

## **ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA NO PERÍODO DE 2012 A 2015 DO RESERVATÓRIO DA UHE EMBORÇAÇÃO, MINAS GERAIS**

### **ANALYSIS OF WATER QUALITY FROM 2012 TO 2015 IN HPP'S RESERVOIR EMBORÇAÇÃO, MINAS GERAIS**

**Mariana Assunção<sup>1</sup>; Déborah Viana<sup>2</sup>; Elizabeth Ibrahim<sup>3</sup>**

- 1 Graduada em Ciências Biológicas - Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH, 2016. Belo Horizonte, MG. [mareassu@gmail.com](mailto:mareassu@gmail.com)
- 2 Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos - DESA/UFMG, 2014. Analista de meio ambiente na Brandt Meio Ambiente. Nova Lima, MG. [dviana@brandt.com.br](mailto:dviana@brandt.com.br)
- 3 Doutora em Ciência Florestal com ênfase em Ecologia – UFRV, 2005. Professora no Centro Universitário de Belo Horizonte, MG. [elizabeth.ibrahim@prof.unibh.br](mailto:elizabeth.ibrahim@prof.unibh.br)

Recebido em: 08/08/2016 - Aprovado em 22/11/2016: - Disponibilizado em: 27/012/2016

*RESUMO: Dentre as finalidades do aproveitamento da água, a geração de energia por meio de usinas hidrelétricas pode ser destacada como uma das mais relevantes e impactantes. Contudo, a implantação de um barramento implica em diversas alterações nos parâmetros físico-químicos e biológicos refletindo na qualidade da água. Considerando-se a região do Triângulo Mineiro como a de maior potencial hidráulico natural do estado, o presente estudo buscou analisar a evolução da qualidade da água na Usina Hidrelétrica Emborcação em Minas Gerais no período entre 2012 e 2015. Os dados de monitoramento limnológico disponibilizados no Sistema de Informação da Qualidade da Água dos Reservatórios da CEMIG – SISÁGUA foram comparados com os limites previstos na legislação vigente para cada parâmetro. Os resultados obtidos foram então relacionados com as formas de uso e ocupação do solo no entorno da bacia do Rio Paranaíba. Ademais, foram realizados os cálculos dos Índices de Estado Trófico e Índice de Qualidade das Águas. As análises mostraram que as desconformidades foram mais recorrentes no ano de 2012, que foi também o período de maior pluviosidade na região. Além da influência sazonal, foi verificado que o uso e ocupação do entorno da bacia do Rio Paranaíba tem grande influência na qualidade das águas do reservatório, bem como a composição geoquímica dos solos e rochas da região estudada. Dessa forma, concluiu-se que o monitoramento dos parâmetros de referência da qualidade das águas é bastante relevante e deve ser realizado periodicamente no intuito de compreender e fiscalizar os processos de modificação do ambiente no entorno da bacia.*

*PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da água. Usina Hidrelétrica. Emborcação.*

*ABSTRACT: Among the uses of water, the hydroelectric power generation can be highlighted as one of the most relevant and impactful. However, dam implantation involves in many amendments of physicochemical and biological parameters reflecting on water quality. Considering the Triangulo Mineiro region as the most natural hydraulic potential of the state, this study was about the analysis of water quality evolution in the power plant Emborcação in Minas Gerais in the period between 2012 and 2015. The limnological monitoring data available in the Information System of CEMIG Reservoirs' Water Quality – SISÁGUA were compared to the limits provided in the current legislation for each parameter. The obtained results were related to the land use in the surrounding area of the Rio Paranaíba basin. Furthermore, the Trophic State Index and Quality Water Index were calculated.*

*The results showed that nonconformities were more persistent in 2012, which was also a period of greater rainfall in the region. In addition to the seasonal influence, it was found that the surroundings use and occupation of the Rio Paranaíba Basin has great influence on the quality of the reservoir water, as well as the geochemical composition of soil and rocks from the region of the study. Thus, it was concluded that the monitoring of water is quite relevant and must be conducted periodically in order to understand and monitor the environmental modification processes surrounding the basin.*

**KEYWORDS:** Water quality. Hydroelectric Power plant. Emborcação.

## 1. INTRODUÇÃO

O aproveitamento da água para geração de energia elétrica se consolidou no Brasil, obedecendo à lógica determinada pela grande oferta de recursos naturais e pelo baixo custo de produção (AGOSTINHO et al., 2005). Em Minas Gerais, a região do Triângulo Mineiro apresenta o maior potencial hidráulico natural do estado (CEMIG, 2006), e é onde se insere a segunda maior usina hidrelétrica da Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG – ao longo do rio Paranaíba, a Usina Hidrelétrica Emborcação.

O reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Emborcação está localizado na região do alto curso do Rio Paranaíba, entre os Estados de Minas Gerais e Goiás, na bacia federal do Paraná e bacia estadual do Paranaíba, e possui um volume útil de 13,056 bilhões de m<sup>3</sup>.

A implantação de um barramento implica em alterações nos parâmetros físico-químicos e biológicos dos corpos hídricos, sendo estes parâmetros os que indicam a qualidade de suas águas.

De acordo com Tundisi (1985), reservatórios são sistemas de transição entre rios e lagos, com mecanismos de funcionamento específicos, dependentes da bacia hidrográfica e dos usos do sistema. Suas características morfométricas e sua posição na bacia hidrográfica fazem com que funcione como um acumulador de informações processadas dentro de sua bacia hidrográfica como uma das bases do desenvolvimento social e econômico.

