



UNIVERSIDADE CEUMA  
REITORIA  
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO  
MESTRADO EM MEIO AMBIENTE

NEEMIAS MUNIZ DE SOUZA

**Avaliação espaço-temporal do índice de qualidade da água (IQA) e do  
Índice de Estado Trófico (IET) do rio Curuçá, Maranhão, Brasil**

São Luís  
2018

NEEMIAS MUNIZ DE SOUZA

**Avaliação espaço-temporal do índice de qualidade da água (IQA) e do Índice de Estado Trófico (IET) do rio Curuçá, Maranhão, Brasil**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente da Universidade CEUMA, como requisito para obtenção do grau de Mestre (a) em Meio Ambiente.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Raimunda Chagas Silva  
Co-orientadora: Profa. Dra. Rita de Cássia Mendonça de Miranda

São Luís - MA  
2018

S456a SOUZA, Neemias Muniz de.

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Gleice Melo CRB13/823

Avaliação espaço-temporal do índice de qualidade da água (IQA) e do Índice de Estado Trófico (IET) do rio Curuçá, Maranhão, Brasil./ Neemias Muniz de Souza. – São Luís: UNICEUMA, 2018.

45f.

Dissertação (Mestrado) – Curso de Meio Ambiente. Universidade CEUMA, 2018.

1. Parâmetros. 2. Índice de qualidade. 3. Índice do estado trófico. I. SILVA, Maria Raimunda Chagas (Orientadora). II. MIRANDA, Rita de Cássia Mendonça (Co-orientador). III. SILVA, Fabrício Brito. (Coordenador) III. Título.

CDU: 506.06: 628.1

Proibida a reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio eletrônico ou mecânico, inclusive através de processos xerográficos, sem permissão expressa do Autor. (Artigo 184 do Código Penal Brasileiro, com a nova redação dada pela Lei n.8.635, de 16-03-1993).

UNIVERSIDADE CEUMA  
REITORIA  
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO  
MESTRADO EM MEIO AMBIENTE

**Folha de aprovação da Dissertação de NEEMIAS MUNIZ DE  
SOUZA defendida e aprovada pela Comissão Julgadora em  
08/08/2018**

Neemias Muniz de Souza

---

Nome do Mestrando

Wellyson da Cunha Araújo Firmo

---

Nome do Avaliador Externo

1º Titular

Denilson Silva Bezerra

---

Nome do Avaliador Externo ou Interno

2º Titular

Rita de Cassia Mendonça de Miranda

---

Nome do Avaliador Interno

3º Titular

Maria Raimunda Chagas Silva

---

Nome do Orientador

Presidente da Comissão

---

Prof. Dr. Valério Monteiro Neto

Pró-Reitor de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão

## Resumo

Este trabalho objetivou avaliar o Índice da Qualidade da Água (IQA) e Índice de Estado Trófico (IET) em um dado período, obedecendo as variações sazonais. Para isso, foram realizadas análises físicas e químicas pelo Métodos de APHA/2012, nas amostras de água coletadas no rio Curuçá. Os resultados dos parâmetros físico-químicos analisados foram: temperatura, pH, turbidez, condutividade elétrica sólido totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica, nitrito, nitrato e fósforo total, mostraram que houve uma variação significativa para todos os pontos coletados nos períodos secos e chuvosos aos estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05. Para o IQA, a água se encontra na categoria de boa a ótima, enquanto que no IET a classificação do ambiente aquático encontrado no grau de trofia do rio Curuçá como ultraoligotrófico. Observou-se desconformidade com as normas ambientais nos nutrientes e na análise bacteriológica, motivo pelo qual todos foram detectados presença de *Escherichia coli* (termotolerantes) com valor <1000 UFC/100 ml. Dados comparados à resolução do CONAMA 357 de 2005, os dados, são inadequadas para a manutenção da vida aquática. Esta análise possibilitou a verificação da qualidade dessa água, que é de interesse tanto ambiental, quanto socioeconômico da população da região onde as nascentes terão que ser preservada para melhoria da quantidade e qualidade da água.

Palavras-chave: Parâmetros, índice de qualidade, índice do estado trófico.

