

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS, MÉDICAS E BIOMÉDICAS
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE

FERNANDA REZENDE COELHO

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DO ALTO RIO
MEIA PONTE, GOIÂNIA-GOIÁS

GOIÂNIA/GO, 2020

FERNANDA REZENDE COELHO

**ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DO ALTO RIO
MEIA PONTE, GOIÂNIA-GOIÁS**

Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre no curso de pós-graduação em Ciências Ambientais e Saúde – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Orientador: Dr. Julio Cezar Rubin de Rubin

Coorientador: Dr. Antônio Márcio Teodoro Cordeiro Silva

GOIÂNIA/GO, 2020

C672a Coelho, Fernanda Rezende

Análise microbiológica da água do Alto Rio Meia Ponte,
Goiânia-Goiás / Fernanda Rezende Coelho.-- 2020.

104 f.;

Texto em português, com resumo em inglês.

Dissertação (mestrado) -- Pontifícia Universidade
Católica de Goiás, Escola de Ciências Médicas, Farmacêuticas
e Biomédicas, Goiânia, 2020

Inclui referências: f. 97-104

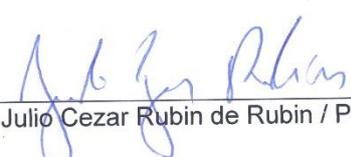
1. Água - Qualidade. 2. Água - Microbiologia. 3. Saneamento.
4. Saúde ambiental. I.Rubin, Julio Cezar Rubin de.
II.Silva, Antonio Márcio Teodoro Cordeiro. III.Pontifícia
Universidade Católica de Goiás - Programa de Pós-Graduação
em Ciências Ambientais e Saúde - 2020. IV. Título.

CDU: Ed. 2007 -- 579.68(043)



DISSERTAÇÃO DO MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE
DEFENDIDA EM 10 DE MARÇO DE 2020 E CONSIDERADA
APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA:

1)


Prof. Dr. Julio Cezar Rubin de Rubin / PUC Goiás (Presidente/Orientador)

2)


Profa. Dra. Cláudia Valéria de Lima / UFG (Membro Externo)

3)


Prof. Dr. Wilian Vaz Silva / PUC Goiás (Membro)

4)

Prof. Dr. Nelson Jorge da Silva Jr. / PUC Goiás (Suplente)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, pois tudo que faço tem a sua permissão, e suas mãos me guiando, graças a ele pois meu sonho se tornou realidade.

Ao meu orientador Dr. Julio Cezar Rubin de Rubin, por aceitar o convite para ser não só meu orientador, mais também meu psicólogo, amigo, e depois de 02 anos de companheirismo, minha fonte de inspiração, como sou grata por ter te conhecido, encho minha boca para dizer que és único, acredito sim, que todos deveriam ter um orientador como você.

Ao meu coorientador Dr. Antônio Márcio Teodoro Cordeiro Silva, que aceitou estar comigo nesse momento, dispondo seu tempo, para avaliar meu trabalho, e através de suas palavras, me encorajando a continuar.

Aos professores Dra. Cláudia Valéria de Lima, e Dr. Wilian Vaz-Silva, pelo carinho e intensa contribuição para o aprimoramento desta Dissertação.

Ao meu amigo, meu anjo da guarda, Rodrigo Porfírio, que sempre está presente mesmo longe, sempre me ajudando, sempre me apoiando, e me estendendo a mão, sem você nada disso teria sido possível.

Á minha mãe Maria de Fátima, pois sempre está presente na minha vida, me ajudando sempre, suas atitudes, gestos e palavras, são meu alicerce, obrigada por ser essa avó/mãe ímpar, que não me deixou desistir quando ouvi dos meus filhos no início do curso dizerem” agora até de noite vai ficar fora mamãe”, e a senhora me disse” não vou te suprir, mais vou te ajudar”, obrigada mãe.

Ao meu Esposo Orcelo Vítor (meu estagiário), meu abrigo nos momentos difíceis, minha fonte de inspiração, pelo incentivo, pela motivação, por não ter me deixado desistir, e por estará 24 horas, presente, sem você esse sonho não teria se concretizado, obrigada meu amor.

Aos meus filhos Vítor e Letícia, motivos de minhas lutas, razões de minhas alegrias e minhas maiores riquezas. Sou a mãe mais feliz do mundo, obrigada por serem meus, meus presentes de DEUS.

Aos meus chefes/amigos, Dr. Wilson de Melo Cruvinel, Amanda Olésio Vaz, Hilde Maia, pelas palavras encorajadoras e a confiança que demonstraram a mim todo o momento.

Aos professores do curso de mestrado de ciências ambientais e saúde da PUC Goiás, pela contribuição e por despertarem em mim, o gosto e a disciplina que requer a pesquisa científica.

Aos meus colegas do curso de mestrado em ciências ambientais e saúde da PUC Goiás, pela convivência e amizade e apoio para conquistarmos essa jornada.

A todos vocês meu eterno e muito obrigado!

“No Princípio era o Verbo, e o Verbo estava com Deus, e o Verbo era Deus.

Ele estava no princípio com Deus.

Todas as coisas foram feitas por ele, e sem ele nada do que foi feito se fez.

Nele estava a vida, e a vida era a luz dos homens.

E a luz resplandece nas trevas, e as trevas não a compreenderam...”

João 1, 1-5

RESUMO

O meio ambiente da região drenada pela bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte sofreu importantes alterações nestes últimos anos, região que inclui o rio Meia Ponte e o ribeirão João Leite importantes mananciais hídricos para abastecimento da região metropolitana de Goiânia. Neste estudo avaliaram-se os parâmetros dos índices de qualidade das águas (IQA) em sete pontos. As análises amostrais foram realizadas pela Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado de Goiás (SEMAD) no período de janeiro de 2013 a dezembro de 2018. Os resultados obtidos das análises da água foram interpretados frente a dados relativos aos índices saneamento, saúde e econômicos da região metropolitana de Goiânia. Concomitantemente constatou-se que existe uma perda da qualidade da água principalmente no parâmetro coliformes termotolerantes e parâmetro turbidez, quando de sua passagem pela região metropolitana de Goiânia. Observou-se que a distribuição de água tratada para a população é eficiente, no entanto a coleta e tratamento de esgoto não abrange toda população, sendo crítico pois em 2016 quando de enchentes nesta bacia ocorreu um aumento de casos de diarreia, o que indica demanda de investimentos importantes nesta área de saneamento. Esta deficiência na coleta e tratamento dos esgotos relaciona-se aos índices desfavoráveis observados para o parâmetro de coliformes termotolerantes, uma vez que observou no rio Meia Ponte ocorre a diminuição da qualidade da água à medida que aproxima de Goiânia e piora sensivelmente nos pontos a jusante. Para o ribeirão João Leite observaram-se índices melhores em virtude da menor ação antrópica em sua área de drenagem. Cabe destacar que o protocolo de análise da SEMAD ainda não inclui rotineiramente parâmetros que avaliem a genotoxicidade frente a comunidade aquática, bem como a presença de substâncias tóxicas nestes corpos hídricos, principalmente pelo fato destas águas serem utilizadas sistematicamente para o abastecimento da população, e nas atividades industriais e agropecuárias.

Palavras-chave: Qualidade da Água, Microbiologia, Saneamento, Saúde.

ABSTRACT

The environment of the region drained by the hydrographic basin of the upper Meia Ponte river has undergone important changes in recent years, a region that includes the Meia Ponte river and the João Leite stream important water sources for supplying the metropolitan region of Goiania. In this study, the parameters of water quality indexes (IQA) were evaluated at seven points. The sample analyzes were carried out by the State of Goias Secretariat for the Environment and Sustainable Development (SEMAD) from January 2013 to December 2018. The results obtained from the water analyzes were interpreted against data related to sanitation, health and the metropolitan region of Goiania. Concomitantly, it was found that there is a loss of water quality mainly in the thermotolerant coliforms parameter and turbidity parameter, when it passed through the metropolitan region of Goiania, it also observed that the distribution of treated water to the population is efficient, however the collection and sewage treatment does not cover the entire population, being critical because in 2016 when flooding in this basin there was an increase in cases of diarrhea, which still requires important investments in this area of sanitation. This deficiency in the collection and treatment of sewage was shown to be related to the unfavorable rates observed for the parameter of thermotolerant coliforms, since it observed a decrease in quality in the Meia Ponte river as it approaches Goiania and worsens significantly in the downstream points. For the João Leite stream, better rates were observed due to the lower anthropic action in its drainage area. It is worth noting that the SEMAD analysis protocol does not routinely include parameters that assess genotoxicity in the aquatic community, as well as the presence of toxic substances in these water bodies, mainly because these waters are used systematically to supply the population, and in industrial and agricultural activities.

Keywords: Water Quality, Microbiology, Sanitation, Health.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Pontos de Coletas na bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte. Fonte: IBGE	37
FIGURA 2 – Curvas médias de variação de qualidade das águas – Fonte: CETESB (2003)	40
FIGURA 3 – Ponto 1 – Índice de qualidade do parâmetro oxigênio dissolvido – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral - LLRC (2013 a 2018)	54
FIGURA 4 – Ponto 2 – Índice de qualidade do parâmetro oxigênio dissolvido – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral - LLRC (2013 a 2018)	54
FIGURA 5 – Ponto 3 – Índice de qualidade do parâmetro oxigênio dissolvido – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral - LLRC (2013 a 2018)	55
FIGURA 6 – Ponto 4 – Índice de qualidade do parâmetro oxigênio dissolvido – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral - LLRC (2013 a 2018)	55
FIGURA 7 – Ponto 5 – Índice de Qualidade do parâmetro oxigênio dissolvido – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral - LLRC (2013 a 2018)	56
FIGURA 8 – Ponto 6 – Índice de qualidade do parâmetro oxigênio dissolvido – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral - LLRC (2013 a 2018)	56
FIGURA 9 – Ponto 7 – Índice de qualidade do parâmetro oxigênio dissolvido – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral - LLRC (2013 a 2018)	57

FIGURA 10 – Índice de qualidade do parâmetro oxigênio dissolvido – Média 2013 a 2018 – por Ponto Amostral. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	57
FIGURA 11 – Ponto 1 – Índice de qualidade do parâmetro coliformes termotolerantes – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	58
FIGURA 12 – Ponto 2 – Índice de qualidade do parâmetro coliformes termotolerantes – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	59
FIGURA 13 – Ponto 3 – Índice de qualidade do parâmetro coliformes termotolerantes – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	59
FIGURA 14 – Ponto 4 – Índice de qualidade do parâmetro coliformes termotolerantes – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	60
FIGURA 15 – Ponto 5 – Índice de qualidade do parâmetro coliformes termotolerantes – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	60
FIGURA 16 – Ponto 6 – Índice de qualidade do parâmetro coliformes termotolerantes – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	61
FIGURA 17 – Ponto 7 – Índice de qualidade do parâmetro coliformes termotolerantes – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	61
FIGURA 18 – Índice de qualidade do parâmetro coliforme termotolerantes – média 2013 a 2018 – por Ponto Amostral. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	62

FIGURA 19 – Ponto 1 – Índice de qualidade do parâmetro pH – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral (2013 a 2018)	63
FIGURA 20 – Ponto 2 – Índice de qualidade do parâmetro pH – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral (2013 a 2018)	63
FIGURA 21 – Ponto 3 – Índice de qualidade do parâmetro pH – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral (2013 a 2018)	64
FIGURA 22 – Ponto 4 – Índice de qualidade do parâmetro pH – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral (2013 a 2018)	64
FIGURA 23 – Ponto 5 – Índice de qualidade do parâmetro pH – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral (2013 a 2018)	65
FIGURA 24 – Ponto 6 – Índice de qualidade do parâmetro pH – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral (2013 a 2018)	65
FIGURA 25 – Ponto 7 – Índice de qualidade do parâmetro pH – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral (2013 a 2018)	66
FIGURA 26 – Índice de qualidade do parâmetro pH – média 2013 a 2018 – por Ponto Amostral. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	66
FIGURA 27 – Ponto 1 – Índice de qualidade do parâmetro $DBO_{5,20}$ – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC – (2013 a 2018)	67
FIGURA 28 – Ponto 2 – Índice de qualidade do parâmetro $DBO_{5,20}$ – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC – (2013 a 2018)	67
FIGURA 29 – Ponto 3 – Índice de qualidade do parâmetro $DBO_{5,20}$ – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC – (2013 a 2018)	68

FIGURA 30 – Ponto 4 – Índice de qualidade do parâmetro $DBO_{5,20}$ – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC – (2013 a 2018)	68
FIGURA 31 – Ponto 5 – Índice de qualidade do parâmetro $DBO_{5,20}$ – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC – (2013 a 2018)	69
FIGURA 32 – Ponto 6 – Índice de qualidade do parâmetro $DBO_{5,20}$ – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC – (2013 a 2018)	69
FIGURA 33 – Ponto 7 – Índice de qualidade do parâmetro $DBO_{5,20}$ – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC – (2013 a 2018)	70
FIGURA 34 – Índice de qualidade do parâmetro $DBO_{5,20}$ – média 2013 a 2018 – por Ponto Amostral. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	70
FIGURA 35 – Ponto 1 – Índice de qualidade do parâmetro turbidez – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	71
FIGURA 36 – Ponto 2 – Índice de qualidade do parâmetro turbidez – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	71
FIGURA 37 – Ponto 3 – Índice de qualidade do parâmetro turbidez – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	72
FIGURA 38 – Ponto 4 – Índice de qualidade do parâmetro turbidez – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	72

FIGURA 39 – Ponto 5 – Índice de qualidade do parâmetro turbidez – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	73
FIGURA 40 – Ponto 6 – Índice de qualidade do parâmetro turbidez – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	73
FIGURA 41 – Ponto 7 – Índice de qualidade do parâmetro turbidez – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	74
FIGURA 42 – Índice de qualidade do parâmetro turbidez – média 2013 a 2018 – por Ponto Amostral. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	74
FIGURA 43 – Ponto 1 – Índice de qualidade do parâmetro resíduo total – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	75
FIGURA 44 – Ponto 2 – Índice de qualidade do parâmetro resíduo total – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	75
FIGURA 45 – Ponto 3 – Índice de qualidade do parâmetro resíduo total – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	76
FIGURA 46 – Ponto 4 – Índice de qualidade do parâmetro resíduo total – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	76
FIGURA 47 – Ponto 5 – Índice de qualidade do parâmetro resíduo total – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	77

FIGURA 48 – Ponto 6 – Índice de qualidade do parâmetro resíduo total – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	77
FIGURA 49 – Ponto 7 – Índice de qualidade do parâmetro resíduo total – média anual. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	78
FIGURA 50 – Índice de qualidade do parâmetro resíduo total – média 2013 a 2018 – por Ponto Amostral. Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)	78
FIGURA 51 – População estimada de Goiânia 2012 a 2018. Fonte: IMB (2019)	79
FIGURA 52 – Extensão da rede de água tratada e esgoto/Km na cidade de Goiânia 2012 a 2018. Fonte: IMB (2019)	80
FIGURA 53 – Atendimento de água tratada e esgoto/1000 unidades na cidade de Goiânia 2012 a 2018. Fonte: IMB (2019)	80
FIGURA 54 – Percentual da população atendida pela rede de água tratada e esgoto na cidade de Goiânia 2012 a 2018. Fonte: IMB (2019) ...	81
FIGURA 55 – Disponibilidade total de leitos hospitalares em Goiânia 2012 a 2018. Fonte: IMB (2019)	82
FIGURA 56 – Disponibilidade de leitos hospitalares em Goiânia SUS e Não SUS – 2012 a 2018. Fonte: IMB (2019)	82
FIGURA 57 – Número total de óbitos em Goiânia 2012 a 2017. Fonte: DATASUS (2019)	83
FIGURA 58 – Número de óbitos por doenças de transmissão hídrica em Goiânia – 2012 a 2017. Fonte: DATASUS (2019)	84
FIGURA 59 – Porcentagem de óbitos por doenças de transmissão hídrica em Goiânia 2012 a 2017. Fonte: DATASUS (2019)	84

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Localização dos pontos de coleta de amostras – LLRC – 2013 a 2018. UTM - Zona 22S	39
TABELA 2 – Parâmetros de IQA e respectivos pesos (ANA, 2005)	41
TABELA 3 – Classificação - Valores do IQA nos estados brasileiros (ANA, 2005)	42
TABELA 4 – Ponto 1 - Parâmetros de qualidade da água - valores encontrados – LLRC.....	44
TABELA 5 – Ponto 2 - Parâmetros de qualidade da água - valores encontrados – LLRC.....	45
TABELA 6 – Ponto 3 - Parâmetros de qualidade da água - valores encontrados – LLRC.....	45
TABELA 7 – Ponto 4 - Parâmetros de qualidade da água - valores encontrados – LLRC.....	46
TABELA 8 – Ponto 5 - Parâmetros de qualidade da água - valores encontrados – LLRC.....	46
TABELA 9 – Ponto 6 - Parâmetros de qualidade da água - valores encontrados – LLRC.....	47
TABELA 10 – Ponto 7 - Parâmetros de qualidade da água - valores encontrados – LLRC.....	48
TABELA 11 – Ponto 1 - Índices de Qualidade dos Parâmetros (q) – Von Sperling (2014)	49
TABELA 12 – Ponto 2 - Índices de Qualidade dos Parâmetros (q) – Von Sperling (2014)	49
TABELA 13 – Ponto 3 - Índices de Qualidade dos Parâmetros (q) – Von Sperling (2014)	50
TABELA 14 – Ponto 4 - Índices de Qualidade dos Parâmetros (q) – Von Sperling (2014)	50
TABELA 15 – Ponto 5 - Índices de Qualidade dos Parâmetros (q) – Von Sperling (2014)	51

TABELA 16 – Ponto 6 - Índices de Qualidade dos Parâmetros (q) – Von Sperling (2014)	51
TABELA 17 – Ponto 7 - Índices de Qualidade dos Parâmetros (q) – Von Sperling (2014)	52
TABELA 18 – Classificação por cor dos valores de parâmetros - Goiás (ANA, 2005)	53
TABELA 19 – Distribuição de coleta por período de chuva ou estiagem – LLRC.....	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas.
AP	Estado do Amapá.
BA	Estado da Bahia.
CETESB	Companhia de Ambiental do Estado de São Paulo.
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
CT	Coliformes Termotolerantes
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde.
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio.
ES	Estado do Espírito Santo.
ETA	Estação de Tratamento de Água.
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
GO	Estado de Goiás.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
IDM-Saúde	Índice de Desempenho dos Municípios na área de Saúde.
IMB	Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos.
IQA	Índice de Qualidade da Água.
Km	Quilômetro
L	Litro
LLRC	Laboratório Leolídio de Ramos Caiado
MG	Estado de Minas Gerais.
Mg	Miligrama
mL	Mililitro
MS	Estado do Mato Grosso do Sul.
MT	Estado de Mato Grosso.
NPM	Número Mais Provável

NSF	National Sanitation Foundation.
NTU	Unidades Nefelométricas de Turbidez
°C	Graus Celsius
OD	Oxigênio Dissolvido.
OMS	Organização Mundial de Saúde.
P	Valor de Probabilidade
PCH	Pequena Central Hidrelétrica.
pH	Potencial Hidrogeniônico.
PIB	Produto Interno Bruto
PR	Estado do Paraná.
RS	Estado do Rio Grande do Sul.
RT	Resíduo Total
SANEAGO	Saneamento de Goiás S. A..
SECIMA	Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos do Estado de Goiás.
SEMAD	Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado de Goiás.
SP	Estado de São Paulo.
SUS	Sistema Único de Saúde
Temp.	Temperatura
Turb.	Turbidez
UTM	Universal Transversa Mercator
α	Nível de Significância

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	20
2 – OBJETIVOS.....	23
2.1 – OBJETIVOS GERAIS.....	23
2.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	24
3.1 – PARÂMETROS PARA CÁLCULO DE IQA.....	30
3.1.1 – OXIGÊNIO DISSOLVIDO.....	30
3.1.2 – TEMPERATURA	31
3.1.3 – COLIFORMES TERMOTOLERANTES.....	31
3.1.4 – POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH).....	32
3.1.5 – DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO).....	32
3.1.6 – NITROGÊNIO TOTAL.....	33
3.1.7 – FÓSFORO TOTAL.....	34
3.1.8 – TURBIDEZ.....	35
3.1.9 – RESÍDUO TOTAL.....	36
4 – MATERIAL E MÉTODO.....	37
4.1 – AMOSTRAGEM DAS ÁGUAS.....	37
4.1.1 – METODOLOGIA PARA O CÁLCULO DE QUALIDADE DOS PARÂMETROS DE IQA.....	39
4.1.2 – ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE IQA.....	43
4.2 – ANÁLISE DEMOGRÁFIA, SANEAMENTO E SAÚDE DE GOIÂNIA.....	43
5 – RESULTADOS.....	44
5.1 – PARÂMETROS DE QUALIDADE ENCONTRADOS.....	44
5.2 – ÍNDICES DE QUALIDADE DOS PARÂMETROS.....	48
5.2.1 – ÍNDICE DE QUALIDADE - OXIGÊNIO DISSOLVIDO.....	53
5.2.2 – ÍNDICE DE QUALIDADE - TEMPERATURA.....	58
5.2.3 – ÍNDICE DE QUALIDADE - COLIFORMES TERMOTOLERANTES.....	58
5.2.4 – ÍNDICE DE QUALIDADE - pH.....	62
5.2.5 – ÍNDICE DE QUALIDADE - DBO _{5,20}	67
5.2.6 – ÍNDICE DE QUALIDADE - TURBIDEZ.....	71

5.2.7 – ÍNDICE DE QUALIDADE - TOTAL.....	75
5.3 – DEMOGRAFIA, SANEAMENTO E SAÚDE DE GOIÂNIA.....	79
6 – DISCUSSÃO.....	85
7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	95
8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97

1 – INTRODUÇÃO

A água é uma substância de usos múltiplos, sendo vital para a natureza e as atividades humanas. Em sua forma *in natura* é constituída de uma solução que contém vários elementos e compostos sólidos, líquidos e/ou gasosos além de microrganismos, em proporções diversas que determinam suas características químicas, físicas, biológicas e organolépticas (BRANCO; ROCHA,1991)

Sabe-se que a ação humana no meio onde vive, provoca de forma lenta e gradual alterações, que ao longo do espaço e do tempo aparecem de forma mais acentuadas, conforme relatado por Rubin *et al.* (2008). Hoje vivencia-se uma explosão de alterações que vêm de encontro a mudanças no ambiente onde vivemos, sendo necessárias várias medidas para que não ocorram degradações irreversíveis ao meio ambiente. Desta forma o estudo da qualidade da água nos mananciais em todo o mundo é fonte de informação sistemática sobre as alterações que estão ocorrendo de modo a permitir que possam ser delineadas possíveis medidas para minimizar, impedir e até mesmo recuperar os sistemas hídricos.

Para a região Metropolitana de Goiânia/GO os recursos hídricos são oriundos da bacia hidrográfica do rio Meia Ponte, que tem sua nascente no município de Itauçu/GO próximo a serra dos Brandões, e percorre até sua foz no rio Paranaíba, aproximadamente 415 Km. Sua área de drenagem, isto é, a bacia hidrográfica do rio Meia Ponte, tem aproximadamente 12.451 km², abrangendo territórios de 38 municípios goianos. Na região metropolitana de Goiânia os principais tributários do rio Meia Ponte são os córregos Santo Antônio, São Domingos, Água Branca e Palmito, os ribeirões João Leite e Anicuns, e os rios Dourados e Caldas. O rio Meia Ponte e o ribeirão João Leite são importantes mananciais de abastecimento público de Goiânia. Em 2010, 1,3 milhão de habitantes, mais de 50% da população da área abrangida pela Bacia hidrográfica do rio Meia Ponte, eram abastecidos pelos sistemas mencionados (ARAÚJO, 2012).

O bioma predominante na bacia hidrográfica do rio Meia Ponte é o cerrado. Porém a cobertura antrópica, com ênfase na agricultura e pecuária já é dominante, sendo que a vegetação nativa está restrita a pequenas áreas distribuídas por toda a bacia hidrográfica, destacadamente a montante da cidade de Goiânia. O potencial hidrelétrico

é explorado na Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Rochedo a jusante de Goiânia (ARAÚJO, 2012).

As alterações significativas nesta bacia aconteceram a partir do ano 1933, momento do lançamento da pedra fundamental da nova capital de Goiás e início de sua construção. Já em meados de 1934, sua população estava próxima de 800 pessoas, e com o incremento da mudança da capital em 1937, contava com 9000 habitantes. No projeto de Goiânia, o problema de abastecimento de água foi encarado com cuidado, visto que havia na região escolhida cinco cursos d'água com grande capacidade para abastecer a nova capital. No aspecto de abastecimento de alimento, esses poderiam ser fornecidos por pequenas chácaras próximas a estas drenagens, sendo o principal deles o rio Meia Ponte, que estava a 4 Km de distância de Goiânia, contando com uma vazão de 15 milhões de litros por hora. Também em seu leito havia a corredeira Jaó, onde se aventava a possibilidade de uso para produção de energia (AZEVEDO, 1941 e GODOI, 1942).

Observa-se que a partir deste momento, ocorre um aumento significativo do uso dos recursos naturais não só do rio Meia Ponte, como de toda sua Bacia Hidrográfica. No projeto de Goiânia, Lima (1942) indica que serão utilizadas as águas do córrego Botafogo para o abastecimento, mostra também que em um segundo momento, como reforço, o córrego Capim Puba. Salienta a necessidade de construção de um emissário para transporte de material fecal a ser despejado abaixo da represa da Jaó, após estes dejetos passarem por tratamento bacteriológico ou químico.

É de conhecimento que a contaminação da água é responsável por causar enfermidades diarreicas de natureza infecciosa, o que torna essencial a avaliação da qualidade microbiológica. As doenças de natureza hídrica são causadas, principalmente, por microrganismos patogênicos de origem entérica, quer sejam de animais ou de humanos, que são excretados pelas fezes de indivíduos infectados e que contaminam a água ou alimento destinado ao consumo humano (ISAAC-MARQUEZ *et al.*, 1994; GRABOW, 1996; LIBÂNIO; CERNICHARO; NASCIMENTO, 2005 e GUZMÁN; NAVA; DIAS, 2015).

No Brasil os padrões de qualidade da água requeridos variam de acordo com o uso que se faz da mesma, e devem atender a parâmetros estabelecidos por legislações

vigentes no país, especificamente, no caso de saúde pública, os determinados pelo Ministério da Saúde, por meio da portaria de consolidação número 5 de 28 de setembro de 2017.

A urbanização, a explosão demográfica e as atividades antrópicas são responsáveis pelos maiores impactos nas bacias hidrográficas urbanas, contribuindo para o comprometimento da qualidade das águas dos recursos hídricos, através da dispersão de contaminantes químicos e biológicos (FARACHE FILHO, 1985; BRANCO; ROCHA, 1991; ANA, 2005; BENINI; MENDIONDO, 2015 e FALEIRO; LIMA; CUNHA, 2015).

A ação antrópica é acentuada na bacia hidrográfica do rio Meia Ponte, facilmente observada pela presença de depósitos tecnogênicos construídos, induzidos e modificados (RUBIN, 2002 e RUBIN *et al.*; 2008), pelo desmatamento, ocupação de áreas de preservação e lançamentos de efluentes sem tratamento (SILVA; RUBIN, 2018).

Estudos também relatam que o rio Meia Ponte apresenta uma perda de qualidade de água à medida que se aproxima da região metropolitana de Goiânia, chegando a níveis de degradação alta que está associada principalmente ao lançamento de esgotos domésticos (ANA, 2005 e ARAUJO, 2012). Neste mesmo contexto, o rio Meia Ponte demonstra uma capacidade de depuração à medida que se afasta desta região, uma vez que chega a níveis aceitáveis de qualidade próximo a sua foz no rio Paranaíba no município de Cachoeira Dourada (ARAUJO, 2012).

A bacia do rio Meia Ponte ocupa cerca de 10% do território de Goiás e tem quase 50% da população do estado. Essa alta densidade humana associada a acelerada urbanização, bem como o alto grau de mecanização das atividades rurais e associado ao aumento da atividade industriais após a transferência da Capital Federal no início dos anos de 1960, reflete em um crescimento desordenado das áreas urbanas e como consequência, drásticos problemas de saneamento básico (ANA, 2005)

2 – OBJETIVOS

2.1 – OBJETIVO GERAL:

- Avaliar a qualidade da água da região do alto rio Meia Ponte em relação aos aspectos analíticos monitorados pelo Laboratório Leolídio de Ramos Caiado (LLRC) da Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado de Goiás (SEMAD), no período de 2013 a 2018, relacionando-os com possíveis impactos na saúde da população e no meio ambiente da área de pesquisa.

2.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Analisar os Índices de Oxigênio Dissolvido, Temperatura, Coliformes Termotolerantes, Potencial Hidrogeniônico (pH) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio Total, Fósforo Total, Turbidez e Resíduo Total da água em sete pontos da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte;

- Analisar os resultados em relação às atividades antrópicas desenvolvidas nas áreas de contribuição dos pontos analisados frente a impactos socioambientais ocorridas na região metropolitana de Goiânia.

3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A disponibilidade hídrica per capita, no Brasil, apresenta uma situação confortável quando comparada com outros países, entretanto apenas $\frac{1}{4}$ desta disponibilidade não está na região Amazônica. Essa distribuição concentrada dos recursos hídricos, em uma faixa de pequena demografia, nos coloca em um estado de atenção quanto a esse recurso, principalmente em regiões onde existe uma concentração populacional e alta demanda de água e com recursos hídricos muitas vezes utilizados inadequadamente (ANA, 2013). O conhecimento da qualidade dos recursos hídricos se faz obrigatório, principalmente pela escassez deste, no decorrer do tempo, quando será necessário a utilização de todo o potencial desta água. Neste sentido, rios que atravessam áreas urbanas que apresentam alta densidade populacional e com pouco ou nenhum tratamento de esgoto, tiveram a qualidade da água classificados como ruins ou péssimos, reforçando que ocorreu lançamento dos esgotos domésticos sem tratamento no leito destes rios.

Von Sperling (2005) salienta que a qualidade da água depende também do uso que se faz do solo da bacia hidrográfica e de suas características naturais. A água pode ter vários usos como para abastecimento doméstico e industrial, disposição de esgotos, diluição e transporte de despejos, irrigação, dessedentação de animais, preservação da flora e fauna, recreação e lazer, criação de espécies, geração de energia elétrica, navegação, harmonia paisagística. Relata que o uso mais nobre deste recurso se faz para o abastecimento doméstico, enquanto o menos nobre está no uso para disposição de esgoto, uma vez que estes usos exigem antagonicamente os melhores e piores índices de qualidade da água.

Análise dos parâmetros de qualidade da água, entre 2009 a 2011 evidenciou maiores discrepâncias nos parâmetros de qualidade para os valores de coliformes termotolerantes e fósforo total, em decorrência da deficiência, e até ausência, de coleta e tratamento de esgotos, nas regiões de grande adensamento populacional. Nas áreas rurais esses dois índices foram influenciados por outros fatores como atividades de criação intensiva de animais e pela utilização de fertilizantes nas atividades agrícolas (ANA, 2013).

O monitoramento da qualidade da água pelo uso de organismos vivos também é importante para avaliar as mudanças ocorridas no ambiente, mostrando alterações ocorridas nas características estéticas e a ecológica do ambiente, como é mencionado por Buss, Baptista e Nessimian (2003), visto que o índices de qualidade analisam tradicionalmente as características microbiológicas, físicas e químicas das águas deixando a desejar quanto a mudanças nos aspectos estéticos e ecológicos do ambiente a que estão intimamente ligados.

A qualidade microbiológica da água sempre foi uma preocupação da saúde pública, uma vez que existe a disseminação de doenças de veiculação e transmissão hídrica quer seja no aspecto parasitológico, bacteriológico ou viral. Desta forma, vários estudos foram levados a termo no que tange a importância da gestão da qualidade de água doméstica no contexto de transmissão de doenças fecal-orais (TREVETT; CARTER; TYRREL, 2005; BENWIC *et al.*, 2018).