Visando a interpretação dessas informações de forma a planejar e estabelecer propostas de manejo para uso atual e futuro dos recursos hídricos disponíveis, o monitoramento limnológico se torna uma importante ferramenta de gestão dos recursos hídricos. O monitoramento limnológico abrange tecnicamente a coleta periódica, associada à análise de dados e informações de qualidade da água, para propósitos de efetivo gerenciamento dos ecossistemas aquáticos (PARK et al., 2006).

Inserido nesse contexto, o monitoramento possibilita, entre outros, a realização de previsões sobre proliferação de algas e macrófitas aquáticas, mortalidade de peixes e queda da qualidade da água (depleção de oxigênio, acidez elevada, dentre outros (ESTEVES, 2011).

Portanto, o presente estudo visa a realização da análise de forma integrada e comparativa dos dados obtidos nos monitoramentos limnológicos realizados pela CEMIG, na UHE Emborcação entre o período de 2012 a 2015.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1. ÁREA DE ESTUDO

A Usina Hidrelétrica de Emborcação (Figura 1), oficialmente denominada Teodomiro Santiago, está localizada no curso superior do Rio Paranaíba, entre os Estados de Minas Gerais e Goiás, com casa de

força na margem esquerda, área do município de Araguari, no Triângulo Mineiro. Emborcação é a segunda maior usina da CEMIG, estando atrás apenas da UHE São Simão, também localizada no rio Paranaíba (CEMIG, 2006).

A construção da usina de Emborcação teve início em 1977 pela Construtora Andrade e Gutierrez, e suas operações iniciaram em 1982. Com uma potência instalada de 1192 MW, a usina opera com quatro unidades geradoras de 298 KW cada e seu reservatório tem um volume útil de 13,056 bilhões de m<sup>3</sup>. O reservatório possui uma área de 576 km<sup>2</sup> de espelho d'água e 1.211,4 km de perímetro no nível máximo; abrangendo faixas de terras dos municípios de Cascalho Rico, Grupiara, Douradoquara, Abadia dos Dourados, Araguari, Estrela do Sul e Monte Carmelo, à margem esquerda do reservatório, no Estado de Minas Gerais e Três Ranchos, Catalão, Ouidor e Davinópolis à margem direita do reservatório, no Estado de Goiás (CEMIG, 2006).

Na área do remanso do reservatório da UHE Emborcação, habitam em torno de 450.000 habitantes, distribuídos em 18 municípios. As principais atividades econômicas na região são mineração de minerais não metálicos, agropecuária e ramos da agroindústria (ANA, 2013). A região está inserida nos biomas do Cerrado e Mata Atlântica, encontrando-se bastante desmatada em função das atividades desenvolvidas em seu território. O clima na bacia é considerado semiúmido, com período seco durando entre quatro e cinco meses por ano, situando-se a disponibilidade hídrica entre 10 e 20 litros por segundo por quilômetro quadrado (IGAM, 2009).

A bacia do rio Paranaíba bacia é dividida em três Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH): PN1, que corresponde ao alto curso do rio Paranaíba; PN2, relativo à sub-bacia do rio Araguari; e PN3, correspondente ao baixo curso do rio Paranaíba. O reservatório, objeto deste estudo,

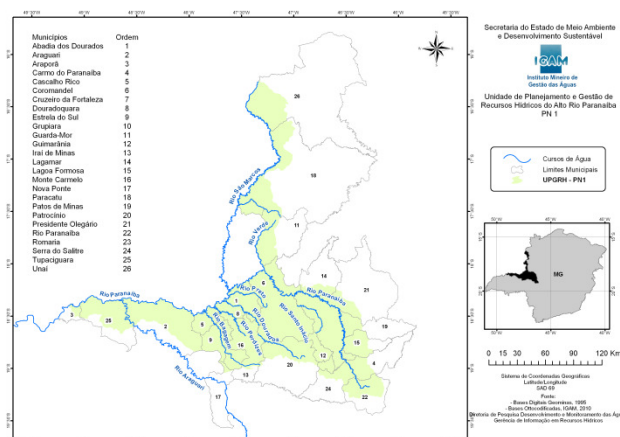
está localizado na PN1 - Alto curso do rio Paranaíba (Figura 2).

**Figura 1** – Barramento da UHE Emborcação



Fonte - Livro Usinas da Cemig, 2006.

**Figura 2** – Alto curso do rio Paranaíba – PN1



Fonte - IGAM, 2010.

## 2.2. CARACTERIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE COLETA

O presente estudo foi realizado com base nos dados do monitoramento da UHE Emborcação disponíveis no SISÁGUA – Sistema de Informação da Qualidade da Água dos Reservatórios da - CEMIG - dentre o período de 2012 a 2015. A localização dos pontos amostrados pode ser visualizada na Figura 3, em que os marcadores em amarelo representam os pontos lóticos e os marcadores em verde claro representam

os pontos lânticos. A descrição das estações de coleta segue exibida na Tabela 1 .

### 2.3. ANÁLISE DOS DADOS

Os parâmetros selecionados para análise foram escolhidos com base na legislação vigente e nos parâmetros-chave para a realização do cálculo dos índices de qualidade da água e de estado trófico estabelecidos pelo IGAM. A saber: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio - DBO, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, turbidez, sólidos totais, fósforo total e clorofila-a. Além desses parâmetros, foram incluídos também condutividade elétrica, potencial redox, ferro dissolvido, manganês dissolvido, nitrato e nitrogênio amoniacal, a fim de complementar o estudo auxiliando na interpretação mais completa da qualidade da água.