## **Abstract**

This work aimed to evaluate the Water Quality Index (IQA) and Trophic State Index (EIT) in a given period, following the seasonal variations. For this, physical and chemical analyzes were performed by the APHA / 2012 Methods, in the water samples collected in the Curuçá River. The results of the physicochemical parameters analyzed were: temperature, pH, turbidity, solids total electrical conductivity, dissolved oxygen, biochemical demand, nitrite, nitrate and total phosphorus, showed that there was a significant variation for all the points collected in the dry periods and to those established by CONAMA Resolution 357/05. For IQA, water is in the category of good to optimal, while in the EIT the classification of the aquatic environment found in the degree of trophy of the Curuçá river as ultraoligotrophic. Non-compliance with environmental norms in nutrients and in bacteriological analysis was observed. Therefore, the presence of *Escherichia coli* (thermotolerant) with a value of <1000 CFU / 100 ml was detected. Data compared to the resolution of CONAMA 357 of 2005, the data, are inadequate for the maintenance of aquatic life. This analysis made it possible to verify the quality of this water, which is of interest both environmental and socioeconomic of the population of the region where the springs will have to be preserved to improve the quantity and quality of the water.

*Key words: Parameters, quality index, trophic index.*

*“O Senhor é o Deus eterno, o Criador de toda a terra. Ele nunca perde as forças nem se cansa, e ninguém pode medir a profundidade de sua sabedoria. Dá forças aos cansados e vigor aos fracos. Até os jovens perdem as forças e se cansam, e os rapazes tropeçam de tão exaustos. Mas os que confiam no Senhor renovam suas forças; voam alto, como águias. Correm e não se cansam, caminham e não se desfalecem.”*

**(Isaiás 40, 28-31)**

## **AGRADECIMENTOS**

Todo este trabalho não seria realizado se não fosse da vontade do nosso Deus, à Ele toda honra, glória e louvor sempre.

Graças a Deus também pela vida dos meus Pais: Samuel Batista de Souza e Arlete Muniz de Souza por nunca medirem esforços em todas as áreas para que assim a jornada fosse sempre de alguma forma mais suave, sempre guiada por conselhos e palavras sábias que somente os mesmos poderiam ofertar. Amo muito os senhores meus pais.

Aos meus irmãos e à minha família Souza e Muniz por me apoiarem e acreditarem que essa realização seria sim possível.

Ao amigo e Reitor da Universidade Ceuma Saulo Henrique Brito Matos Martins pela motivação repassada em fazer este mestrado.

À amiga Juliana Nogueira pela ajuda primordial na forma de estudar (mínimos detalhes) para assim ser aprovado no processo seletivo deste Mestrado.

À toda a equipe da Prefeitura da Universidade, da qual sou atual Prefeito, pelo apoio nos momentos em que precisei focar em minhas aulas, provas e defesas.

À todos os jovens da Geração Templo Central, por sempre estarem dispostos a ajudar no que fosse preciso para obtenção deste título.

À minha co-orientadora Profa. Dra. Rita de Cássia Mendonça de Miranda pelo incentivo e ensino sempre ofertado com qualidade e total atenção.

Por fim, agradeço à minha orientadora Profa. Dra. Maria Raimunda Chagas Silva, por ter se dedicado completamente na elaboração deste trabalho, me incentivando, orientando, nunca deixando o desânimo ou falta de tempo por muitas das vezes ser motivo de não ir até o fim. Muito obrigado por existir Professora.

Que Deus possa retribuir o esforço de cada um nesse processo árduo mas vitorioso.



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Mean and standard deviation of the values for the physicochemical and microbiological parameters evaluated in samples from the low course of the Curuçá river. Source: Research Data.....	<b>19</b>
<b>Tabela 2.</b> Results and classification of the index Quality for the rainy season (C) and dry season (S) of 2017, Data of the research .....	<b>24</b>
<b>Tabela 3.</b> Categories and weighting of the IQA, where the results obtained to verify the water quality category are observed .....	<b>25</b>
<b>Tabela 4.</b> Classification of the trophic state index for the seasonal period of the months of June and September of 2017.....	<b>25</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Location of the low course of the Curuçá river located in the Santo Antônio river basin, in the municipality of Paço do Lumiar, Maranhão. Source: Research data.....	<b>15</b>
<b>Figura 2.</b> Average precipitation and monthly temperature of 20 years for. (1981-2010). Source INPE, 2017.....	<b>16</b>
<b>Figura 3.</b> Graph of Principal Component Analysis, obtained in water samples from the Curuçá River Subbasin at specified points P1 - bridge entrance, P2 - after bridge, P3 - bar, P4 - river middle, P5 - jussaral, P6 - Spring in seasonal periods of 2017. Curuçá River, Paço do Lumiar - MA in dry and rainy season (c) of 2017. Data of the research.....	<b>23</b>