Buma (2017) menciona que, no ano de 2012 cerca de 50.200 mortes foram causadas pelo consumo de água inadequada, assim como 280.000 mortes pelo saneamento inapropriado no mundo. O autor relata que doenças de veiculação hídrica ou transmitidas pela água são causadas, principalmente, pela ingestão de microrganismos patogênicos entéricos (bactérias, vírus e parasitas) presentes na água poluída com fezes e causando doenças diarreicas, responsáveis por grandes surtos e muitas mortes pelo mundo inteiro, não estando o Brasil de fora desta relação.

Carvalho e Siqueira (2011) mencionaram que o município de Goiânia como centro urbano concentra inúmeros corpos hídricos poluídos, que comprometem a qualidade de vida da população residente e dos organismos vivos. Todos estes corpos hídricos desaguam no rio Meia Ponte. Os autores afirmam que as indústrias, e alta concentração populacional nas margens do rio Meia Ponte poluem suas águas, chegando a ser, em alguns pontos, imprópria para o tratamento convencional, visando o abastecimento humano, considerando este rio como um dos mais poluídos do Brasil. Também a SECIMA (2015 a) relata que a água do rio Meia Ponte sofre um aumento de perda de qualidade a partir do ponto em que recebe os esgotos provenientes da Região Metropolitana de Goiânia, bem como de outros efluentes que são descartados no rio originários de laticínios, frigoríficos, fábricas de bebidas e curtumes.

Santos (2010) analisou os indicadores bacteriológicos de poluição do rio Meia Ponte em Goiânia e observou que em 50,0% das amostras brutas de água, antes do tratamento, apresentavam valores acima dos padrões exigidos pela legislação, e que após o tratamento nas Estações de Tratamento de Água (ETA), os resultados estavam dentro dos padrões exigidos. Desta forma, existe uma relação de que quanto menor for a contaminação das águas brutas, menor será a complexidade para o seu tratamento.

Um dos principais riscos à saúde pública é a contaminação das águas por microrganismos patogênicos, especificamente os de origem entéricas animais ou humanos, pois é conhecido que a maioria das doenças de transmissão por águas ocorre, principalmente, pela ingestão destes microrganismos patogênicos presentes em águas utilizadas para abastecimento humano que não foram devidamente atendidas por serviços de saneamento básico. Este assunto foi intensamente discutido por Libânio, Chernicharo e Nascimento (2005), quando salientaram que o devido saneamento das águas e sua distribuição têm correlação com a melhora da saúde da população atendida por essas medidas.

A qualidade da água é avaliada pelo uso de vários índices que observam a presença de diversos elementos químicos, físicos e biológicos nas amostras de água, modelo que remonta aos anos de 1960 com a utilização de mais de trinta parâmetros. O Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi elaborado em 1970, pelo National Sanitation Foundation (NSF), dos Estados Unidos, com o objetivo de padronizar essas análises, sugerindo a utilização de nove parâmetros, sendo que, no Brasil (ANA, 2005), o que define os valores encontrados e classifica as águas está definido pela resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do CONAMA.

Neste sentido, Sutadian *et al.* (2016) reiteram que é recomendável que os parâmetros de qualidade da água sejam comuns dentro de uma região, de forma a possibilitar uma padronização dos IQA obtidos. O Brasil apresenta essa padronização desde 1975, utilizando o IQA adaptado pela CETESB (2003) com ajustes de seus parâmetros. Ao invés de utilizar os índices nitrato e fosfato o substituíram pelo nitrogênio total e fósforo total. Com o decorrer do tempo, as demais agências estaduais do meio ambiente passam também a adotar esta metodologia para analisar o IQA dentro do Brasil.

O trabalho de Cesa e Duarte (2010) também demonstra que a ocupação humana de uma área sem infraestrutura, sem sistemas de coleta de lixo e tratamento de esgoto, leva a uma degradação dos recursos hídricos e também ao meio ambiente, realidade que cria um ambiente impróprio para os indivíduos que ali vivem, expondo a população a doenças de veiculação hídrica e conseqüente maiores gastos com saúde. Neste mesmo contexto sabe-se que os processos de urbanização têm como características a liberação de esgoto doméstico nos leitos de rios, promovendo desequilíbrio ambiental que leva a diminuição da qualidade da água para os seus mais diversos usos. Pires *et al.* (2015) observando a qualidade da água do rio Preto na cidade de Formosa/GO, verificaram que houve uma diminuição da qualidade da água a medida que transpunha o centro urbano. Uma preocupação de saúde pública que advém desta perda de qualidade, é o fato de que este corpo hídrico forma a Lagoa Feia que é utilizada para recreação pela população da região.

No estudo de Medeiros, Lima e Guimarães (2016) sobre a qualidade das águas nas comunidades ribeirinhas de Maranhão no município de Abaetetuba/PA, e da Vila do Conde município de Barcarena/PA, observou que essas populações utilizavam águas para consumo tendo como origem a captação em fontes de aquíferos subterrâneos, que eram distribuídas e utilizadas sem nenhum tratamento. Na comunidade de Maranhão, localizada distante de fontes poluidoras principalmente de atividades industriais, as amostras apresentaram qualidade da água adequada para consumo e que melhoravam quando do período de estiagem. De forma oposta na comunidade de Vila do Conde, que está localizada em uma região que apresenta um nível de contaminação industrial, observaram que a qualidade destas águas em todos os períodos (chuva e estiagem) eram inaceitáveis para o consumo humano. Estas observações demonstram o grande papel das atividades antrópicas quando presente na variação negativa da qualidade da água.

Os resíduos sólidos produzidos pelas atividades humanas foram bem estudados por Xavier (2017), que ressalta a necessidade de uma gestão integrada, além das ações do poder público de forma a sistematizar os serviços de limpeza urbana, e estabelecer políticas que promovam o adequado manejo de resíduos integrando a população em todas as etapas deste processo. O autor salienta que disposição irregular de resíduos sólidos causa o esgotamento prematuro de áreas de deposição final, obstrução dos

elementos de drenagem urbana, degradação de mananciais, poluição nas vias públicas, estas situações aumentam a exposição da população a vários vetores de patologias, bem como riscos de acidentes.

Ainda neste sentido, descarte no meio ambiente de forma incorreta de materiais, é abordado por Martins (2018), que analisou amostras do chorume do Aterro Sanitário de Goiânia, bem como do lodo oriundo do decantador primário, e também do efluente final, a montante e a jusante do ponto de descarte do efluente da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito no Rio Meia Ponte. Através das análises de 2012 a 2016 pode concluir que os parâmetros cádmio, chumbo e mercúrio apresentaram valores dentro dos permitidos pela legislação. Salienta que o Aterro Sanitário de Goiânia teve sua atividade inicial em 1983, e que a manutenção deste monitoramento se faz necessário principalmente em decorrência da lenta degradação de alguns produtos, como pilhas e baterias, que demoram aproximadamente 100 anos para completar seu ciclo de degradação. Destaca ainda a necessidade de políticas que visem evitar o descarte incorreto de produtos que impactam o meio ambiente, assim como seu envio para reciclagem ou descarte em locais corretos.

Costa *et al.* (2017) realizaram estudos no rio São Francisco, que tem sua trajetória de 2914 Km inteiramente em território brasileiro, cuja bacia hidrográfica drena os estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e o Distrito Federal. Foram monitorados 26 parâmetros de qualidade da água da bacia hidrográfica no Estado de Minas Gerais no intervalo de 14 anos. Os autores salientam no final do estudo que os parâmetros de coliformes fecais e de fósforo apresentaram as maiores discrepâncias, e que estas alterações estavam relacionadas a pontos onde ocorreram descarte de esgotos domésticos e de efluentes sem nenhum tratamento ou com tratamentos insuficientes.

Outro foco de estudos foram os rios Jaguari e Atibaia no município de Paulínia/SP, que no período entre o 4º trimestre do ano de 2003 até o 1º trimestre de 2015, tiveram suas águas avaliadas quanto ao IQA, assim como submetidos a ensaios biológicos de toxicidade aguda e crônica, para avaliar o efeito de substâncias presentes nas águas sobre os sistemas biológico. Os resultados permitiram a Ramos (2015) constatar que os parâmetros que contribuíram mais intensamente para baixa da qualidade foram a Demanda Bioquímica de Oxigênio e *Escherichia coli*. Os resultados obtidos dos testes

biológicos mostraram que não ocorreu indução de toxicidade aguda nos dois rios. Em relação a toxicidade crônica os resultados mostraram positivos quando avaliadas em *Ceriodaphnia dubia* e *Dugesia tigrina* aumentado de intensidade quando de períodos de elevada estiagem.

Estudos realizados no rio Piabanha no Estado do Rio de Janeiro por Villas-Boas, Oliveira e Azevedo (2017) demonstram que o parâmetro de qualidade com pior índice encontrado foi o de coliforme fecais, porém relatam a importância do desenvolvimento de *software* de fácil manuseio no intuito de aumentar os estudos sobre a qualidade da água, principalmente para sistematizar melhor os padrões de coleta, uma vez que a utilização intensiva da informática poderá de forma mais rápida e precisa indicar quais pontos e parâmetros são realmente significativos para amostragem.

Rodrigues *et al.* (2018) em pesquisa no município de Duas Barras Estado do Rio de Janeiro, envolvendo o rio Negro e o rio Resende, a montante e a jusante da cidade, indicou que o lançamento de efluentes líquidos sem o devido tratamento, foi responsável pelo aumento contaminação destes dois cursos de água, principalmente com o aumento da carga orgânica e o aumento do índice de coliforme termotolerantes. Este estudo reforça que o tratamento adequado dos efluentes líquidos é essencial para a melhora dos índices de qualidade da água realocada para o leito dos rios.

Avaliações por Figueiredo *et al.* (2019) na área de proteção ambiental de Lajeado, área urbana de Campo Grande, estado do Mato Grosso do Sul, demonstram que a falta de execução de uma política de gerenciamento de recursos hídricos que envolvem o tratamento adequado dos esgotos lançados, o monitoramento de ações antrópicas e da qualidade da água, bem como uma melhor fiscalização quanto ao uso do solo e vegetação, propiciam que a qualidade da água sofra degradação, fator preocupante visto que 12% da água que abastece essa cidade vem de sua hidrografia.

Evidências de que a urbanização, associada a atividades agropecuárias e de extrativismo vegetal ou animal causam de forma irreversível impactos na qualidade da água em vários mananciais no estado de Goiás foi demonstrado por Coelho (2004) quando avaliou o rio das Almas quando de seu transcurso no município de Pirenópolis, e também por estudos de Keller (2015) no ribeirão João Leite. Estes autores salientam a necessidade constante de monitoramento dos mananciais de água, bem como o

desenvolvimento de ações que reduzam e reparem os impactos as ações antrópicas nos ambientes adjacentes e por sinergia também nos leitos d'água.

O processo de degradação do meio ambiente em decorrência de atividades humanas foi abordado por Morais *et al.* (2016). Neste estudo foi correlacionado que produção de resíduos como lixo doméstico, industrial e agrícola provocaram significativamente a diminuição da qualidade da água. Analisando alterações genotóxicas em *Geophagus brasiliensis* observaram que essas alterações aconteciam de forma análoga a piora da qualidade da água, principalmente quando era evidente a degradação em decorrência da presença de metais tóxicos nas amostras submetidas a análises químicas.

3.1 – PARÂMETROS PARA CÁLCULO DE IQA

Para o cálculo de IQA utilizam nove parâmetros da água. Cada um deles apresenta graus de influência e significado no ambiente hídrico, conforme é demonstrado em CETESB (2003); ANA (2005) e Américo-Pinheiro (2018).

3.1.1 - OXIGÊNIO DISSOLVIDO

O Oxigênio é responsável por permitir a presença de vida e equilíbrio dos ecossistemas aquáticos, é medido em mg/L. A presença de oxigênio dissolvido acontece em detrimento da fotossíntese realizada pelo fitoplâncton do ambiente e por difusão de oxigênio da atmosfera. Essa difusão por diferença de pressão, apresenta diferenças quando relacionada a velocidade das águas, presença de corredeiras ou cascatas.

Em águas limpas, a concentração de oxigênio dissolvido é geralmente mais elevada, com valores superiores a 5 mg/L, exceto se houver condições naturais que causem baixos valores deste parâmetro. As águas que recebem esgotos domésticos ou industriais apresentam menores concentrações de oxigênio dissolvido, devido ao consumo desse gás no processo de decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos.

Outra fonte importante de oxigênio nas águas é a fotossíntese de algas, fenômeno que ocorre em águas poluídas ou, mais propriamente, em águas eutrofizadas, ou seja, aquelas em que a decomposição dos compostos orgânicos lançados levou à liberação de sais minerais no meio, especialmente os de nitrogênio e fósforo, que são utilizados como nutrientes pelas algas. Este fenômeno pode levar a uma alta concentração que pode “mascarar” a avaliação do grau de poluição de uma água, quando se toma por base apenas a concentração de oxigênio dissolvido, que neste caso pode apresentar concentrações de oxigênio bem superiores a 10 mg/L.

3.1.2 - TEMPERATURA

Variações de temperatura são parte do regime climático normal e corpos d'água naturais apresentam variações sazonais e diurnas bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores, tais como, latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água, geralmente, é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termoelétricas.

A temperatura desempenha papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos. Organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, apresentando temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo, desta forma, alteração além destes limites modificam a habitabilidade do ambiente aquático por algumas espécies.

3.1.3 - COLIFORMES TERMOTOLERANTES

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por bactérias que incluem os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gram-negativas manchadas, de hastes não esporuladas que estão associadas às fezes de animais de sangue quente e com o solo.

As bactérias coliformes termotolerantes reproduzem-se ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar o açúcar. O uso das bactérias coliformes termotolerantes para

indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme “total”, porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente.

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos responsáveis pela transmissão de doenças de origem hídrica, tais como, febre tifoide, febre paratifoide, desintéria bacilar e cólera.

3.1.4 - POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente em razão de seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante, podendo determinadas condições de pH contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos, como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes.

3.1.5 - DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) da água, segundo Von Sperling (2005), é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. Desta forma, a $DBO_{5,20}$ é a quantidade de oxigênio consumido durante cinco dias, em uma temperatura de incubação de 20°C durante a decomposição da matéria orgânica da amostra. Pelo fato de a $DBO_{5,20}$ somente medir a quantidade de oxigênio consumido num teste padronizado, não é possível indicar a presença de matéria não biodegradável, nem levar em consideração o efeito tóxico ou inibidor de materiais presentes sobre a atividade microbiana.

Os maiores aumentos em termos de $DBO_{5,20}$ num corpo d'água são provocados por despejos de origem orgânica. A presença de alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e de outras formas de vida aquática.

3.1.6 - NITROGÊNIO TOTAL

São diversas as fontes de nitrogênio nas águas naturais. Os esgotos sanitários constituem em geral a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico em decorrência da presença de proteínas e nitrogênio amoniacal em razão da hidrólise sofrida pela ureia na água. Alguns efluentes industriais também contribuem para as descargas de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas, principalmente pelas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, de conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes.

A atmosfera é outra fonte importante graças a diversos mecanismos: fixação biológica desempenhada por bactérias e algas que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, contribuindo para a presença de nitrogênio orgânico nas águas; a fixação química, reação que depende da presença de luz e concorre para a presença de amônia e nitrato nas águas; a lavagem da atmosfera poluída pelas águas pluviais contribuem para a presença de partículas, contendo nitrogênio orgânico, bem como para a dissolução de amônia e nitrato.

Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio. Também nas áreas urbanas, as drenagens de águas pluviais associadas às deficiências do sistema de limpeza pública constituem fonte difusa de difícil caracterização. Como visto, o nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas e as duas últimas, formas oxidadas.

Os compostos de nitrogênio são nutrientes para processos biológicos. São tidos como macronutrientes, pois, depois do carbono, o nitrogênio é o elemento exigido em maior quantidade pelas células vivas. Quando descarregados nas águas naturais, conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes presentes nos despejos, provocam o enriquecimento do meio, tornando-o mais fértil e possibilitam o crescimento em maior extensão dos seres vivos que os utilizam, especialmente as algas, o que é chamado de eutrofização.

Quando as descargas de nutrientes são muito fortes, dá-se o florescimento muito intenso de gêneros que predominam em cada situação em particular. Essas grandes concentrações de algas podem trazer prejuízo ao uso que se possa fazer dessas águas, afetando seriamente o abastecimento público ou causando poluição por morte e decomposição. O controle da eutrofização pela redução do aporte de nitrogênio é comprometido pela multiplicidade de fontes, algumas muito difíceis de serem controladas, como a fixação do nitrogênio atmosférico por parte de alguns gêneros de algas. Por isso, deve-se investir, preferencialmente, no controle das fontes de fósforo.

Os nitratos são tóxicos, sua ação no corpo humano se deve a sua transformação por redução em nitrito na corrente sanguínea e, desta forma, compete na superfície das hemácias, em específico na molécula de hemoglobina, onde ocorre uma ligação química com a hemoglobina de forma mais estável e duradoura, formando a metahemoglobina. Essa nova substância é incapaz de transportar oxigênio, diminuindo e até impossibilitando as trocas de oxigênio no processo respiratório, situação que pode levar a mudança de coloração do sangue para azul causando uma doença chamada metahemoglobinemia, que pode ser letal, principalmente quando afeta crianças.

3.1.7 - FÓSFORO TOTAL

O fósforo aparece em águas naturais por causa, principalmente, das descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes superfosfatados empregados em larga escala doméstica constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. Alguns efluentes, 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.

O fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo. Os ortofosfatos, por outro lado, são representados pelos radicais, que se combinam com cátions, formando sais inorgânicos nas águas. Os polifosfatos ou fosfatos condensados são polímeros de ortofosfatos. No entanto, essa terceira forma não é muito importante nos estudos de controle de qualidade das águas,

porque os polifosfatos sofrem hidrólise, convertendo-se rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais.

Assim como o nitrogênio, o fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macronutrientes por ser exigido também em grandes quantidades pelas células. Por ser um nutriente essencial para os processos biológicos, o excesso de fósforo, em esgotos sanitários e efluentes industriais, conduz a processos de eutrofização das águas naturais.

3.1.8 - TURBIDEZ

A turbidez de uma amostra de água é medida pelo grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la. A redução ocorre quando ocorre absorção e espalhamento visto as partículas presentes apresentam tamanho maior que o comprimento de onda da luz branca, ocorre em decorrência da presença de sólidos em suspensão, como partículas inorgânicas tipo areia, silte ou argila, assim como de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral.

A erosão que ocorre nas margens dos rios nas estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas, fazendo que os processos de tratamento de água necessitem de um número maior de manobras operacionais para sua execução. A erosão pode decorrer do uso do solo inadequado, em que se impede a fixação da vegetação. Esse exemplo mostra também o caráter sistêmico da poluição, ocorrendo interrelações ou transferência de problemas de um ambiente como água, ar ou solo de um para outro.

Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas. Um exemplo típico desse fato ocorre em consequência das atividades de mineração, em que os aumentos excessivos de turbidez têm provocado formação de grandes bancos de lodo em rios e alterações no ecossistema aquático.

A alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez influencia nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional da água.

3.1.9 - RESÍDUO TOTAL

Considera resíduo total das águas a toda matéria que permanece como resíduo após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura preestabelecida durante um tempo fixado.

Para o recurso hídrico, os resíduos sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática, uma vez que podem se depositar no leito dos rios, destruindo organismos que fornecem alimentos ou também danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios promovendo decomposição anaeróbia. Altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas

4 - MATERIAL E MÉTODO

4.1 – AMOSTRAGEM DAS ÁGUAS

O Laboratório Leolídio de Ramos Caiado (LLRC), da Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado de Goiás (SEMAD), faz de forma sistemática a análise de água da superfície dos mananciais hídricos do Estado de Goiás desde o ano de 1999. até 2018 o LLRC era vinculado à Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos do Estado de Goiás (SECIMA).

Foram utilizados os dados em relação a qualidade da água da Bacia Hidrográfica do alto rio Meia Ponte, assim como do ribeirão João Leite, hoje as principais fontes de água para o abastecimento de Goiânia e sua região Metropolitana, coletados em sete estações fixas de monitoramento do LLRC, conforme regulamentação e identificação realizada pela Agência Nacional de Águas. Para efeito deste estudo, estas estações foram renomeadas conforme a Figura 1.

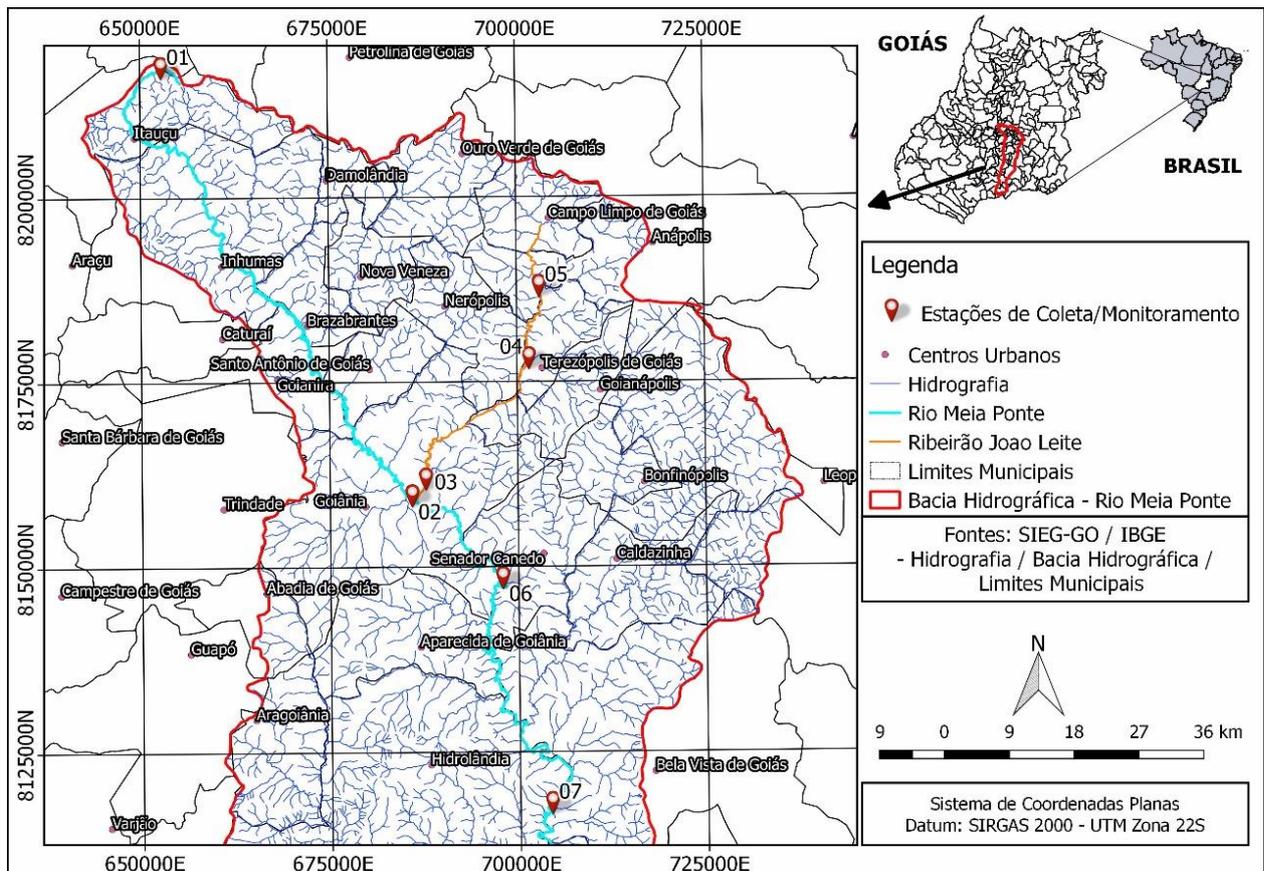


Figura 1 – Pontos de coletas na bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte

Fonte: IBGE

As estações de coleta seguem um padrão determinado pela Agência Nacional de Águas e foram nomeadas para este estudo como descrito abaixo, assim como apresentado na Tabela 1.

Ponto 1 (Estação de monitorização GO-SHRM-P-01 da Agência Nacional de Águas), a montante da região Metropolitana de Goiânia, próximo a nascente do rio Meia Ponte no município de Itauçu. Coordenadas geográficas seguindo o sistema Universal Transversa de Mercator (UTM) com latitude 8217286.19 m S e longitude 652783.08 m E;

Ponto 2 (Estação de monitorização GO-8495-E-31 da Agência Nacional de Águas), localizado no rio Meia Ponte antes da confluência com o ribeirão João Leite, na região metropolitana de Goiânia. Coordenadas geográficas UTM de latitude 8159251.10 m S e longitude 685925.85 m E;

Ponto 3 (Estação de monitorização GO-SHRJ-L-04 da Agência Nacional de Águas), localizado no ribeirão João Leite próximo à confluência com o rio Meia Ponte, dentro da região metropolitana de Goiânia. Coordenadas geográficas UTM de latitude 8161510.59 m S e longitude 687747.78 m E;

Ponto 4 (Estação de monitorização GO-SHRJ-L-03 da Agência Nacional de Águas), localizado no ribeirão João Leite a montante do reservatório formado pela sua barragem, próximo rodovia GO 466. Coordenadas geográficas UTM de latitude 8177793.97 m S e longitude 701587.22 m E;

Ponto 5 (Estação de monitorização GO-SHRJ-L-02 da Agência Nacional de Águas), localizado no ribeirão João Leite, próximo rodovia GO 080. Coordenadas geográficas UTM de latitude 8187554.83 m S, e longitude 703005.23 m E;

Ponto 6 (Estação de monitorização GO-8495-I-1 da Agência Nacional de Águas), localizado no rio Meia Ponte próximo à rodovia GO-020 ainda dentro da região metropolitana de Goiânia. Coordenadas geográficas UTM de latitude 8148123.91 m S e longitude 697916.31 m E.

Ponto 7 (Estação de monitorização GO-8495-I-5 da Agência Nacional de Águas), localizado no rio Meia Ponte a jusante da região metropolitana de Goiânia, próximo da rodovia GO 219. Coordenadas geográficas UTM de latitude 8117704.81 m S e longitude 704255.97 m E.

Tabela 1 – Localização dos pontos de coleta de amostras – LLRC – 2013 a 2018. UTM – Zona 22S

PONTO	Código da Estação de Monitorização Agência Nacional de Águas – ANA	Latitude	Longitude
1	GO-SHRM-P-01	8217286.19 m S	652783.08 m E
2	GO-8495-E-31	8159251.10 m S	685925.85 m E
3	GO-SHRJ-L-04	8161510.59 m S	687747.78 m E
4	GO-SHRJ-L-03	8177793.97 m S	701587.22 m E
5	GO-SHRJ-L-02	8187554.83 m S	703005.23 m E
6	GO-8495-I-1	8148123.91 m S	697916.31 m E
7	GO-8495-I-5	8117704.81 m S	704255.97 m E

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

4.1.1 – METODOLOGIA PARA O CÁLCULO DE QUALIDADE DOS PARÂMETROS DE IQA

Para cada parâmetro, estabeleceu-se 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 (Figura 2), onde cada um deste parâmetro apresenta um peso relativo correspondente (Tabela 2).

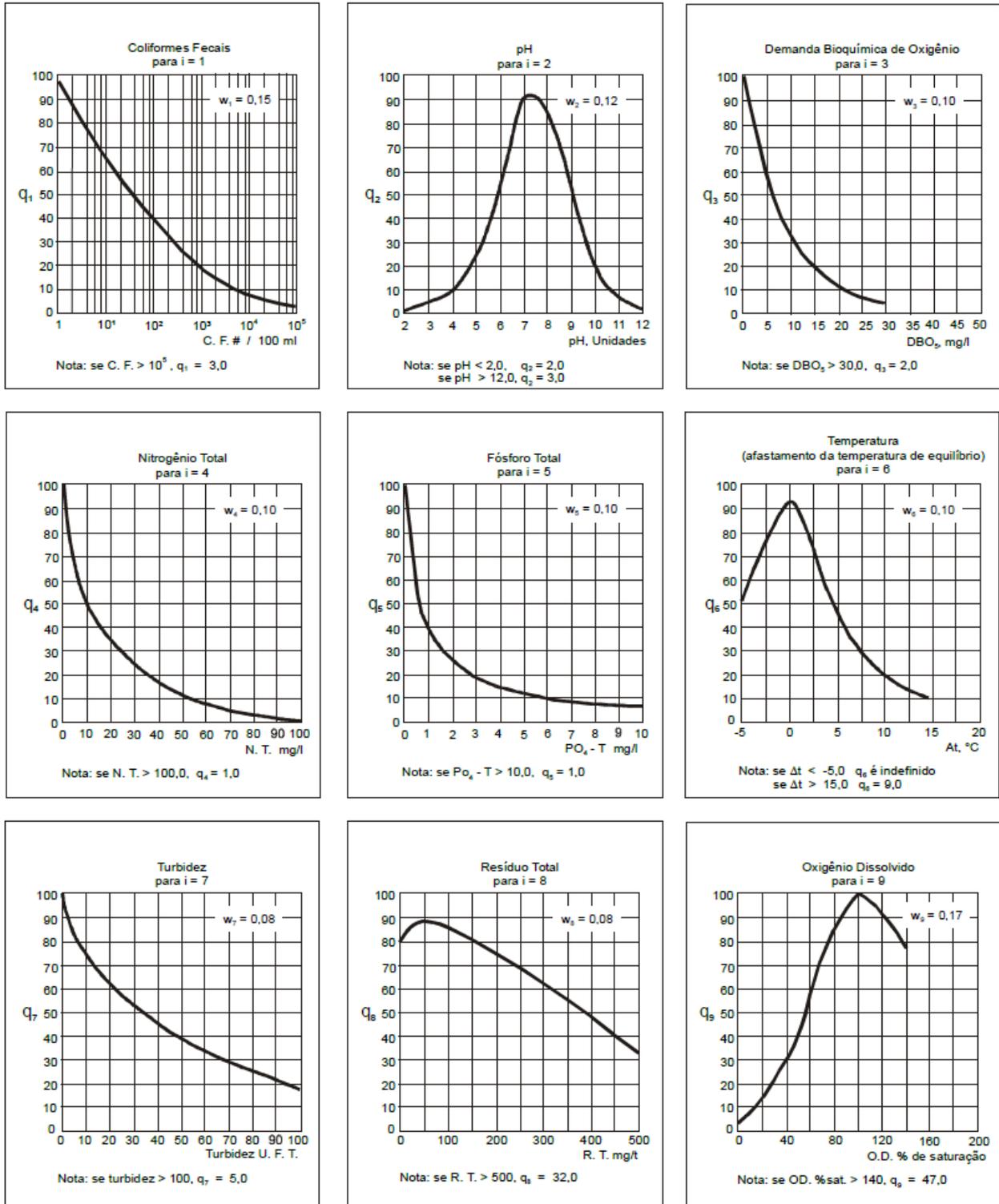


Figura 2 - Curvas médias de variação de qualidade das águas

Fonte: CETESB (2003);

Tabela 2 – Parâmetros de IQA e respectivos pesos (ANA, 2005)

PARÂMETROS	PESOS
Oxigênio dissolvido	w = 0,17
Coliformes Termotolerantes	w = 0,15
Ph	w = 0,12
DBO _{5,20}	w = 0,10
Temperatura	w = 0,10
Nitrogênio total	w = 0,10
Fósforo total	w = 0,10
Turbidez	w = 0,08
Resíduo total	w = 0,08

Fonte: ANA (2005)

O cálculo do IQA se obtém por meio do cálculo ponderado dos nove parâmetros segundo a CETESB (2003) e ANA (2005) utilizando a seguinte fórmula:

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

onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

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

n = o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Utilizando uma planilha para Excel desenvolvida por Von Sperling (2014), que utiliza fórmula e metodologia acima descrita, devendo para tal introduzir nos campos

específicos da planilha os valores encontrados em cada ponto pela SEMAD, em imediato obtém se os índices dos parâmetros e se possível o IQA amostral.