A análise dos dados foi realizada com base na comparação dos resultados dos parâmetros supracitados com os limites estabelecidos na legislação em vigor Resolução CONAMA 357 de 2005 e na DN COPAM/CERH N° 01 de 2008.

Ressalta-se que a sub-bacia PN1 - alto curso do Paranaíba ainda não recebeu enquadramento, segundo IGAM, portanto foi considerado que os cursos d'água monitorados pertencem à Classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA 357 de 2005 que estabelece que, enquanto as classes não são definidas, as águas doces serão consideradas Classe 2.

Com intuito de analisar as possíveis alterações decorridas das flutuações pluviométricas, foram utilizados os dados obtidos através do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia –, da estação A507 localizada em Uberlândia/MG.

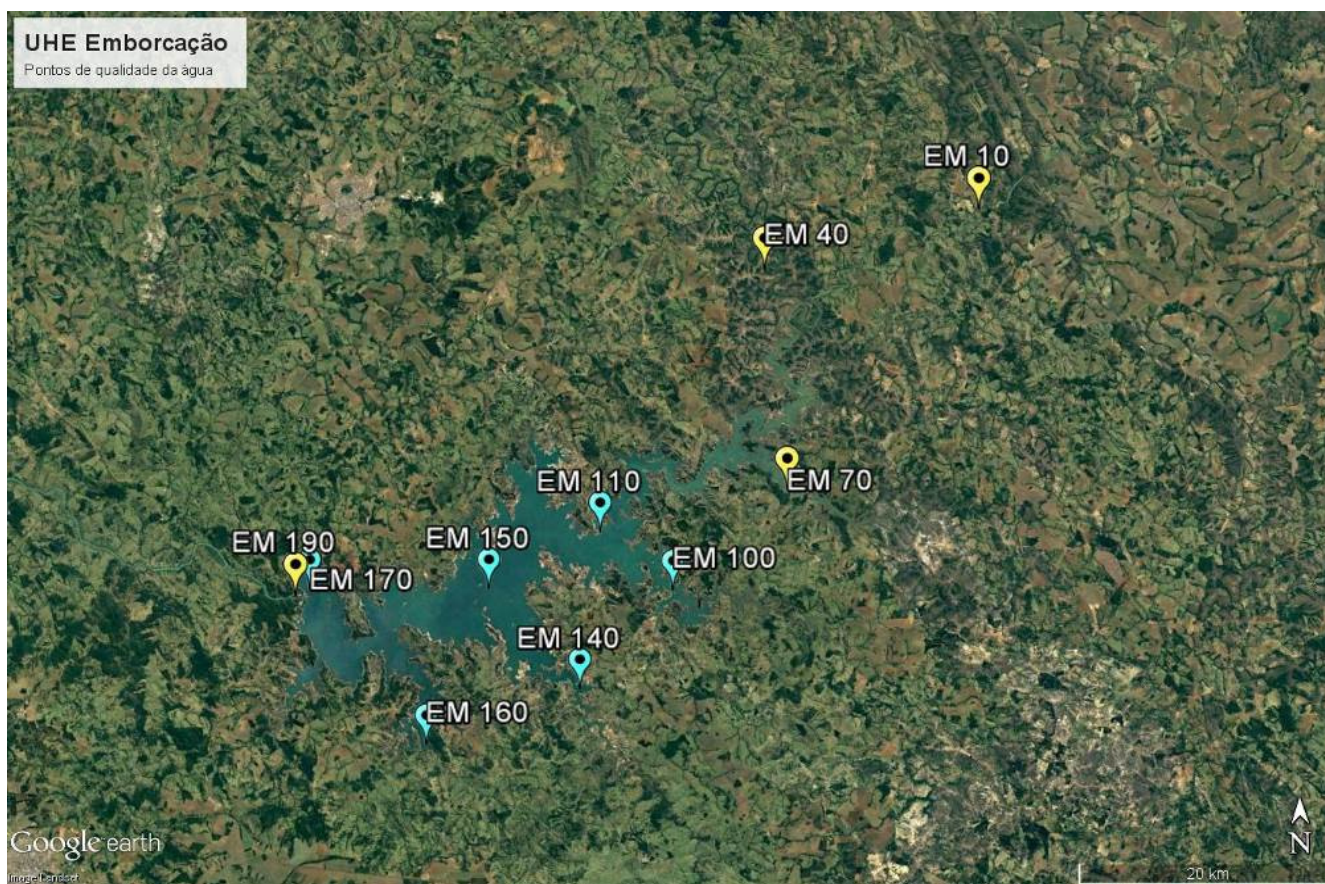
### 2.4 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET) E ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA)

O Índice de Estado Trófico (IET) tem por finalidade classificar corpos d' água em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes. O cálculo foi realizado com base nos valores de fósforo total e clorofila-a, de acordo com a metodologia proposta pela CETESB (2006)

Para o cálculo do Índice de Qualidade das Águas (IQA), foi adotada a metodologia utilizada pelo IGAM (2014), em que são considerados nove parâmetros dos mais representativos para a caracterização da qualidade das águas, a saber: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, variação da temperatura da água, turbidez e sólidos totais. Cabe salientar que o parâmetro turbidez não foi contemplado nos monitoramentos realizados em 2012 e 2013, o que confere indisponibilidade de dados para se estabelecer o IQA da UHE Emborcação nesse período.

### 2.5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para análise das variações e medianas dos parâmetros físico-químicos, foram elaborados gráficos boxplot através do *software* gratuito PAST versão 3.12.