## LISTA DE SIGLAS

IQA	Índice de Qualidade da Água
IET	Índice de Estado Trófico
LACAM	Laboratório de Ciências do Ambiente
CF	Coliformes Fecal
CT	Coliformes Total
FT	Fósforo Total
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CL	Clorofila
OD	Oxigênio Dissolvido
Ce	Condutividade Elétrica
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
CETESB	Companhia Ambiental do estado de São Paulo
Co	Cobalto
Cu	Cobre
Mn	Manganês
Pb	Chumbo
Zn	Zinco
TDS	Sólidos Totais Dissolvidos

## SUMÁRIO

RESUMO	
ABSTRACT	
AGRADECIMENTOS	
LISTA DE TABELAS	
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE SIGLAS	
<b>CAPITULO I</b> .....	<b>13</b>
<b>1 INTRODUCTION</b> .....	<b>14</b>
<b>2 MATERIAL AND METHODS</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1 AREA OF STUDY</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2 COLLECTION AND ANALYSIS</b> .....	<b>16</b>
<b>3 RESULTS AND DISCUSSION</b> .....	<b>19</b>
<b>4 CONCLUSION</b> .....	<b>28</b>
<b>5 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>29</b>
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>32</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>34</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>36</b>
<b>2.1 ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>36</b>
<b>2.2 PARA A DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS TOTAIS</b> .....	<b>37</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>38</b>
<b>3.1 DETERMINAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS</b> .....	<b>38</b>
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	<b>40</b>
<b>5 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>41</b>
Atividades desenvolvidas no período .....	42
Anexo A: Norma para submissão na Revista .....	46

## Capítulo I: Artigo Submetido na Revista Ciência e Natura (B2)

### SPATION AND TEMPORAL EVALUATION OF THE WATER QUALITY INDEX (WQI) AND THE TROPHIC STATE INDEX (TSI) OF THE CURUÇÁ RIVER, MARANHÃO, BRAZIL

Neemias Muniz de Souza<sup>1</sup>, Wanderson Pedro de Oliveira Carvalho Araújo<sup>2</sup>,  
Eduardo Henrique Costa Rodrigues<sup>3</sup> e Maria Raimunda Chagas Silva<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Ceuma, Mestrado em Meio Ambiente, Rua Josué Montello, nº1, Renascença II, São Luís-MA, Brasil  
neemias\_munizdesouza@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Ceuma, Mestrado em Meio Ambiente, Rua Josué Montello, nº1, Renascença II, São Luís-MA, Brasil  
[pedroeng10@outlook.com](mailto:pedroeng10@outlook.com)

<sup>2</sup> Universidade Ceuma, Mestrado em Meio Ambiente, Rua Josué Montello, nº1, Renascença II, São Luís-MA, Brasil  
ehc.1988@hotmail.com

<sup>4</sup> Universidade Ceuma, Mestrado em Meio Ambiente, Rua Josué Montello, nº1, Renascença II, São Luís-MA, Brasil  
marirah@gmail.com

#### Abstract

*This work aimed to evaluate the Water Quality Index (IQA) and Trophic State Index (EIT) in a given period, following the seasonal variations. For this, physical and chemical analyzes were performed by the APHA / 2012 Methods, in the water samples collected in the Curuçá River. The results of the physicochemical parameters analyzed were: temperature, pH, turbidity, solids total electrical conductivity, dissolved oxygen, biochemical demand, nitrite, nitrate and total phosphorus, showed that there was a significant variation for all the points collected in the dry periods and to those established by CONAMA Resolution 357/05. For IQA, water is in the category of good to optimal, while in the EIT the classification of the aquatic environment found in the degree of trophy of the Curuçá river as ultraoligotrophic. Non-compliance with environmental norms in nutrients and in bacteriological analysis was observed. Therefore, the presence of Escherichia coli (thermotolerant) with a value of <1000 CFU / 100 ml was detected. Data compared to the resolution of CONAMA 357 of 2005, the data, are inadequate for the maintenance of aquatic life. This analysis made it possible to verify the quality of this water, which is of interest both environmental and socioeconomic of the population of the region where the springs will have to be preserved to improve the quantity and quality of the water.*

*Key words: Parameters, quality index, trophic index.*

## 1. Introduction

Knowledge about the water quality of a river basin is of extreme importance because it makes it possible to infer about its conditions as a whole. One way to know the water quality is to make the temporal and spatial diagnosis, obtaining necessary information to the management and intervention actions to recover or preserve the springs, giving better conditions to the sustainability of the ecosystems (VALLE JUNIOR, 2013).