Os valores dos parâmetros de qualidade e do IQA são classificados em faixas, que variam entre os estados brasileiros conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação - Valores do IQA nos estados brasileiros (ANA, 2005)

AP, MG, MT, PR e RS	BA, GO, ES, MS e SP	QUALIDADE DA ÁGUA
91 – 100	80 – 100	Ótima
71 – 90,9	52 – 79,9	Boa
51 – 70,9	37 – 51,9	Aceitável
26 – 50,9	20 – 36,9	Ruim
0 – 25,9	0 – 19,9	Péssima

Fonte: ANA (2005)

Os nove parâmetros que compõem o IQA refletem, a poluição causada pelo lançamento de esgotos domésticos e as cargas orgânicas de origem industrial. Esse modelo de análise não leva em conta os índices de poluição das atividades agrícolas, industriais, e mineradoras entre outras, que também geram grande número de poluentes, porém não examinados pelos parâmetros de IQA. Como exemplo, tem-se metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos. Estes nove parâmetros estão dentro das limitações do IQA, visto que este índice é adequado apenas para ser utilizado para observar a contaminação por esgoto e efluentes. Sabe-se ainda que o IQA não analisa alguns outros parâmetros importantes para o uso em abastecimento público, como por exemplo, a presença de substâncias orgânicas com potencial de causar mutações celulares, a presença de substâncias que possam afetar as propriedades organolépticas da água e a presença de parasitas patogênicos (CETESB, 2003; AMÉRICO-PINHEIRO; BENINI, 2018; OMS, 2018).

4.1.2 – ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE IQA

O LLRC realiza a coleta e análise sistemática e de forma contínua dos mananciais hídricos do Estado de Goiás há várias décadas. Entretanto, em 2013, iniciou uma nova metodologia de coleta de amostra de água em rios e mananciais hídricos, assim como no processamento das amostras para obtenção dos índices de coliformes termotolerantes e índice de demanda de oxigênio. Em virtude desta alteração, neste estudo, somente se utilizam dos dados de amostras coletadas e disponibilizadas entre os anos de 2013 e 2018.

Os resultados das análises do LLRC, das amostras dos sete pontos de coleta dos rios Meia Ponte e ribeirão João Leite referentes aos anos de 2013 a 2018 foram tabulados em relação aos nove parâmetros de qualidades da água, indicados pela CETESB (2003), distribuídos por Ponto de Coleta e data da amostragem.

Os cálculos dos índices de qualidade de cada parâmetro foram realizados com a utilização de uma planilha em Excel distribuída gratuitamente por Von Sperling (2014), que segue a fórmula de cálculo indicado pela CETESB (2003) e ANA (2005). Nesta planilha são lançados os dados de cada parâmetro obtidos na data específica. Ao final destes lançamentos de dados, obteve-se resultado do índice de cada parâmetro, bem como o cálculo do IQA.

Obteve-se a média aritmética anual dos índices de qualidade, os quais foram analisados individualmente por ponto amostral, de forma a avaliar alterações nestes índices, no decorrer dos anos de 2013 a 2018, em relação à cada ponto amostral.

4.2 – ANÁLISE DEMOGRÁFIA, SANEAMENTO E SAÚDE DE GOIÂNIA

Concomitante foram consultados relatórios do Ministério da Saúde, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Secretaria de Saúde de Goiás, do Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (IMB), com relação à variação da população, demografia, economia e saúde, ocorrida na área da região de Goiânia que é totalmente inserida dentro da hidrográfica do alto rio Meia Ponte, estes dados abrangem os anos de 2012 a 2018.

5 – RESULTADOS

5.1. - PARÂMETROS DE QUALIDADE ENCONTRADOS

De posse dos relatórios consolidados do LLRC, que apresentam os resultados das análises de amostras de todos pontos amostrais dos rios do estado de Goiás referentes aos anos de 2013 a 2018. Observou-se que não foram realizadas as análises dos parâmetros de nitrogênio total e fosfato total em nenhuma amostra, e que no ano de 2017 não foram realizadas coletas. Os resultados foram tabulados por data de amostragem e em referência a cada um dos sete pontos de coletas definidos, da Bacia hidrografia do rio Meia Ponte. Os resultados encontrados pelas amostragens para cada ponto estão expressos nas Tabelas de 4 a 10. Os espaços sem valores indicam que não ocorreu amostragem deste parâmetro na data.

Tabela 4. Ponto 1 - Parâmetros de qualidade da água - valores encontrados – LLRC

DATA	OD (mg/L)	Temperatura (°C)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	pH	DBO _{5,20} (mg O ₂ /L)	Turbidez (NTU)	Resíduo Total (mg/L)
19/02/13	40,00	-	4,00	5,29	7,48	1,00	153,00
22/08/13	5,20	19,00	-	5,60	2,50	-	-
21/01/14	8,00	19,10	2,00	6,87	3,90	-	47,00
14/04/14	3,60	25,00	50,00	6,40	1,25	-	67,00
15/07/14	3,00	25,00	30,00	6,50	1,30	2,05	10,00
13/04/15	2,20	24,00	80,00	6,10	-	1,00	12,70
04/05/15	2,00	24,00	26,00	6,00	0,60	2,00	12,00
06/07/15	7,40	20,00	-	-	1,40	25,00	-
14/09/15	2,71	32,30	23,00	5,47	1,00	-	13,00
21/03/16	2,80	33,00	-	6,40	8,50	-	-
17/10/16	7,09	30,16	-	6,1	1,5	0,65	-

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

Tabela 5. Ponto 2 - Parâmetros de qualidade da água - valores encontrados – LLRC

DATA	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Temperatura (°C)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Ph	DBO _{5,20} (mg O ₂ /L)	Turbidez (NTU)	Resíduo Total (mg/L)
09/08/13	3,80	20,00	16000	6,24	5,8	33,00	-
20/01/14	4,30	25,80	16000	6,97	4,9	-	186,00
08/04/14	3,60	26,00	16000	6,90	6	-	-
14/07/14	5,30	19,00	16000	6,99	4,1	-	47,00
13/04/15	4,60	25,00	16000	7,12	6,7	117,00	-
06/07/15	6,60	22,00	-	-	4,4	17,00	82,00
08/09/15	2,07	25,08	1600	7,15	4,3	12,77	210,00
18/01/16	5,77	24,52	-	10,1	3,8	105,00	-
26/02/18	-	25,50	3000	7,11	-	-	-
21/05/18	-	20,00	16000	7,56	-	-	-
13/08/18	-	21,03	1600	6,66	-	-	-
05/11/18	6,98	24,40	-	4,53	6,00	50,36	112,00

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

Tabela 6. Ponto 3 - Parâmetros de qualidade da água - valores encontrados – LLRC

DATA	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Temperatura (°C)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	pH	DBO _{5,20} (mg O ₂ /L)	Turbidez (NTU)	Resíduo Total (mg/L)
04/11/13	7,60	26,00	13	7,89	1,20	7,00	118,00
20/01/14	4,90	28,20	500	7,12	-	-	99,00
08/04/14	5,20	26,00	5000	7,00	0,60	-	-
14/07/14	7,10	21,00	240	7,52	0,40	6,25	52,00
13/04/15	5,20	26,00	2200	7,20	0,40	14,00	-
06/07/15	5,60	21,00	-	-	0,20	18,00	54,00
08/09/15	7,06	22,85	300	7,46	1,80	30,94	64,00
18/01/16	7,10	26,44	-	10,60	1,20	18,84	-
05/11/18	-	23,60	-	4,40	7,95	4,27	47,00

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

Tabela 7. Ponto 4 - Parâmetros de qualidade da água - valores encontrados – LLRC

DATA	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Temperatura (°C)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	pH	DBO _{5,20} (mg O ₂ /L)	Turbidez (NTU)	Resíduo Total (mg/L)
04/11/13	7,80	25,02	23	7,94	0,20	25,00	125,00
20/01/14	6,90	25,10	1100	7,26	0,80	-	121,00
08/04/14	6,20	25,00	1700	7,00	1,40	-	-
14/07/14	7,90	20,00	500	7,56	0,40	17,60	75,00
13/04/15	7,20	27,00	16000	7,24	1,60	98,30	44,66
06/07/15	7,20	22,00	-	-	-	12,00	50,20
08/09/15	7,60	24,70	500	7,70	1,00	1,44	80,00
18/01/16	7,04	23,42	-	10,20	2,00	36,2	-
28/11/18	8,47	21,52	-	7,63	3,00	106,7	82,00

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

Tabela 8. Ponto 5 - Parâmetros de qualidade da água - valores encontrados – LLRC

DATA	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Temperatura (°C)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	pH	DBO _{5,20} (mg O ₂ /L)	Turbidez (NTU)	Resíduo Total (mg/L)
26/02/13	7,00	26,60	2	-	8,67	62,20	188,00
04/11/13	7,80	25,20	2	7,58	0,60	20,00	206,00
20/01/14	7,10	25,80	240	7,32	0,60	-	129,00
08/04/14	5,80	25,00	2200	7,20	2,00	-	-
14/07/14	6,60	19,00	240	7,54	0,20	16,60	73,00
13/04/15	7,00	25,40	9000	7,05	2,00	106,00	0,10
06/07/15	7,00	21,00	-	-	0,40	13,00	46,00
08/09/15	7,43	23,45	1600	7,48	0,40	2,06	73,00
18/01/16	7,30	23,36	-	10,20	1,40	114,00	-
28/11/18	8,55	23,05	-	7,73	2,00	94,60	80,00

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

Tabela 9. Ponto 6 - Parâmetros de qualidade da água - valores encontrados – LLRC

DATA	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Temperatura (°C)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	pH	DBO _{5,20} (mg O ₂ /L)	Turbidez (NTU)	Resíduo Total (mg/L)
09/08/13	6,70	22,00	3000	6,41	2,70	-	114,00
28/01/14	2,70	23,50	16000	7,44	3,50	-	181,00
23/06/14	3,00	25,00	170	7,10	4,30	18,00	108,00
15/07/14	2,00	19,00	16000	6,99	1,50	-	152,00
21/07/14	6,80	19,00	500	7,00		15,00	-
14/04/15	3,20	26,00	16000	7,60	4,20	316,00	60,50
07/07/15	2,00	21,00	-	-	2,40	22,50	122,10
14/09/15	-	-	1600	-	14,20	-	-
19/01/16	6,07	23,90	-	9,79	4,75	96,50	-
05/04/16	-	-	-	-	11,00	-	-
28/06/16	-	20,00	-	-	12,00	-	-
30/08/16	-	24,00	-	-	16,00	-	-
26/02/18	-	24,80	16000	6,80	-	-	-
21/05/18	-	21,57	16000	7,07	-	-	-
13/08/18	-	19,98	1600	7,11	-	-	-
05/11/18	2,77	25,20	16000	4,15	14,00	17,54	169,00

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

Tabela 10. Ponto 7 - Parâmetros de qualidade da água - valores encontrados – LLRC

DATA	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Temperatura (°C)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	pH	DBO _{5,20} (mg O ₂ /L)	Turbidez (NTU)	Resíduo Total (mg/L)
09/08/13	6,70	21,00	700	6,51	3,10	-	118,00
27/01/14	4,50	26,00	9000	7,50	4,50	-	215,00
23/06/14	4,70	22,00	330	7,19	4,90	31,00	74,00
21/07/14	4,70	21,00	900	6,80	5,30	28,00	117,00
14/04/15	5,60	26,00	16000	7,03	4,20	654,00	40,12
07/07/15	4,80	22,00	-	-	6,60	16,00	68,00
15/09/15	3,52	25,40	-	7,33	6,10	4,22	134,00
09/04/18	-	24,20	900	7,03	-	-	-
18/06/18	-	20,36	1700	7,24	-	-	-
10/09/18	-	23,4	500	7,88	-	-	-
03/12/18	2,98	24,92	1100	7,34	11,00	145,00	141,00

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

5.2 – ÍNDICES DE QUALIDADE DOS PARÂMETROS

Com os dados dos parâmetros e com a utilização uma planilha de Excel, distribuída gratuitamente por Von Sperling (2014), para cálculo de índices de qualidade dos parâmetros (q) e, também o cálculo de IQA.

O IQA não pode ser calculado, uma vez que 2 parâmetros de qualidade da água, nitrogênio total e fósforo total, não fizeram parte das análises das SEMAD. São estes resultados que mostraremos nas Tabelas 11 até 17, conforme o ponto e data de coleta.

Tabela 11. Ponto 1 – Índices de Qualidade dos Parâmetros (q) – Von Sperling (2014)

DATA	Oxigênio Dissolvido	Temperatura	Coliformes Termotolerantes	pH	DBO_{5,20}	Turbidez	Resíduo Total
19/02/13	50,0	94	80,1	33,0	77,1	97,5	80,4
22/08/13	64,4	94	-	43,7	73,4	-	-
21/01/14	97,7	94	90,1	89,2	61,8	-	85,1
14/04/14	40,5	94	47,2	77,0	85,7	-	86,0
15/07/14	31,2	94	52,9	80,0	85,2	94,9	81,3
13/04/15	20,3	94	42,3	64,9		97,5	81,7
04/05/15	18,1	94	54,6	60,3	92,8	95,0	81,6
06/07/15	93,9	94	-	-	84,1	57,0	-
14/09/15	32,3	94	56,0	39,0	88,4	-	81,7
21/03/16	34,4	94	-	77,0	75,4	-	-
17/10/16	97,1	94	-	64,9	83,1	98,5	-

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

Tabela 12. Ponto 2 - Índices de Qualidade dos Parâmetros (q) – Von Sperling (2014)

DATA	Oxigênio Dissolvido	Temperatura	Coliformes Termotolerantes	pH	DBO_{5,20}	Turbidez	Resíduo Total
09/08/13	36,1	94	7,4	71,5	80,6	49,7	-
20/01/14	54,7	94	7,4	91,0	54,6	-	75,8
08/04/14	39,4	94	7,4	89,8	80,1	-	-
14/07/14	62,6	94	7,4	91,4	60,3	-	85,1
13/04/15	60,0	94	7,4	92,1	78,6	5,0	-
06/07/15	87,4	94	-	-	58,1	65,7	86,0
08/09/15	18,7	94	17,8	92,2	58,8	72,2	72,4
18/01/16	81,1	94	-	16,4	62,6	5,0	-
26/02/18	-	94	14,3	92,1	-	-	-
21/05/18	-	94	7,4	92,0	-	-	-
13/08/18	-	94	17,8	84,4	-	-	-
05/11/18	93,2	94	-	15,4	80,1	37,5	84,7

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

Tabela 13. Ponto 3 - Índices de Qualidade dos Parâmetros (q) – Von Sperling (2014)

DATA	Oxigênio Dissolvido	Temperatura	Coliformes Termotolerantes	pH	DBO _{5,20}	Turbidez	Resíduo Total
04/11/13	98,9	94	63,0	89,4	86,2	83,3	84,2
20/01/14	72,3	94	25,9	92,1	-	-	85,5
08/04/14	74,3	94	11,8	91,5	92,8	-	-
14/07/14	90,4	94	31,9	92,2	95,2	85,0	85,4
13/04/15	74,3	94	16,0	92,4	95,2	70,2	-
06/07/15	72,4	94	-	-	97,5	64,3	85,5
08/09/15	92,3	94	30,0	92,4	80,1	51,3	85,9
18/01/16	96,9	94	-	9,7	86,2	63,3	-
05/11/18	-	94	-	13,5	76,3	89,5	85,1

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

Tabela 14. Ponto 4 - Índices de Qualidade dos Parâmetros (q) - Von Sperling (2014)

DATA	Oxigênio Dissolvido	Temperatura	Coliformes Termotolerantes	pH	DBO _{5,20}	Turbidez	Resíduo Total
04/11/13	98,3	94	56,0	88,9	97,5	57,0	83,5
20/01/14	93,8	94	20,2	92,5	90,6	-	83,9
08/04/14	87,5	94	17,5	91,5	84,1	-	-
14/07/14	96,3	94	25,9	92,0	95,2	64,9	86,1
13/04/15	98,8	94	7,4	92,5	82,1	17,2	85,0
06/07/15	92,8	94	-	-	-	73,6	85,3
08/09/15	99,7	94	25,9	91,2	88,4	96,4	86,1
18/01/16	93,1	94	-	14,9	78,1	47,0	-
28/11/18	97,2	94	-	91,6	69,1	5,0	86,0

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

Tabela 15. Ponto 5 - Índices de Qualidade dos Parâmetros (q) - Von Sperling (2014)

DATA	Oxigênio Dissolvido	Temperatura	Coliformes Termotolerantes	pH	DBO _{5,20}	Turbidez	Resíduo Total
26/02/13	66,8	94	90,1	-	75,1	30,9	75,5
04/11/13	97,9	94	90,1	91,9	92,8	61,9	73,0
20/01/14	96,8	94	31,9	92,5	92,8	-	83,1
08/04/14	83,2	94	16,0	92,4	78,1	-	-
14/07/14	84,3	94	31,9	92,1	97,5	66,3	86,1
13/04/15	95,4	94	9,3	91,8	78,1	5,0	79,8
06/07/15	90,1	94	-	-	95,2	71,8	85,1
08/09/15	96,9	94	17,8	92,3	95,2	94,8	86,1
18/01/16	95,7	94	-	14,9	84,1	5,0	-
28/11/18	95,1	94	-	90,9	78,1	18,3	81,0

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

Tabela 16. Ponto 6 - Índices de Qualidade dos Parâmetros (q) – Von Sperling (2014)

DATA	Oxigênio Dissolvido	Temperatura	Coliformes Termotolerantes	pH	DBO _{5,20}	Turbidez	Resíduo Total
09/08/13	88,1	94	14,3	77,3	71,7	-	84,5
28/01/14	24,7	94	7,4	92,4	64,9	-	76,5
23/06/14	29,5	94	35,0	92,0	58,8	64,3	85,0
15/07/14	15,5	94	7,4	91,4	83,1	-	80,5
21/07/14	85,4	94	25,9	91,5	-	68,6	-
14/04/15	33,1	94	7,4	91,8	59,6	5,0	85,8
07/07/15	16,2	94	-	-	74,4	59,2	83,8
14/09/15	-	-	17,8	-	68,3	-	-
19/01/16	84,1	94	-	36,3	55,7	17,7	-
05/04/16	-	-	-	-	71,8	-	-
28/06/16	-	94	-	-	70,6	-	-
30/08/16	-	94	-	-	17,3	-	-
26/02/18	-	94	7,4	87,7	-	-	-
21/05/18	-	94	7,4	91,9	-	-	-
13/08/18	-	94	17,8	92,1	-	-	-
05/11/18	26,6	94	7,4	11,0	68,5	65,0	78,2

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

Tabela 17. Ponto 7 - Índices de Qualidade dos Parâmetros (q) – Von Sperling (2014)

DATA	Oxigênio Dissolvido	Temperatura	Coliformes Termotolerantes	pH	DBO _{5,20}	Turbidez	Resíduo Total
09/08/13	86,8	94	23,4	80,3	68,2	-	84,2
27/01/14	59,0	94	9,3	92,2	57,4	-	71,7
23/06/14	55,8	94	29,2	92,3	54,6	51,3	86,1
21/07/14	53,9	94	21,6	87,7	81,8	53,8	84,3
14/04/15	80,3	94	7,4	91,7	59,6	5,0	84,7
07/07/15	57,9	94	-	-	78,8	67,1	86,0
15/09/15	37,2	94	-	92,5	79,9	89,6	82,5
09/04/18	-	94	21,6	91,7	-	-	-
18/06/18	-	94	17,5	92,5	-	-	-
10/09/18	-	94	25,9	89,5	-	-	-
03/12/18	29,0	94	20,2	92,5	71,8	5,0	81,5

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

Com a organização dos dados das amostras coletadas nos pontos de amostragem, a SEMAD não realizou a análise dos dados para os parâmetros de Nitrogênio Total e Fósforo Total, observou-se também que em algumas coletas nem todos os parâmetros foram observados. Como o IQA da NSF e adaptado pela CETESB faz uso de nove parâmetros, e existe a ausência em todas as coletas de pelo menos dois parâmetros, não foi possível fazer o cálculo de IQA dos sete pontos de amostragem. Mas foi realizada a tabulação dos índices de qualidades de cada parâmetro obtido.

Ocorreu a ausência de coletas a partir de meados do ano de 2016, em todo o ano de 2017 e início de 2018.

Com os dados obtidos de qualidade de parâmetro dos sete pontos, mostrados nas Tabela de 11 a 17, foi realizado o cálculo médio de qualidade destes parâmetros, em

relação a cada ano de estudo. Estes resultados então mostram cada parâmetro analisado, expostos nas Figuras 3 a 50, que utilizam colunas com esquema de cor, para definir sua qualidade conforme definidas na Tabela 18, os valores da qualidade dos parâmetros seguem a mesma classificação do IQA determinada pela ANA (2005).

Tabela 18 – Classificação por cor dos valores de parâmetros - Goiás (ANA, 2005)

VALOR ENCONTRADO	QUALIDADE DOS PARÂMETROS
80 – 100	Ótima
52 – 79,9	Boa
37 – 51,9	Aceitável
20 – 36,9	Ruim
0 – 19,9	Péssima

Fonte: ANA (2005)

5.2.1 – ÍNDICE DE QUALIDADE - OXIGÊNIO DISSOLVIDO

Os resultados observados para a qualidade do parâmetro Oxigênio Dissolvido são importantes no cálculo de IQA, seu peso nesta equação tem o maior valor que é de 0,17. No Ponto 1, apresentam nível de qualidade na maioria dos anos dentro de um padrão classificado de bom. Verifica-se que o ano de 2015 apresentou este parâmetro dentro da classificação de aceitável, conforme destaca a Figura 3. Fazendo uma média do índice obtemos um valor de 55,18 classificado com bom.

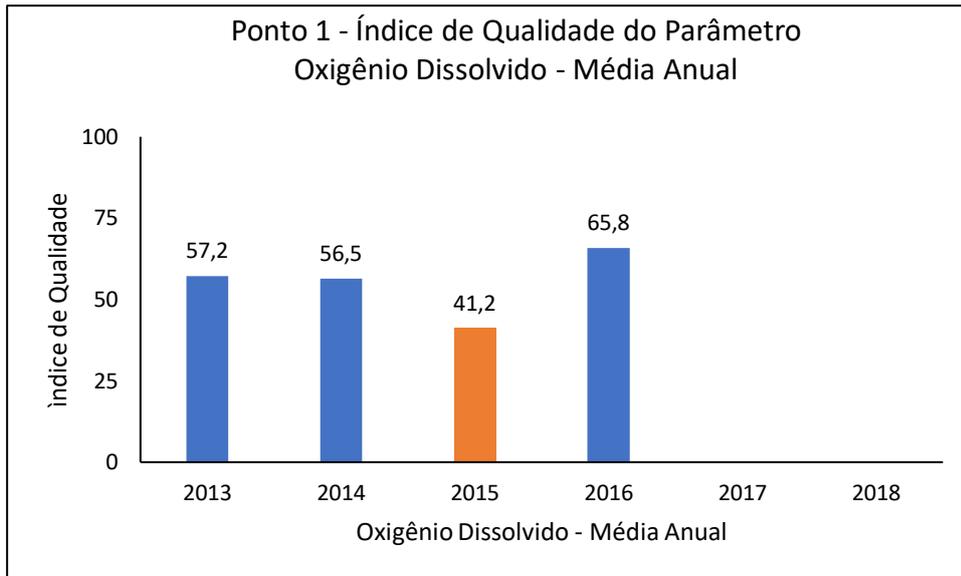


Figura 3. Ponto 1 – Índice de qualidade do parâmetro oxigênio dissolvido – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

O Ponto 2 apresentou um resultado ruim no ano de 2013, bom nos anos de 2014 e 2015, indo para ótimo no ano de 2016 e mantendo ótimo em 2018, como demonstra a Figura 4. Calculando a qualidade para o parâmetro de oxigênio dissolvido do Ponto 2, para o período de 2013 a 2018, obteve o valor de 63,6 classificado como boa.

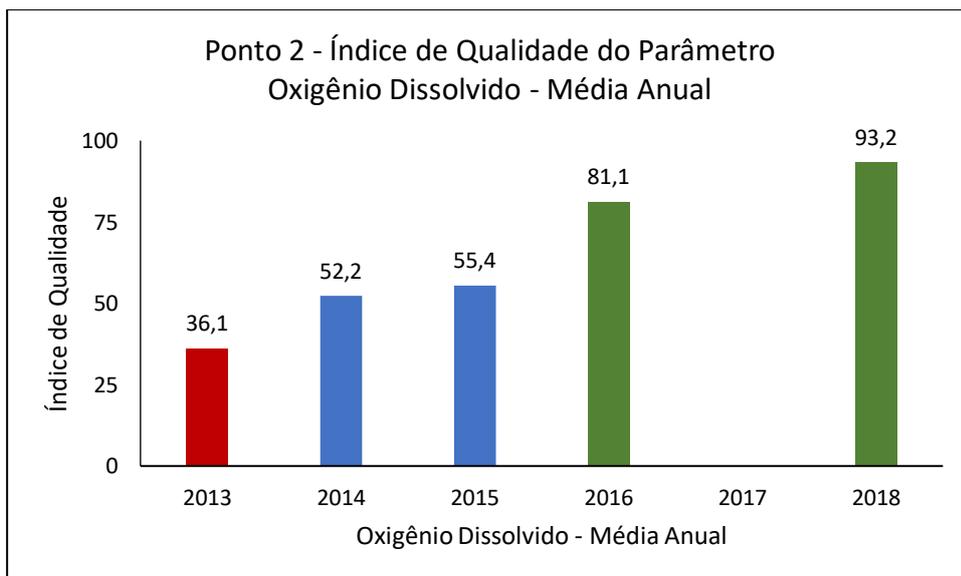


Figura 4. Ponto 2 – Índice de qualidade do parâmetro oxigênio dissolvido – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

O Ponto 3 apresentou um resultado ótimo no ano de 2013, uma queda para bom em 2014 e 2015, elevando em 2016 novamente para uma classificação ótima (Figura 5). A análise média deste período apresenta um valor de 88,62 que classifica com ótima.

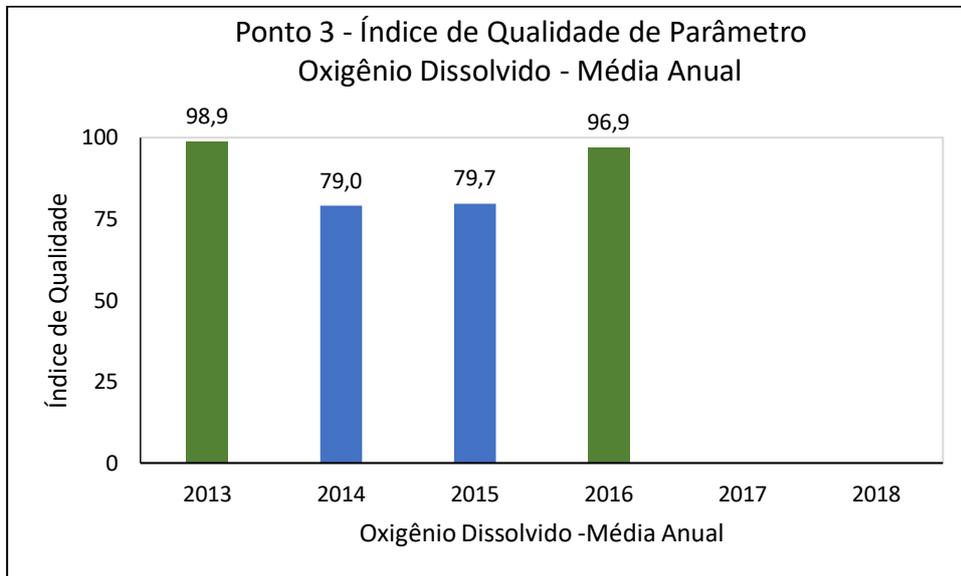


Figura 5. Ponto 3 – índice de qualidade do parâmetro oxigênio dissolvido – média anual.
Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

O Ponto 4 apresenta um índice de qualidade para o parâmetro de oxigênio dissolvido nos 5 anos observados dentro da classificação de ótimo (Figura 6). Sendo que o seu valor médio para o período apurado foi de 95,65.

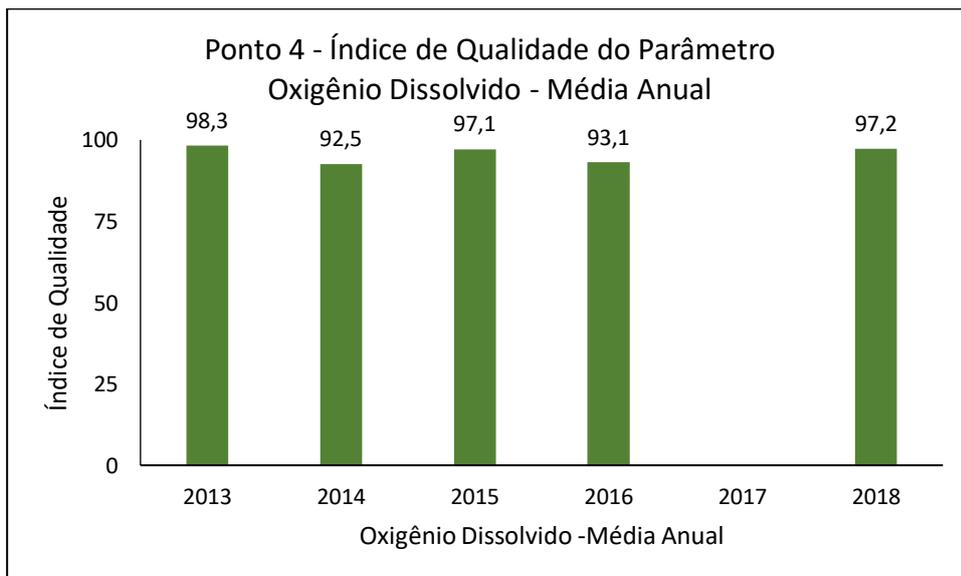


Figura 6 – Ponto 4 – Índice de qualidade do parâmetro oxigênio dissolvido – média anual.
Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

Foram observados durante os cinco anos, no Ponto 5, índices de qualidade de oxigênio dissolvido dentro da classificação ótima (Figura 7), e o resultado médio foi de 94,08.

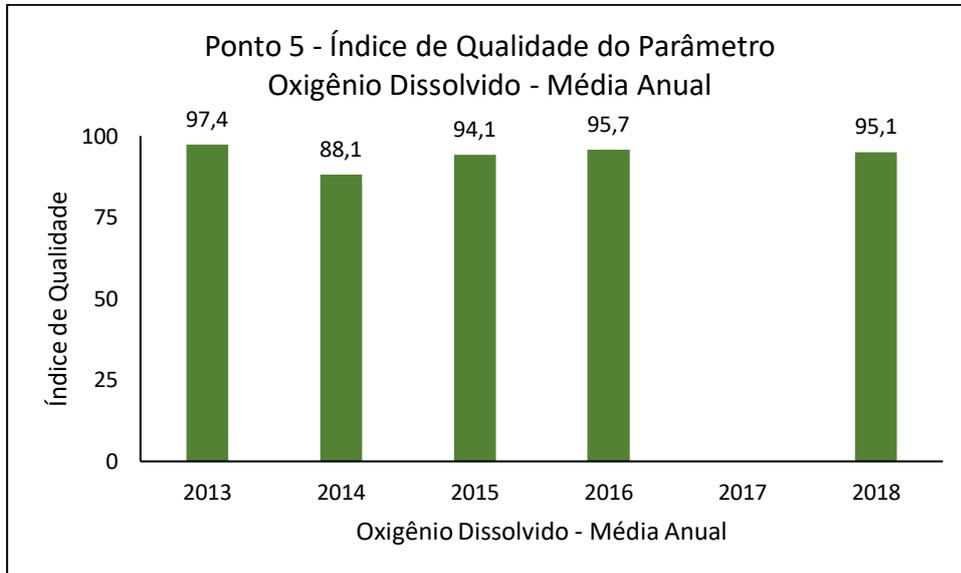


Figura 7. Ponto 5 – Índice de qualidade do parâmetro oxigênio dissolvido – média anual
Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

O Ponto 6 apresentou índices anuais de qualidade para oxigênio dissolvido que variaram de ótimo em 2013, para aceitável em 2014, ruim em 2015 e ótimo no ano de 2016, caindo em 2018 para ruim (Figura 8), o índice médio neste período ficou em 52,45 que o classifica como bom.

