

ESTUDO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DA PAMPULHA / BELO HORIZONTE-MG

Karolliny Danielle Santos¹
Suelen de Castro²
Samuel Ribeiro do Valle Junior²
Gabriel Tadeu Silveira²

RESUMO

A poluição dos corpos hídricos, decorrente, por exemplo, da degradação da matéria orgânica presente em esgotos domésticos, representa um efeito negativo tanto para sociedade em geral quanto para a manutenção da vida aquática nestes ambientes. O monitoramento de um ambiente aquático é importante para diagnosticar a qualidade da água e os principais impactos responsáveis pela degradação do meio. Devido a importância da Lagoa da Pampulha para a cidade de Belo Horizonte MG, este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade das águas dessa lagoa, para o período entre os anos 2013 a início de 2020 por meio do cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) de quatro estações de monitoramento. Para isso, foram utilizadas informações sobre a água fornecidas pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). A partir da avaliação dos dados, foi constatado que apesar dos diversos processos de despoluição que a Lagoa passou durante 2013-2020, os valores obtidos para o IQA não se alteraram de forma significativa. Além disso, foi possível detectar os principais fatores responsáveis pela degradação da Lagoa. Espera-se com esse trabalho contribuir com a sociedade em geral, a fim de atender à necessidade social e ambiental de tecnologias voltadas à manutenção do meio ambiente, ao equilíbrio com a saúde humana.

Palavras-Chave: Índice da qualidade da água, Lagoa da Pampulha, Poluição

ESTUDY OF THE QUALITY OF WATER IN PAMPULHA LAKE / BELO HORIZONTE-MG

ABSTRACT

The pollution in water bodies, due to the degradation of organic matter present in domestic sewage, for example, represents a negative effect on society in general and on the maintenance of aquatic life in these environments. The monitoring of an aquatic environment is important to diagnose water quality and the main impacts responsible for the degradation of the environment. Due to the importance of Pampulha Lake for the city of Belo Horizonte in state of Minas Gerais in Brazil, this work aims to evaluate the water quality in Pampulha Lake, for the period from 2013 to early 2020 by calculating the Water Quality Index (WQI - IQA) of four monitoring stations. For this, data provided by the Minas Gerais Water Management Institute (IGAM) were used. From the evaluation of these data, it was found that despite the various depollution processes that the lake went through during 2013-2020, the values obtained for the IQA did not change significantly. In addition, it was possible to indicate the main factors responsible for the degradation of the lake. This work is expected to contribute to society in general, in order to meet the social and environmental need for technologies aimed at maintaining the environment, balancing human health.

Keywords: Water quality index, Pampulha Lake, Pollution

Recebido em 15 de abril de 2021. Aprovado em 30 de abril de 2021.

¹ Doutora e mestre em Engenharia de Produção pela UFMG e graduada em Licenciatura Plena em Matemática pela Unimontes.

² Universidade do Estado de Minas Gerais

INTRODUÇÃO

O aumento populacional e a urbanização sem planejamento adequado têm comprometido os recursos naturais, contribuindo com o aumento nos níveis de poluição da água, do ar e do solo. O lançamento de esgoto sem tratamento prévio em rios e lagos pode ser considerado uma das principais causas da poluição, pois compromete a qualidade da água não apenas no local onde o esgoto é despejado, mas em toda bacia hidrográfica.

Normalmente, um rio é habitado por bactérias, peixes de várias espécies, algas e outros seres aquáticos. Porém, quando este ambiente aquático recebe esgoto, outras bactérias que até então não faziam parte deste meio passam a habitá-lo, causando alterações em sua composição e podendo torná-lo inutilizável. Em alguns casos essa situação é preocupante, pois essas bactérias podem causar doenças às pessoas e/ou animais que beberem ou estiverem em contato com a água (FAN, 2016; MACHADO, 2019; LIMA, 2010; ALMEIDA, 2010).

A água é um dos recursos vitais para os seres vivos, desempenhando um papel de extrema importância na qualidade de vida. A Lagoa da Pampulha foi inaugurada em 1938 no município de Belo Horizonte, Minas Gerais. Sendo um reservatório artificial, foi projetada inicialmente com o objetivo de ampliar o abastecimento de água da região norte da cidade, amortecer enchentes e transformar seu entorno em um atrativo tanto turístico, quanto de lazer para sua população (IGAM, 2013; GUIMARÃES, 2016). Atualmente, a bacia da Lagoa da Pampulha é em grande parte urbanizada e devido a deterioração contínua de suas águas, diversos programas e projetos são desenvolvidos para a sua despoluição.

Em 2016, a Lagoa da Pampulha tornou-se Patrimônio Mundial da Organização das Nações Unidas, na sua orla encontra-se um conjunto arquitetônico de grande importância cultural. Assim, dada a importância da Lagoa da Pampulha para a cidade de Belo Horizonte e região, o objetivo do presente estudo é apresentar o resultado do monitoramento das águas da Lagoa entre os anos de 2013 a 2020 e avaliar sua qualidade através dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, conforme padrões estabelecidos pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Por fim, pretende-se calcular os valores do Índice de Qualidade da água (IQA) e verificar os impactos dos programas de despoluição ocorridos entre 2013-2020 nos valores IQA.

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição da área de estudo

A Lagoa da Pampulha é um reservatório artificial, integra a bacia do ribeirão das onças, que deságua no Rio das Velhas no município de Santa Luzia. É constituída por 40 cursos de água, onde 70% do volume da água despejado na Lagoa provém dos córregos Ressaca e Sarandi, donde também, provém a maior porcentagem de poluição da Lagoa (IGAM, 2013; RIDOLFI, 2016).

Em 1954, houve o rompimento da Lagoa da Pampulha no município de Belo Horizonte, causando danos materiais e a proliferação de doenças, como a esquistossomose, devido ao grande número de caramujos. Com este rompimento sua capacidade volumétrica diminuiu de 18 milhões de m³ para 13 milhões de m³. Atualmente, sua área é de 97 km² dividida entre o município de Belo Horizonte (45%) e Contagem (55%) (IGAM, 2013; ALKMIM, 2012; LAMBERTUCCI, 1987).

A poluição da Lagoa da Pampulha foi uma das consequências mais alarmantes da urbanização que se iniciou em 1970, pois essa passou por um forte processo chamado de eutrofização, causado pelo excesso de nutrientes químicos descartados no esgoto, como

nitrogênio e fósforo, causando o crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas (RIDOLFI, 2016).

No início da década de 1980, depois de seguidas florações de cianobactérias, além de uma série de fatores, dentre eles, o adensamento urbano, retirada de cobertura vegetal no solo dos arredores, descarga de dejetos urbanos e industriais e carência de infraestrutura no saneamento a Lagoa perdeu sua função de abastecimento público (IGAM, 2013; GUIMARÃES, 2016). Na década de 1990 o assoreamento na represa se intensificou a tal ponto que seu tempo de vida foi estimado à época em aproximadamente 20 anos se tal cenário fosse continuado.