**Figura 3** – Estações de coleta na UHE Emborcação

Fonte – adaptado Google Earth, 2016.

**Tabela 1** – Caracterização das estações de coleta na UHE Emborcação.

Estação de Coleta	Descrição	Curso d'água	Município	Condição física
EM 10	Trecho lótico a montante do reservatório, próximo a Davinópolis.	Rio Paranaíba	Davinópolis	Lótico
EM 40	Rio São Marcos, tributário.	Rio São Marcos	Davinópolis	Lótico
EM 70	Braço rio Dourados.	Rio Dourados	Douradoquara	Lótico
EM 190	A jusante do reservatório.	Rio Preto	Araguari	Lótico
EM 100	Braço do rio Perdizes, próximo a Grupiara.	Rio Perdizes	Grupiara	Lêntico
EM 110	Porção central do reservatório próxima a Três Ranchos.	Rio Paranaíba	Três Ranchos	Lêntico
EM 140	Tributário do reservatório.	Rio Bagagem	Cascalho Rico	Lêntico
EM 150	Porção central do reservatório.	Rio Paranaíba	Grupiara	Lêntico
EM 160	Braço Rio das Pedras, próximo a Cascalho Rico.	Rio das Pedras	Cascalho Rico	Lêntico
EM 170	Reservatório, próximo à barragem.	Rio Paranaíba	Araguari	Lêntico

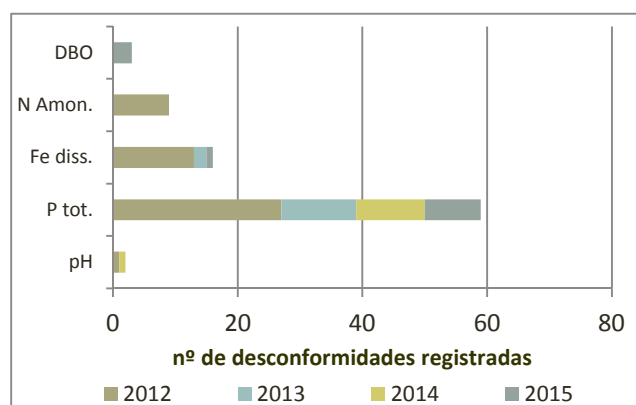
Fonte – Brandt Meio Ambiente, 2014.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 ANÁLISE DOS DADOS COM BASE NA LEGISLAÇÃO VIGENTE

As médias e medianas anuais de cada parâmetro podem ser vistos na Tabela 2. Através da análise dos dados obtidos entre 2012 e 2015 e comparação com a legislação, os parâmetros DBO, nitrogênio amoniacal, ferro dissolvido, fósforo total e pH apresentaram maior número de desconformidades, sendo o ano de 2012 o período de maior ocorrência das mesmas. Observa-se no gráfico da Figura 4 que o parâmetro fósforo total foi o que esteve acima do limite permitido mais vezes, sendo este fato recorrente durante o período chuvoso (outubro a março) nos quatro anos monitorados.

**Figura 4**– Ocorrência de desconformidades dos parâmetros analisados com a legislação entre 2012 e 2015

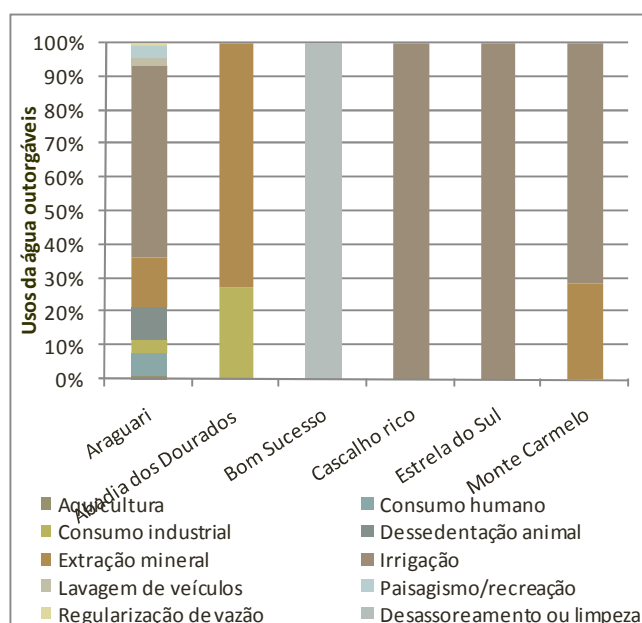


Fonte – adaptado SISÁGUA, 2016.

O fósforo total corresponde à soma de todas as formas de fósforo (P – inorgânico particulado, P-orgânico particulado, P - inorgânico dissolvido, P – orgânico dissolvido) em uma amostra de água e é de fundamental importância para a manutenção da vida nos ecossistemas aquáticos. Juntamente com o nitrogênio, o fósforo tem importante papel na regulação da produtividade primária na maioria das águas continentais (WETZEL, 2001), sendo apontado como principal responsável pela eutrofização artificial desses ecossistemas. As fontes de fósforo nas águas

superficiais podem ser naturais ou artificiais. Segundo Newman (1995), a precipitação atmosférica e a deposição do material particulado, tais como partículas de solo e rochas e de organismos vivos em decomposição, são fatores naturais que permitem o aporte de fósforo nos corpos hídricos. De acordo com Esteves (2011), as mais importantes fontes artificiais são esgotos domésticos e industriais além do material particulado industrial contido na atmosfera. O uso de fertilizantes a base de NPK, para atividade agrícola no entorno no corpo hídrico, também pode ocasionar o lixiviamento do fósforo provocando o enriquecimento orgânico do ambiente. De acordo com o levantamento das outorgas deferidas no período de 2008 e 2014 pelo IGAM, nota-se que o destino mais comum das águas da bacia do rio Paranaíba é para irrigação (representada pela cor marrom no gráfico), o que evidencia e corrobora a forte presença da agricultura na região do entorno da UHE Emborcação (Figura 5). Cabe informar que não houve pedido de outorga nos demais municípios que abrangem a área estudada no período analisado, portanto não são apresentados no gráfico.