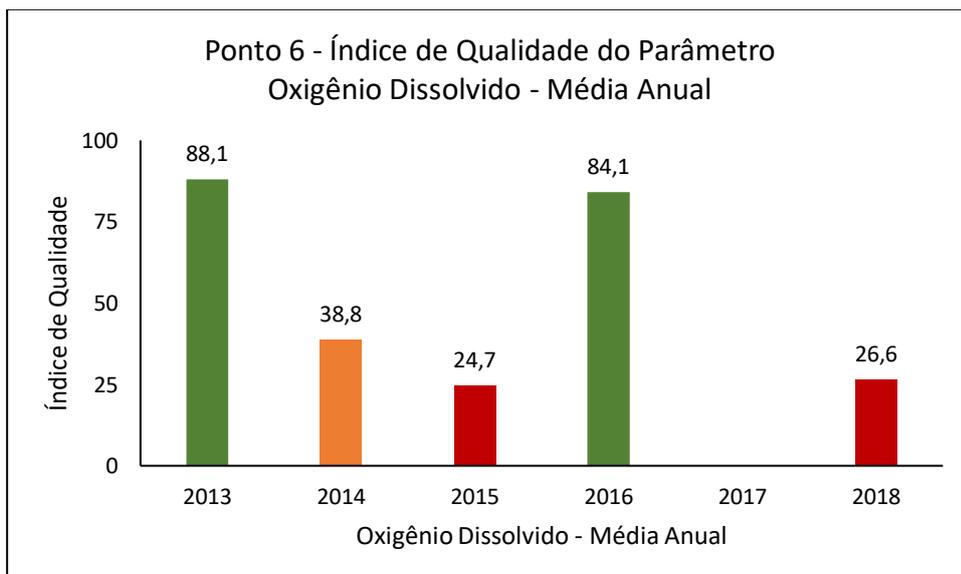


Figura 8. Ponto 6 – Índice de qualidade do parâmetro oxigênio dissolvido – média anual
Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

O ponto 7 apresentou índice ótimo no primeiro ano, bom nos anos seguintes, em 2018 foi para ruim (Figura 9), média neste período foi de 57,63 classificando como bom.

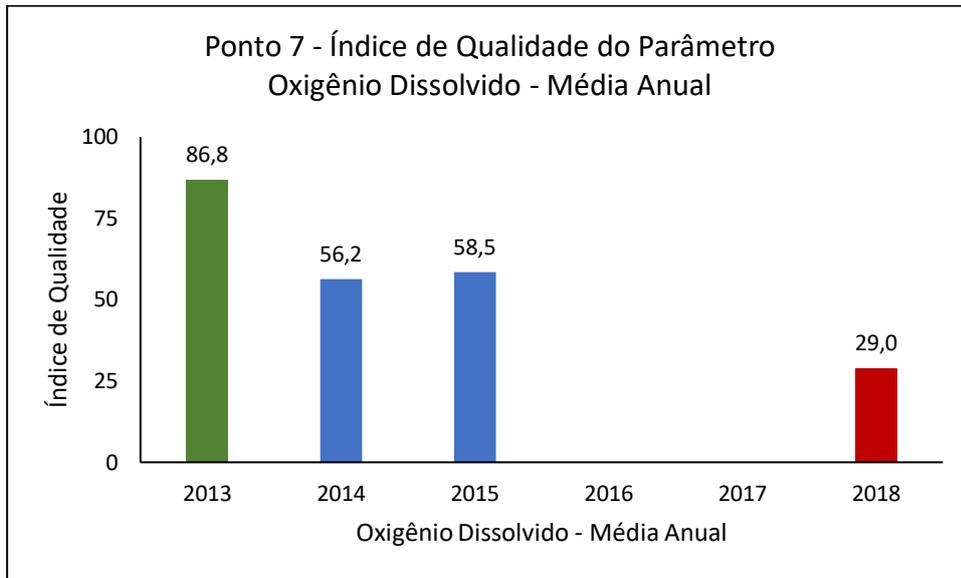


Figura 9. Ponto 7 – Índice de qualidade do parâmetro oxigênio dissolvido – média anual
Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

Analisando a média dos parâmetros de oxigênio dissolvido para cada ponto no decorrer dos anos de 2013 a 2018, os índices variavam entre qualidade boa e ótima. A qualidade de parâmetro Oxigênio Dissolvido médio entre 2013 e 2018 para os sete pontos, utilizando análise de variância (ANOVA) tendo como nível de significância (α) de 5% e valor de probabilidade (P) de 0,0013, observou se que não a diferença estatística entre os resultados resumidos na Figura 10.

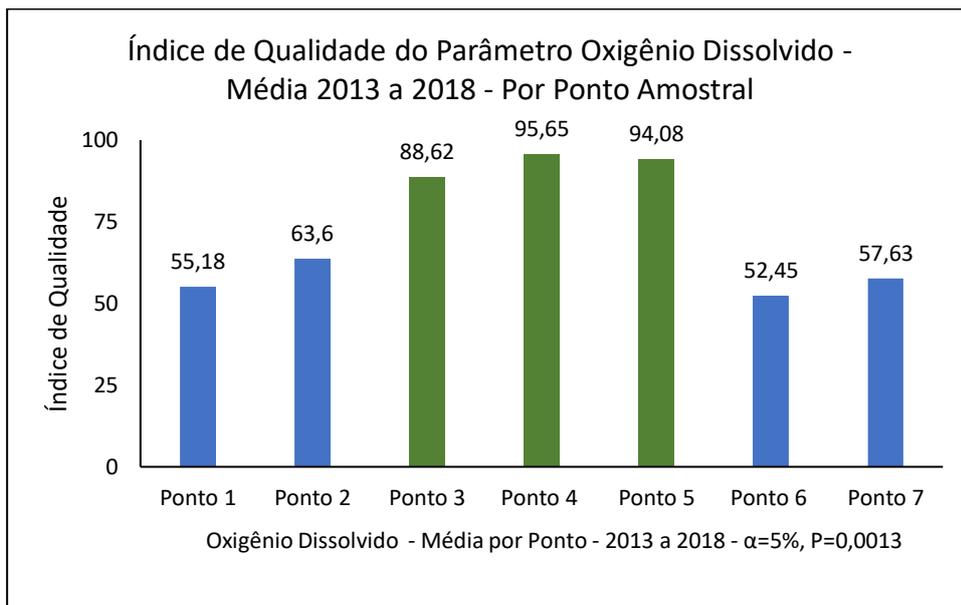


Figura 10. Índice de qualidade do parâmetro oxigênio dissolvido – Média 2013 a 2018 – por Ponto Amostral..

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

5.2.2 – ÍNDICE DE QUALIDADE - TEMPERATURA

O índice de Temperatura tem um peso de 0,10 no cálculo de IQA. Em todos os pontos medidos foram encontrados valores de 94, que pelos critérios adotados coloca este parâmetro em condições ótimas.

5.2.3 – ÍNDICE DE QUALIDADE - COLIFORMES TERMOTOLERANTES

O índice de parâmetro Coliformes Termotolerantes é o segundo em importância para no cálculo de IQA, seu peso nesta equação tem o valor de 0,15. No Ponto 1 foi possível observar, no ano de 2013 uma qualidade ótima, seguida em 2014 de uma queda de nível indo para qualidade boa, no ano de 2015 apresentou queda indo para o nível aceitável. Os valores destes índices estão expressos na Figura 11. A média destes índices foi de 64,82, que coloca este ponto em um nível de qualidade para coliformes termotolerantes considerado boa.

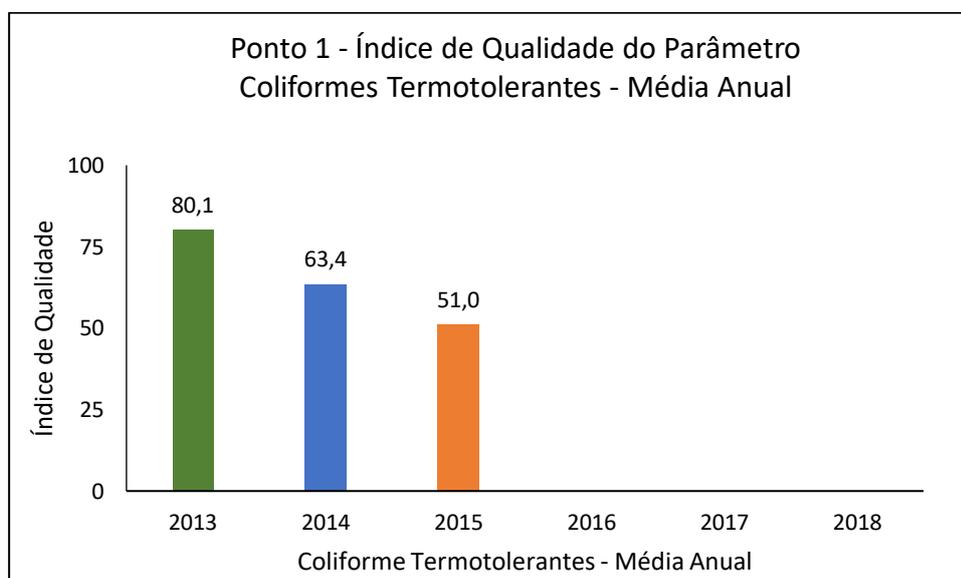


Figura 11. Ponto 1 – Índice de qualidade do parâmetro coliformes termotolerantes – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

O Ponto 2, com relação ao parâmetro de coliformes termotolerantes, verifica-se uma queda no índice de qualidade, que em todos os momentos é considerado péssimo. O que se observa é que discretamente ocorre uma melhora no decorrer do tempo, também é interessante salientar que este ponto de amostragem localiza dentro da cidade

de Goiânia. Na Figura 12, estão dispostos os dados obtidos acerca destes parâmetros, sendo que a média destes valores mostra um índice 10,14 sendo classificado como ruim.

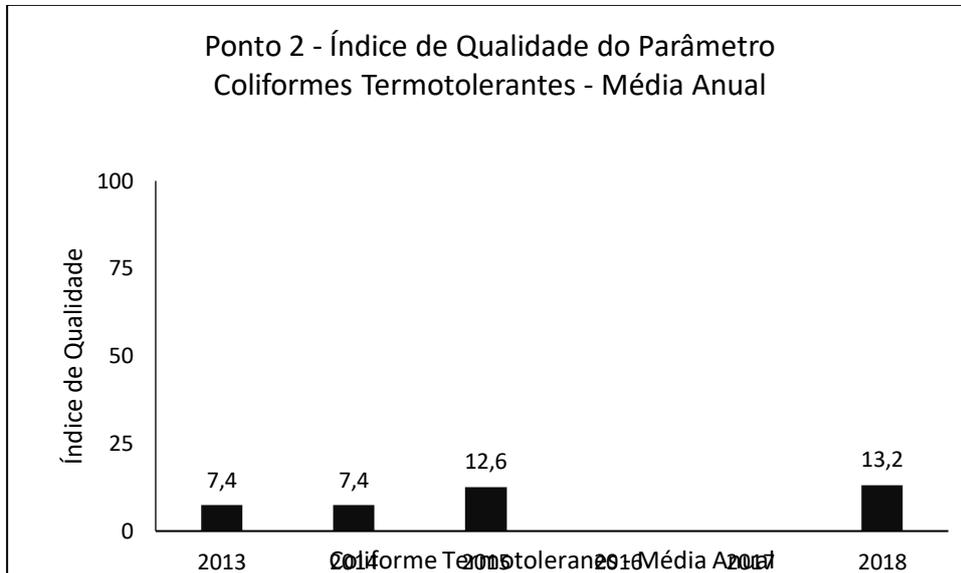


Figura 12. Ponto 2 – Índice de qualidade do parâmetro coliformes termotolerantes – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

O Ponto 3 apresenta, em 2013, um parâmetro de qualidade bom, porém em 2014 e 2015 esse parâmetro passa a ter índice ruim. Os valores estão mostrados na Figura 13. O índice médio calculado para esse ponto ficou em 36,4 que o classifica como aceitável, mascarado pelo índice obtido em 2013.

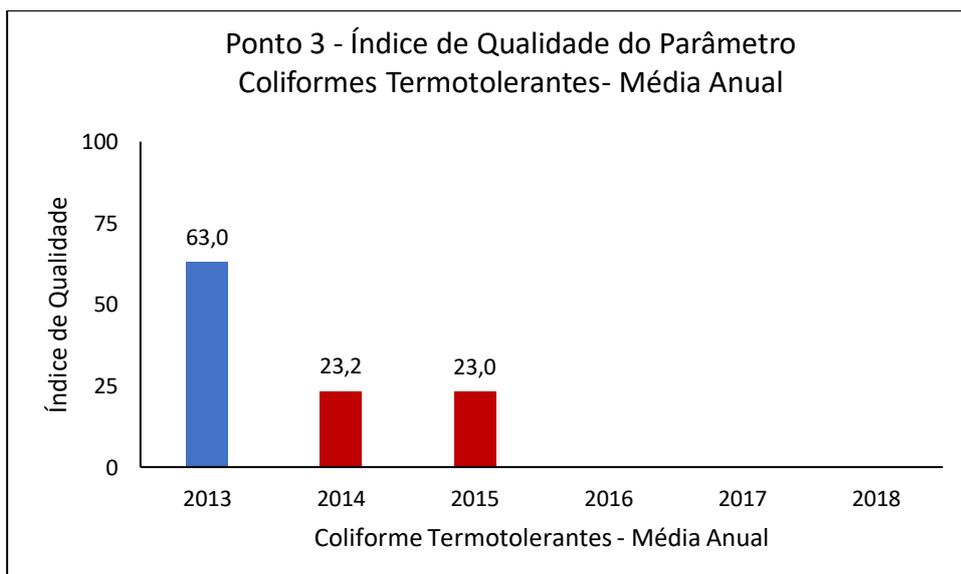


Figura 13. Ponto 3 – Índice de qualidade do parâmetro coliformes termotolerantes – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

No Ponto 4 a qualidade está em nível bom no ano de 2013, sofre queda indo para classificação ruim em 2014. No ano de 2015 nova queda indo para péssimo. Os dados obtidos estão retratados na Figura 14, o cálculo médio deste ponto nos dá um índice médio de 31,28 que o classifica como ruim.

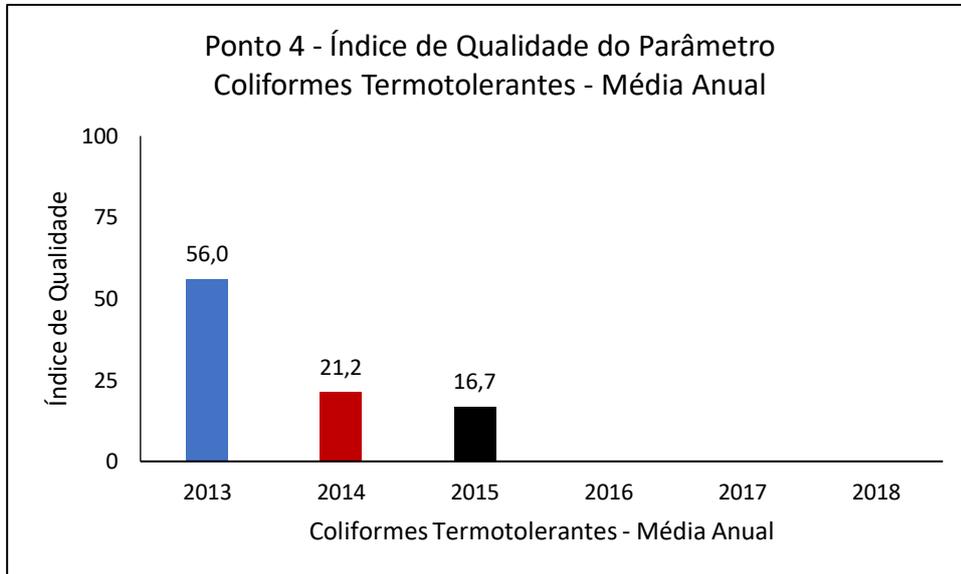


Figura 14. Ponto 4 – Índices de qualidade do parâmetro coliformes termotolerantes – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

A qualidade de parâmetro coliformes termotolerantes no Ponto 5 iniciou com um patamar ótimo, em 2013, sofrendo queda para ruim em 2014, e para péssimo em 2015. Os dados estão mostrados na Figura 15. Neste ponto a qualidade média foi calculada em 43,42 e considerada aceitável.

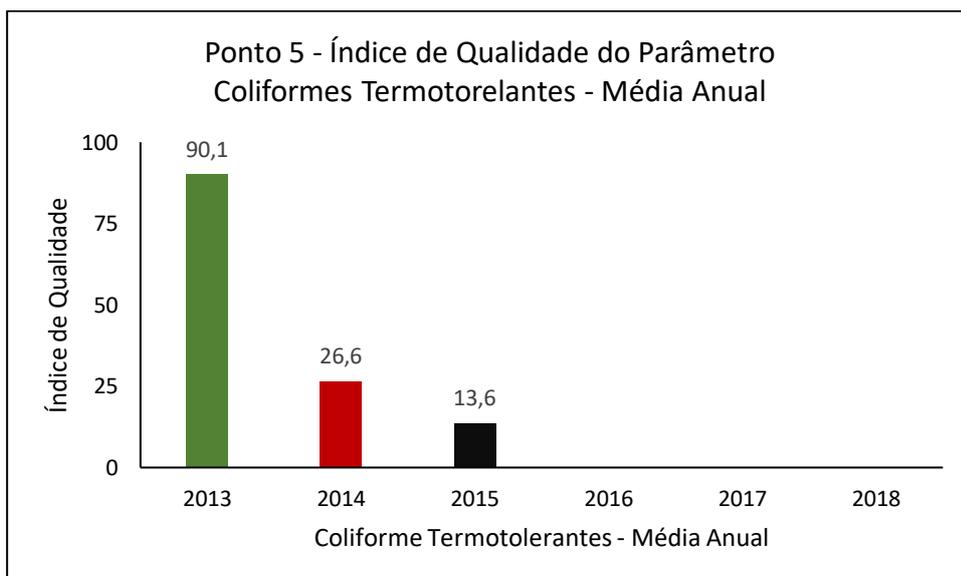


Figura 15. Ponto 5 – Índice de qualidade do parâmetro coliformes termotolerantes – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

O Ponto 6 está localizado ainda dentro de Goiânia, apresentou em 2013 índice que o classifica como péssimo. No ano de 2014 houve melhora, mas ainda classificado como péssimo. Na sequência só ocorreram quedas na qualidade (Figura 16). O cálculo médio deste ponto foi de 13,96 que o classificou com péssimo.

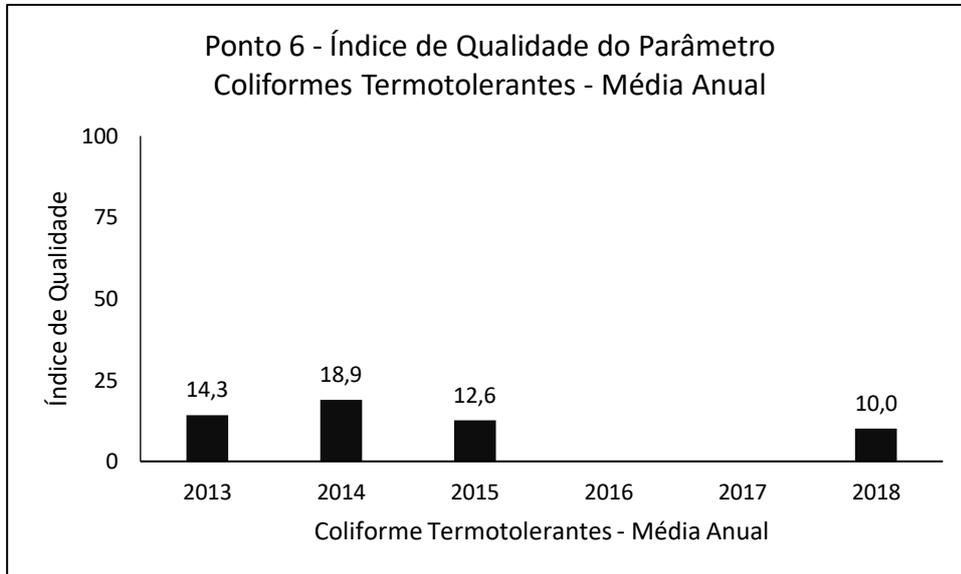


Figura 16. Índice de qualidade do parâmetro coliformes termotolerantes – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

O Ponto 7 apresentou índice ruim, em 2013, piora no ano seguinte, mantendo a classificação. Em 2015, nova piora que fez com que sua classificação fosse para péssimo, com melhora no ano de 2018 sendo classificado como qualidade ruim (Figura 17). O índice médio deste ponto foi de 18,03 considerado péssimo.

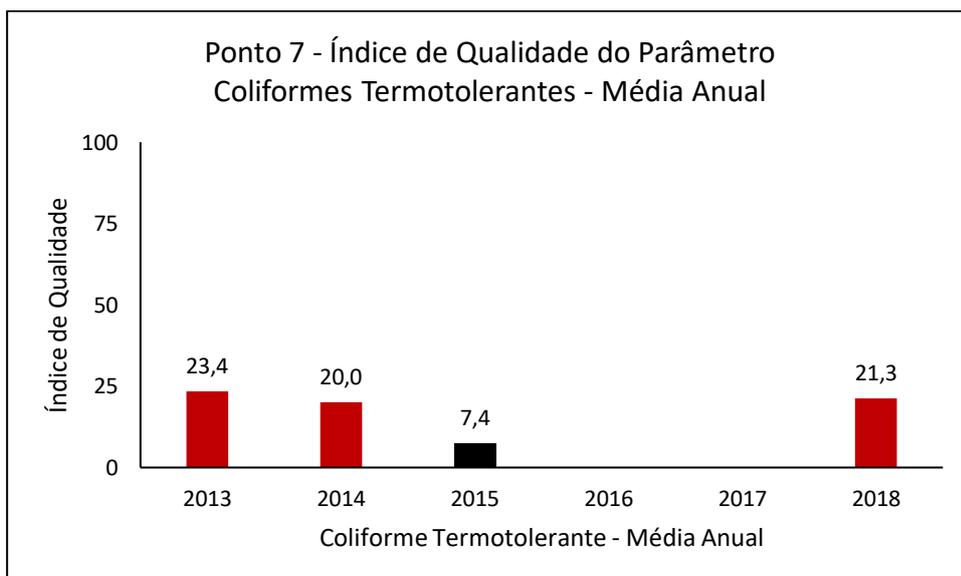


Figura 17. Ponto 7 – Índice de qualidade do parâmetro coliformes termotolerantes – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

Analisando a média dos parâmetros de coliformes termotolerantes para cada ponto, no decorrer dos anos de 2013 a 2018, foi possível observar que em nenhum momento houve nível ótimo, em uma oportunidade a qualidade ficou boa, em duas ocasiões estes índices estavam aceitáveis, uma ruins e em três oportunidades de qualidade péssima. A Figura 18 expressa a qualidade de parâmetro coliforme termotolerantes médio entre 2013 e 2018 para os sete pontos, tendo como $\alpha = 5\%$ e $P = 0,0023$, quando da análise de variância (ANOVA).

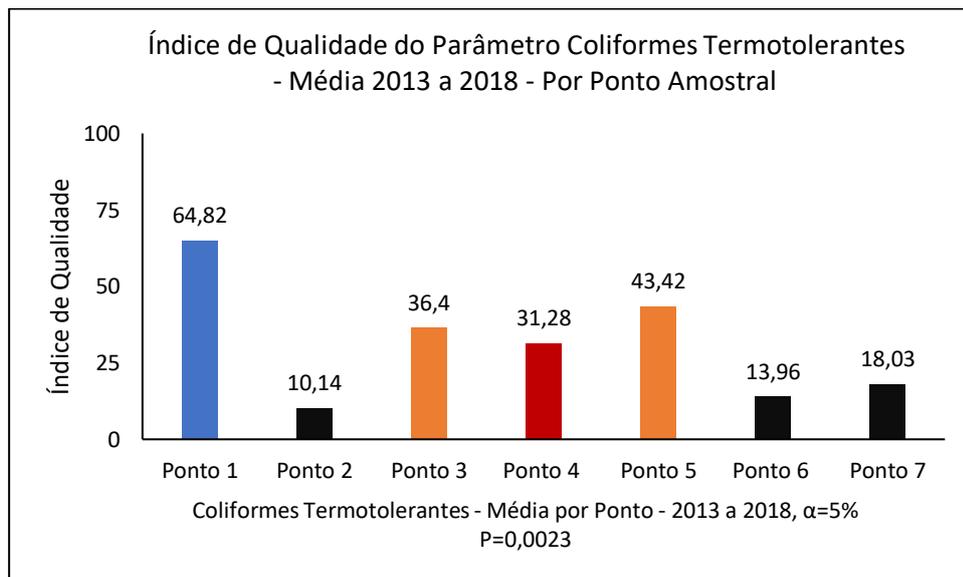


Figura 18. Índice de qualidade do parâmetro coliformes termotolerante – média 2013 a 2018 – por Ponto Amostral.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

5.2.4 – ÍNDICE DE QUALIDADE - pH

O índice do parâmetro pH é o terceiro em importância para no cálculo de IQA, seu peso nesta equação tem o valor de 0,12. No Ponto 1 observou-se que uma qualidade aceitável no ano de 2013, observa-se um melhora atingindo a qualidade ótima em 2014, sofre queda no ano de 2015 indo para o nível bom, o que continuou no ano seguinte (Figura 19). A média destes índices é de 61,53 que coloca este ponto em um nível considerado bom.

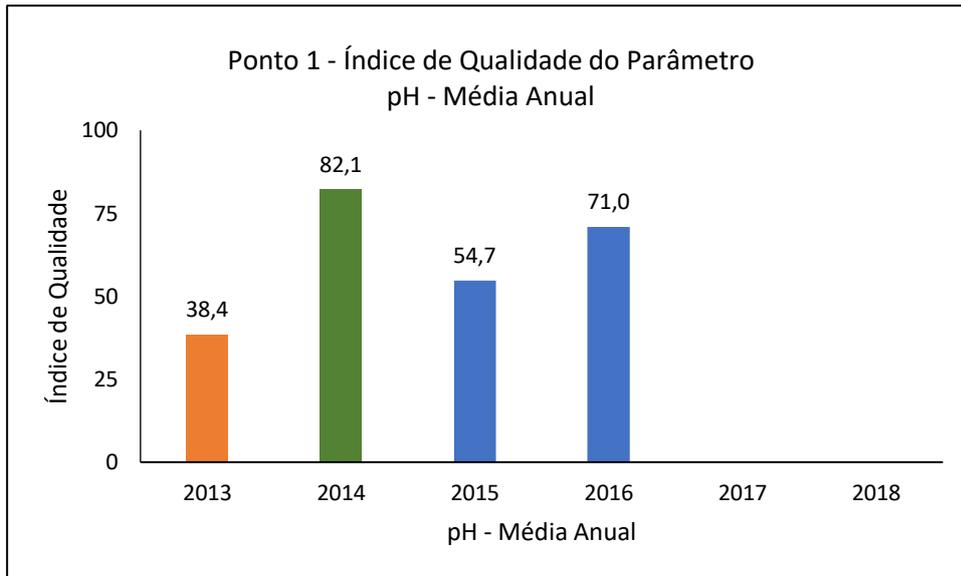


Figura 19. Ponto 1 – Índice de qualidade do parâmetro pH – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

No Ponto 2 verificou-se que no ano de 2013 a qualidade era boa, com melhora constante nos anos 2014 e 2015, quando foram classificados com qualidade ótima. No ano de 2016 sofreu queda indo para péssimo, subindo novamente para bom em 2018 (Figura 20). A média destes valores mostra um índice 68,31 sendo classificado como boa.

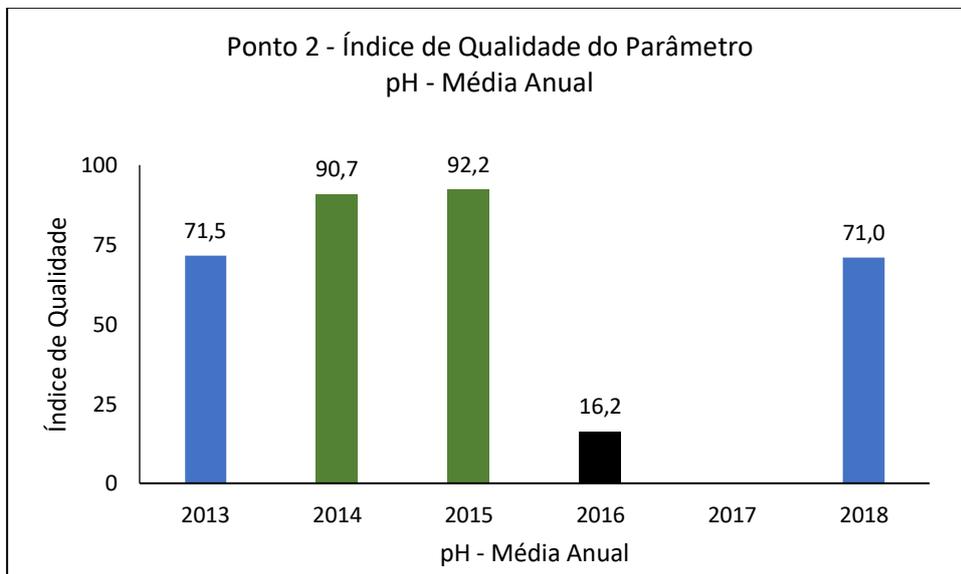


Figura 20. Ponto 2 – Índice de qualidade do parâmetro pH – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

O Ponto 3 apresenta em 2013 índice ótimo, permaneceu neste nível até o ano de 2015. Em 2016 sofreu queda sendo classificado como péssimo, mantendo-se assim em

2018 (Figura 21). O índice médio calculado para esse ponto ficou em 59,39 que o deixou com uma classificação boa.

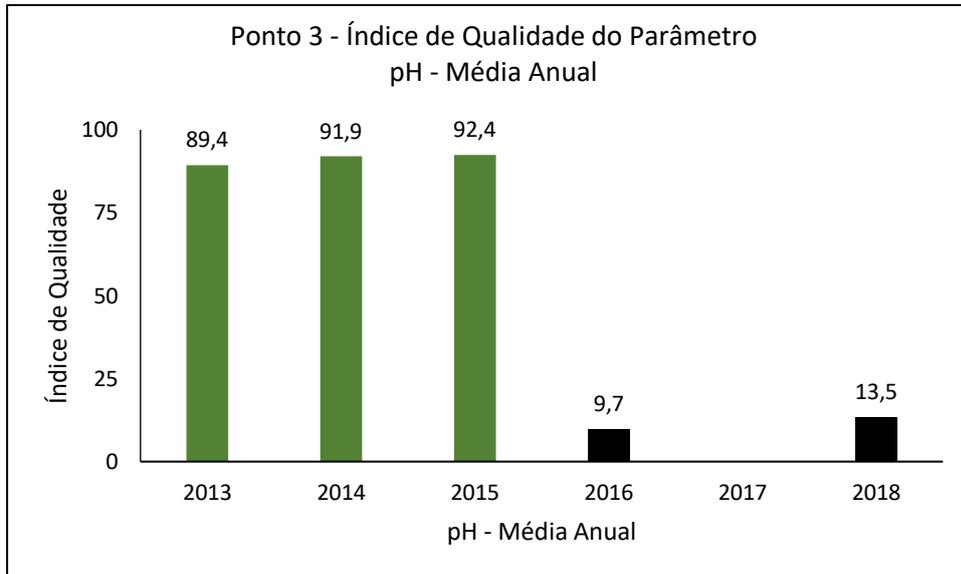


Figura 21. Ponto 3 – Índice de qualidade do parâmetro pH – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

O Ponto 4 apresenta em 2013 índice ótimo, permaneceu neste nível até o ano de 2015, em 2016 sofreu queda neste índice que o classificou como péssimo, no ano de 2018 ocorre melhora indo para índice ótimo (Figura 22). O índice médio calculado para esse ponto ficou em 75,85 que o deixou com uma classificação boa.