Dessa forma, na expectativa de reverter o quadro de degradação e garantir a existência e funcionalidade da Lagoa, foi implementado no ano de 1998 o Programa de Recuperação Ambiental da Bacia da Pampulha – (PROPAM). Iniciaram-se investimentos para a limpeza paliativa na Lagoa da Pampulha e 200 toneladas de lixo foram retiradas. Outra limpeza ocorreu em 2004 sendo removido 2 mil toneladas de sujeira (FERREIRA, 2013).

Já em julho de 2013, iniciou-se outro projeto de despoluição da Lagoa, ocorrendo o desassoreamento juntamente com a limpeza física e química da água. Porém, mesmo com essas ações para a despoluição da Lagoa, o nível de poluição das suas águas não estabilizou, isso porque os cursos de água que formam a Lagoa não pararam de receber dejetos urbanos e industriais (FERREIRA, 2013). Assim, mesmo com a criação do PROPAM e da ETAF (Estação de tratamento de Águas Fluviais) na confluência dos córregos Ressaca e Sarandí em 2003, não houve significativas alterações em relação a poluição (FURTADO, 2019).

Em 2016, a UNESCO incluiu o Conjunto Moderno da Pampulha (que são, a lagoa, a orla e mais quatro edifícios: Igreja de São Francisco de Assis, museu da Pampulha, Casa do Baile e o Iate Clube) como Patrimônio Mundial da Organização das Nações Unidas. Com isso, a partir deste ano até o ano de 2019 intensificou-se a despoluição da Lagoa com objetivo de mudá-la do nível em que se encontrava, classe 4, para um nível melhor, classe 2, classes essas estabelecidas pela CONAMA, para que houvesse a permissão de esportes aquáticos e até mesmo mergulhos. Porém, ao atingirem a classe 3 reformularam o objetivo, com ideia agora de continuarem os trabalhos de despoluição para a manutenção do lago na classe 3 (FURTADO, 2019; CONAMA, 2005; BELO, 2020).

De acordo com a resolução CONAMA 357/2005, as águas doces são classificadas em cinco classes, dentre elas se encontram: Classe especial, podendo ser utilizada para consumo humano após uma simples desinfecção; classe 1, utilizada para recreação de contato primário como natação e mergulho, consumo humano após tratamento simplificado e irrigação de hortaliças; classe 2, utilizada para consumo humano após tratamento convencional, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças, plantas, parques, jardins e campos de esporte e lazer, agricultura e atividade de pesca; classe 3 utilizada para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; irrigação a culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; pesca amadora e recreação de contato secundário e classe 4 utilizada para navegação e harmonia paisagística.

Coleta de dados

Para realizar este trabalho foram utilizados dados sobre os parâmetros físicos (temperatura, sólidos dissolvidos e turbidez), químicos (oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio amoniacal, pH e fósforo total) e biológicos (bactérias coliformes) fornecidos pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) das estações de monitoramento PV 240, PV 235, PV 230 e PV 180 (Figura 1) entre março de 2013 e março de 2020, exceto no ano de 2017. Em 2017, nas estações PV 240, PV 235 e PV 230 as amostras foram coletadas no mês de fevereiro e em setembro no ponto PV 180. As estações PV 240,

PV 235, PV 230 e PV 180 localizam-se na Lagoa da Pampulha próximo ao vertedouro, em frente à igreja São Francisco, próximo a ilha dos amores e no córrego AAB antes de sua foz na lagoa, respectivamente.

Figura 1: Mapa da Lagoa da Pampulha indicando as estações onde foram realizados os monitoramentos. PV 240- Lagoa da Pampulha próximo ao vertedouro, PV 235- Lagoa da Pampulha em frente à igreja São Francisco, PV 180- Córrego AAB antes de sua foz na Lagoa da Pampulha e PV 230- Lagoa da Pampulha próximo a ilha dos Amores.



Análise de dados

O IQA foi desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF) dos Estados Unidos, aonde vários especialistas da área ambiental se uniram e selecionaram parâmetros relevantes que indicam, em sua maioria, o nível de contaminação nas águas causada pelo lançamento de esgotos domésticos. Neste trabalho, ele foi calculado por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros mostrados na Tabela 1 elevados ao peso (w) definido de acordo com a importância de cada parâmetro para a classificação da qualidade da água, utilizando-se a seguinte equação (das Águas, 2017):

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i} \quad (\text{Equação 01})$$

onde q_i é a qualidade do i -ésimo parâmetro obtido através da curva média específica de qualidade e w_i é o peso correspondente à i -ésima variável, onde seu valor varia entre 0 e 1. O valor do IQA varia de 0 a 100, sendo dividido em quatro categorias, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 1: Parâmetros utilizados no IQA.

Parâmetro	Peso- w_i
Oxigênio dissolvido – OD (%ODSat)	0,17
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	0,15
pH	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio – DBO (mg/L)	0,10
Nitratos (mg/L NO ₃ ⁻)	0,10
Fosfato total (mg/L PO ₄ ⁻²)	0,10
Varição da temperatura (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Resíduos totais (mg/L)	0,08

Fonte: Extraído de das Águas (2017).

Tabela 2: Classificação do IQA utilizada no estado de MG.

Nível de Qualidade	Faixa
Ótima	90 IQA ≤ 100
Boa	70 IQA ≤ 90
Razoável	50 IQA ≤ 70
Ruim	25 IQA ≤ 50
Péssima	0 ≤ IQA ≤ 25

Fonte: Extraído de das Águas (2017).

O IQA foi calculado neste trabalho através dos valores de oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitratos, fosfato total, temperatura, turbidez e resíduos totais fornecidos pelo IGAM.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do monitoramento das diversas variáveis das águas da Lagoa da Pampulha (período de 2013 a de 2020) permitiram analisar os parâmetros físicos, químicos e biológicos que compõe o IQA (Tabela 1) das estações PV 240; PV 235; PV 230 e PV 180.