Concern about the degradation of water resources and the prospects for scarcity brings out the need for an effective interpretation of water quality. In the 1990s, concerned with soil degradation and the sustainability of agricultural ecosystems, the scientific community began to address this theme more intensively, understanding soil functions in this context (VEZZANI and MIELNICKZUK, 2009). This fact can be proven with the considerable increase of publications in international journals on soil quality (ARAÚJO et al., 2012). Understanding soil quality can assist in assessing their agricultural suitability and guiding the sustainable use of this resource. Therefore, the monitoring of water quality is one of the main instruments for sustaining a water resources planning and management policy, since it acts as a sensor that allows the monitoring of the process of use of the water courses, presenting its effects on the qualitative characteristics of the waters, aiming at subsidizing environmental control actions (ARAÚJO et al., 2012)

To evaluate the quality of water resources, it is necessary to use simple methods. For this purpose, the use of water quality indexes (IQA) is an alternative that every surface water monitoring program foresees, in a summarized way, the possible deterioration of water resources along the river basin or over time (ZANINI, 2010).

According to Souza (2015) and TOLEDO & NICOLELLA (2002) the interpretation of surface water quality is necessary to the use of simple methods. For this, the use of water quality indexes is an alternative that every surface water monitoring program foresees, in order to follow, in a summarized way, the possible deterioration of water resources along the river basin or over time, once that changes in the aquatic system lead to economic losses for the region, ranging from reducing fishing catch to increasing water acquisition and treatment costs.

It is essential that water resources have the appropriate physical and chemical conditions for the use of living organisms and must contain substances essential to life and free from other substances which may have harmful effects on organisms. Therefore, the water quality of a region is determined by natural processes (intensity of precipitation, weathering, vegetation cover) and by anthropic influence (agriculture, urban concentration, industrial activity and excessive water use). (Cruz et al., 2007). The rivers are complex systems characterized as natural drains of the adjacent drainage areas, which in principle form the water basins. The complexity of these lotic systems is due to land use, geology, size and shape of drainage basins, and local climatic conditions (TOLEDO, 2002). Each lotic system has its own characteristics, which makes it difficult to establish a single variable as a standard indicator for any water system. In this sense, the search for field work is to obtain water quality indexes that briefly and objectively reflect the changes, with emphasis on human interventions (Cruz et al., 2007)

The water resources are important for the dynamics of the aquatic ecosystem of Maranhão, where the hydrography of the Island of São Luís - MA comprises a group of small hydrographic basins, such as: Anil, Bacanga, Paciência, Tibiri, Cubs, located in São Luís, Antônio Esteves and Santo Antônio, in Paço do Lumiar and Jeniparana, in São José de Ribamar (MARANHÃO, 2010). The Santo Antônio River is born in the working-city district, where the highest altitudes of its basin are located, reaching heights of over 60m. Its total length reaches 25.3 km, and its mouth is located in the Bay of Curupu, which has other denominations: Cururuca and São João. Analyzing the course of the Santo Antônio River, Feitosa (1996) understands that, by draining areas of lower population density, where the anthropic activities are still characterized by their rural practice, have their margins relatively conserved, although the water quality is partially compromised by the high rates of fecal coliforms, besides the silting by erosion (BEZERRA, 2001; FERREIRA, 2003).

In the area of the Santo Antônio River basin, anthropic activities have intensified over the last two decades, causing serious environmental consequences due to the construction of engineering works with different levels of interference in the organization of space. The river bed is suffering from several environmental problems, due to the release of domestic effluents, causing silting, contamination and

water pollution, in order to compromise the domestic use of water. The evaluation of the water quality index can support the formulation of management plans and management of aquatic systems. Through determination of the Water Quality Index, it is possible to establish levels and quality standards that allow the framing of water courses.

Thus, the objective of this work was to evaluate the spatial temporal variation of the water quality index (IQA) and the Trófico State Index (EIT) of the Curuçá River, Rio Santo Antônio sub-basin, in surface water samples.