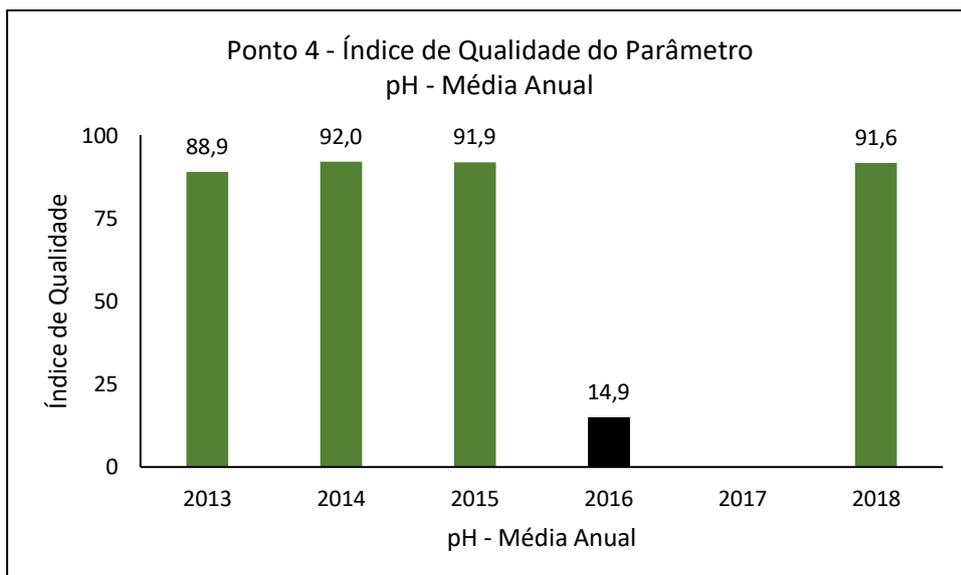


Figura 22. Ponto 4 – Índice de qualidade do parâmetro pH – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

O Ponto 5 apresentou, em 2013, classificação ótima, e permaneceu neste nível até o ano de 2015, com severa queda em 2016 indo para péssimo, recuperando para ótimo em 2018 (Figura 23). O índice médio calculado para esse ponto ficou em 76,42 que o deixou com uma classificação boa.

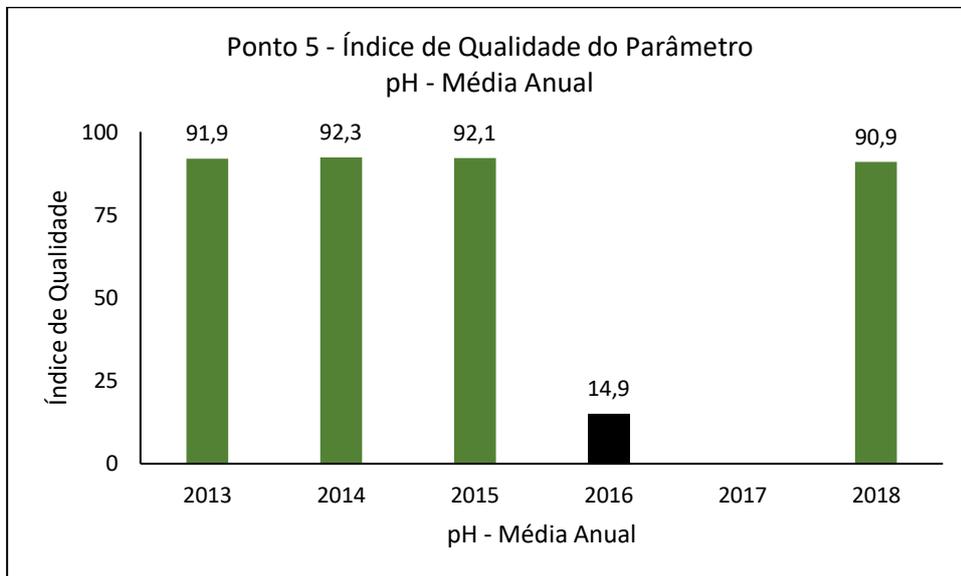


Figura 23. Ponto 5 – Índice de qualidade do parâmetro pH – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

O Ponto 6 apresentou no ano de 2013 índice bom, subindo para ótimo nos anos de 2014 e 2015, sofrendo queda para ruim no ano de 2016. No ano de 2018 recuperou para bom (Figura 24). O índice médio de 73,58 o classifica como bom.

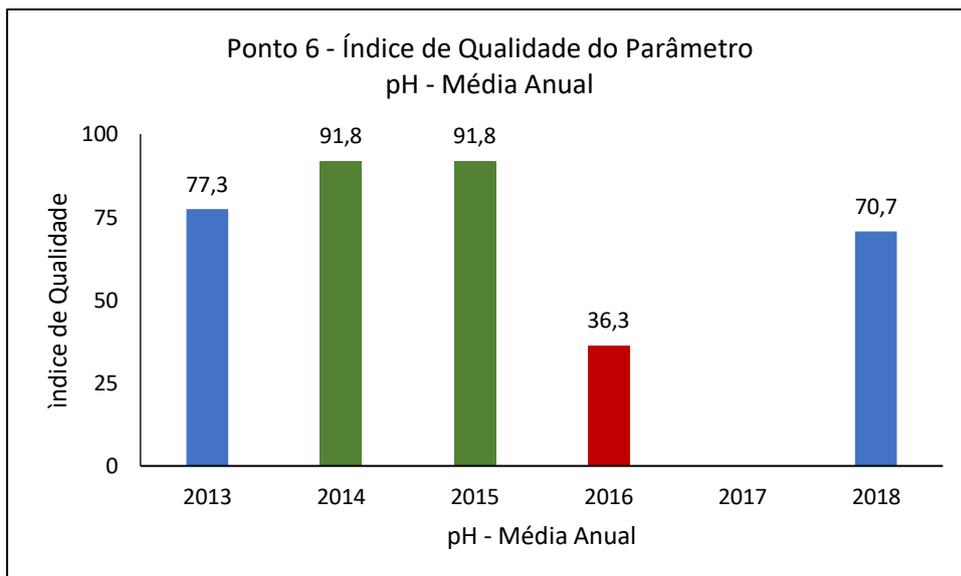


Figura 24. Ponto 6 – Índice de qualidade do parâmetro pH – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

O Ponto 7 apresentou no ano de 2013 valores compatíveis com ótima qualidade, permaneceu em 2014 e 2015, em 2018 apresentou ótima qualidade (Figura 25), O valor médio calculado foi de 88,67, confirmando o índice ótimo.

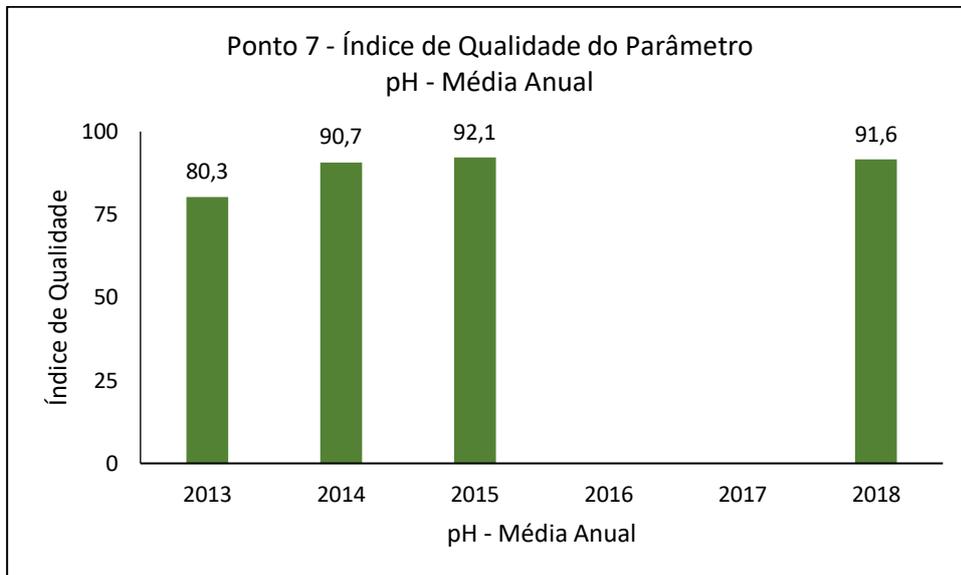


Figura 25. Ponto 7 – índice de qualidade do parâmetro pH – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

Analisando a média dos parâmetros de pH para cada ponto no decorrer dos anos de nossa avaliação, foi possível observar que em seis pontos sua classificação atingiu o índice bom, sendo que em uma vez esteve ótimo. Desta forma a qualidade média dos parâmetros de pH, quando observado frente a análise de variância (ANOVA) com $\alpha=5\%$, tendo sido encontrado um valor de $P=0,8260$, nos mostra que não há diferença estatística neste parâmetro, como está mostrado na Figura 26.

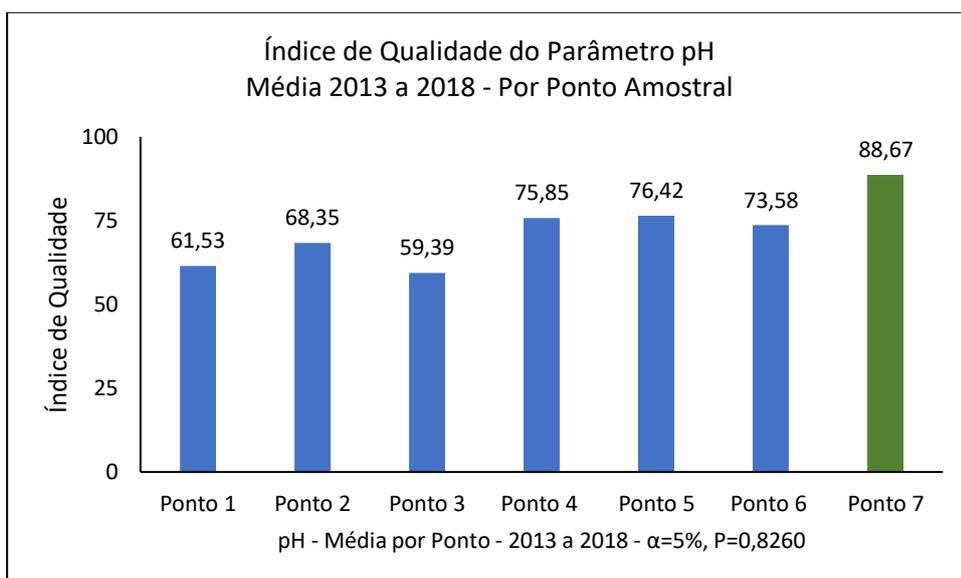


Figura 26. Índice de qualidade do parâmetro pH – média 2013 a 2018 – por Ponto Amostral

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

5.2.5 – ÍNDICE DE QUALIDADE - DBO_{5,20}

O parâmetro DBO_{5,20} é um dos nove parâmetros de IQA, seu peso nesta equação tem o valor de 0,10. O Ponto 1 apresentou qualidade boa na maioria dos anos analisados, observa-se que em 2015 foi classificado como ótimo (Figura 27). O índice médio deste ponto apresenta um valor 80,13 classificado com ótimo.

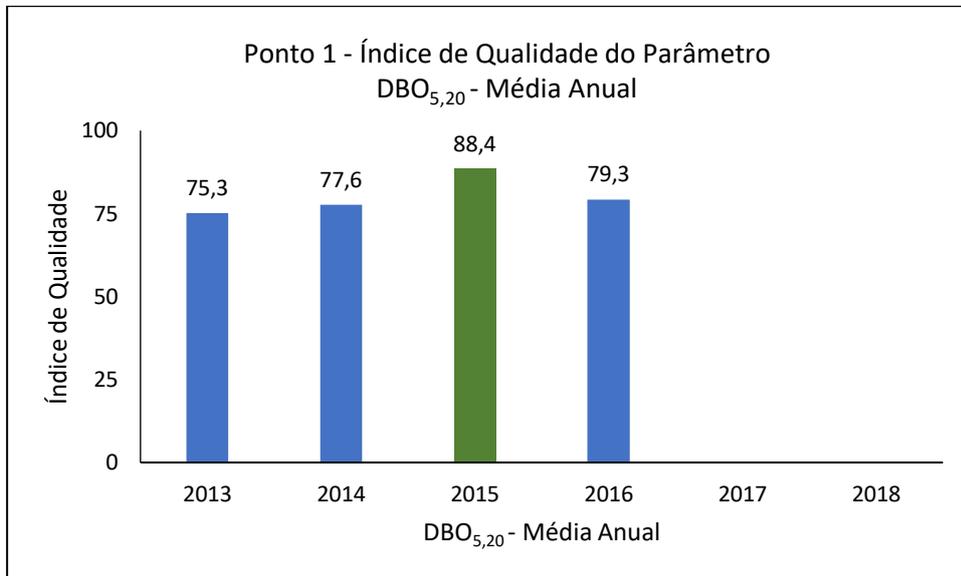


Figura 27. Ponto 1 – Índice de qualidade do parâmetro DBO_{5,20} – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

O Ponto 2 teve em 2013 qualidade ótima, caiu para boa em 2014, permaneceu assim nos 2015 e 2016. Em 2018, o índice melhorou e a subiu para ótimo (Figura 28). O índice médio calculado para esse ponto ficou em 70,69 classificando-o como bom.

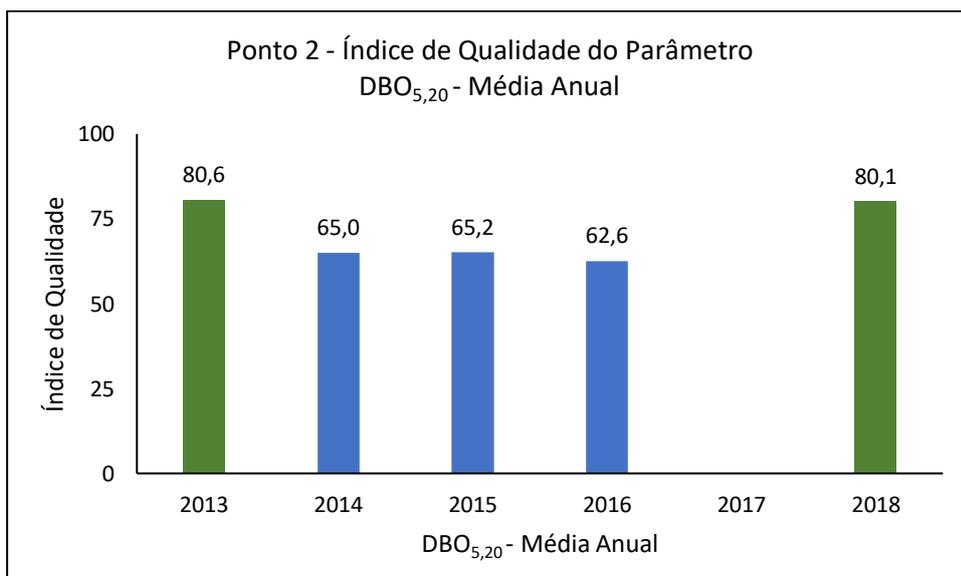


Figura 28. Ponto 2 – Índice de qualidade do parâmetro DBO_{5,20} – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

O Ponto 3 apresentou em 2013 qualidade ótima, em 2014 esse índice aumentou, sofreu queda continua em 2015 e 2016 sem sair do patamar ótimo. Esse processo de queda continuou em 2018 quando foi reclassificado como bom (Figura 29). O índice médio calculado para esse é de 86,73 com qualidade ótima.

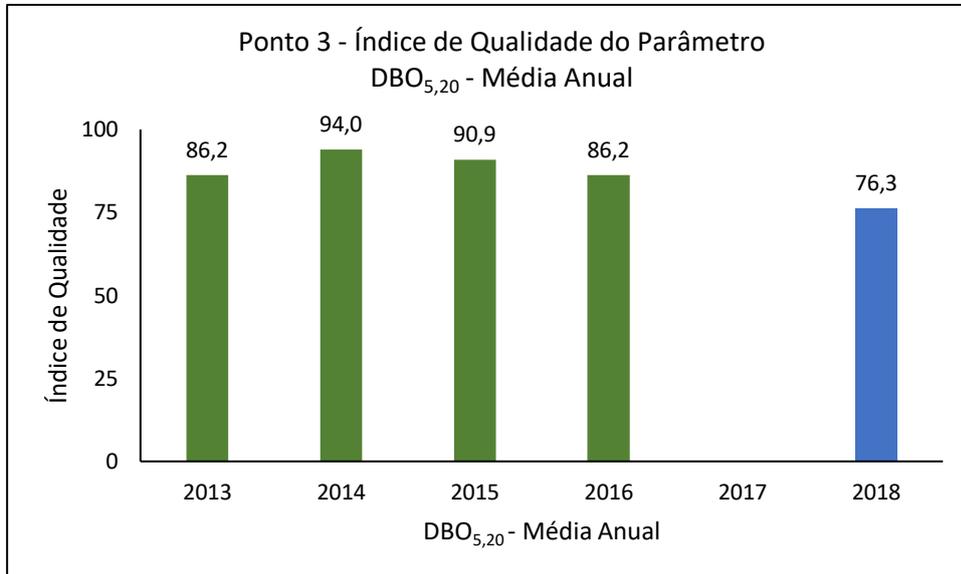


Figura 29. Ponto 3 – Índice de qualidade do parâmetro $DBO_{5,20}$ – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

O Ponto 4 apresentou em 2013 qualidade ótima, de 2014 em diante esse índice sofreu queda em todos os anos. Em 2014 e 2015 com qualidade ótima, em 2016 foi para boa e em 2018 manteve-se com qualidade boa (Figura 30). O índice médio para esse ponto ficou em 83,98 que o classifica como ótimo.

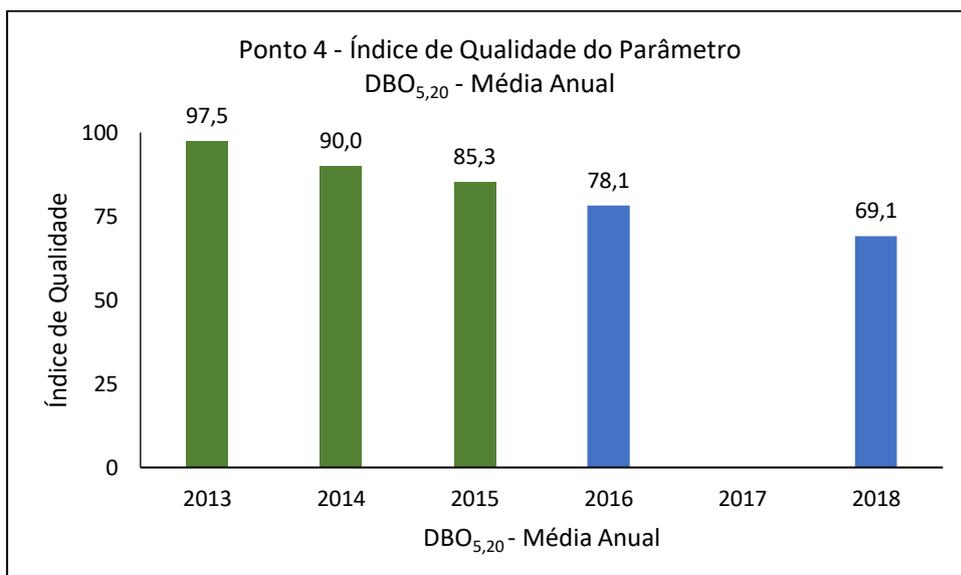


Figura 30. Ponto 4 – Índice de qualidade do parâmetro $DBO_{5,20}$ – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

O Ponto 5 teve em 2013 o parâmetro de qualidade de $DBO_{5,20}$, ótimo em 2014, 2015 e 2016 manteve a qualidade, sofreu queda em 2018 sendo classificado como bom (Figura 31). O índice médio calculado foi de 85,02 classificando como ótimo.

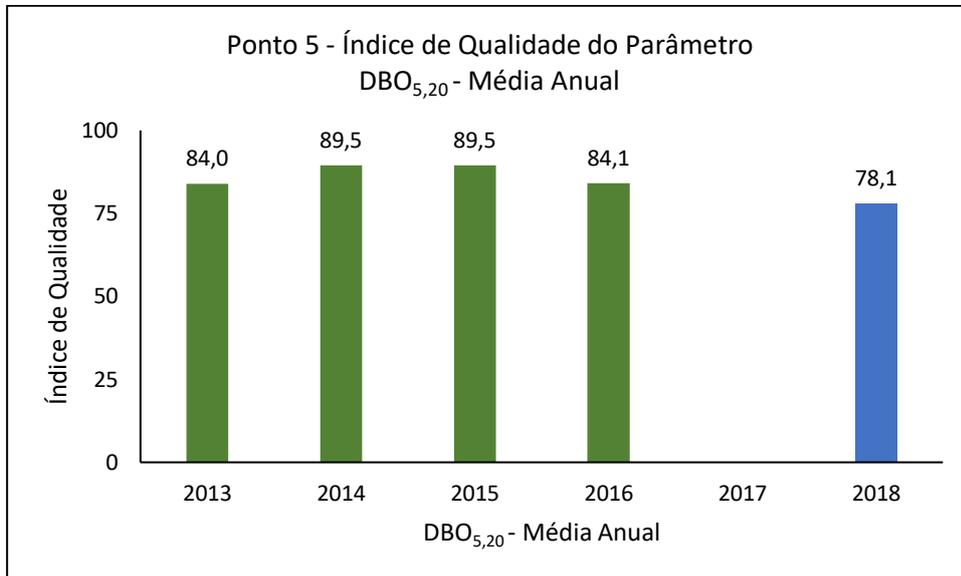


Figura 31. Ponto 5 – Índice de qualidade do parâmetro $DBO_{5,20}$ – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

O Ponto 6 apresentou em 2013 qualidade boa, sofreu queda no índice em 2014, 2015 e 2016, já em 2018 houve melhora no índice, em todos os anos a qualidade foi classificada como boa (Figura 32). O índice médio calculado para esse ponto ficou em 66,08, classificando como bom.

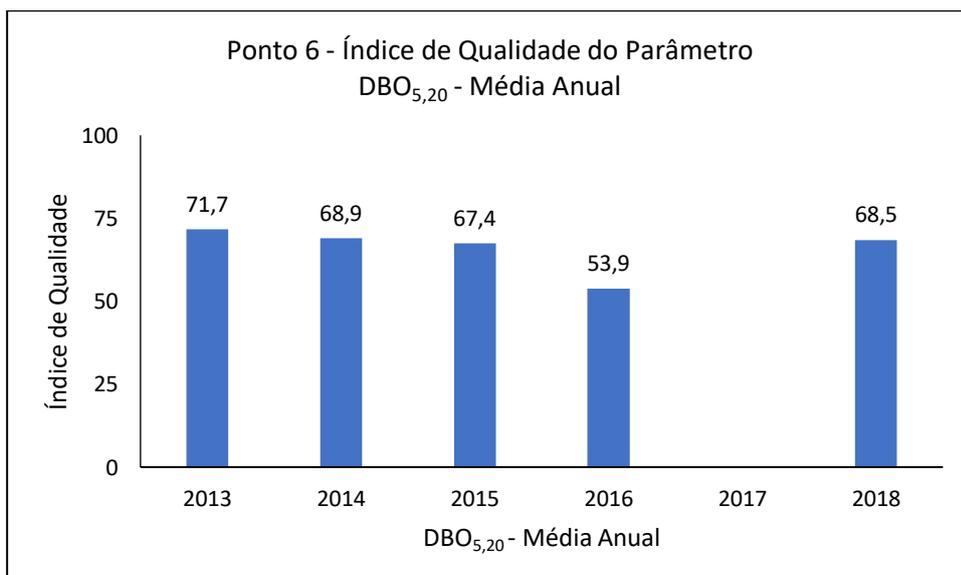


Figura 32. Ponto 6 – Índice de qualidade do parâmetro $DBO_{5,20}$ – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

O Ponto 7 apresentou em 2013 qualidade boa. Teve queda em 2014, e melhora em 2015 sem ocorrer mudança na qualidade. Em 2018 teve queda mantendo a qualidade (Figura 33). O índice médio calculado deste ponto ficou em 69,34 classificado como boa.

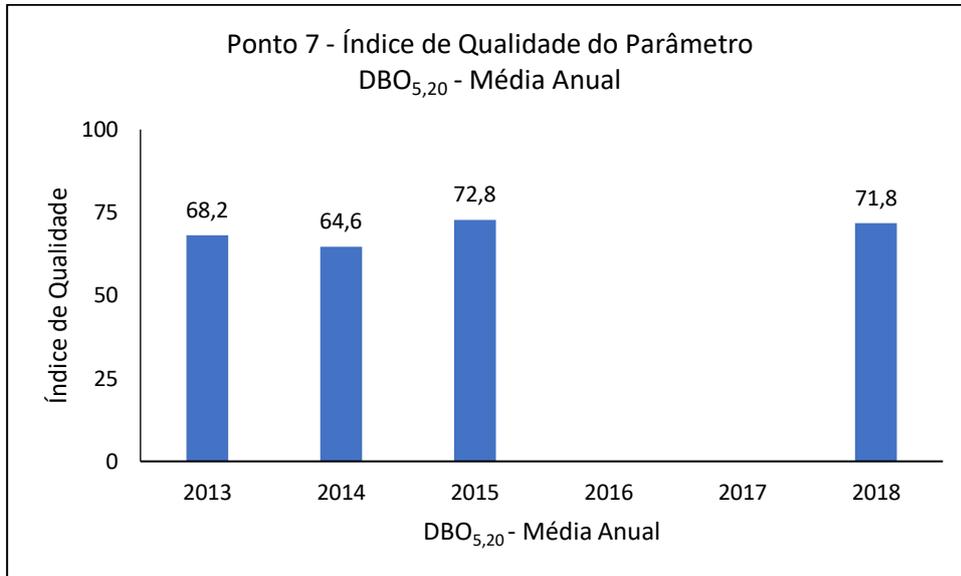


Figura 33. Ponto 7 – Índice de qualidade do parâmetro DBO_{5,20} – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

Analisando a média dos parâmetros de DBO_{5,20} por ponto, entre os anos de 2013 a 2018 observou que em quatro pontos sua classificação atingiu índice ótimo, sendo que em três pontos a classificação ficou em boa. Desta forma a qualidade média dos parâmetros de DBO_{5,20}, frente a análise de variância com $\alpha=5\%$, e um valor de $P=0,8117$, indica que não há diferença estatística neste parâmetro, como verificado na Figura 34.

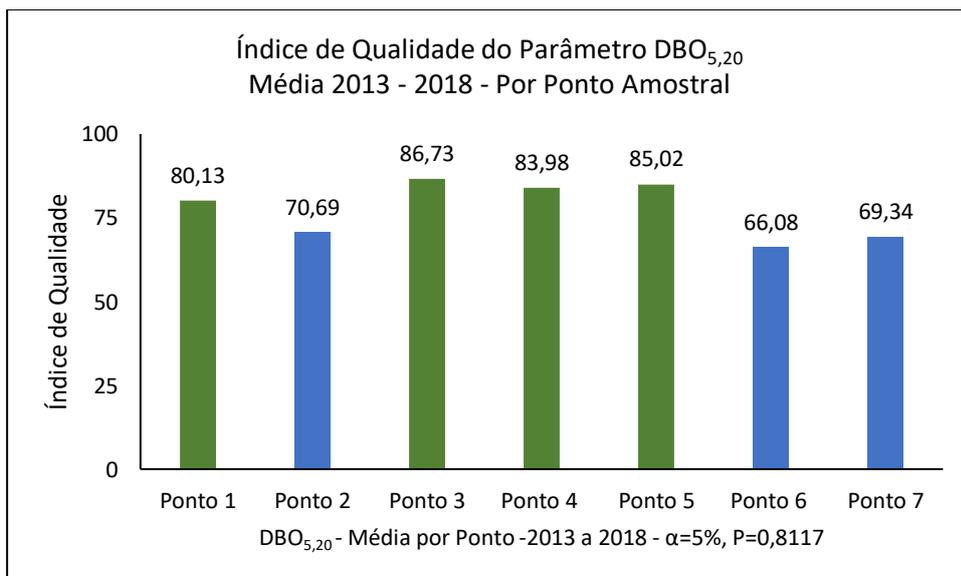


Figura 34. Índice de qualidade do parâmetro DBO_{5,20} – média 2013 a 2018 - por Ponto Amostral

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018).

5.2.6 – ÍNDICE DE QUALIDADE - TURBIDEZ

O parâmetro turbidez é um dos nove parâmetros de IQA e seu peso nesta equação tem valor de 0,08. No Ponto 1 apresentou qualidade ótima em todos os anos, observou-se queda continua nos anos 2014 e 2015, voltando a ter crescimento no ano de 2016 (Figura 35). A média do índice mostra um valor de 93,52 classificado com ótimo.

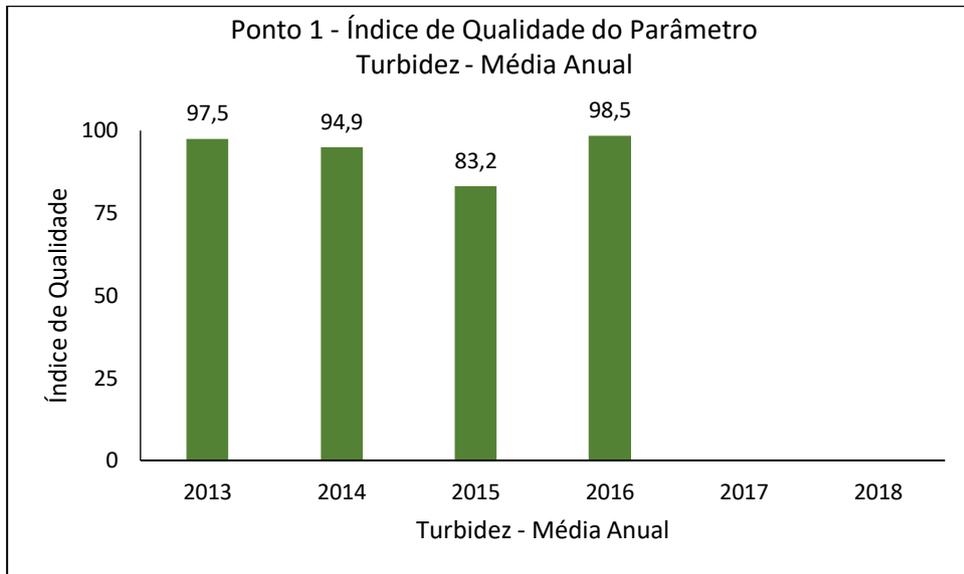


Figura 35. Ponto 1 – Índice de qualidade do parâmetro turbidez – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018).

O Ponto 2 apresentou, em 2013, qualidade aceitável, manteve-se em 2015, indo para péssimo em 2016. Em 2018 melhorou subindo para aceitável (Figura 36). O índice médio calculado ficou em 34,96 classificando-o como ruim.