Coliformes termotolerantes

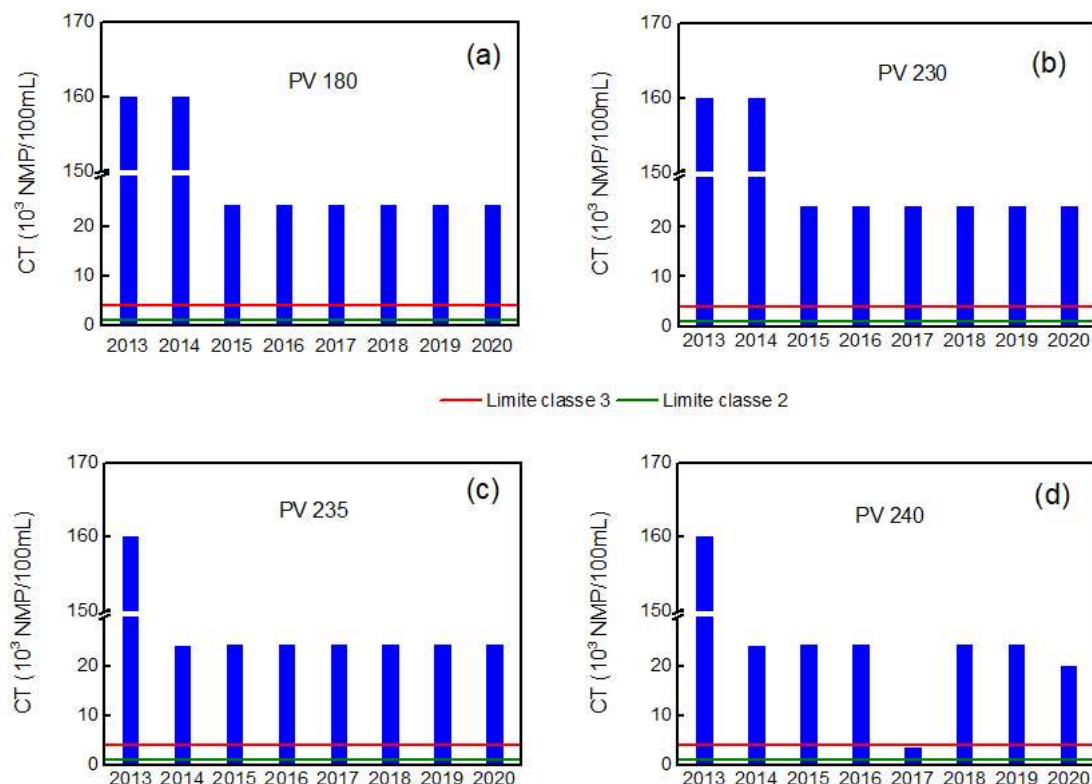
Os coliformes termotolerantes (CT) são bactérias que pertencem ao grupo dos coliformes totais e indicam o grau de contaminação da água ou solos por fezes humanas e/ou animais. Elas habitam naturalmente o intestino dos homens e animais de sangue quente, e vive em uma espécie de simbiose, aonde tanto a bactéria como o humano ou animal se auxiliam mutuamente. Porém, a ingestão ou aumento dessa bactéria no organismo em certas quantidades, pode causar um desequilíbrio orgânico, tendo como efeito o surgimento de algumas doenças, como infecções no trato urinário e digestivo (REGO, 2010).

De acordo com a Resolução CONAMA 2005 a concentração máxima permitida para os coliformes termotolerantes na água, que não seja para o uso de recreação de contato primário, é de 1000 NMP/100ml para a classe 2 e de 4000 NMP/100ml para a classe 3. Conforme observa-se na Figura 2, todas os pontos em análise, exceto PV 240 em 2017, mostram valores de CT bem acima do estabelecido pelo CONAMA para as classes 2 (linha verde) e 3 (linha vermelha). Apesar da alta concentração de coliformes fecais nessas águas, os valores de CT apresentam uma queda entre os anos de 2014 e 2015. Em julho de 2013, como mencionado

anteriormente, a Lagoa da Pampulha passou por um processo de despoluição, o que provavelmente ocasionou a queda observada na concentração de coliformes termotolerantes.

Considerando os resultados apresentados, pode-se dizer que até o início de 2020 as águas da Lagoa da Pampulha, pelo menos nos pontos analisados, encontravam-se fora do limite estabelecido pelo CONAMA para a classe 2 e 3 e eram consideradas imprópria, pois, segundo a resolução CONAMA 247/2000 as águas são consideradas impróprias se a CT for superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes).

Figura 2: Concentração de coliformes termotolerantes (CT) entre os anos de 2013 e 2020 para as estações (a) PV 180, (b) PV 230, (c) PV 235 e (d) PV 240.

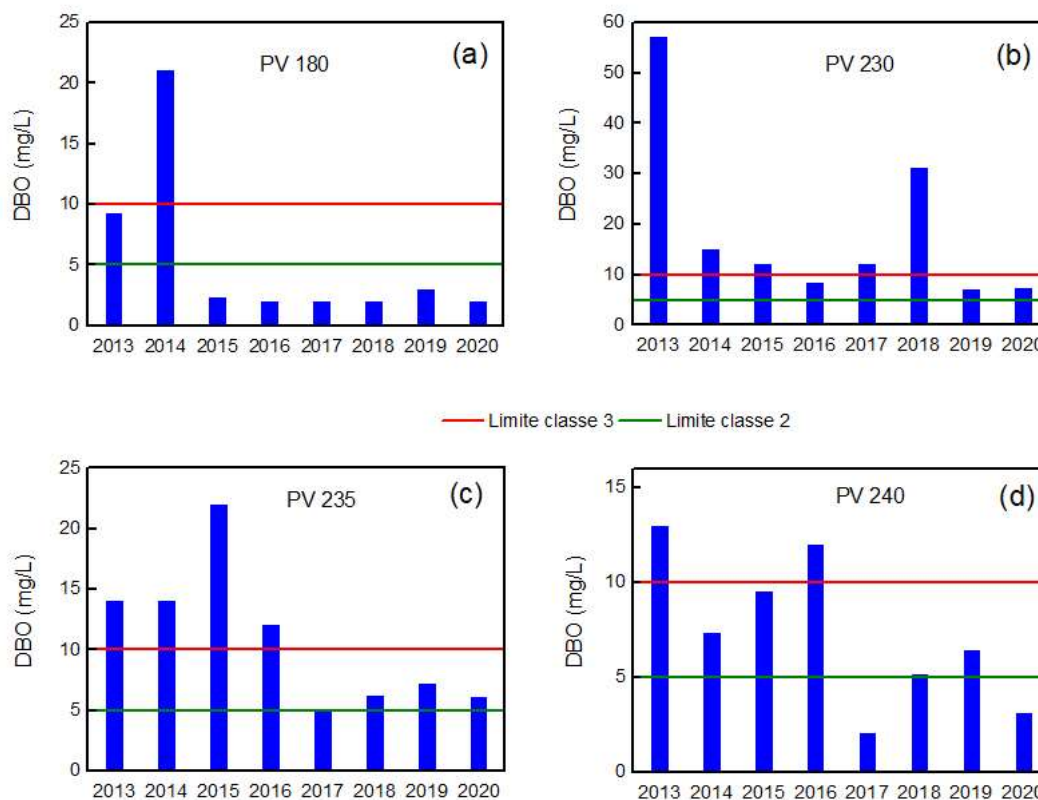


Demanda Bioquímica de Oxigênio

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) determina indiretamente a concentração de matéria orgânica biodegradável, pois é a quantidade de oxigênio consumida por microrganismos presentes na água. Assim, quanto maior for a DBO maior a poluição nas águas, pois grandes quantidades de matéria orgânica utilizam grandes quantidades de oxigênio para a decomposição (VALENTE, 1997).

De acordo com os limites estabelecidos pelo CONAMA 2005, os corpos hídricos de água doce são enquadrados na classe 2 ou 3 se os valores de DBO não forem maiores que 5 mg/L ou 10 mg/L, respectivamente. Assim, como pode-se observar na Figura 3, todos os pontos em estudo encontram-se na classe 3 desde 2019. No decorrer dos anos pode-se perceber uma redução nos valores médios de DBO. Na estação PV 230, por exemplo, foi de 57 mg/L em 2013 para 7,4 mg/L em 2020. Esta redução pode estar associada aos diversos processos de despoluição que a Lagoa passou desde o ano 2013.