**Figura 5** – Finalidade das outorgas deferidas entre 2008 e 2014 para os municípios do entorno da UHE Emborcação.



Fonte – adaptado IGAM, 2016.

**Tabela 2** – Valores das médias e medianas anuais encontradas para cada parâmetro amostrado na UHE Emborcação

Parâmetros	Unidade	VMP <sup>1</sup>	2012		2013		2014		2015	
			média	mediana	média	mediana	média	mediana	média	mediana
Temperatura da água	°C		24,5	25,2	25,2	26,5	25,1	25,7	28,3	28,3
Condutividade elétrica	µS/cm		37	34	32	32	30	29	42	43
pH		6 a 9	7,38	7,25	7,16	7,14	7,15	7,30	7,25	7,29
Oxigênio Dissolvido	mg/L	>5	7,38	7,50	6,15	6,20	7,58	7,60	7,53	7,98
Potencial Redox	eH mV		NC	NC	NC	NC	177,62	173,55	122,05	107,80
Fósforo total	mg/L	*	0,79	0,50	0,42	0,05	0,03	0,01	0,06	0,05
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,58	0,19	0,13	0,10	0,04	0,04	0,12	0,11
Nitrogênio total	mg/L		NC	NC	NC	NC	0,9	0,54	0,5	0,505
Nitrato total	mg/L	10	0,03	0,03	0,18	0,10	0,37	0,79	0,34	0,30
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	**	3,33	0	0,02	0,03	0,10	0,03	0,16	0,16
Manganês dissolvido	mg/L		14,000	15,000	5,261	0,090	0,0138	0,005	0,1333	0,028
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	1000	2,0	0	58,0	29,0	19,5	2,5	14,2	1,5
Demanda Bioquímica do Oxigênio	mg/L	5	3,14	5,00	2,30	1,65	2,66	0	5,77	3,00
Sólidos totais	mg/L		0,05	0,12	0,05	0	36,45	28,5	72,00	73,50
Clorofila a	µg/L	30	0,64	0,67	1,21	1,14	2,71	3,00	3,10	3,00
Turbidez	NTU	100	NC	NC	NC	NC	2,88	1,65	27,38	16,70

VMP<sup>1</sup>: Valor máximo permitido permitido (Resolução CONAMA 357 de 2005 e Deliberação normativa COPAM/CERH 01 de 2008)

NC: Não contemplado

\* Fósforo total: 0,03 mg/L para ambiente lântico; 0,10 mg/L para ambiente lótico;

\*\* Nitrogênio Amoniacal: 3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 ; 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 ; 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 e 0,5 mg/L N, para pH > 8,5.

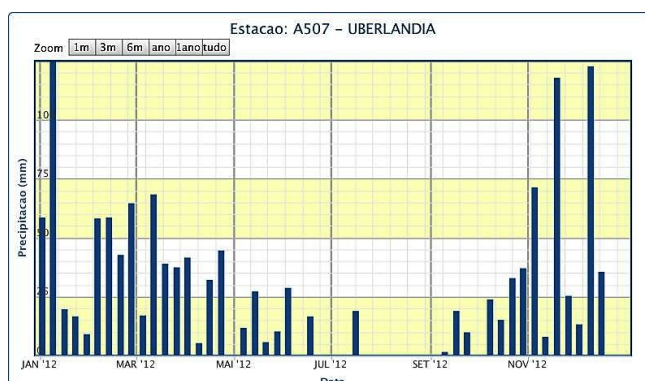
Fonte – adaptado SISÁGUA, 2016.

Ademais, nota-se, através dos dados do INMET sobre a precipitação na região da UHE Emborcação, que o ano de 2012 apresentou precipitação elevada com alguns casos acima da média histórica como ilustra a Figura 6. Os dados de precipitação do ano de 2012 podem justificar a média anual obtida de 0,79mg/L, bem acima da legislação que prevê 0,03mg/L para ambientes lênticos e 0,10mg/L para ambientes lóticos. Nos demais anos analisados, o fósforo segue apresentando valores elevados, muitas vezes em desconformidade com a legislação, alteração que é observada principalmente no período chuvoso (outubro a março). Portanto, o carreamento de material alóctone para o corpo hídrico como consequência das chuvas pode ter influenciado na alteração de alguns parâmetros causando desconformidade com a legislação.