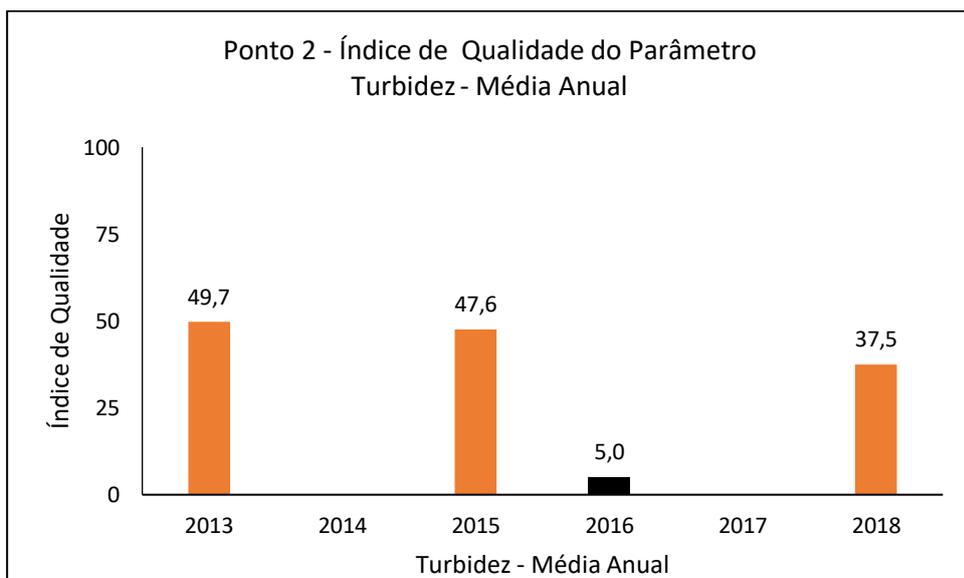


Figura 36. Ponto 2 – Índice de qualidade do parâmetro turbidez – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018).

O Ponto 3 nos anos de 2013 e 2014 teve qualidade ótima, houve queda do índice em 2015 caindo para qualidade boa, em 2016 manteve essa classificação. Em 2018 nova melhora de índice para qualidade ótima (Figura 37). O índice médio calculado ficou em 76,61 que o deixou com classificação boa.

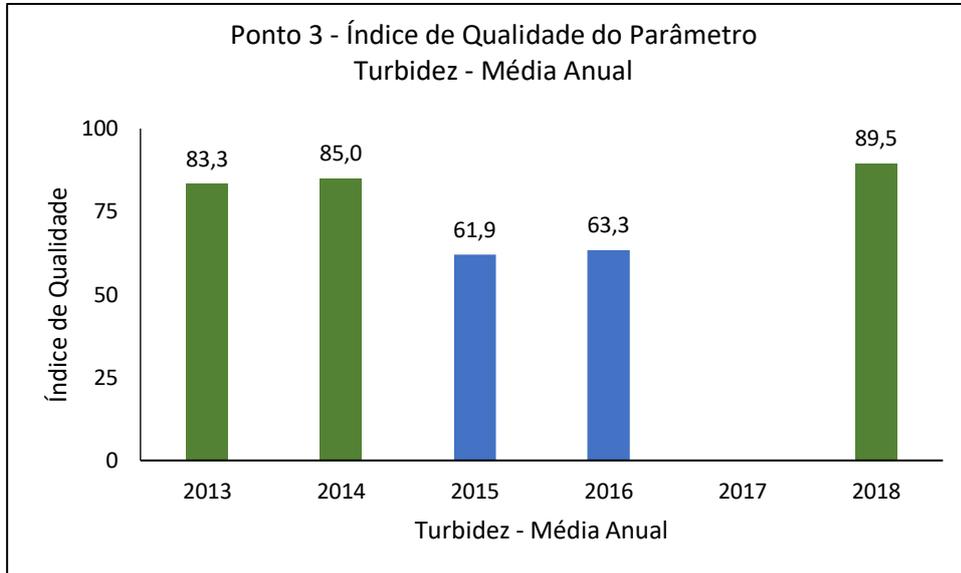


Figura 37. Ponto 3 – índice de qualidade do parâmetro turbidez – média anual.
Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018).

O Ponto 4 apresentou em 2013 qualidade boa, houve melhora em 2014, porém em 2015 ocorreu queda sem que houvesse mudança de classificação. Em 2016 permaneceu a queda que alterou a classificação para aceitável. Em 2018 permanece em queda e o índice vai para péssimo (Figura 38). O índice médio calculado para esse ponto ficou em 47,26 classificando como aceitável.

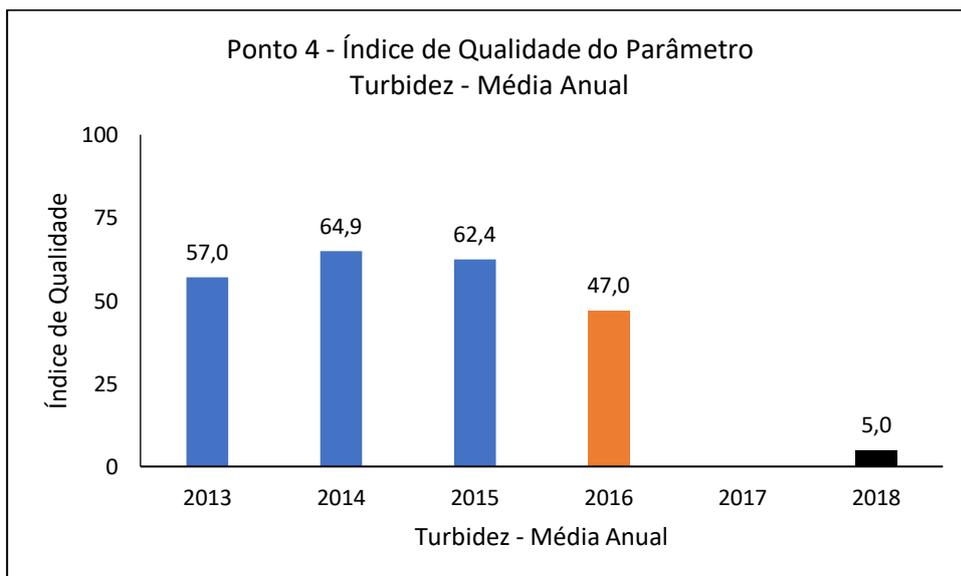


Figura 38. Ponto 4 – Índice de qualidade do parâmetro turbidez – média anual.
Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018).

O Ponto 5 apresentou em 2013 nível aceitável, houve melhora em 2014 sendo classificado como bom, em 2015 queda sem mudança de classificação. Nova queda do índice em 2016 para péssimo. Em 2018 houve melhora no índice sem mudança na qualidade (Figura 39). O índice médio calculado é de 38,64 classificação aceitável.

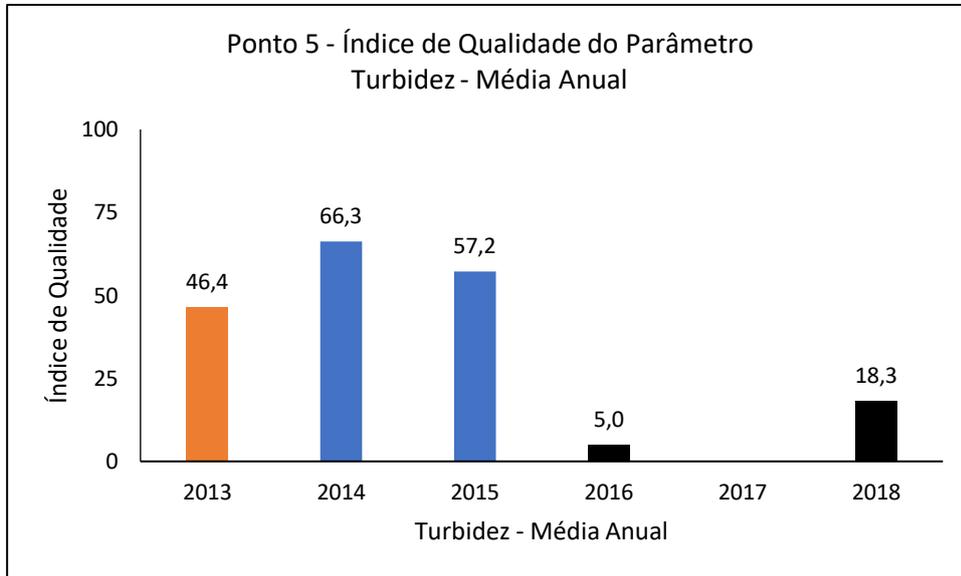


Figura 39. Ponto 5 – Índice de qualidade do parâmetro turbidez – média anual.
Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018).

O Ponto 6 não teve avaliação em 2013 do parâmetro de qualidade de Turbidez. Em 2014 foi classificado como bom, com queda em 2015 para ruim. Nova queda em 2016 para péssimo. Em 2018 ocorreu melhora e a classificação foi para bom (Figura 40). O índice médio calculado foi de 45,33 classificando com o aceitável.

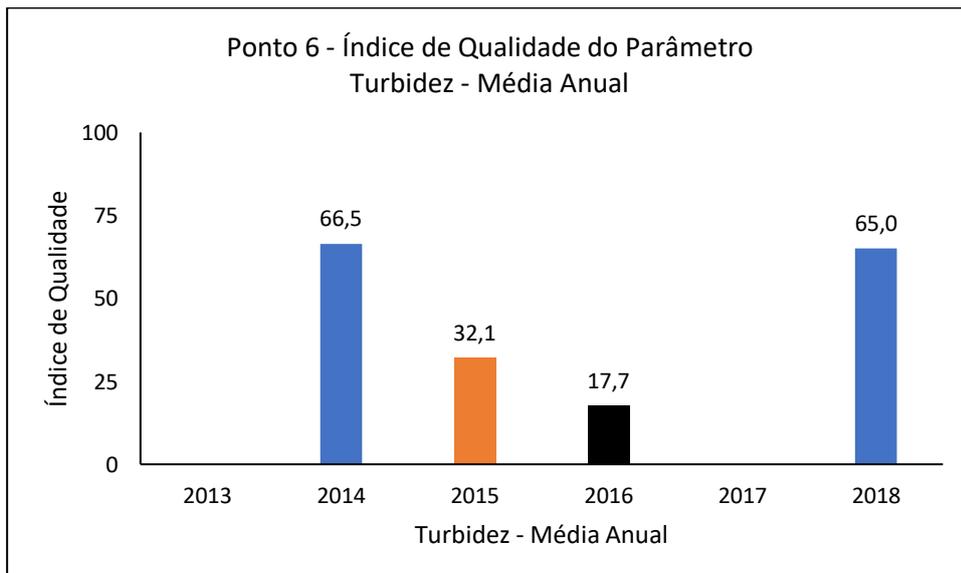


Figura 40. Ponto 6 – Índice de qualidade do parâmetro turbidez – média anual.
Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018).

O Ponto 7 não teve avaliação em 2013 do parâmetro de qualidade de Turbidez. Em 2014 é classificado como bom. Elevou-se em 2015 sem alterar a classificação, e em 2018 houve queda no índice para péssimo (Figura 41). O índice médio calculado ficou em 37,15 que o deixou com uma classificação aceitável.

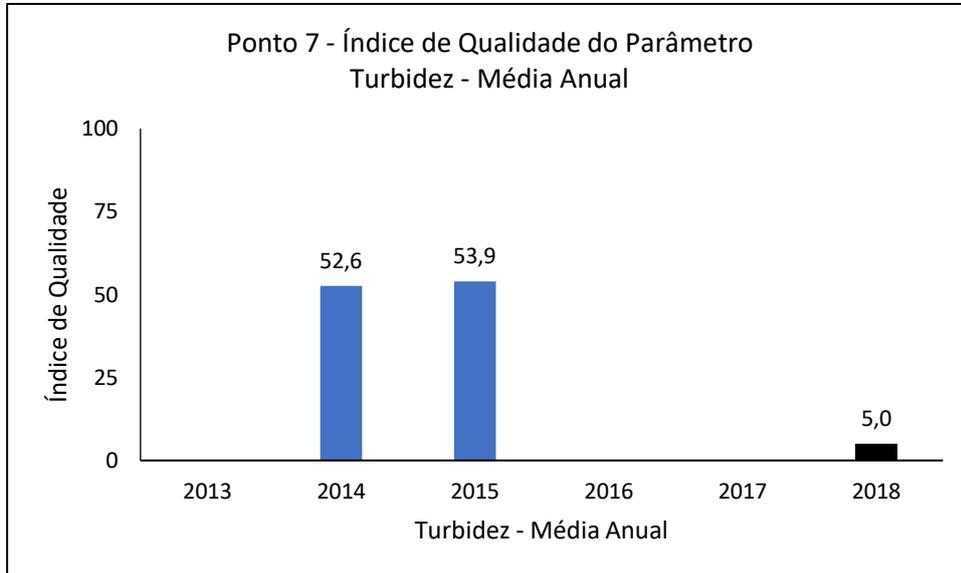


Figura 41. Ponto 7 – Índice de qualidade do parâmetro turbidez – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018).

Analisando os a média de Turbidez para cada ponto no decorrer dos anos de 2013 a 2018 observou um ponto com índice ótimo, um ponto bom, quatro pontos aceitáveis, e em um ponto com qualidade ruim. Quando da análise de variância (ANOVA) observou que a $\alpha=5\%$ obteve $P=0,0031$ indicou que existe diferença estatística entre os sete pontos para o parâmetro Turbidez entre 2013 e 2018 como mostra a Figura 42.

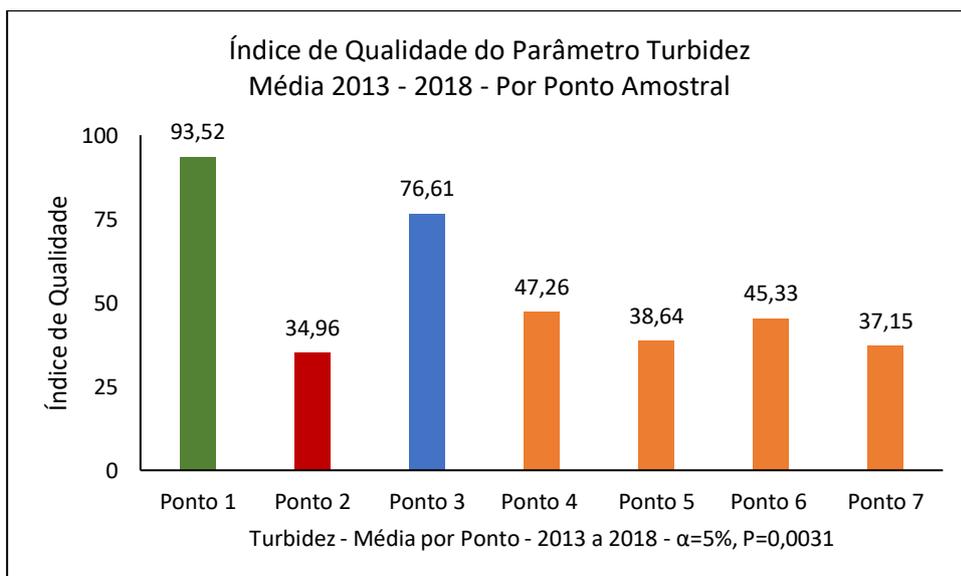


Figura 42. Índice de qualidade do parâmetro turbidez – média 2013 a 2018 – por Ponto Amostral.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018).

5.2.7 – ÍNDICE DE QUALIDADE - RESÍDUO TOTAL

O parâmetro Resíduo Total é um dos parâmetros de IQA, seu peso nesta equação tem peso de 0,08. No Ponto 1, apresentou nível de ótimo em todos os anos, observou aumento no ano de 2014 e discreta queda nos índices de 2015, conforme observa se na Figura 43. A média do índice apresenta valor de 82,07 que o classificou como ótimo.

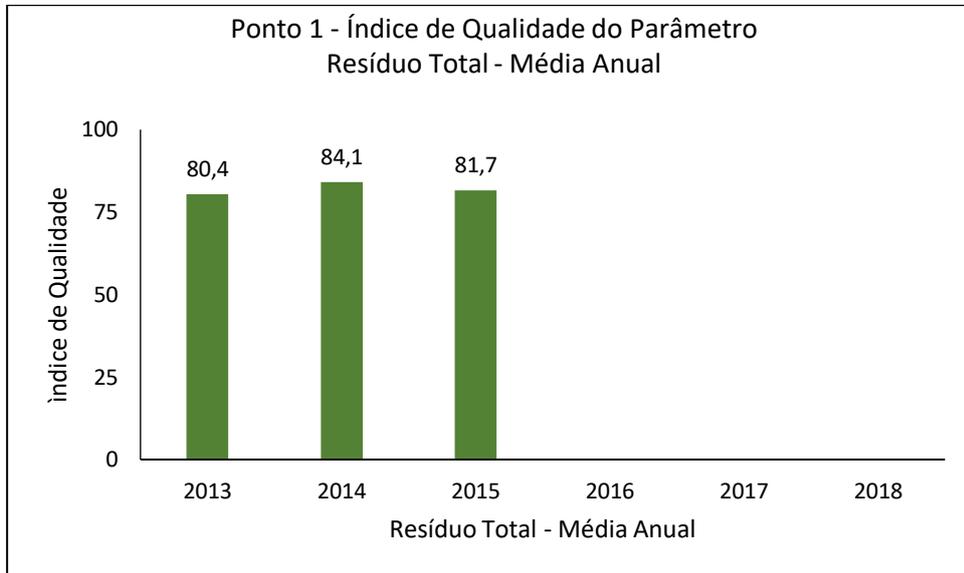


Figura 43. Ponto 1 – Índice de qualidade do parâmetro resíduo total – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018).

O Ponto 2 não apresentou resultado para este parâmetro em 2013, sendo considerado ótimo em 2014, no ano de 2015 teve queda para bom, em 2018 houve aumento no índice passando para ótimo (Figura 44). O índice médio foi 81,45 classificado como ótimo.

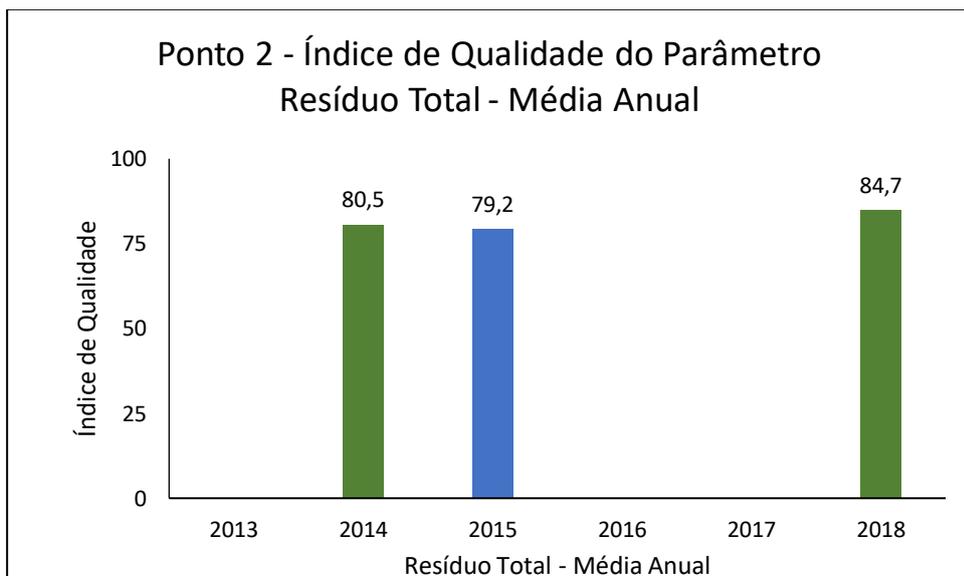


Figura 44. Ponto 2 – Índice de qualidade do parâmetro resíduo total – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018).

O Ponto 3 apresentou em 2013 qualidade ótima, em 2014 e 2015 houve um discreto aumento e em 2018 discreta diminuição sempre mantendo a qualidade ótima (Figura 45). O índice médio calculado foi de 85,11 que o classifica como ótimo.

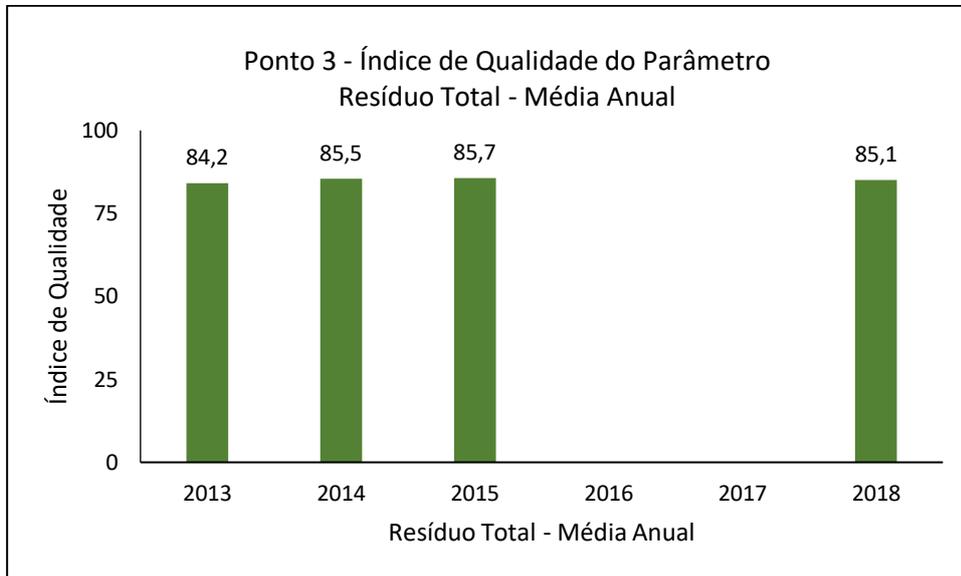


Figura 45. Ponto 3 – Índice de qualidade do parâmetro resíduo total – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018).

O Ponto 4 apresentou nos anos de 2013 a 2015 assim como em 2018 o índice de qualidade Resíduo Total classificado como ótimo conforme mostra a Figura 46. O índice médio calculado foi de 84,99 que o deixou com uma classificação ótima.

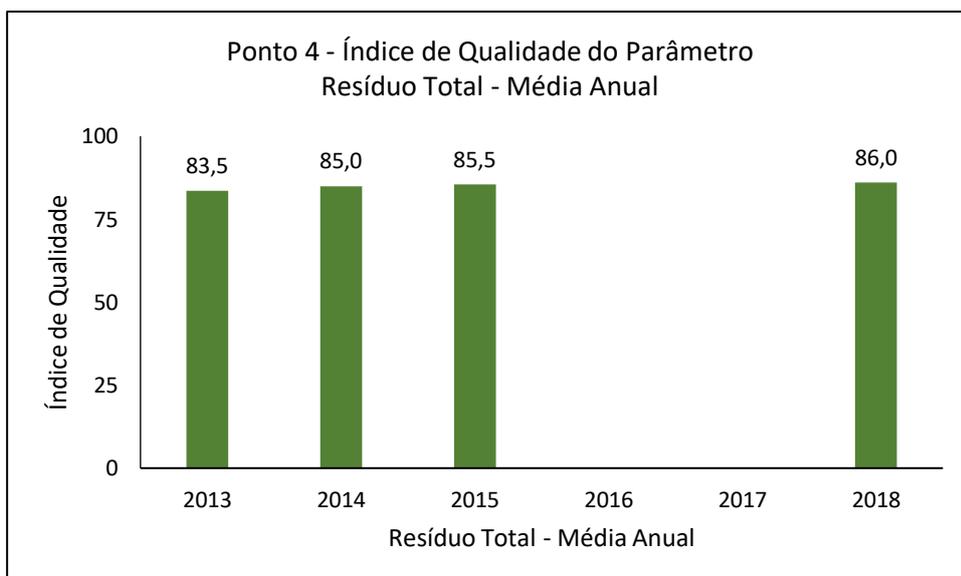


Figura 46. Ponto 4 – Índice de qualidade do parâmetro resíduo total – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018).

O Ponto 5 apresentou em 2013 qualidade boa, em 2014 melhorou e foi para qualidade ótima, em 2015 manteve a qualidade, em 2018 manteve a qualidade ótima (Figura 47). O índice médio calculado foi de 82,15 classificando o como ótimo.

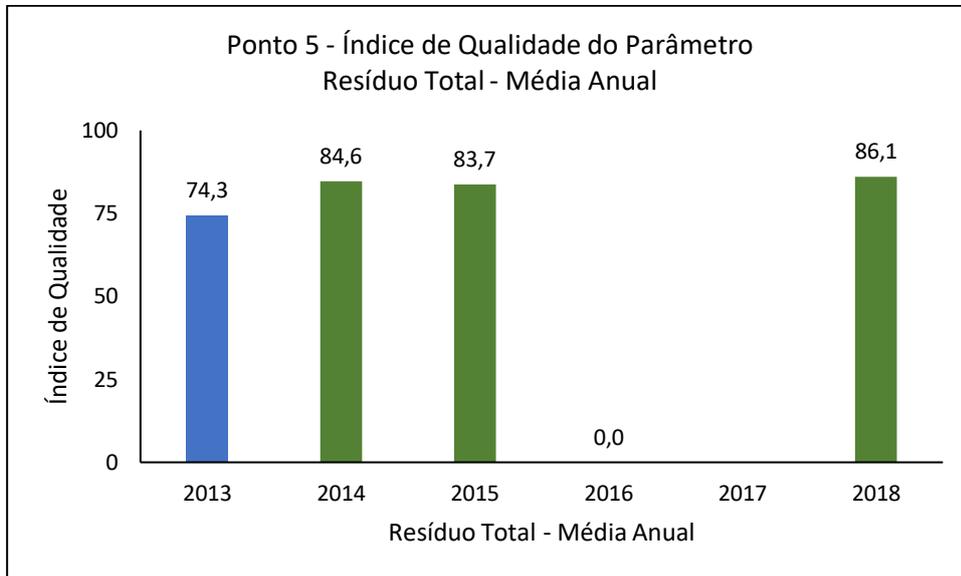


Figura 47. Ponto 5 – Índice de qualidade do parâmetro resíduo total – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018).

O Ponto 6 apresentou, em 2013, qualidade ótima, em 2014 houve declínio para qualidade boa que se manteve 2015. Em 2018 houve queda do índice que o levou a classificação para boa (Figura 48). O índice médio calculado ficou em 82,04 que o deixou com uma classificação ótima.

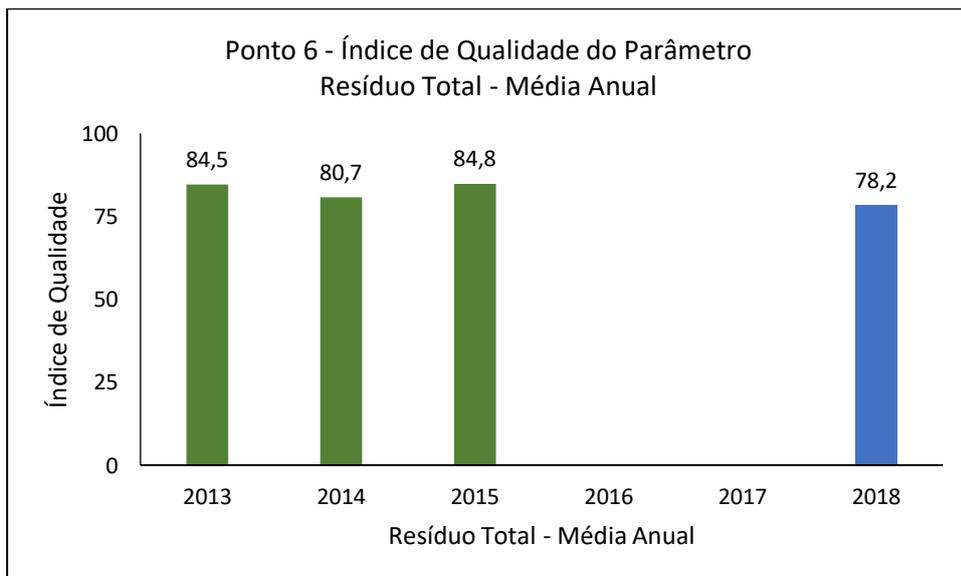


Figura 48. Ponto 6 – Índice de qualidade do parâmetro resíduo total – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018).

O Ponto 7 apresentou em 2013 qualidade ótima, em 2014 sofreu declínio, houve aumento no índice em 2015 e queda em 2018, porém sem modificar a classificação que sempre foi ótima (Figura 49). O índice médio calculado é de 82,7 classificação ótima.

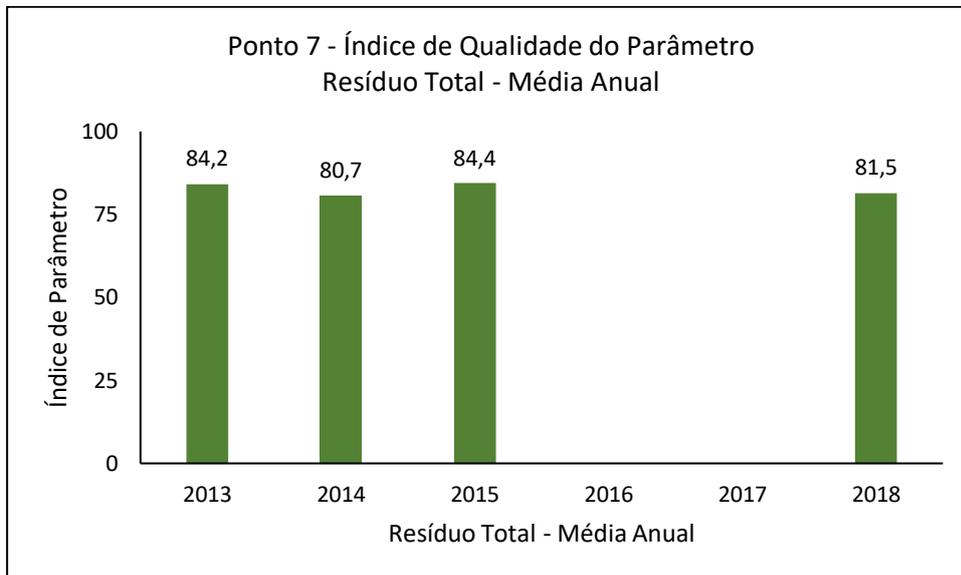


Figura 49. Ponto 7 – índice de qualidade do parâmetro resíduo total – média anual.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018).

Analisando a média dos parâmetros de Resíduo Total no decorrer dos anos de 2013 a 2018 foi possível observar que em todos os sete pontos a classificação do índice foi ótimo. Desta forma a qualidade média dos parâmetros resíduo total no período de 2013 a 2018 frente a análise de variância (ANOVA) com $\alpha=5\%$, tendo sido encontrado um valor de $P=0,9879$, nos indica que não há diferença estatística neste parâmetro, como está evidenciado na Figura 50.

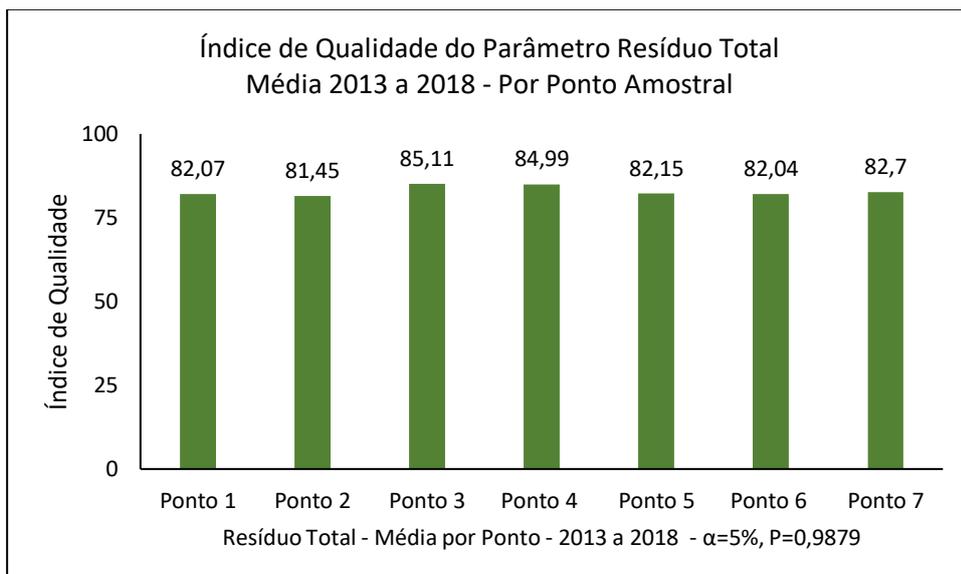


Figura 50. Índice de qualidade do parâmetro resíduo total – média 2013 a 2018 – por Ponto Amostral.