Figura 3: Demanda bioquímica de oxigênio entre os anos de 2013 e 2020 para as estações (a) PV 180, (b) PV 230, (c) PV 235 e (d) PV 240.

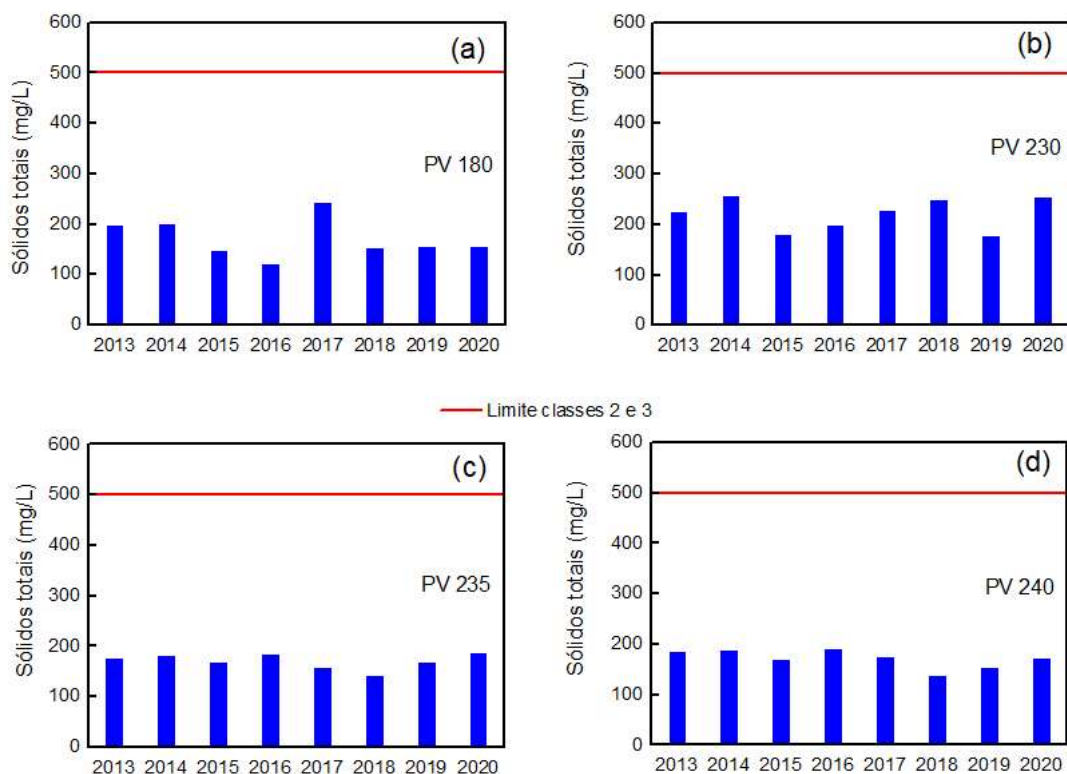


Sólidos Dissolvidos Totais

Sólidos dissolvidos totais (SDT) neste caso representam matéria com diâmetro menor que 1 μm e que permanecem em solução após a filtragem. É um medidor da quantidade de sais inorgânicos e matéria orgânica dissolvidos na água. Os sais orgânicos provenientes tanto da poluição humana, como também da natureza, não afetam a qualidade da água a partir da quantidade, e sim de quais sais orgânicos que ali se encontram, podendo ser elementos nocivos como Ferro, Manganês, Sulfato, Brometo e Arsênico. Os valores de STD refletem a influência de lançamento de esgoto, além de afetar a qualidade organoléptica da água (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006; BRASIL, 2014).

A concentração de sólidos dissolvidos totais de acordo com o CONAMA 2005 não deve ultrapassar 500 mg/L para as Classes 2 e 3. A Figura 4 mostra que os valores de STD obtidos em todas as estações analisadas ao longo dos anos não ultrapassaram o limitado pela resolução, sendo em média duas vezes menor.

Figura 4: Concentração de Sólidos dissolvidos totais entre os anos de 2013 e 2020 para as estações (a) PV 180, (b) PV 230, (c) PV 235 e (d) PV 240.

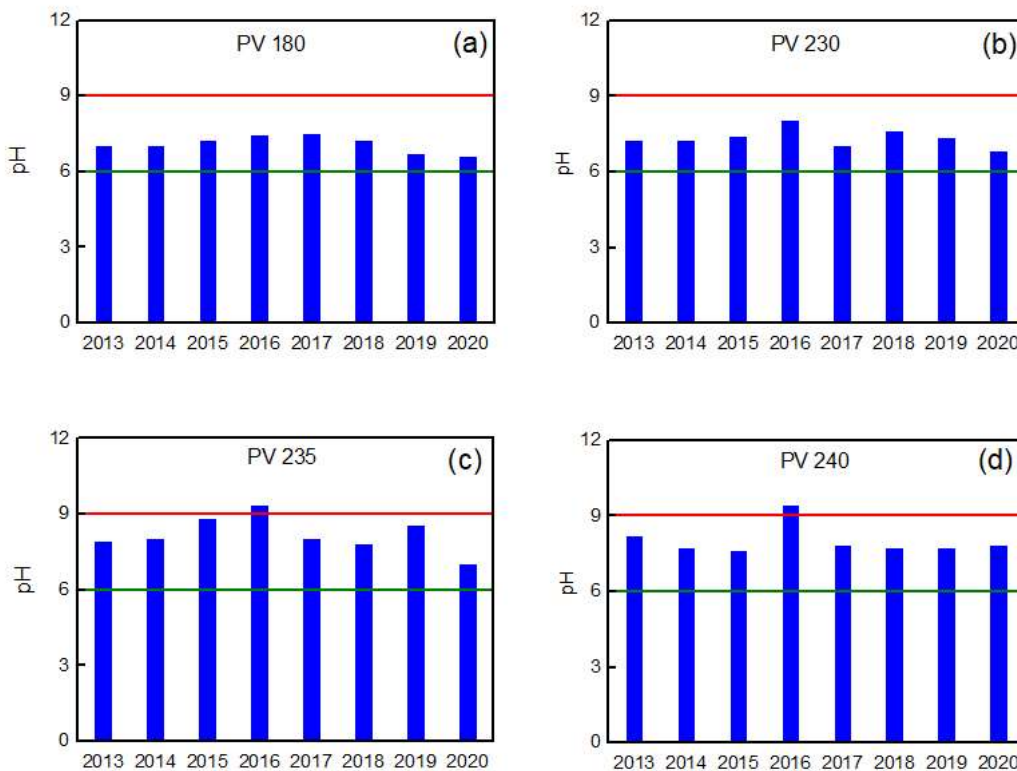


Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH determina a concentração de íons de Hidrogênio (H^+) no meio, podendo variar de 0 a 14. Os valores entre 0 e 7 caracterizam meio ácido, o valor 7 indica um meio neutro e valores maiores que 7 são para meio alcalino (BROWN, 2004). Ele interfere diretamente nos seres vivos presentes nas águas, podendo ir de 6 (pH pouco ácido) a 9 (pH muito básico), para não haver um prejuízo a esses seres vivos (DAS ÁGUAS, 2017; BRASIL, 2014). Além disso, de acordo com a portaria de consolidação n° 5 de 2017 recomenda-se que o pH da água potável seja mantido entre 6,0 e 9,5 (BRASIL, 2017).