## 2 Material and Methods

### 2.1 Area of study

This work was carried out in the lower course of the Curuçá River, located in the Santo Antônio River basin, known to residents because it is located in the Santo Antônio neighborhood. It is located in the sub-basin of the Curuçá river, in the Municipality of Paço do Lumiar. It has about 21.0 km, is located between the coordinates, latitude  $3^{\circ} 31'59.6'' S$   $43^{\circ} 55'55.7'' W$  and longitude  $3^{\circ} 31'55.9'' S$   $43^{\circ} 56'03.6'' W$ , as shown in Figure 1.

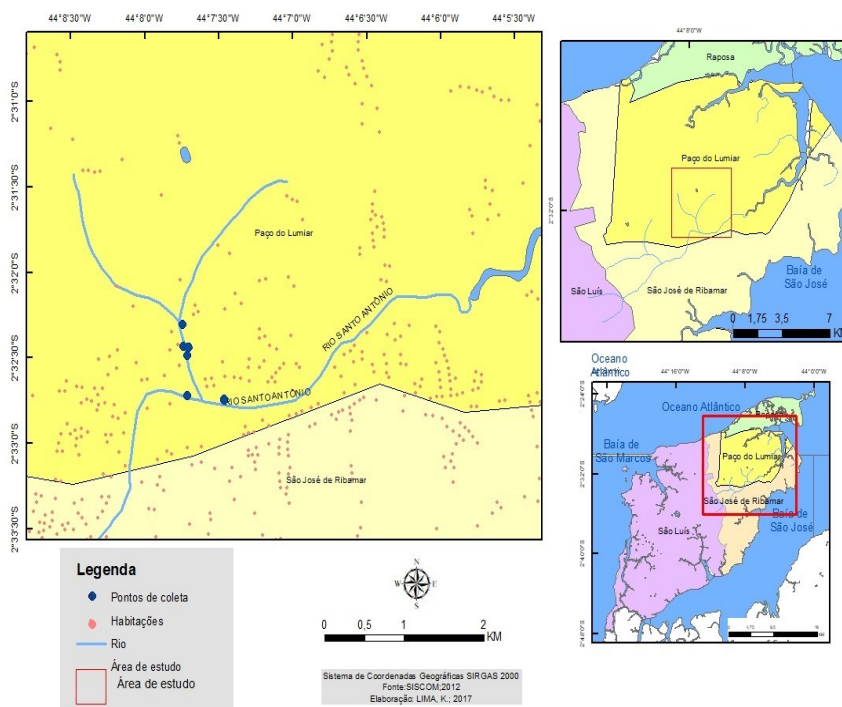


Figure 1-Location of the low course of the Curuçá river located in the Santo Antônio river basin, in the municipality of Paço do Lumiar, Maranhão. Source: Research data.



## 2.2 Collection and analysis

The monthly precipitation and average temperature data from the São Luís Island - MA of the last 20 years (1981-2010), obtained from the National Institute for Space Research (INPE), according to Figure 2, were collected.

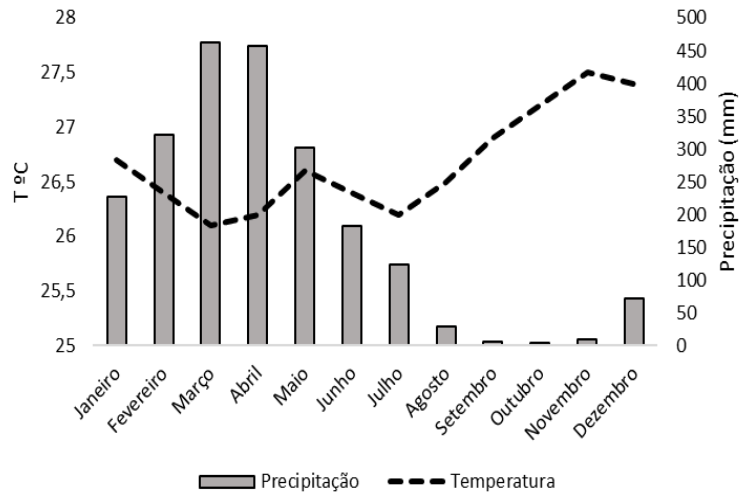


Figure 2 - Average precipitation and monthly temperature of 20 years for. (1981-2010). Source INPE, 2017

The temporal series of climatic data in the last twenty years shows that the climate of the region shows a marked difference between the rainy season and the dry season. The peaks of precipitation are related to the greater occurrence of rains in the months of March and April. In this way, the collections were carried out in the months of April, May and June of 2017, considering the rainy season, while the collections carried out in the months of August, September and October, characterized the dry period.