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018).

5.3 – DEMOGRAFIA, SANEAMENTO E SAÚDE DE GOIÂNIA

Observou-se os relatórios do Ministério da Saúde, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Secretaria de Saúde de Goiás, do Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (IMB), com relação a variação da população, demografia, economia e saúde ocorridas na área da região de Goiânia, que é totalmente inserida dentro da hidrográfica do alto rio Meia Ponte, com dados que abrangem os anos de 2012 a 2018.

Estatísticas e estudos socioeconômicos, publicados pelo IMB (2019), mostram que a população estimada para Goiânia em 2018 era de 1.495.705 habitantes, em 2012, era de 1.333.767 habitantes, servidos com 5.854.134 metros de extensão de rede de água tratada, perfazendo um total de 436.354 pontos de ligação a consumidores finais. A rede de saneamento perfazia 3.504.236 metros de extensão atendendo a 309.873 pontos de coletas (Figuras 51 a 53).

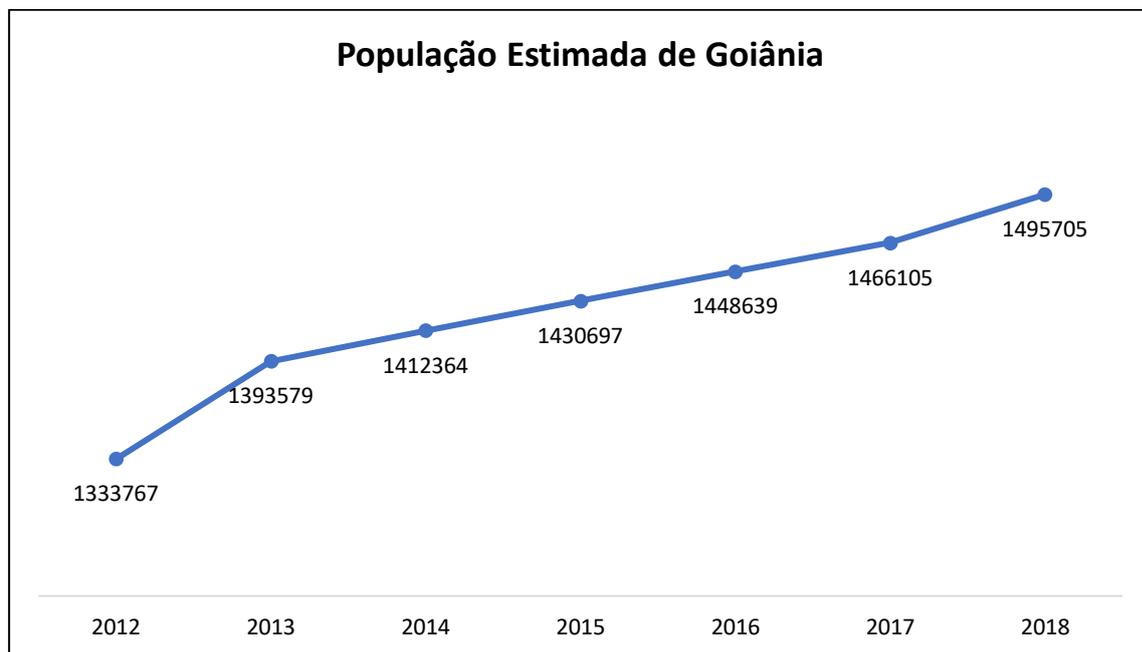


Figura 51. População estimada de Goiânia 2012 a 2018.
Fonte: IMB (2019)

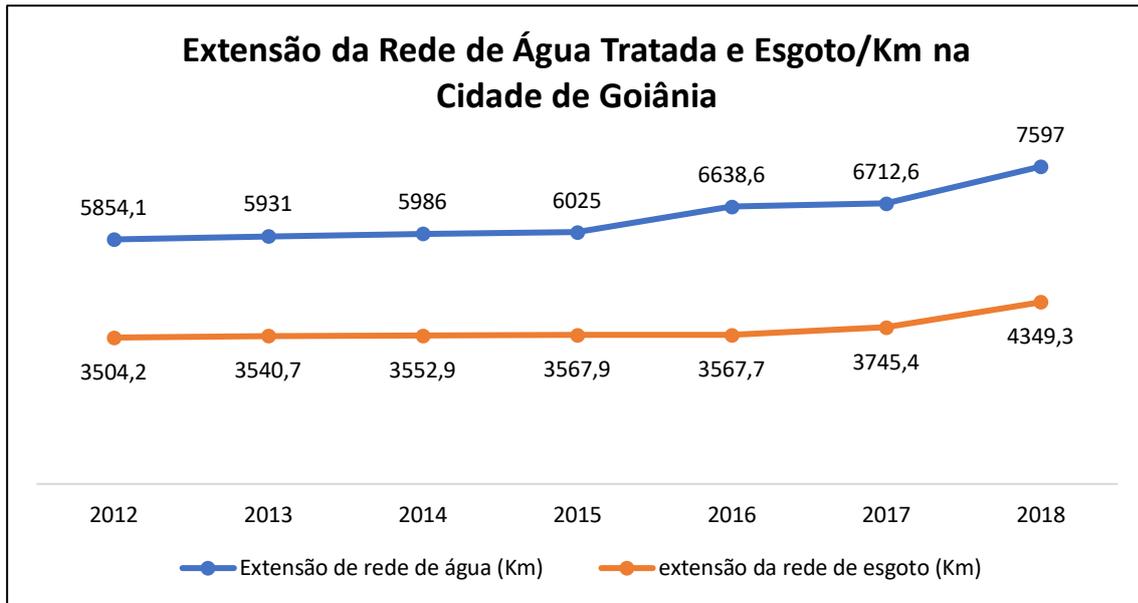


Figura 52. Extensão da rede de água tratada e esgoto/Km na cidade de Goiânia 2012 a 2018.
Fonte: IMB (2019)

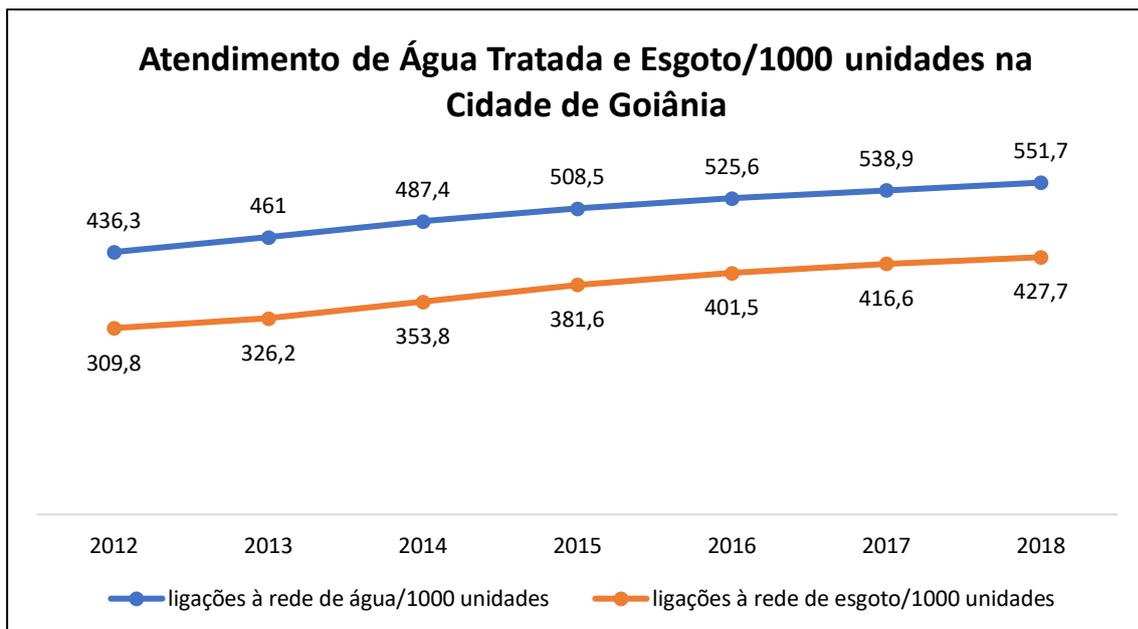


Figura 53. Atendimento de água tratada e esgoto/1000 unidades na cidade de Goiânia 2012 a 2018.
Fonte: IMB (2019).

A análise das informações acerca de rede de água tratada mostrou que o fornecimento atinge a toda população de 2012 a 2018, entretanto com relação ao quesito de rede de esgoto houve do ano de 2012 a 2018 aumento de 13,6% no atendimento à população, porém ainda existe um déficit de 6,7% da população que não é atendida por rede de esgoto sanitário conforme demonstra a Figura 54.

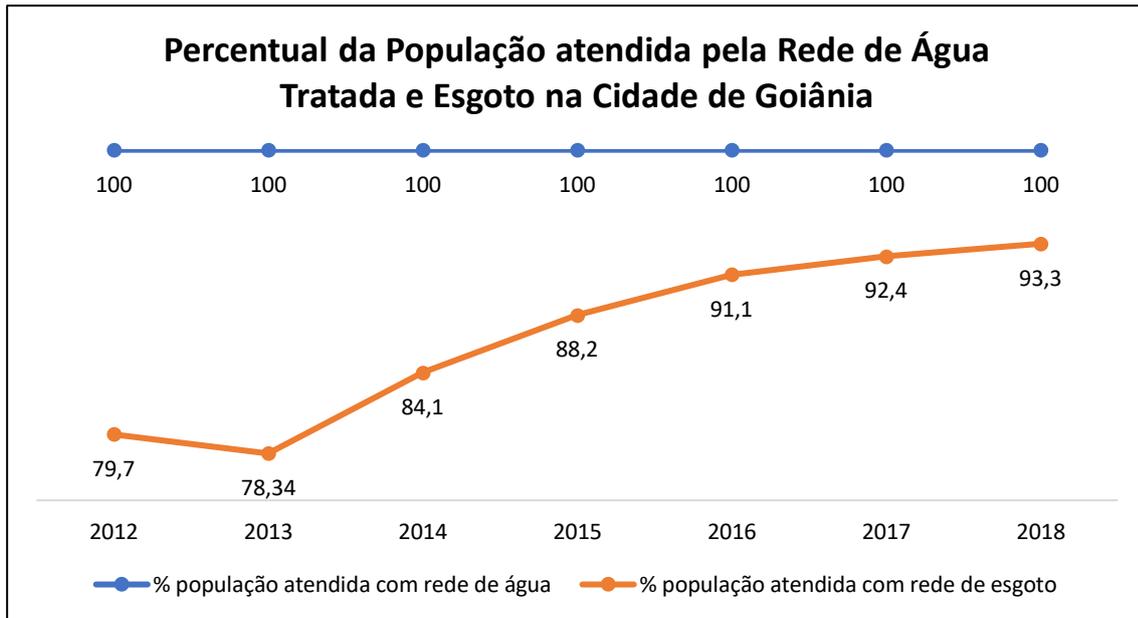


Figura 54. Percentual da população atendida pela rede de água tratada e esgoto na cidade de Goiânia 2012 a 2018, Fonte: IMB (2019).

De acordo com a SANEAGO (2019) Goiânia possui desde 2013 uma estação de tratamento de esgoto que atende atualmente a uma demanda de esgotamento sanitário e tratamento de esgoto de 1400 litros por segundo. Conforme a empresa, todo o seu sistema de tratamento de esgoto na capital, atende a 88,5% da população goianiense, taxa considerada alta para os padrões brasileiros. Porém, reflete que dos 93,3% da população atendida pelo recolhimento de esgoto, ainda existe um percentual deste recolhimento deve estar sendo coletado e lançado na bacia hidrográfica do rio Meia Ponte sem o devido tratamento (IMB 2019), sem dizer ainda que existe um déficit que não é coletado que está causando contaminação do lençol freático e meio ambiente.

O PIB per capita em 2012 foi de R\$ 28.090,09 e, em 2016, alcançou o patamar de R\$32.209,01 indicando um aumento de 14,66% neste período. No ano de 2013, Goiânia apresentava o Índice de Desempenho dos Municípios na área de Saúde (IDM-Saúde) de 6,84, já no ano de 2018 ocorreu uma queda deste índice que foi para 6,44 mostrando uma queda no quesito de saúde no Município de Goiânia (IMB, 2019; IBGE, 2019).

Ainda no que refere ao quesito saúde, Goiânia apresentava uma rede hospitalar, em 2012, com 115 hospitais e que, em 2017, com 130 hospitais, uma evolução de 13,04% no número de estabelecimentos de saúde. Esses estabelecimentos permitiram aumento na quantidade de todos os leitos disponíveis (Figura 55). A distribuição destes

mesmos leitos conforme a rede de atendimento, se na rede pública (SUS) ou se na rede privada (não SUS) está visualizada na Figura 56.

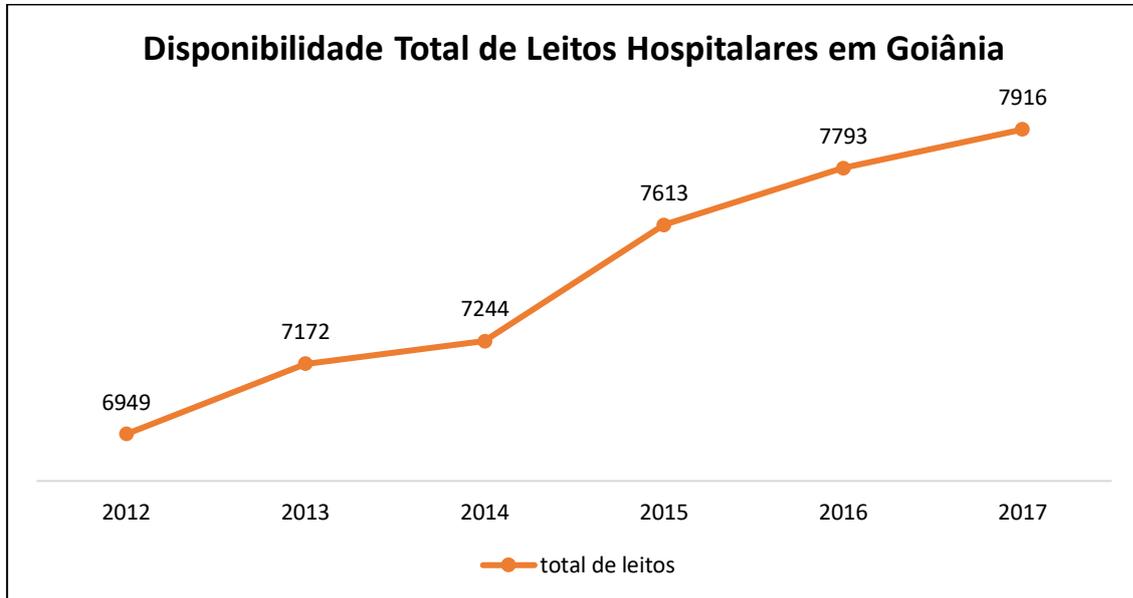


Figura 55. Disponibilidade total de leitos hospitalares em Goiânia 2012 a 2018.
Fonte: IMB (2019)

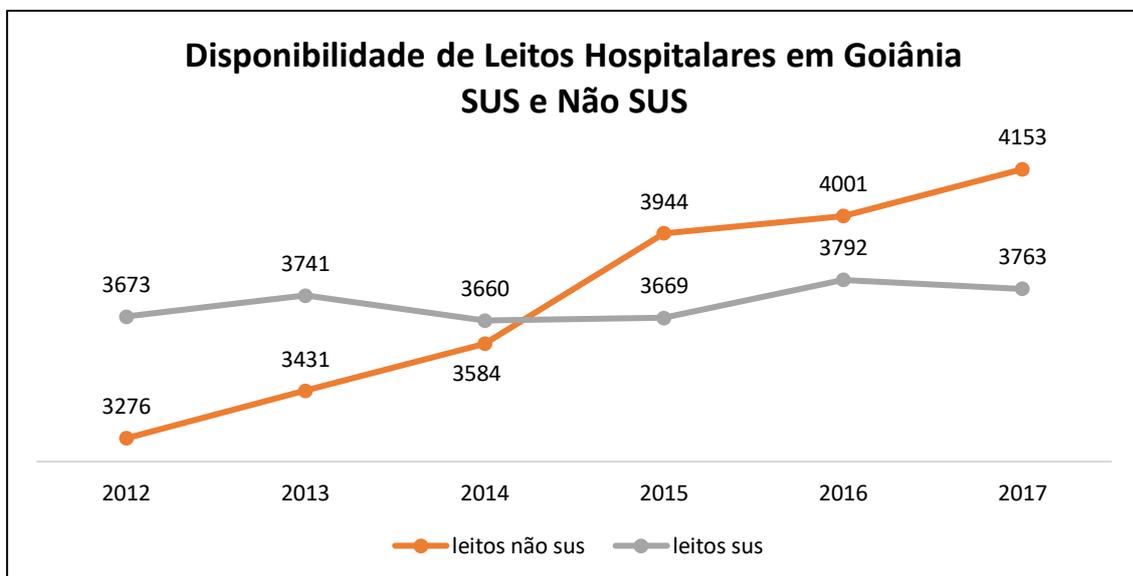


Figura 56. Disponibilidade de leitos hospitalares em Goiânia SUS e Não SUS – 2012 a 2018.
Fonte: IMB (2019)

Os dados da Figura 55, indicam que de 2012 a 2017 houve evolução no número de leitos de 13,91% de leitos em Goiânia, entretanto observando os dados da Figura 56 tem se que os leitos administrados pelo SUS a evolução foi de 2,45%, enquanto os leitos disponíveis particulares que tiveram um aumento de 26,77% de oferta, o que demonstra o pouco investimento em estrutura física para atendimento da população no que refere a atendimento hospitalar público neste período.

O número de óbito, indiferente a sua causa, em Goiânia no decorrer dos anos 2012 a 2017 apesentou conforme os dados expressos na Figura 57, salientando que houve um decréscimo no ano de 2016, voltando a subir em 2017, porém sem atingir os números de 2015.

Paiva (2018) observou que as internações em decorrência de doenças de transmitidas pela água estão intimamente ligadas a condições de saneamento básico. Essas patologias incluem cólera, febres tifoides e paratífoides, shigelose, amebíase, diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível, doenças infecciosas intestinais e esquistossomose, essas patologias estão relacionadas na Classificação Internacional de Doenças, 10ª revisão, com os códigos A00 até A09 e B65 respectivamente. Foi realizado um Levantamento do DATASUS (2019), no período de 2012 a 2017, para verificar o número de óbitos em decorrência das doenças de transmissão hídrica. Os resultados estão dispostos na Figura 58.

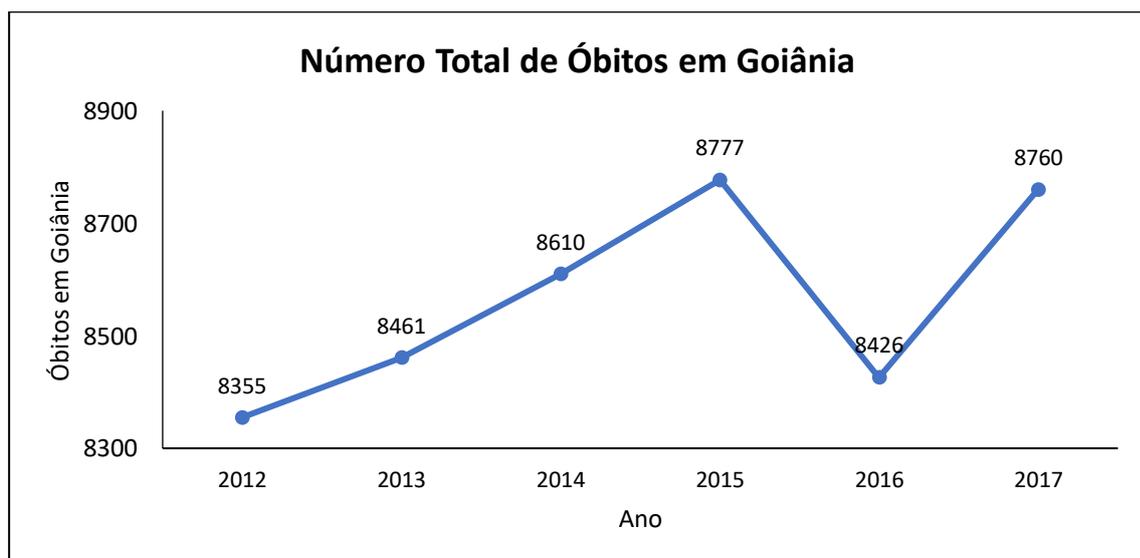


Figura 57. Número total de óbitos em Goiânia 2012 a 2017.
Fonte: DATASUS (2019)

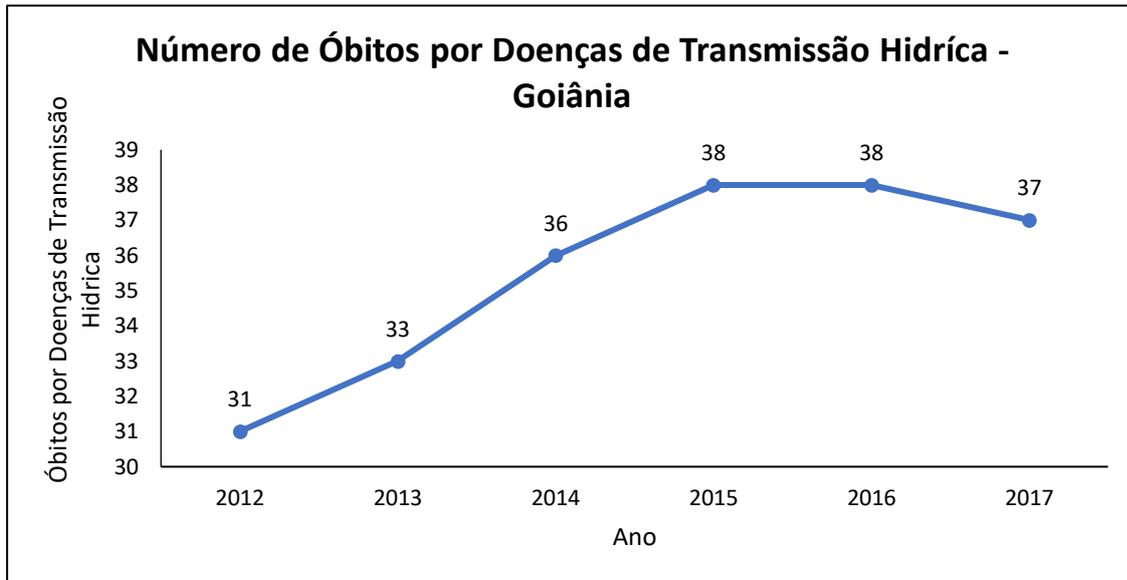


Figura 58. Número de óbitos por doenças de transmissão hídrica em Goiânia – 2012 a 2017.
Fonte: DATASUS (2019).

Estes dados demonstram que do ano de 2012 ao ano de 2017 houve um acréscimo de 19,31% nos números de óbitos ocorridos por doenças de transmissão pela água. Comparando com o crescimento populacional no mesmo período que foi de 9,92%, a princípio, ocorreu aumento significativo dos óbitos por doenças de transmissão hídrica, observando estes valores proporcionalmente ao número de óbitos total em Goiânia, existe um acréscimo de 0,05% na frequência dessa classe de óbito como observado na Figura 59. Entretanto estes dados observados estaticamente com um $\alpha=5\%$, obteve se um $P=0,46565$, indicando equivalência nos valores de óbitos por doenças de transmissão hídrica descartando aparente aumento.

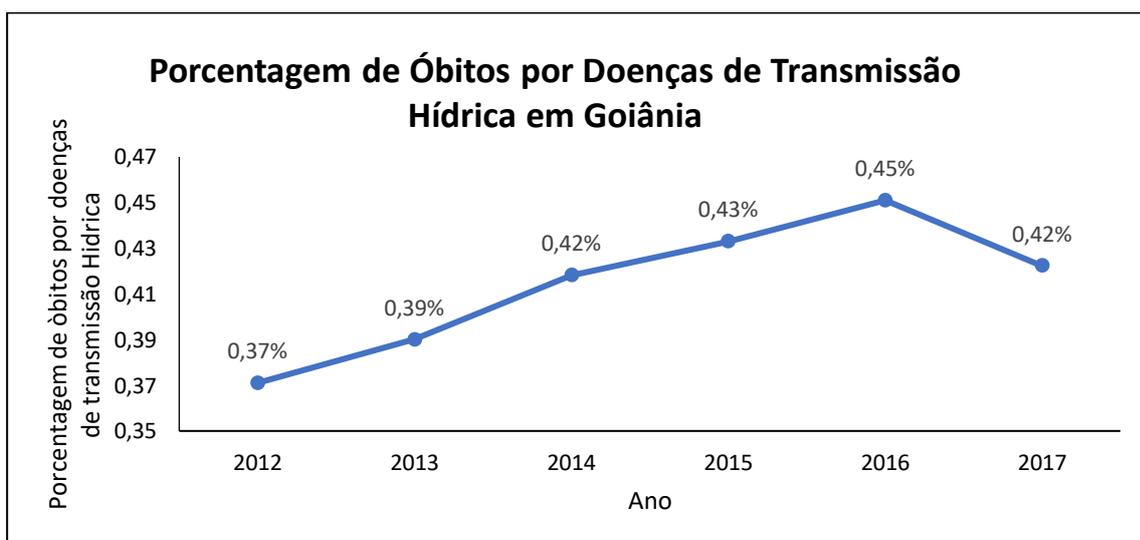


Figura 59 - Porcentagem de óbitos por doenças de transmissão hídrica em Goiânia 2012 a 2017.
Fonte: DATASUS (2019).

6 – DISCUSSÃO

Sabe-se que as relações que ocorrem, no meio ambiente, em uma região urbana são complexas, a degradação de uma área promove alterações nas adjacências de forma cada vez mais intensa, principalmente a jusante. A ocupação desordenada e sem sustentabilidade promovem a instalação de depósitos tecnogênicos muitas vezes com alto potencial de contaminação do solo por elementos químicos tais como alumínio, bário, cádmio, cobalto, chumbo entre vários outros. O crescimento destes depósitos é tanto em decorrência da falta de fiscalização quanto do “desconhecimento” ambiental e de saúde da população em relação à utilização da área circunvizinhas destes depósitos, estes aspectos foram bem salientados por Silva (2008).

O LLRC realizou entre os anos de 2013 a 2018 um total de 78 amostragens nos sete pontos de coleta definidos, entretanto a relação da distribuição temporal e espacial das amostras não seguiram uma uniformidade quer seja de localidade quer seja no decorrer do tempo. Considerando o período de precipitação chuvosa observa-se que há uma predominância de 52 amostras no período de estiagem (entre os meses de abril a setembro), do que as 26 amostras realizadas na estação chuvosa que se estabelece nos meses de outubro a março.

No que tange a distribuição espacial foram realizadas onze coletas para o Ponto 1, três na estação chuvosa e oito em época de estiagem, para o Ponto 2 foram doze coletas sendo quatro na estação chuvosa e oito em plena estiagem. Os Pontos 3 e 4 tiveram uma coincidência de nove coletas cada Ponto, sendo cinco na estiagem e quatro no período chuvoso. Dez amostras foram realizadas no Ponto 5 sendo cinco na estação chuvosa e cinco para época de estiagem. Dezesesseis amostragens foram realizadas para o Ponto 6 sendo quatro na época de chuva e doze na estiagem. O Ponto 7 teve duas amostragens na época de chuva e nove na estação seca totalizando onze amostragens, dados informados na Tabela 19.

Tabela 19 - Distribuição de Coleta por período de chuva ou estiagem – LLRC

Ponto de coleta	2013			2014		2015	2016			2018		
	Jan.	Abr.	Out.	Jan.	Abr.	Abr.	Jan.	Abr.	Out.	Jan.	Abr.	Out.
	a	a	a	a	a	A	a	a	a	a	a	a
	Mar.	Set.	Dez.	Mar.	Set.	Set.	Mar.	Set.	Dez.	Mar.	Set.	Dez.
1	1	1	-	1	2	4	-	1	1	-	-	-
2	-	1	-	1	2	3	1	-	-	1	2	1
3	-	-	1	1	2	3	1	-	1	-	-	-
4	-	-	1	1	2	3	1	-	1	-	-	-
5	1	-	1	1	2	3	1	-	-	-	-	1
6	-	1	-	1	3	3	1	3	-	1	2	1
7	-	1	-	1	2	3	-	-	-	-	3	1

Fontes: SECIMA – Relatórios Consolidados Geral – LLRC (2013 a 2018)

Neste estudo ficou claro que no Ponto 1 os impactos são de origem relacionada a atividades agropecuária, principalmente com processos erosivos de pequeno porte (sulcos e calhas) consequências dos fluxos lineares das águas pluviais e pisoteio do gado. Em alguns lugares verificou o uso de defensivos agrícolas.

Uma característica do Ponto 2 é receber a carga de sedimentos e de efluentes domésticos e industriais de aproximadamente 11 municípios, especialmente da área urbana de Goiânia, neste ponto a uma incidência acentuada de efluente relacionados a agroindústria.

Já o Ponto 3 recebe toda a carga da bacia do ribeirão João Leite. As principais atividades nesta bacia estão relacionadas a agropecuária responsáveis pela formação de processos erosivos tais como sulcos calhas e ravinas que contribuem para o aporte de sedimentos em seu leito. Como a pecuária se destaca, ocorrendo de forma intensiva através do confinamento bovino, o lançamento de dejetos orgânicos é acentuado. Também deve se considerar que algumas vias de acesso interceptam o canal do ribeirão João Leite inclusive com veículos pesados de carga. Esse movimento pode liberar elementos poluentes como óleo lubrificante, combustível, borracha de pneumáticos entre outros poluentes. Também se constatou que a população utiliza essas pontes para descarte irregular de dejetos e rejeitos no leito do ribeirão João Leite.

O Ponto 4 recebendo a carga de toda área a montante em especial de Nerópolis, Anápolis e Campo Limpo. Apesar de ser o ponto mais próximo de Teresópolis de Goiás, de acordo com a rede hidrográfica, esse município pouco contribui com efluente para este ponto. Assim como o Ponto 3 as atividades relacionadas a agropecuárias são as mais impactantes no meio ambiente, Alguns afluentes da margem esquerda deste ponto do ribeirão João Leite são impactados por atividades industriais, comerciais e urbana da cidade de Anápolis

O Ponto 5 recebe efluente principalmente dos municípios de Campo Limpo de Goiás e Ouro Verde de Goiás, localizados a montante. O Município de Anápolis também contribui para parte desta carga. As atividades observadas para o Ponto 4 se repetem para este Ponto.

Em relação aos Pontos 3, 4 e 5, a qualidade da água está relacionadas com maior ou menor grau de preservação da vegetação nativa, controle dos processos erosivos e tratamento dos efluente industriais, comerciais e domésticos. Cabe mencionar que o município de Goianópolis, se caracteriza pela produção de tomates com amplo uso intensivo de defensivos agrícolas, estando localizando próximo dos Pontos 4 e 5. Porém, de acordo com a rede hidrográfica, os cursos de água que potencialmente recebem estes defensivos desaguam no rio Meia Ponte a jusante do Ponto 6.

Dentro da região metropolitana de Goiânia, a jusante da área mais densamente ocupada da região está situado o Ponto 6. Portanto sua localização espacial o torna um ponto de concentração de todas as atividades impactantes localizada a montante (representadas pelos pontos de 1 ao 5) conforme indica as análises apresentadas. Na Margem esquerda do rio Meia Ponte, área de contribuição deste Ponto, ocorrem frigoríficos curtumes, atividades mineradoras. De acordo com a rede hidrográfica também recebe a carga de efluente de grande parte do município de Senador Canedo. Na margem direita existem, dentre tantas atividades, dois cemitérios um centro de zoonoses e um depósito da COMURG. De acordo com a rede hidrográfica recebe contribuição desde o Setor Alto da Gloria.