A Figura 5 mostra que, exceto em 2016 nas estações PV 235 e PV 240, os valores obtidos de pH entre 2013 e 2020, ficaram dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA para rios de classe 2 e 3.

Figura 5: Variação do pH entre os anos de 2013 e 2020 para as estações (a) PV180, (b) PV230, (c) PV235 e (d) PV240.



Nitrogênio amoniacal

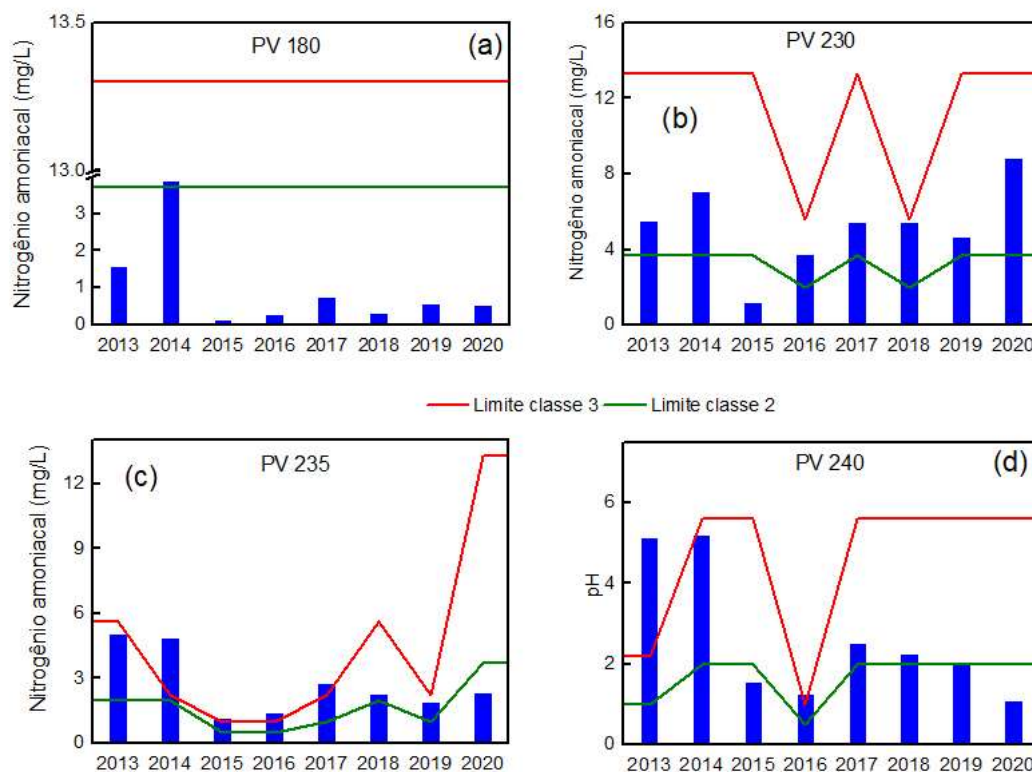
Nitrogênio amoniacal é um medidor da poluição orgânica na água. Quando lançado nos corpos hídricos através de efluentes sanitários domésticos e resíduos industriais, vira nutriente disponível para as plantas aquáticas, provocando assim o processo de eutrofização (MENDES, 2019). Os valores de nitrogênio amoniacal para as classes 2 e 3, de acordo com a resolução do CONAMA 2005, variam de acordo com o pH da água, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3: limites de nitrogênio amoniacal (N. amoniacal) para as classes 2 e 3 de acordo com o pH (CONAMA, 2005).

Classe 3		Classe 2	
pH	N. amoniacal (mg/L)	pH	N. amoniacal (mg/L)
$\leq 7,5$	13,3	$\leq 7,5$	3,7
7,5 a ≤ 8	5,6	7,5 a ≤ 8	2
8 a $\leq 8,5$	2,2	8 a $\leq 8,5$	1
8,5	1	8,5	0,5

Na Figura 6 observa-se que os valores de nitrogênio amoniacal nas estações PV 180 e PV 230 e PV 235 e P V240 encontram dentro do estabelecido pelo CONAMA para águas de classe 3 desde 2013 e 2018, respectivamente. E, exceto o ponto PV 230, em 2020 todos encontram-se dentro da classe 2.

Figura 6: Concentração de Nitrogênio amoniacal entre os anos de 2013 e 2020 para as estações (a) PV180, (b) PV230, (c) PV235 e (d) PV240.

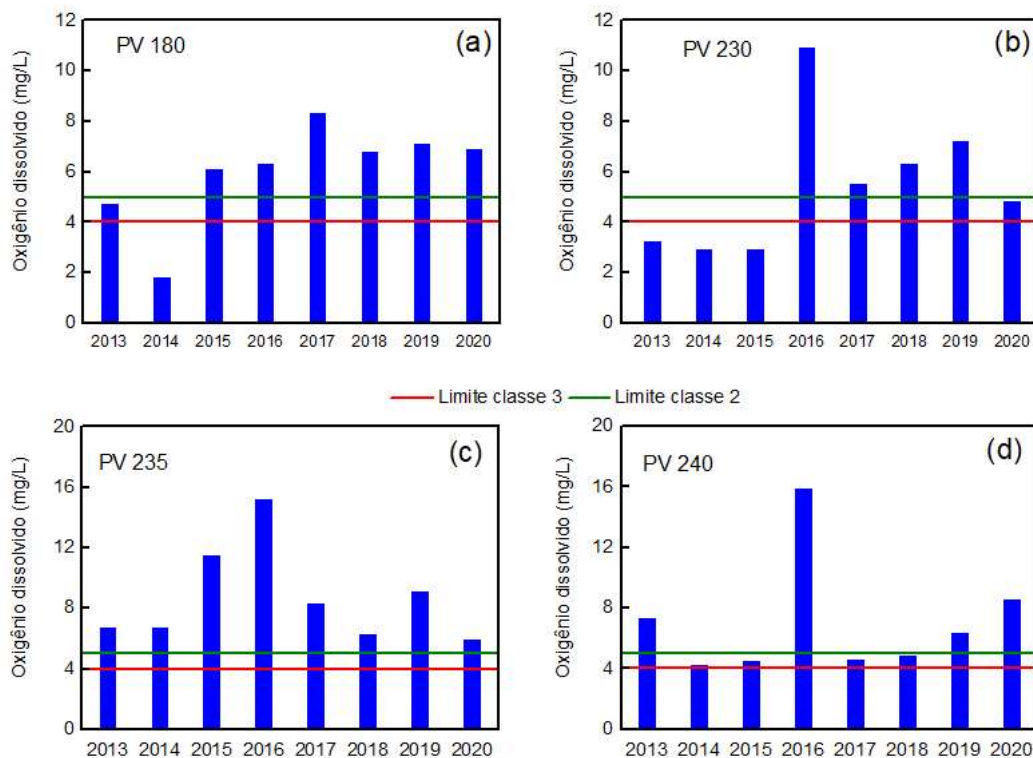


Oxigênio Dissolvido

Oxigênio dissolvido (OD) é um fator primordial para sustentação da vida na água, uma vez que os sistemas aquáticos produzem e consomem oxigênio, quanto mais oxigênio dissolvido, melhor é o meio para a sustentação de vida, seja ela microrgânica ou animal. Quanto menor a concentração de oxigênio dissolvido, mais poluída se encontram as águas, influenciando diretamente na biodiversidade aquática (VALENTE, 1997; PINTO, 2010).