Além do fósforo total, o ferro dissolvido também pode ter sua desconformidade associada à ocorrência das chuvas, principalmente no ano de 2012, em que as desconformidades foram recorrentes. A média anual para o ferro dissolvido em 2012 foi de 0,58mg/L, quando a legislação vigente estabelece um valor máximo de 0,30mg/L. Cabe salientar que também foi observado um teor elevado para o manganês dissolvido (14mg/L) no ano de 2012. Embora não seja estabelecido limite para o parâmetro manganês dissolvido, a legislação estabelece o limite de 0,1 mg/L para manganês total, que engloba a forma dissolvida e suspensa. Em diversas estações analisadas, os resultados para o manganês dissolvido estiveram superiores a 0,1 mg/L nos monitoramentos conduzidos em 2012 e 2013, portanto, se houvesse limite de manganês dissolvido, o mesmo ultrapassaria o valor máximo no período observado. Segundo Piveli (2005), o nível de ferro das águas superficiais aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e à ocorrência de processos de erosão das margens. Essa observação pode justificar as desconformidades visto que os solos da região são representados

predominantemente pelos Latossolos Vermelho e Latossolos Vermelho-Amarelos, ambos com alto teor de ferro e manganês na composição (RAMOS, 2004; NASCIMENTO, 2002).

**Figura 6** – Precipitação na Estação Uberlândia (A507) no ano de 2012



Fonte – adaptado INMET, 2016.

Outro parâmetro em desconformidade com a legislação em 2012 foi o nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), que obteve média anual de 3,33 mg/L. O nitrogênio (N) é um dos principais elementos químicos da natureza e, assim como o fósforo (P), é essencial para o metabolismo e constituição celular. As principais fontes de nitrogênio para os ecossistemas aquáticos continentais são a fixação biológica desse elemento, chuvas, tempestades de raios, aporte orgânico e inorgânico, e, atualmente em grande escala, o aporte de efluentes domésticos e industriais não tratados ou parcialmente tratados nos corpos d'água. (ESTEVES, 2011) A utilização de fertilizantes em lavouras também pode ser uma considerável fonte de aporte de nitrogênio aos recursos hídricos como consequência do uso de fertilizantes a base de NPK. O nitrogênio pode ser encontrado sob várias formas nos corpos d'água, podendo-se associar as etapas de degradação da poluição orgânica por meio da relação entre as formas de nitrogênio. O nitrogênio amoniacal a forma mais abundante em ecossistemas ou compartimentos anaeróbios, de acordo com Esteves



(2001). Isso se dá porque a degradação da matéria orgânica nitrogenada leva ao nitrogênio amoniacal e, em sequência, às demais formas do nitrogênio (nitrito e nitrato), inferindo no consumo do oxigênio para tais reações. Para cursos d'água recentemente contaminados com matéria orgânica (ex: zonas de mistura de esgotos sanitários), geralmente são esperadas elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal e aumento da DBO (CETESB, 2009). A legislação estabelece limites para a concentração de nitrogênio amoniacal de acordo com o com os valores de pH, da seguinte forma: 3,7mg/L  $\text{NH}_4^+$ , para  $\text{pH} \leq 7,5$  2,0 mg/L  $\text{NH}_4^+$ , para  $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$  1,0 mg/L  $\text{NH}_4^+$ , para  $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$  0,5 mg/L  $\text{NH}_4^+$ , para  $\text{pH} > 8,5$ .

Dessa forma, a presença do nitrogênio amoniacal registrada nos monitoramentos de 2012 na UHE Emborcação sugere um alto aporte de matéria orgânica nas estações que apresentaram desconformidade. Essa hipótese também é corroborada pelo elevado teor de fósforo encontrado, além da associação dos resultados obtidos com as práticas agrícolas na região. O lançamento de efluentes sanitários e industriais citados por alguns autores como possível fonte da alteração dos parâmetros não foi corroborada pelos demais parâmetros analisados.

Através do gráfico da Figura 4, verifica-se que as desconformidades registradas para o parâmetro DBO ocorreram apenas em 2015. Neste ano, a média alcançou 5,77mg/L, ligeiramente acima do valor estabelecido pela legislação vigente, que corresponde a 5mg/L. A demanda bioquímica de oxigênio - DBO é definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbicas, isto é, avalia a quantidade de oxigênio dissolvido, em mg/L, que será consumida pelos organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica (IGAM, 2009). Sendo assim, de acordo com a CETESB (2009), os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por

despejos de origem predominantemente orgânica. Dessa forma, é possível inferir que no período em que se observa a desconformidade, o aporte de nutrientes de origem orgânica tenha sido elevado. Embora os demais anos analisados também tenham apresentado resultados que indicam um maior aporte de matéria orgânica em certos períodos, a DBO manteve-se dentro do valor máximo permitido pela legislação vigente. No caso do aumento da demanda bioquímica do oxigênio apenas em 2015, sugere-se a hipótese de que, nesse período, tenha ocorrido também um desequilíbrio na comunidade dos microrganismos autotróficos (fitoplâncton), sendo estes organismos os principais responsáveis pela oxigenação da água através da fotossíntese, segundo Esteves (2011). Seguindo este raciocínio, a diminuição da biomassa fitoplanctônica por diversos fatores (instabilidade ambiental, mudanças climáticas, etc.) pode ter causado uma menor disponibilidade de oxigênio no ambiente refletindo no esgotamento do oxigênio através do aumento da demanda bioquímica do mesmo para degradação da matéria orgânica. No entanto, não é possível confirmar essa hipótese sem uma análise detalhada dos parâmetros hidrobiológicos.

Os demais parâmetros físico-químicos analisados apresentaram resultados dentro dos limites estabelecidos pela legislação, portanto não apontam para alterações consideráveis da qualidade da água.