The water collection was carried out in six representative points in the Curuçá River area: P1 - bridge entrance, P2 - after bridge, P3 - bridge bar, P4 - river middle, P5 - juçaral and P6 - river source. All samples were collected in different seasonal periods, during the rainy season (April, May and June) and dry period (August, September and October) of 2017. After collection, the bottles were transported to the Laboratory of Environmental Sciences (LACAM). University CEUMA - UniCEUMA, and all the measurements were made from replicas. The variables analyzed followed the methodology described in (APHA, 2012).

The physical - chemical parameters were determined using the AK88 portable multiparameter meter; Temperature (°C) (mercury thermometer); pH (pH); Turbidity

(NTU) (portable turbidimeter); Conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), nitrite (NO<sub>2</sub>-), nitrate (NO<sub>3</sub>-), and Total Phosphorus (PT) were determined using the Photometer (Hanna instruments HI 83200); for the dissolved oxygen concentration (OD) and (BOD5 days) the method based on the technique described by Winkler, modified according to the procedure quoted in Strickland & Parson (1972) apud (SILVA, et al., 2016) was used. The determination of chlorophyll A (CL) was performed by the UV-Vis spectrophotometer method in Shimadzu UV 1601 spectrophotometer.

For the microbiological analyzes, the Colitest kit was used to determine total coliforms (CT) and fecal (CF) in the water samples of the river. The Indol test was performed to confirm the presence of *Escherichia coli*, using fluorescence as a developer in UV light. The test was considered positive for the formation of a red ring and was then seeded on the surface of the agar (Eosin Methylene Blue Agar) medium (EMB) to obtain and identify *E. coli* colony. (CETESB, 2010).

In the incubation, the typical colonies of thermotolerant coliforms were read. After obtaining the results, they were compared with the parameters determined by Resolution No. 357 of March 17, 2005, of the National Environment Council (CONAMA), since the local population uses water from the Curuçá river for consumption in natura (BRASIL, 2005).

The analysis of the limnological variables that make up the IQA and the EIT was performed using CETESB's annual reports from 2007 to 2010. The Water Quality Index is an approximate indication of the state of the water body. For the determination of the IQA, we used Equation 1 (CETESB, 2015),

$$IQA = \prod_{i=1}^n qi^{wi} \quad \text{Eq.1}$$

where:

Q<sub>i</sub> = is the quality value of the i-th parameter, a number between 0 and 100, obtained from the respective average curve of quality variation, as a function of its concentration or measurement (ANA, 2015);

w<sub>i</sub> = is the weight corresponding to the i-th parameter set in function of its importance for the overall conformation of the quality, that is, a number between 0 and 1.

For the determination of the Trophic State Index (EIT), equation 2.3 and 4 were used for chlorophyll A (CL) and total phosphorus (PT), following the method described by ALVES et al. (2012); (CETESB, 2015).

$$IET(PT) = 10. \left\{ 6 - \left[ \frac{0,42 - 0,36 \cdot \ln(PT)}{\ln(2)} \right] \right\} \text{ Eq.2}$$

$$IET(CL) = 10. \left\{ 6 - \left[ \frac{-0,7 - 0,6 \cdot \ln(CL)}{\ln(2)} \right] \right\} \text{ Eq.3}$$

$$IET = \frac{IET(PT) + IET(CL)}{2} \text{ Eq.4}$$

where:

IET (PT) = is the trophic state index determined for the phosphorus:

IET (CL) = is the determined trophic state index for chlorophyll;

PT = is the total phosphorus concentration measured at the water surface, in  $\mu\text{g}$ ;

Cl = is the measured chlorophyll concentration at the surface of the water, in  $\mu\text{g}$ .

The physical-chemical parameters were included in a statistical analysis of Principal Component Analysis (PCA), in order to verify the association between these variables with the water bodies sampled, as well as the influences of the different hydrological periods (JOHNSON, WICHERN, 1998; HONGYU, 2015).

### 3 Results and Discussion

The results of the physico-chemical, microbiological parameters, water quality index (IQA) and trophic state index (ETI) of the Curuça River sub-basin, located in the municipality of Paço do Lumiar - MA. in the three months of the rainy and dry periods, in 2017, are presented in table 1,2,3 and figure 3.