De acordo com o CONAMA 2005, para que o corpo hídrico de águas doce seja enquadrado na classe 2 e 3 a concentração de oxigênio dissolvido mínima deve ser de 5 mg/L e 4 mg/L, respectivamente. Em todos os pontos analisados a concentração de OD apresentou-se acima do mínimo para classe 3 desde 2016 (Figura 7). Atualmente, 2020, exceto pela estação PV 230, as águas já se encontram na classe 2, indicando uma boa oxigenação dela.

Figura 7: Concentração de oxigênio dissolvido entre os anos 2013 a 2020 para as estações (a) PV 180, (b) PV 230, (c) PV 235 e (d) PV 240.

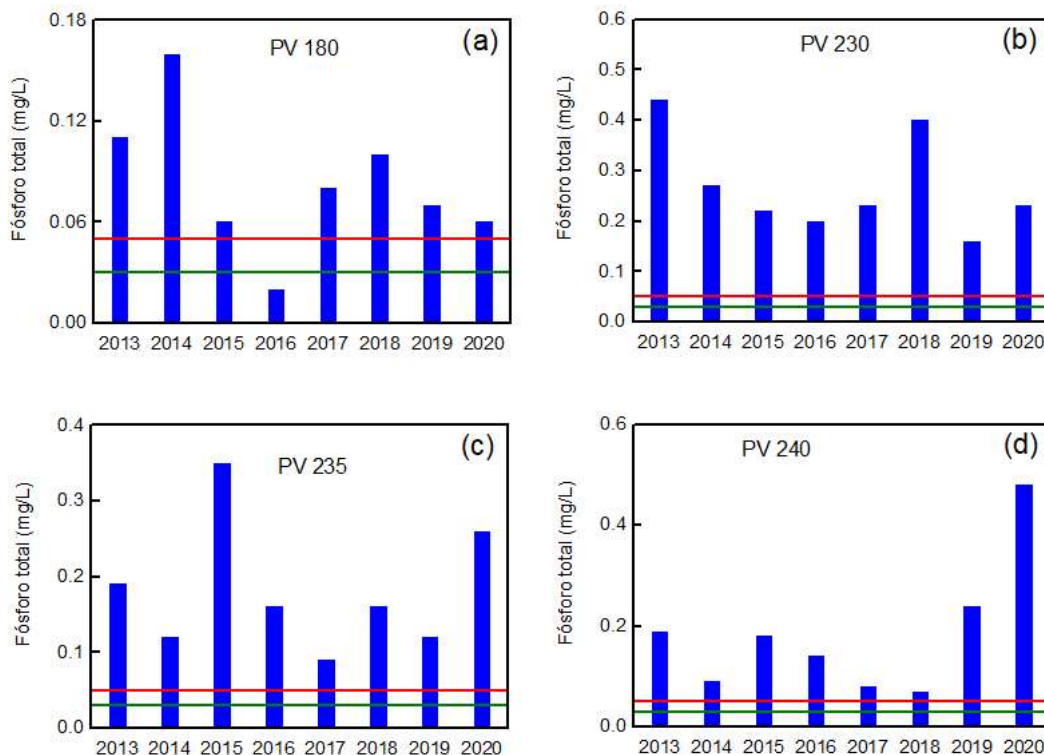


Fósforo Total

O fósforo pode ser proveniente de rochas e dos efluentes industriais e urbanos, se concentrando mais em esgotos domésticos devido a matéria fecal e ao uso de detergentes. Assim como o nitrogênio amoniacal, a presença de fósforo em altas quantidades, pode vir a causar a eutrofização, limitando e até mesmo esgotando o oxigênio para os organismos vivos presentes na água (DANELON, 2012).

Os valores de fósforo na Lagoa da Pampulha, como mostra a Figura 8, encontram-se acima do limite máximo estabelecido pelo CONAMA 2005 tanto para a classe 2 (0,03 mg/L) quanto para a classe 3 (0,05 mg/L). Exceto, pela estação PV 180, todos os outros apresentam valores de fósforos totais de pelo menos 4 vezes maior que o permitido para a classe 3. De acordo com Klein *et al.* (2012) o excesso de fósforo no meio pode causar impactos negativos na qualidade das águas, pois os fosfatos estimulam o crescimento de algas e plantas que interferem na utilização da água para beber ou até mesmo para recreação e podem causar a exterminação de peixes (KLEIN, 2012).

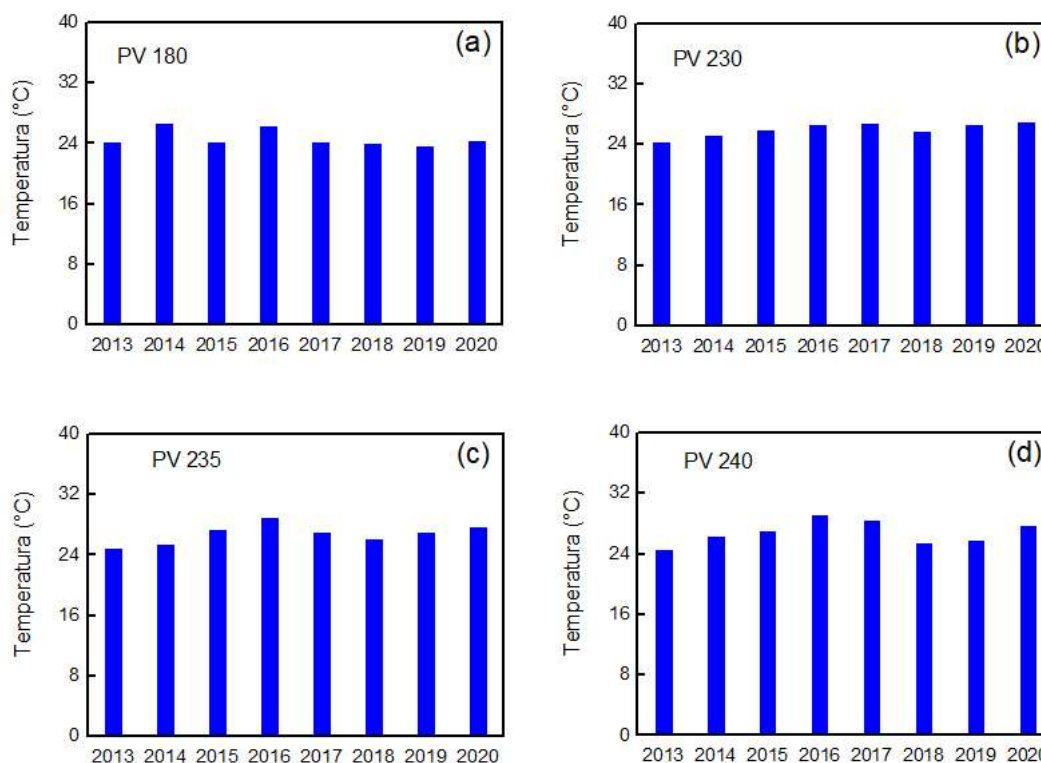
Figura 8: Variação da concentração de fósforo total entre os anos de 2013 e 2020 para as estações (a) PV 180, (b) PV 230, (c) PV 235 e (d) PV 240.