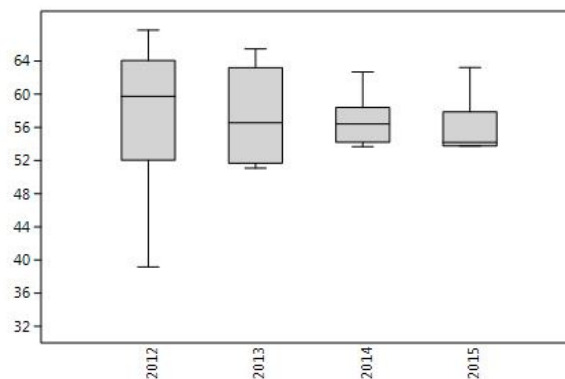
### **3.2. ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO E ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS**

De acordo com a CETESB (2006), o Índice de Estado Trófico (IET) tem por finalidade classificar corpos de água em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo do fitoplâncton.

Os resultados correspondentes ao fósforo total devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador mais importante do processo. A parte correspondente à clorofila-*a*, por sua vez, deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento do fitoplâncton devido ao enriquecimento de nutrientes. Os ambientes podem ser classificados como ultraoligotrófico ( $IET < 47$ ), oligotrófico ( $47 < IET \leq 52$ ), mesotrófico ( $52 < IET \leq 59$ ), eutrófico ( $59 < IET \leq 63$ ), supereutrófico ( $63 < IET \leq 67$ ), e hipereutrófico ( $IET > 67$ ), considerando-se diferentes pesos para cada parâmetro de acordo com o ambiente (lêntico ou lótico).

Os resultados obtidos para o IET na UHE Emborcação entre o período de 2012 e 2015 seguem representados no gráfico boxplot da Figura 7. Como esperado, as maiores variações para o índice, bem como os maiores resultados foram verificados no ano de 2012, período em que o parâmetro fósforo total se apresentou em teores mais elevados. Nesse período, as estações foram enquadradas como mesotróficas e eutróficas em sua maioria, refletindo o alto aporte de matéria orgânica através da alta produtividade primária, sendo que os resultados obtidos acima da mediana representam ambientes supereutróficos. Notam-se também resultados elevados para o índice no ano de 2013, estando a maioria dos valores acima de 56, o que caracterizando ambientes que podem variar de mesotróficos a eutróficos. Os demais anos, 2014 e 2015, apresentaram índices menores, caracterizando uma produtividade primária moderada a baixa. Cabe ressaltar que durante esse período a ocorrência de desconformidades do parâmetro fósforo total foi menor em comparação com os anos anteriores.

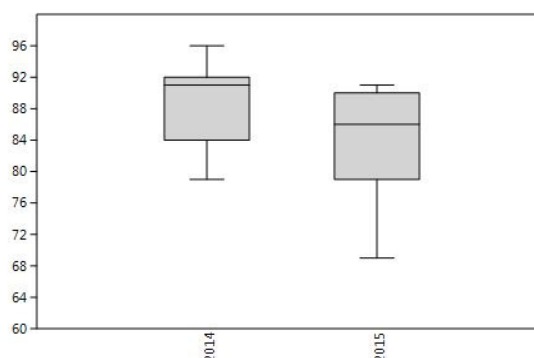
**Figura 7** – Gráfico boxplot para o IET da UHE Emborcação entre 2012 e 2015.



Em relação à análise do Índice de Qualidade da Água, o parâmetro turbidez, essencial para realização do cálculo, não foi contemplado nos monitoramentos realizados em 2012 e 2013, portanto não serão apresentados resultados referentes a esses períodos.

Os resultados obtidos para o IQA em 2014 e 2015 seguem representados no gráfico boxplot da Figura 8. Verifica-se, de forma geral, que a grande maioria dos dados indica qualidade boa ( $70 < IQA \leq 90$ ) da água. Nota-se uma maior variação dos dados no ano de 2015 que apresentou alguns resultados menores para o índice obtendo a classificação de alguns ambientes com qualidade média ( $50 < IQA \leq 70$ ), provavelmente como consequência do aumento da DBO registrado em algumas estações nesse período.

**Figura 8** – Gráfico boxplot para o IQA da UHE Emborcação em 2014 e 2015.



#### 4. CONCLUSÃO

A partir da análise da série histórica do monitoramento limnológico na UHE Emborcação, é possível inferir que o uso e ocupação do entorno da bacia do Rio Paranaíba tem grande influência na qualidade das águas do reservatório, bem como a composição geoquímica dos solos e rochas da região estudada. Além da forte presença da atividade agrícola na região, não foram evidenciados, através dos parâmetros físico-químicos analisados, outros impactos de origem antrópica tais como lançamento de efluentes. Outro fator que se revelou influente na alteração de alguns parâmetros físico-químicos, como o fósforo total, ferro e manganês dissolvido, foi o carreamento de materiais advindo da ocorrência das chuvas. No ano de 2012 em que foi registrado um alto volume pluviométrico, as desconformidades com a Resolução CONAMA 357 de 2005 e DN COPAM 01 de 2008 foram recorrentes, o que sugere que a variação sazonal altera a qualidade das águas da UHE Emborcação. O Índice de Qualidade das Águas apontou para a boa qualidade da água na maioria das estações amostradas nos anos de 2014 e 2015 e o Índice de Estado Trófico indicou que houve uma diminuição gradual da taxa de produtividade primária entre os anos de 2012 e 2015.

De acordo com os resultados obtidos pode-se concluir como a gestão de bacias hidrográficas deve ser integrada e com uma visão sistêmica, percebendo-se a influência das questões regionais como os maiores fatores de alteração da qualidade da água do

reservatório analisado. O reservatório se torna um importante indicador das efluências da bacia, podendo agir como um acumulador dessas alterações ocorridas a montante.