Uma avaliação rápida quanto a qualidade da água do alto curso da bacia do rio Meia Ponte pode ser feito no Ponto 7, visto que nele podem estar representadas todas as atividades impactantes localizadas e desenvolvidas a montante. Este ponto está

situado a jusante do município de Hidrolândia, recebendo contribuição significativa do município de Aparecia de Goiânia, não somente em relação a efluentes comerciais e residenciais como também do distrito agroindustrial de Aparecida de Goiânia (DAIAG), além de contribuições significativas de áreas com atividade de agropecuária (granja Vitta), mineração (pedreira Araguaia, pedreira Izaira, pedreira Taquari, e pedreira do DERMU-COMPAV), indústrias químicas, indústrias frigoríficas bovinas além da estação de tratamento Santo Antônio e do aterro sanitário de Aparecida de Goiânia. No município de Hidrolândia as contribuições a este ponto se relacionam a atividades agropecuárias. Entre os Pontos 6 e 7 o rio Meia Ponte recebe como afluente o rio Caldas o que pode ocasionar a diluição de determinados poluentes ocasionando melhoras nos índices observados, exceto no quesito de turbidez.

A distribuição dos pontos amostrados é estratégica, enquanto o Ponto 1 avalia as condições da água próxima a nascente do rio Meia Ponte, os Pontos 3, 4 e 5 da principal sub-bacia contribuinte, o ribeirão João Leite. O Ponto 2, já na área urbana de Goiânia, avalia as condições da água da área a montante, aproximadamente 2000Km². O Ponto 6, em Senador Canedo, é de extrema importância, pois avalia as condições da água de toda área a montante, incluindo as áreas urbanas e industriais principalmente de Goiânia, Aparecida de Goiânia e Senador Canedo. É o ponto onde as análises são representativas da área mais densamente ocupada, cujos resultados, comparados com o do Ponto 2, podem indicar sobre problemas ambientais relacionados, por exemplo, com contaminação das águas, ocorridas na área entre os pontos. Importante também é o Ponto 7, localizado no município de Hidrolândia e que a essa altura já recebeu as águas do rio Caldas, importante sub-bacia pela margem esquerda, a exemplo do ribeirão João Leite. Deve se considerar que o rio Meia Ponte apresenta um importante tributário na margem direita, o rio Dourado, que ocorre a montante da cidade de Pontalina.

O quadro explicitado acima é fundamental para a abordagem relacionada com Ciências Ambientais e Saúde, pois fornece informações sobre a qualidade da água, mesmo que com um número pontos aqui considerados defasado em relação a área de abrangência e a população envolvida.

Os resultados permitem identificar segmentos onde os resultados são inadequados ou em desacordo com a legislação, permitindo uma abordagem direta em campo. Permite também a ação em relação aos problemas de saúde pública a que a

população envolvida pode ficar sujeita, caso medidas preventivas não venham a ser tomadas pelo poder público.

Outro aspecto observado neste estudo foi que Goiânia apresentou acréscimo de 373.098 habitantes do ano 2000 ao ano de 2017, um incremento populacional de 34,14%. Ainda no ano de 2010 essa população estava 99,6% inserida na zona urbana da Capital, refletindo uma intensa urbanização da população, com uma densidade populacional de 2016,98 habitantes/Km². Nesse mesmo ano a pirâmide populacional apresentava sinais de envelhecimento, reflexo da queda da taxa de natalidade associada ao aumento na esperança de vida da população, que no censo do ano 2000 estava estimada em 72,7 anos. Tudo isso reflete numa grande e crescente necessidade de saneamento básico, educação, saúde e infraestrutura.

A necessidade de água para abastecimento para região metropolitana de Goiânia é alta, tanto em relação à população quanto as atividades econômicas e industriais. Estudos realizados por Silva Neto *et al.* (2015) mostram que a degradação ocorrida na bacia do rio Meia Ponte tem com fonte ações antrópicas. Salientam que o ribeirão João Leite ainda tem potencial para melhor atender a população da região metropolitana de Goiânia no quesito hídrico, e que este ribeirão ainda não sofre tanto com a poluição de suas águas. Reforçam ainda que existe a necessidade da atuação efetiva dos órgãos reguladores nos mananciais da bacia do rio Meia Ponte no intuito de preservar este importante recurso assim como a recuperação dos que estão degradados ou em processo de degradação.

A bacia hidrografia do rio Meia Ponte apresenta problemas que incluem aspectos ambientais e socioculturais. Estas alterações estão presentes desde sua nascente, próximo a serra dos Brandões em Itauçu, até sua foz no rio Paranaíba, na divisa com Minas Gerais. Porém a cidade de Goiânia utiliza o rio para abastecimento da população, sendo 48% diretamente do rio Meia Ponte e o restante 52% do ribeirão João Leite. Não obstante essa dependência para o abastecimento hídrico de Goiânia, é justamente na área urbana de Goiânia que essa bacia sofre a maior carga de poluição e de degradação, uma vez que as ações antrópicas praticamente destruíram as suas características pretéritas, ou seja, de quando a cidade foi planejada. Hoje a utilização do solo no município de Goiânia é para residências, comércios, serviços, indústrias e agropecuária, muito pouco restando do bioma original.

Estudo realizado por Silva (2017), no córrego Vaca Brava em Goiânia, mostrou que nos locais onde houve cuidados ambientais, como a proteção da nascente, os índices de qualidade ficaram mais próximos da normalidade, entretanto na medida em que havia uma carga maior de poluição, e modificações antrópicas, ocorreram piora destes índices. Outro aspecto que influenciou este resultado foram as enxurradas da estação chuvosa.

Gomes (2017) observou que o rio Meia Ponte na região metropolitana de Goiânia sofreu várias alterações antrópicas, causando de forma cíclica sua degradação, ressaltando que a ausência de mata ciliar facilita o carreamento para seu leito, destacadamente quando do período chuvoso, de grande quantidade de compostos e substâncias poluentes. Nas avaliações para ecotoxicidade os resultados demonstraram que as águas do rio Meia Ponte apresentam poluentes preocupantes quanto a elevação da taxa de mortalidade, além de alterações no crescimento, no índice mitótico, nos índices de anormalidade cromossomais. Outro ponto de alerta é que foram realizados culturas e antibiogramas com bactérias presentes nas amostras, e que foram encontradas bactérias resistentes e multirresistentes a antibióticos. Infelizmente estas análises não são rotina da SEMAD.

Várias ações propostas pela OMS (2013) buscam a redução da mortalidade infantil causadas por pneumonia e diarreia. As propostas incluem desde a melhor alimentação do recém-nascido, por amamentação exclusiva nos seis primeiros meses de vida, vacinação do público infantil no que refere as doenças que causam tanto diarreia quanto pneumonias de forma direta ou indireta. Nestas ações se propõem o acesso rápido ao diagnóstico e tratamento dos casos de pneumonia e diarreia na comunidade, de modo a introduzir logo de início ações efetivas e que são baratas como a reidratação oral, até de maior custo e especificidade como o uso racional de antibióticos quando necessários. Entretanto as ações mais eficazes incluem intervenções no ciclo da água, permitindo a essas populações o livre acesso ao uso de água potável, para o abastecimento e promoção de práticas de higiene proporcionando enormes benefícios de saúde. Pois a água saudável e de fácil acesso é importante para a saúde pública, quer seja usada para beber, uso doméstico, produção de alimentos ou fins recreativos. Quando ocorre melhora do suprimento de água, do saneamento e da gestão de recursos

hídricos, existe possibilidade de que ocorra uma melhoria econômica e redução da pobreza na população que foi assistida.

O direito à água potável e ao saneamento é um direito acalentado pela ONU desde 2010 para todos os indivíduos. Em 2017, porém 29% da população mundial não tinha acesso à água segura e livre de contaminação, e o seu uso irá transmitir doenças como diarreia, cólera, disenteria, febre tifoide e poliomielite. Foi estimado que em 2017 ocorreram 485.000 mortes por causa da diarreia.

As alterações climáticas, estão levando a uma redução da disponibilidade de água, que associada ao crescimento populacional, além do aumento das atividades antrópicas e urbanização intensa, promovem grandes desafios para o abastecimento de água. Fazendo com que o tratamento das águas residuais seja intensificado de modo a colocar novamente no ciclo hídrico, para seu reuso ou retornando para os rios. Várias Nações estão cada vez mais usando águas residuais para irrigação, nos países em desenvolvimento isso representa 7% da terra irrigada, entretanto sem o devido monitoramento e tratamento essa prática representa risco maior à saúde, e somente o gerenciamento seguro das águas residuais pode contribuir de maneira múltipla, como o aumento da produção de alimentos e de água de forma segura, essa realidade do reuso da água acontece na região metropolitana de Goiânia.

Toda a população de Goiânia está abastecida com água tratada, entretanto as dificuldades aumentam quando do recolhimento do esgoto sanitário que em 2018 atendia 93,3% da população, e mesmo com essa coleta parcial do esgoto, ainda existe um deficiência com relação ao tratamento destes efluentes, visto que apenas 88,5% do esgoto recolhido é atendido pelas estações de tratamento de esgotos. Salienta-se então que 11,5% do esgoto sanitário é lançado de volta no meio ambiente sem nenhum aporte de tratamento, situação que causa transtornos principalmente mantendo e até aumentando a cadeia de poluição quando esses dejetos são despejados nos leitos hídricos, causando riscos ao meio ambiente e também a saúde da população que utiliza destes mananciais de água a jusante destes despejos.

Podemos observar na região metropolitana de Goiânia, que as doenças de transmissão hídrica estão controladas, visto que entre 2015 e 2017 observou se 18 casos de Rotavírus e 14 casos de Leptospirose, uma incidência baixa. Porém em 2016

ocorreram no período das chuvas alagamentos na região da bacia do ribeirão Anicuns, em sequência, começou a aparecer pessoas com sintomas de diarreia, dores abdominais, náuseas, vômitos e febre que totalizaram 109 casos que foram diagnosticados como um surto de diarreia em época de chuva. Passada essa sazonalidade, os números voltaram ao normal (GOIÂNIA, 2019).

Observando os dados do DATASUS (2019), no ano de 2016 ocorreu uma queda no número de óbitos em Goiânia e neste mesmo ano foram registrados 38 óbitos por doenças de veiculação hídrica, o maior entre os anos de 2012 a 2017, período em que número de óbitos por doenças de veiculação hídrica totalizou 213 mortes, sendo 0,41% de todas as mortes ocorrida em Goiânia neste período, o que demonstra que alterações ambientais podem colocar em colapso o sistema de saneamento e conseqüentemente uma piora nos índices de saúde.

Mesmo que diretamente não esteja relacionada a transmissão hídrica, as patologias transmitidas pelo mosquito *Aedes aegypti* (Dengue, Chikungunya e Zika), estão ligadas diretamente ao saneamento básico, na medida que educação, conscientização quanto ao ambiente no qual estão inseridos, são o principal meio para promover a limpeza destes locais. Preocupação com a água das chuvas paradas, bueiros e quintais com recipientes que acumulam água principalmente na estação chuvosa e em períodos de alagamentos, são condições propícias para a proliferação do vetor e conseqüente proliferação destas doenças na população, e como salientado por Viana, Vaz-Silva e Feitosa (2018) e Viana *et al.* (2018) as ações preventivas devem sempre ser avaliadas, modificadas pois o *Aedes aegypti* apresenta capacidade de adaptação e proliferação frente as alterações ambientais e sazonais. Assim, ações preventivas, são de importância em um contexto saúde pública, bem como o custo é menor do que investir em tratamentos para essas patologias e suas sequelas, reduzindo também a taxa de morbidade e óbitos. Esta mesma lógica se aplica as doenças de transmissão hídrica

No que se refere aos dados fornecidos pela SEMAD para os anos de 2013 a 2018, foi observado que para o parâmetro de oxigênio dissolvido não havia diferenças nos pontos de amostragem do rio Meia Ponte, sendo considerado bom. Para os pontos de amostragem do ribeirão João Leite os resultados foram considerados ótimos. Em relação ao parâmetro pH não encontrou diferenças estatísticas entre as médias dos

pontos, que estão variando entre qualidade boa em seis pontos, e ótima no Ponto 7 localizado a jusante do rio Meia Ponte. Para o parâmetro $DBO_{5,20}$ os resultados encontrados não apresentaram diferenças entre as médias dos pontos, porém os pontos do ribeirão João Leite foram classificados como ótimo, no rio Meia Ponte no ponto mais a montante a qualidade foi ótima, nos demais foram classificadas como boa. As análises do parâmetro resíduo total assim como o de temperatura apresentaram índices que não tiveram diferenças sendo classificados em todos os pontos como ótimo.

O parâmetro turbidez apresentou resultados diferentes nos pontos. O melhor resultado obtido foi no Ponto 1 mais a montante do rio Meia Ponte que obteve uma média considerada ótima, ainda com relação ao rio Meia Ponte os Pontos 2, 6 e 7 não mostram diferença estatística, porém o Ponto 2 foi classificado como ruim, enquanto os Pontos 6 e 7 como aceitável, já os pontos do ribeirão João Leite apresentaram diferenças sendo classificados como bom o Ponto 3 e aceitáveis os Pontos 4 e 5. Para o parâmetro coliformes termotolerantes, o rio Meia Ponte apresentou índices diferentes para os pontos, sendo o Ponto 1 classificado como boa e indo para péssima nos Pontos 2, 6 e 7. Já no ribeirão João Leite os Pontos 3 e 5 apresentaram qualidade aceitável, e qualidade ruim no Ponto 4, porém sem significância estatística entre estes três pontos. Exceto para o Ponto 1, a montante do rio Meia Ponte, os valores encontrados para os outros seis pontos indicam que este parâmetro está sempre enquadrado em qualidades baixas e que a contaminação por coliformes termotolerante é significativamente alta. Em relação a estes pontos observa-se que a qualidade da água do rio Meia Ponte é pior que a do ribeirão João Leite. Os resultados obtidos estão coerentes com os trabalhos citados anteriormente, que a ação antrópica é a principal causa das alterações nos parâmetros de qualidade da água principalmente no segmento da área urbana de dentro de Goiânia, onde se situam os pontos as com piores classificação.

A preocupação com alternativas de fontes de água para abastecimento da região metropolitana de Goiânia é uma realidade, visto que hoje dependemos das águas do rio Meia Ponte e do ribeirão João Leite que se apresentam com baixa qualidade principalmente nos quesitos microbiológicos e de turbidez. Essa perda de qualidade nestes quesitos indicam a necessidade de ações efetivas quanto ao tratamento de resíduos e também da preservação das áreas próximas ao leito deste rios, desta forma se fazem necessários ações que mitiguem os danos já instalados e tratar de forma

completa todo o esgoto produzido antes que seja lançado de volta no leito dos córregos, ribeirões e rios. As alternativas passam pela reutilização das águas bem como a captação de água de outros rios pertencentes a bacia hidrográfica do rio Meia Ponte, tema complexo com necessidade de uma abordagem interdisciplinar.

7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

No que tange a qualidade da água da Bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte, na região Metropolitana de Goiânia, observa-se intensa perda do parâmetro coliforme termotolerantes relacionado ao aspecto microbiológico. A SEMAD é responsável pela monitoração e fiscalização de possíveis alterações ocorridas neste sistema, entretanto foram observadas algumas deficiências no que diz respeito a continuidade deste monitoramento até o ano de 2018, onde foi frequente a ausência de uma periodicidade nas coletas, bem como a não realização de algumas análises, além de ter uma completa descontinuidade em 2017 onde não foi realizada nenhuma atividade de monitorização.

A fiscalização quanto a atos que venham a alterar o ambiente desta região tornou se mais intenso principalmente em decorrência de escassez hídrica para abastecimento em especial no período de estiagem, visto que a região metropolitana de Goiânia é totalmente dependente desta bacia, e a distribuição das águas de reservatórios já existentes ainda não foi completamente efetivada para o sistema de abastecimento urbano.

Observando o quesito de saúde em relação a qualidade da água, os dados nos mostram que não ocorreu aumentos dos casos de veiculação hídrica, que estão dentro de um patamar bom em relação a outras patologias, fato esse em decorrência da grande abrangência da distribuição de água tratada para a população desta região. Entretanto sabemos que o descarte incorreto de lixo, em vias públicas, é fator preponderante na deficiência do escoamento de águas pluviais, bem como o aumento de sítios propícios para a proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, que é o principal transmissor dos vírus que causam a dengue, a chikungunya e a síndrome do zika que são na atualidade um dos principais problemas de saúde pública que enfrentamos, causando grande morbidade na população afetada.

Em relação ao tratamento do esgoto doméstico, observa a necessidade de ampliação deste serviço uma vez que não se tem a totalidade deste esgoto devidamente coletado e tratado, antes de ser novamente lançado na bacia do rio Meia Ponte, fato esse principal para o baixo índice de qualidade da água nesta região. Neste mesmo aspecto, porém analisando os lançamentos de esgotos proveniente de atividade econômicas, observa a necessidade de maior fiscalização quanto ao despejo de esgotos

industriais e agrícolas sem o devido tratamento nos leitos dos mananciais da bacia hidrográfica do rio Meia Ponte.

Não obstante a essa incrementação na fiscalização, o monitoramento constante da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Meia Ponte, pode ser mais abrangente, observando inclusive outros aspectos como para verificar possíveis alterações genotóxicas na comunidade aquática deste ambiente, como também a presença de substâncias tóxicas neste corpo hídrico. Situações essas que podem ocorrer em detrimento do aumento de ações antrópicas na região drenada pela bacia hidrográfica do rio Meia Ponte e ainda não são monitoradas sistematicamente pela SEMAD, porém será recomendável a implementação destas avaliações tendo em vista o uso intenso destas águas para o abastecimento, indústria e agropecuária da região.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; BENINI, S.. **Bacias Hidrográficas: Fundamentos e Aplicações**. Tupã-sp: Anap, 2018. 220 p.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - BRASIL. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no BRASIL**. Brasília, 2005, p 176

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - BRASIL. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: águas, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Brasília. 2011.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – BRASIL. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013**. Brasília, 2013. p 432.

ARAÚJO, P. M.C.. **Estudo Integrado de Bacias Hidrográficas do Rio Meia Ponte**. Ecology and Environment do Brasil, v. 8 . nov. 2012.

AZEVEDO, A.. Goiânia, uma cidade “criada”, **Revista Brasileira de Geografia**, Vol. 3, 03-19, 1941.

BENINI, R. M.; MENDIONDO, E. M.. Urbanização e Impactos no Ciclo Hidrológico na Bacia do Mineirinho. **Floresta e Ambiente**, [s.l.], v. 22, n. 2, p. 211-222, Jun. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.103114>.

BENWIC, A.; KIM, E.; KHEMA, C.; PHANNA, C.; SOPHARY, P.; CANTWELL, R. E.. Factors associated with post-treatment E. coli contamination in households practising water treatment: a study of rural Cambodia. **International Journal Of Environmental Health Research**, [s.l.], v. 28, n. 2, p. 178-191, 4 Mar. 2018. <http://dx.doi.org/10.1080/09603123.2018.1453055>.

BUMA, E. L. L.. **Identificação e distinção de fonte de poluição fecal na Bacia Hidrográfica Ribeirão João Leite por metodologias moleculares**. 2017. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Medicina Tropical e Saúde Pública, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

BRANCO, S. M. E., ROCHA, A. A.. **A água e o homem**. In: Porto R. L. L. (org.). **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: ABRH., EDUSP, n. 3 p.1-26, 1991.

BRASIL - MINISTÉRIO DE ESTADO DA SAÚDE - portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L.. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Cadernos de Saúde Pública**, [s.l.], v. 19, n. 2, p. 465-473, Abr. 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-311x2003000200013>.

CARVALHO, G. L.; SIQUEIRA, E. Q.. Qualidade da Água Do Rio Meia Ponte no Perímetro Urbano do Município de Goiânia - Goiás. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 2, n. 1, p. 19-33, 15 jul. 2011. Universidade Federal de Goiás. <http://dx.doi.org/10.5216/reec.v2i1.12293>

CESA, M. V.; DUARTE, G. M.. A qualidade do ambiente e as doenças de veiculação hídrica. **Geosul**, Santa Catarina, v. 25, n. 49, p. 63-78, 2010. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2177-5230.2010v25n49p63>.

CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2002**. São Paulo 2003, p. 269.

COELHO, F. R.. **Qualidade da água do rio das Almas na área de influência da cidade de Pirenópolis**. 2004. 24 f. TCC (Graduação) - Curso de Biologia, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2004.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, Diário Oficial da União nº 57, p 58-63, 2005.

COSTA, E. P.; PINTO, C. C.; SOARES, A. L. C.; MELO, L. D. V.; OLIVEIRA, S. M. A. C.. Evaluation of violations in water quality standards in the monitoring network of São Francisco River basin, the third largest in Brazil. **Environmental Monitoring And Assessment**, [s.l.], v. 189, n. 11, p. 590, 30 Out. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-017-6266-y>.

DATASUS – MINISTERIO DA SAÚDE - BRASIL **Mortalidade Goiás**. <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sim/cnv/obt10go.def>, acessado em 02/09/2019 as 21:30.

FALEIRO, F. F., LIMA, C. V., CUNHA, F. G.. Análise da paisagem da Bacia do rio Corrente-GO: contribuições antrópicas e naturais na distribuição geoquímica dos elementos na água e no sedimento. **Ateliê Geográfico** - Goiânia, v 1, n 9, p.50-64, Abr. 2015.

FARACHE FILHO, A.. Proteção sanitária de poços rasos empregados no abastecimento de água nos bairros Jardim Araraquara e Jardim Itália, Araraquara, S.P.. **Rev. Ciênc. Farm.**, São Paulo, v. 7, p. 39-50, 1985.

FIGUEIREDO, H. P.; FIGUEIREDO, C. R. P.; BARROS, J. H. S.; CONSTANTINO, M.; MAGALHÃES FILHO, F.; MORAES, P. M.; COSTA, R. B.. Water quality in an urban environmental protection area in the Cerrado Biome, Brazil. **Environmental Monitoring And Assessment**, [s.l.], v. 191, n. 2, p. 117-128, Jan. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-019-7194-9>.

GODOI, A. A.. **Relatório sobre a conveniência de mudança da Capital – in Goiânia** - Serviço Gráfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, p 13-30, 1942

GOIÂNIA - PREFEITURA MUNICIPAL DE GOIÂNIA. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Goiânia. Resumo Final - Componentes, Abastecimento e Esgotamento Sanitário**. Goiânia-Go. 2019, 163p.

GOMES, R. P.. **Avaliação dos indicadores de contaminação em amostras de água bruta superficial do Rio Meia Ponte – Goiás**. 2017. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biologia da Relação Parasito-hospedeiro, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

GRABOW, W.. Waterborne diseases update on water quality assessment and control. **Water AS**, v 2, n 22: 193-202, 1996.

GUZMÁN, B. L.; NAVA, G.; DÍAZ, P.. Calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia, 2008-2012. **Biomédica**, [s.l.], v. 35, n.

2, p. 177-190, Mai. 2015. Instituto Nacional de Salud (Colombia). <http://dx.doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2511>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **Cidades** - <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/goiania/pesquisa/17/15752?indicador=15785> acessado em 02/09/2019 as 20:09.

IMB - Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos. **Perfil dos municípios Goianos**, em http://www.imb.go.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=203 acessado em 31/08/2019 as 18:01.

ISAAC-MARQUES, A. P., LEZAMA-DAVILA, C. M., KU-PECH, P. P., SEGOVIA, P.T.. Calidad sanitaria de los suministros de agua para consumo humano en Campeche. **Salud Pública México**. v. 36, n 6. p. 655-61, Nov. 1994.

KELLER, P. P. R.. **Diagnóstico do estresse hídrico na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite**. 2015. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Meio Ambiente, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. O.. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [s.l.], v. 10, n. 3, p. 219-228, Set. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522005000300006>.

LIMA, A. C.. **Plano diretor a cidade – in Goiânia** - Serviço Gráfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, p 45 - 56, 1942

MARTINS, K. F. S. O.. **Impactos ao meio ambiente e a saúde decorrentes do descarte de pilhas e baterias portáteis em Goiânia – GO**. 2018. 42 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais e Saúde, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2018.

MEDEIROS, A. C.; LIMA, M. O.; GUIMARÃES, R. M.. Avaliação da qualidade da água de consumo por comunidades ribeirinhas em áreas de exposição a poluentes urbanos e industriais nos municípios de Abaetetuba e Barcarena no estado do Pará, Brasil. **Ciência**

& Saúde Coletiva, [s.l.], v. 21, n. 3, p. 695-708, Mar. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232015213.26572015>.

MORAIS, C. R.; CARVALHO, S. M.; ARAUJO, G. R.; SOUTO, H. N.; BONETTI, A. M.; MORELLI, S.; CAMPOS JÚNIOR, E. O.. Assessment of water quality and genotoxic impact by toxic metals in *Geophagus brasiliensis*. **Chemosphere**, [s.l.], v. 152, p. 328-334, jun. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.03.001>.

OMS – Organização Mundial de Saúde. **Ending Preventable Child Deaths from Pneumonia and Diarrhoea by 2025, The integrated Global Action Plan for Pneumonia and Diarrhoea (GAPPD)**, França. 2013.

OMS – Organização Mundial de Saúde. **A global overview of national regulations and standards for drinking-water quality**. Genebra; 2018. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE - **Drinking-water 14 june 2019, recuperado em 25 de novembro de 2019**. em <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.

PAIVA, R. F. P. S.; SOUZA, M. F. P.. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, [s.l.], v. 34, n. 1, p. 1-11, 5 fev. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00017316>.

PIRES, N.; MUNIZ, D.; KISAKA, T.; SIMPLICIO, N.; BORTOLUZZI, L.; LIMA, J.; OLIVEIRA-FILHO, E.. Impacts of the Urbanization Process on Water Quality of Brazilian Savanna Rivers: the case of Preto River in Formosa, Goiás State, Brazil. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, [s.l.], v. 12, n. 9, p. 10671-10686, Ago. 2015. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph120910671>

RAMOS, M. A. G.. **Avaliação da qualidade da água dos rios Jaguari e Atibaia por meio do índice de qualidade da água –**. 2015. 177 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Biológicas - Microbiologia Aplicada, Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Rio Claro, 2015.

RODRIGUES, I. R.; GERALDES, M. C.; FERREIRA, A. A.; SALOMÃO, M.S.; ANVERSA, S. V.. Analysis of the water quality index of the Negro and Resende rivers in Duas Barras

district, Rio de Janeiro (Brazil). **Journal of Sedimentary Environments**, [s.l.], v. 3, n. 2, p. 121-130, 29 jun. 2018. Universidade de Estado do Rio de Janeiro. <http://dx.doi.org/10.12957/js>

RUBIN, J. C. R.. **Sedimentação quaternária, contexto paleoambiental e interação antrópica nos depósitos aluviais do alto rio Meia Ponte – Goiás/GO**. 2002. 2 v. Tese (Doutorado) - Curso de Geociências, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista - Unesp, Rio Claro, 2002

RUBIN, J. C. R., OLIVEIRA, A. M. S., SAAD, A. R., BRITO, G. S.. Amostragem dos depósitos tecnogênicos associados ao rio Meia Ponte na área urbana de Goiânia-GO. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 9, n. 2, 2008. p. 3-14.

SANEAGO – Saneamento de Goiás S. A.. Estação de Tratamento de esgoto Dr Hélio Seixo de Brito. <https://www.saneago.com.br/2016/index.php#esgoto> acessado em 02/09/2019 as 20:39

SANTOS, P.P.. **Indicadores Bacteriológicos de Poluição e sua Relação com Parâmetros Físico-Químicos em Água de Abastecimento Humano, Antes e Após o Tratamento, em Goiânia**. 2010. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências da Saúde, Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010

SECIMA-GO – **Relatórios consolidados Geral 2013 - Laboratório Leolídio de Ramos Caiado**. Goiânia 2013.

SECIMA-GO – **Relatórios consolidados Geral 2014 - Laboratório Leolídio de Ramos Caiado**. Goiânia 2014.

SECIMA-GO – **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Goiás**. Goiânia 2015.

SECIMA-GO – **Relatórios consolidados Geral 2015 - Laboratório Leolídio de Ramos Caiado**. Goiânia 2015.

SECIMA-GO – **Relatórios consolidados Geral 2016 - Laboratório Leolídio de Ramos Caiado**. Goiânia 2016.

SECIMA-GO – **Relatórios consolidados Geral 2018 - Laboratório Leolídio de Ramos Caiado**. Goiânia 2018.

SILVA, E. S.. **Depósitos tecnogênicos construídos na bacia do ribeirão Anicuns – Goiânia: Implicações ambientais e de saúde**. 2008. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais e Saúde, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2008.

SILVA, P. R. G. V. F.. **Avaliação da qualidade da água do córrego Vaca Brava, Goiânia – Goiás: Contribuições para ciências ambientais e saúde**. 2017. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais e Saúde, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2017.

SILVA, P. R. G. V. F.; RUBIN, J. C.R.. Avaliação da Qualidade da Água do Córrego Vaca Brava: contribuições para Ciências Ambientais e Saúde. **Estudos Vida e Saúde**, [s.l.], v. 45, n. 1, p. 26-38, Fev. 2018. Pontifícia Universidade Católica de Goiás - PUC Goiás. <http://dx.doi.org/10.18224/evs.v44i0.6045>

SILVA NETO, J. B.; SILVA JUNIOR, M. G.; UCKER, F. E.; ALONSO, R. R.P.; LIMA, M. L.. Diagnósticos dos recursos hídricos: disponibilidade e demanda para a região metropolitana de Goiânia. **Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia**. v. 8, n 8, p.149-167, 2015.

SUTADIAN, A. D.; MUTTIL, N.; YILMAZ, A. G.; PERERA, B. J. C.. Development of river water quality indices—a review. **Environmental Monitoring And Assessment**, [s.l.], v. 188, n. 1, p. 58-86, Dez. 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-015-5050-0>.

TREVETT, A. F.; CARTER, R. C.; TYRREL, S. F.. The importance of domestic water quality management in the context of faecal–oral disease transmission. **Journal of Water And Health**, [s.l.], v. 3, n. 3, p. 259-270, Set. 2005. IWA Publishing. <http://dx.doi.org/10.2166/wh.2005.037>.

VIANA, J. A., VAZ-SILVA, W., FEITOSA, D.T.. Epidemiological profile of dengue in the municipality of Augustinópolis, state of Tocantins, Brazil. **International Journal of Development Research**. v. 8, n.11, p. 24089-24091. 2018.

VIANA, J. A., VAZ-SILVA, W., FEITOSA, D. T., CASTILHO, L. A. C., CARNEIRO, A. M. C. T., FEITOSA, M. O., FONSECA, F. L. A., SANTANA, M. D. O.. Epidemiological analysis of dengue, zika and chikungunya fever in the municipality of Augustinópolis, state of Tocantins, Brazil. **International Journal of Development Research**. v. 8, n. 11, p. 24381-24383, 2018.

VILLAS-BOAS, M. D.; OLIVERA, F.; AZEVEDO, J. P. S.. de. Assessment of the water quality monitoring network of the Piabanha River experimental watersheds in Rio de Janeiro, Brazil, using autoassociative neural networks. **Environmental Monitoring And Assessment**, [s.l.], v. 189, n. 9, p. 439-453, Ago. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-017-6134-9>.

VON SPERLING, M.. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Editora UFMG. 3ª edição. Belo Horizonte, 2005.

VON SPERLING, M.. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Volume 1 da série Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Editora UFMG. 4a edição. 2014.

XAVIER, M. P.. **Depósitos tecnogênicos das regiões administrativas centro, leste e sul de Goiânia, Goiás: implicações ambientais e de saúde**. 2017. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais e Saúde, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2017.