Temperatura

A variação de temperatura na água afeta diretamente os organismos aquáticos, causando grandes impactos em processos naturais, como reprodução e crescimento (DAS ÁGUAS, 2017). Não é estabelecido um limite mínimo ou máximo para essa variável pela legislação. Na Figura 9 observa-se que as águas na região da Lagoa da Pampulha apresentaram uma temperatura em torno de 24°C, entre os anos de 2013 a 2020. Dentro do valor esperado para ambientes aquático brasileiros que se encontram na faixa entre 20 °C a 30 °C (BRASIL, 2014).

Figura 9: Temperatura das águas entre os anos de 2013 e 2020 para as estações (a) PV 180, (b) PV 230, (c) PV 235 e (d) PV 240.

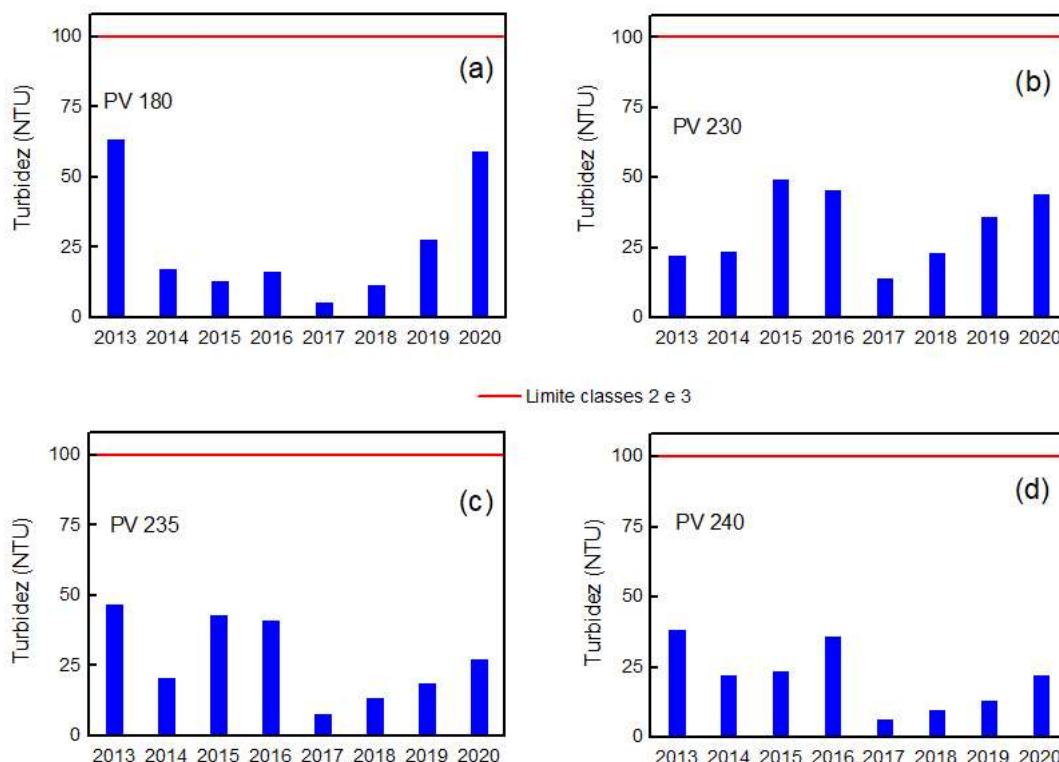


Turbidez

A turbidez indica o quanto um feixe de luz é atenuado por absorção e espalhamento ao atravessar a água. Essas alterações são causadas por partículas, principalmente materiais sólidos que se encontram em suspensão na água que provém de sua maioria das erosões do solo (PAVANELLI, 2001). Ela é expressa por uma unidade arbitrária, sendo normalmente utilizada a Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU) ou, simplesmente UT (unidade de turbidez). O aumento da turbidez numa água pode alterar características como cor, sabor e odor o que pode fazer com que a água se torne rejeitada para o consumo.

Pode-se observar na Figura 10 que os valores de turbidez nas águas da Lagoa da Pampulha estão abaixo do limite estabelecido pelo CONAMA 2005 para as classes 2 e 3 (100 NTU) em todos os anos da análise.

Figura 10: Turbidez entre os anos de 2013 e 2020 para as estações (a) PV 180, (b) PV 230, (c) PV 235 e (d) PV 240.



Índice de Qualidade de Água

Os valores obtidos nos cálculos do IQA calculados utilizando-se a equação 01 com os parâmetros mostrados anteriormente são apresentados na Tabela 4. Os valores encontrados mostram que as águas da Lagoa da Pampulha nos pontos PV 180 e PV 240, atualmente, são classificadas como ruim, e péssima em PV 230 e PV 235. Ao longo dos anos, apesar dos processos de limpeza sofridos pela Lagoa, os valores de IQA apresentaram uma variação pequena, não mais do que 15%, entre os anos de 2013 a 2020.

Tabela 4: Valores de IQA obtidos para as amostras de água da Lagoa da Pampulha.

Período	PV 180	PV 230	PV 235	PV 240
Mar/2013	31	19	26	26
Mar/2014	26	25	22	23
Mar/2015	29	21	20	22
Mar/2016	30	23	22	22
Fev/Set 2017	29	21	25	42
Mar/2018	29	12	24	25
Mar/2019	28	23	24	24
Mar/2020	29	20	23	30

Os diversos parâmetros apresentados neste trabalho indicam as características mais relevantes das águas. Ao considerá-los de forma integrada pode-se avaliar sua qualidade. As águas avaliadas neste estudo apresentam pH com valores recomendados para o consumo

humano (6,0 a 9,5). E de acordo com os valores de nitrogênio amoniacal, turbidez, sólidos dissolvidos totais, oxigênio dissolvido e DBO as águas da Lagoa da Pampulha nos quatro pontos em análise encontram-se dentro da classe 3.