#### 3.1. Physico-chemical variables of water

The values of the physicochemical variables analyzed in the months of April, May and June (rainy season) are presented in Table 1.

Table 1 - Mean and standard deviation of the values for the physicochemical and microbiological parameters evaluated in samples from the low course of the Curuçá river. Source: Research Data.

Parameters	Dry Period	Rainy Period	CONAMA357/05
Temperature	26,4±0,59	28,02±0,53	30 C°
Electric conductivity	182,01±4,97	152,6±32,74	100 µS/cm
TDS	92,8±11,54	141,7±14,27	500 mg.L <sup>-1</sup>
Turbidity	21,5±6,07	17,77±12,09	100 UNT
pH	7,04±0,18	7,13±0,18	6,0 a 9,5
OD	4,73±0,23	5,41±0,53	5 mg/L
BOD5 days	5,6±0,57	9,5±0,57	2 e 5 mg.L <sup>-1</sup>
N02	0,33±0,05	0,39±0,16	1mg.L <sup>-1</sup>
N03	2,0±0,33	3,1±0,67	10 mg.L <sup>-1</sup>
Total phosphorus	0,11±0,06	0,34±0,17	0,03 mg.L <sup>-1</sup>
Chlorophyll a	0,02±0,00	0,02±0,00	0,01 a 0,02 mg.L <sup>-1</sup>
Thermotolerant Coliform (TC)	1,64±0,33	2,10±0,08	>1000 UFC/100

In the dry period, the temperature varied from 25.3 to 27.8 C ° (m = 26.4) between the points. Another parameter evaluated was the total dissolved solids, which showed values between 58.9 and 134.7 mg.L-1 (m = 92.8); for conductivity, values range from 132.9 to 333.1 µS / cm (m = 182.01). In the turbidity the variations were from 9.42 to 76 NTU (m = 21.5) whereas for the pH, the values found were from 6.4 to 7.8 (m = 7.04). As for dissolved oxygen, the variations between the points were from 3.6 to 5.6 mg.L-1 (m = 4.73) and for the biochemical oxygen demand were from 3.2 to 5.9 mg. L-1 (m = 5.6).

It is understood that the results found in the rainy season for some variables such as conductivity (Ce), dissolved oxygen (OD) and biochemical oxygen demand (BOD5 days), are above the limit for natural waters, according to Conama Resolution 357/05) whose values are OD (5 mg / L) and Ce (100 µS / cm) and BOD5 days 2 and 5 mg.L-1. This is because the electrical conductivity parameter is inversely proportional to the value of the rainfall index (ESTEVEZ, 2011). Regarding the analyzed variables, all are within the values allowed by the legislation CONAMA / 357/05, for natural waters. According to Silva (2014), predominantly acid pH data were obtained in the Pindaré

River, in the municipality of Tufilândia, and predominantly in the Alto Alegre municipality during the dry period.

By observing the values found at all points, the pH of the water is around the neutrality, not showing great variations for acid or alkaline. The pH value influences the distribution of free and ionized forms of various chemical compounds. The pH values found can be explained due to the influence of litter and deforestation of riparian forests that the region is suffering, which causes a strong silting that deprotects the margin area.

Corroborating this work, Andrade et al. (2016), evaluating the physicochemical characteristics of Macurany Lake in Parintins - AM, did not observe differences in the characteristics in dry and rainy periods in relation to pH and temperature. The authors reported that although they did not find difference between these parameters in different periods, there was seasonal variation in the microbial concentration.

The values of the nitrogen (nitrite and nitrate) variables in the dry period were within the values allowed by CONAMA Resolution (Table 1), while total phosphorus in the same period is above the allowed values. The nitrite values ranged from 0.11 to 0.44 mg.L<sup>-1</sup> ( $m = 0.33$ ), which presented a low variation between the points, not exceeding 0.1 mg / L. This suggests the low incidence of the nitrification process and, in relation to this parameter, the waters of the river are within the established standards for class 2 water bodies. In relation to the observed values of nitrate there was a variation between 1.15 and 4 , 24 mg.L<sup>-1</sup> ( $m = 2.0$ ), evidencing the low concentration of nitrate in river waters in the studied period, lower than the limit (10 mg.L<sup>-1</sup>) recommended by CONAMA Resolution 357/2005 ( CONAMA, 2005) for water bodies class 2.