Para melhor gestão da qualidade da água de reservatórios é importante, portanto, considerar o contexto em que este está inserido, tornando-se pertinente o monitoramento contínuo de parâmetros característicos daquela região de estudo. O acompanhamento da evolução da qualidade da água pode ser uma ferramenta eficaz para a tomada de decisão nas medidas mitigadoras e compensatórias, sendo realizadas ações contextualizadas com a bacia em que o reservatório está inserido,

Ressalta-se que o presente trabalho utilizou medianas e médias anuais dos parâmetros físico-químicos, sendo necessário um maior número de dados para respostas conclusivas a cerca da qualidade da água do reservatório e seus afluentes. Recomenda-se uma avaliação mais detalhada dos resultados, com frequências sazonais, verificando tanto as influências dos tipos de ambientes (lóticos e lênticos) quanto às influências de acordo com as épocas do ano (seca e chuva). Ademais, um estudo mais completo abrange também a análise das variáveis hidrobiológicas, como o plâncton de rios, bentos e peixes.

#### AGRADECIMENTOS

A autora agradece à orientadora aos professores do curso de Ciências Biológicas do UniBH e aos demais colaboradores da elaboração do presente estudo.

## REFERÊNCIAS

- ANA – Agência Nacional das Águas. Disponível em: [http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/PRH-Paranaiba-2013\\_ResumoExecutivo.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/PRH-Paranaiba-2013_ResumoExecutivo.pdf), Acesso em 14 de março de 2016.
- AGOSTINHO, A., THOMAZ, S., GOMES, L. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. **Megadiversidade**, v.1, n.1., 70:78. 2005.
- BARBOSA F. A. R. Programa brasileiro para conservação e manejo de águas interiores: síntese das discussões. **Acta Limnológica Brasiliensia**, Botucatu, v.5, n.1, 211:222. 1994.
- BRANDT MEIO AMBIENTE – **Relatório do Monitoramento da Qualidade das Águas da UHE Emborcação**, 2014.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Publicação: Diário Oficial da União, 18 de março de 2005.
- CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. Livro Usinas da Cemig: **A história da eletricidade em Minas e no Brasil**. Paulo Brandt de Barros Cachapuz. Rio de Janeiro, 2006.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Determinação de Fitoplâncton de Água Doce - Método qualitativo e quantitativo**. NT. 06: L5. 303. São Paulo: CETESB, 2005.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem**. Apêndice A. São Paulo: - CETESB, 2009.
- ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Editora Interciência Ltda., 3ª edição: Rio de Janeiro, 2011.
- IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Disponível em: <http://comites.igam.mg.gov.br/comites-estaduais/bacia-do-rio-paranaiba/pn1-cbh-alto-paranaiba> Acesso em 13 de março de 2016.
- IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Indicadores de Qualidade. Disponível em: <http://comites.igam.mg.gov.br/boletim-qualidade-das-aguas/1650-indicadores-de-qualidade> Acesso em 15 de março de 2016.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia - disponível em [http://www.inmet.gov.br/portal/arq/upload/BOLETIM-AGRO\\_MENSAL\\_201210.pdf](http://www.inmet.gov.br/portal/arq/upload/BOLETIM-AGRO_MENSAL_201210.pdf)
- MINAS GERAIS, COPAM - Conselho Estadual de Políticas Ambientais/Conselho Estadual de Recursos Hídricos - Deliberação Normativa Conjunta Nº 1, 2008.
- NASCIMENTO, C. W. A., FONTES, R. I. F., NEVES, J. C. I. Dessorção, Extração e Fracionamento de Manganês em Latossolos. **Revista Bras. Ci. Solo**, 26:589-597, 2002.
- NEWMAN, E. Phosphorus inputs to terrestrial ecosystems. **J. Ecol** 83:713-726, 1995.
- PARK, S.; CHOI, J.; WANG, S. Design of a water quality monitoring network in a large river system using the genetic algorithm. **Ecological Modeling**, v.199, n.3, p. 359-287, 2006.
- PIVELI, R.P.; KATO, M.T. Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. São Paulo: **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2005. 285 p.
- RAMOS, M. V. V. **Caracterização dos solos, da estrutura fitossociológica e do estado nutricional da vegetação de Veredas em diferentes superfícies geomorfológicas no Triângulo Mineiro**. Brasília: UnB, 2004. 128p. (Tese – Doutorado em Ecologia).
- SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Outorga. **Relação deferidos, indeferidos, cancelados e outros**. Disponível em <http://www.meioambiente.mg.gov.br/outorga/relacao-deferidos-indeferidos-cancelados-e-outros> Acesso em 25 de maio de 2016.
- SISÁGUA – Sistema de Informação de Qualidade da Águas dos Reservatórios da Cemig. Disponível em <http://www2.cemig.com.br/sag> Acesso em 08 de abril de 2016.
- TUNDISI, J, HINO, K. **Atlas de algas da represa do Broa**. São Carlos. Ed. Gráfica da Universidade de São Carlos. 1977.
- TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RIMA, IIE, 2003.
- TUNDISI, Takako Matsumura. **Cladoceros do Brasil**. Universidade Federal de São Carlos, Departamento

de Ciências Biológicas, Laboratório de Limnologia. São Carlos, São Paulo, pag. 1 - 65. 1983

TUNDISI, J. G. Represas Artificiais: Perspectivas para o Controle e Manejo da Qualidade da Água para Usos Múltiplos. **RBE**. v. 1, n.1, p.37-47, 1986.

WETZEL, R. G. **Limnology: lake and river ecosystems**. 3. ed. California: Academic Press, 2001.