona o declínio na

concentração do oxigênio dissolvido (OD). Outro destaque é a presença de metais pesados como o Mercúrio encontrado em 5 dos 8 riachos monitorados nesta matriz, sendo ultrapassado a especificação para classe II (S19, S20, S21, S22 e S24) e com ênfase para o ponto S24 que apresentou resultado 300% maior que o valor estabelecido artigo 15, classe II da resolução CONAMA 357/2005. Na pesquisa pode se observar que as contribuições para esses impactos foram provenientes da introdução de esgoto para o riacho basicamente de três maneiras: a) casas situadas às margens do riacho posicionam os encanamentos voltados para dentro do riacho; b) um pequeno percentual de domicílios possui rede coletora de esgotos, contudo este esgoto coletado é direcionado diretamente para os riachos; c) a grande maioria dos domicílios despeja as suas águas servidas, oriundas do chuveiro, pia do banheiro e da cozinha, tanque, etc., nas ruas. Em ruas calçadas, a impermeabilização do solo proporciona o escoamento dessa água poluída em direção ao fundo da bacia, até o encontro com os riachos. Também pode-se atribuir a existência de diversos equipamentos prestadores de serviços pesados, tais como lava jato, torneiros mecânicos e depósitos de sucata em empresas nas proximidades dos riachos, que podem estar contribuindo como fonte de poluição para estes recursos hídricos.

Atualmente, no Brasil, os problemas de drenagem urbana são tratados preferencialmente no âmbito das grandes obras de engenharia, mas que na maioria das vezes são insuficientes para a solução dos problemas. Faz-se necessário e urgente a combinação de soluções estruturais e não-estruturais. Entre estas ressaltam-se: o planejamento urbano de uso e ocupação do solo, a educação ambiental, e uma política para o setor de saneamento que defina objetivos a serem alcançados e os instrumentos (legais, técnicos e financeiros) para atingi-los. Ainda dentro da linha de medidas não-estruturais, pode ser citado o Planos Diretores de Drenagem, quando bem elaborados possibilitam estudar a bacia como um todo e, consequentemente, chegar a soluções de grande alcance. Nestes planos destacam-se as seguintes ações: identificar áreas que possam ser preservadas ou adquiridas pelo poder público antes de serem ocupadas; elaborar o zoneamento de várzeas de inundação; possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica pela articulação deste plano com outros planos existentes; educar a comunidade a respeito da natureza e magnitude dos problemas e formas de solução propostas; dar respaldo técnico político à solicitação de recursos e privilegiar a adoção de medidas preventivas de menor custo e maior alcance.

Os resultados apresentados permitem afirmar que apresentam sinais claros de degradação nos riachos monitorados, mediante pressões antropogênicas, tais como

desmatamento, agricultura intensiva, diluição de efluentes urbanos, que, provavelmente, estão interferindo negativamente na qualidade de suas águas.

Em suma, deve-se considerar a implantação de medida de revitalização e conservação, além do monitoramento constante destas bacias, principalmente com intuito de se criar uma base de dados temporal e espacial para a gestão. Algumas medidas mitigadoras tais como a proteção de nascentes, proteção e restauração da mata ciliar, proteção de áreas de preservação permanente, contenção de processos erosivos em geral, são soluções básicas e dever do poder público de execução.