Os valores de sólidos dissolvidos (Figura 4) e de turbidez (Figura 10) estão abaixo do limite máximo estabelecido pelo CONAMA 2005 para classificação da água dentro das classes 2 e 3 em todos os pontos. Os resultados baixos do IQA foram influenciados principalmente pela concentração de coliformes termotolerantes que apresentaram valores cerca de 5 vezes maiores que o limite estabelecido pelo CONAMA 2005 (4000 NMP/100ml para a classe 3) e pelos fósforos totais, na estação PV 240, por exemplo, os valores obtidos foram cerca de 10 vezes maiores que o máximo permitido para a classe 3 (0,05 mg/L). O IQA da estação PV 230 foi influenciado também pelo nitrogênio amoniacal que apresentou valor acima do permitido para a classe 2 e pelo oxigênio dissolvido que ficou abaixo do mínimo permitido para a classe 2.

Os valores de IQA obtidos no presente estudo estão de acordo com os obtidos por Ridolfi *et al.* (2016) em 2015 e por Silva *et al.* (2017). Os valores baixos de IQA observado pelos autores foram atribuídos a indícios de afloramento de algas que indicam a evolução no processo de eutrofização da lagoa e ao lançamento de esgoto doméstico. Mesmos fatores que interferiram nos baixos valores de IQA obtidos no presente trabalho.

CONCLUSÃO

Os valores de IQA obtidos dos cálculos realizados com os dados das coletas feitas pelo IGAM de março de 2013 a março de 2020 demonstram que a qualidade da água pode ser considerada ruim, nas estações PV 180 e PV 240 e péssima em PV 230 e PV 235, apesar dos diversos programas para a despoluição da Lagoa da Pampulha. Vários parâmetros físicos e químicos mostram que as águas da Lagoa se encontram em condições dentro do estabelecido legalmente para a classe 3. Porém, os altos valores de coliformes fecais obtidos indicam que as águas não são adequadas para serem utilizadas.

Devido aos altos valores de coliformes fecais obtidos, o lançamento de esgotos nas águas da Lagoa da Pampulha é, provavelmente, o fator que mais causa sua poluição, porém o IQA pode ser bastante influenciado por fatores sazonais. Dessa forma, para um melhor conhecimento das águas da Lagoa e assim, detectar os fatores que causam a sua poluição para desenvolver ações que visem a sua limpeza, faz-se necessário um monitoramento contínuo das suas águas.

AGRADECIMENTOS

Programa de Apoio a Projetos de Extensão da UEMG - PAEx/UEMG

REFERÊNCIAS

- ALKMIM, AR. *Avaliação da qualidade das águas superficiais da sub-bacia da Lagoa da Pampulha*. 2012.
- ALMEIDA, José Ricardo Ferreira de. *Modelagem matemática e simulação computacional para análise de dispersão de poluentes em um trecho do Rio Paraíba do Sul*. 2010.
- BELO, Isabela Cristina Bitencourt; Anna Cristina Magalhães Muniz; Iury Chrystian de Oliveira Assunção; Jeniffer Eduarda Fernandes Souza. *O estado atual da Lagoa da Pampulha e a sua implicação para o ecossistema e para a população local*. In *Anais do Congresso Nacional Universidade, EAD e Software Livre*, vol. 1, no. 11, 2020.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS*. (2014).

- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria da Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017. *Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde*. Brasília: Ministério da Saúde, 2017
- BROWN, Theodore L.; H. Eugene LeMay Jr; Bruce E. Bursten; Julia R. Burdge. *Química: a ciência central*. Pearson educação, 2004.
- CONAMA, Resolução. *Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, Resolução n 357, de 17 de março de 2005*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília 2005.
- DANELON, Jean Roger Bombonato; Fausto Miguel da Luz Netto; Silvio Carlos Rodrigues. *Análise do nível de fósforo total, nitrogênio amoniacal e cloretos nas águas do córrego Terra Branca no município de Uberlândia (MG)*. Revista Geonorte 3, no. 4. 2012: 412-421.
- DAS ÁGUAS, Portal da Qualidade. *Indicadores de qualidade-Índice de Qualidade das Águas (IQA)*. 2017.
- FAN, Fernando Mainardi; Juan Martin Bravo; Walter Collischonn. *Modelagem baseada em agentes para a simulação da dispersão de poluentes em cursos d'água*. Engenharia Sanitária e Ambiental 21, no. 4 (2016): 739-746.
- FERREIRA, Marcos Vinicius Martins. *Educação Ambiental na lagoa da Pampulha: avaliação metodológica dos projetos Pampulha Limpa e Pampulha Viva*. 2013.
- FURTADO, Ana Paula Fernandes Viana; Roberto César de Almeida Monte-Mor; Eduardo de Aguiar. *XXIII Simpósio brasileiro de recursos hídricos avaliação das ações de reabilitação da Lagoa da Pampulha em Belo Horizonte-MG*, 2019.
- GUIMARÃES, Ana Cláudia Pinto Dabés; Aldérico Marchi; Flávio Henrique Silva Franco. *VI-034- Avaliação do material dragado da Lagoa da Pampulha*, 2016.
- IGAM, Avaliação da qualidade das águas da Bacia da Lagoa da Pampulha: relatório / Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2013.
- KLEIN, Claudia; Sandra Aparecida Antonini Agne. *Fósforo: de nutriente à poluente*. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental 8, no. 8. 2012: 1713-1721.
- LAMBERTUCCI, José Roberto; Roberto Sena Rocha; Omar dos Santos Carvalho; Naftale Katz. *A esquistossomose mansonii em Minas Gerais*. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical 20, no. 1 1987: 47-52.
- LIMA, Anderson Dias. *Dispersão de poluentes num trecho urbano do rio Paraguai*. 2010.
- MACHADO, B. R.; D. Buske; T. Melo; G. J. Weymar; R. Klein. *Simulação de um modelo bidimensional transiente aplicado à dispersão de poluentes em um corpo hídrico* 2019.
- MENDES, Alesi Teixeira; Marcelo Mendes Pedroza. *Determinação da concentração de nitrogênio amoniacal pelo método de nessler*, 2019.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano*. 2006.
- PAVANELLI, Gerson. *Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada*. PhD diss., Universidade de São Paulo, 2001.
- PINTO, André Luiz; Gustavo Henrique de Oliveira; Gabrielle Alberta Pereira. *Avaliação da eficiência da utilização do oxigênio dissolvido como principal indicador da qualidade das águas superficiais da bacia do córrego Bom Jardim, Brasilândia/MS*. Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino1, no. 1 (2010): 69-82.
- REGO, Neylor Alves Calasans; Sízínio Rosa Barros; José Wildes Barbosa dos Santos. *Avaliação espaço-temporal da concentração de coliformes termotolerantes na Lagoa Encatada, Ilhéus, Bahia, Brasil*. REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA 4.1. 2010.
- RIDOLFI, Stéphano Diniz; Luiz Alfredo Possato. *Avaliação da qualidade da água da lagoa da Pampulha, Belo Horizonte-MG*. In XIII Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas. Setembro. 2016.

SILVA, Witan Pereira. *et al. Avaliação do enquadramento de lagos urbanos: Estudo de caso da Lagoa da Pampulha em Belo Horizonte / MG – Brasil*. Anais. XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (p. 1-9), Florianópolis, ABRH, 2017.

VALENTE, José Pedro Serra; Pedro Magalhães PADILHA; Assunta Maria Marques SILVA. *Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu-SP*. *Eclética Química Journal* 22, no. 1. 1997.