The values of total phosphorus ranged from 0.02 to 0.03 mg.L<sup>-1</sup> ( $m = 0.11$ ). The high total phosphorus content found may be associated with the discharge of domestic sewage, since, with a high content of phosphate detergents, it did not exceed what was allowed, and it was in the rainy season, when the dilution is higher in the river water. These results are within the allowed 0.030 mg.L<sup>-1</sup> of CONAMA resolution 357/05.

Comparing the data from the São Caetano stream, located in Balsas - MA, from Lima (2017) with those found in this work, it is observed that there is no similarity

between them. In relation to the nitrogen compounds, the concentrations range from 0.01 to 0.49 mg.L<sup>-1</sup> for nitrite and from 0.00 to 2.40 mg.L<sup>-1</sup> for nitrate, evidencing the low concentration of nitrate in the waters of the stream in the studied period.

It also follows the sequence of the same parameters for the months August, September and October (rainy season), when the temperature data presented a variation of 26.5 to 28.9 (m = 28.02) between the points. For the total dissolved solid, we have variations between 114.9 to 168.1  $\mu\text{S} / \text{cm}$  (m = 141.7). In the conductivity, the values were between 115.1 and 165.5  $\mu\text{S} / \text{cm}$  (m = 152.6). In turbidity, the variations were from 10.44 to 28.12 NTU (m = 17.77). For pH, the values found were 6.45 to 7.9 (m = 7.13). As for Dissolved Oxygen, there were variations between the points of 4.8 to 5.87 mg.L<sup>-1</sup> (m = 5.41) and in the biochemical oxygen demand were 5.8 to 11.42 mg.L<sup>-1</sup> (m = 9.5).

It is understood that the results found in the dry period, for some variables such as conductivity (Ce), dissolved oxygen (OD) and biochemical oxygen demand (BOD5 days), are above the limit for natural waters, according to Conama Resolution (357/05) whose values are OD (5 mg / L) and Ce (100  $\mu\text{S} / \text{cm}$ ) and BOD5 days (5 mg.L<sup>-1</sup>). According to Esteves (2011) this phenomenon occurs due to the fact that the electrical conductivity is inversely proportional to the value of the rainfall index (ESTEVES, 2011). For the other variables, such as temperature (T), total dissolved solids (TDS), turbidity and hydrogen potential (pH), all comply with the limits recommended by Conama Resolution (357/05) for natural waters.

As for the chemical parameters, nitrite concentrations ranged from 0.32 to 0.56 mg.L<sup>-1</sup> (m = 3.1). Despite the variations, the values obtained from the points are within the limits established by CONAMA Resolution No. 357/2005, which is (1.0 mg.L<sup>-1</sup>). This suggests the low incidence of the nitrification process. When considering the nitrite parameter, it can be stated that the river waters are within the established standards for class 2 water bodies.

For the values observed in the nitrate presented concentrations ranging from 2.20 to 3.68 mg.L<sup>-1</sup> (m = 0.39), evidencing the low concentration of nitrate in the waters of the river in the studied period, being therefore inferior to the limit recommended by CONAMA Resolution No. 357/2005, for water bodies class 2, which is (10 mg.L<sup>-1</sup>).

For the values of the total phosphorus concentration, they vary from 0.22 to 0.48 mg.L<sup>-1</sup> (m = 0.34). The high phosphorus content found may be associated with the discharge of domestic sewage with high phosphate detergents. These results are above 0.030 mg.L<sup>-1</sup> of CONAMA Resolution 357/05.

Phosphorus is the main limiting factor of productivity in water bodies and has been pointed out as the main responsible for the artificial eutrophication of these ecosystems, i.e. there is a greater production of organic matter than its consumption and decomposition. Phosphorus can come from natural sources (present in the composition of rocks, carried by surface runoff from rainwater, particulate matter present in the atmosphere and resulting from the decomposition of organisms of allochthonous origin) and artificial, such as domestic and industrial sewage, agricultural fertilizers and particulate matter of industrial origin contained in the atmosphere (WETZEL, 2000; ESTEVES, 2011; BUZELLI et al., 2013).

According to Tundisi (2008), the concentration of these compounds depends on geochemical processes. The values found in this study were higher than those found by Guimarães (2011) in the Gurguéia River Basin in the State of Piauí.

The results observed in the seasonal variations for the bacteria of the group Coliformes termotolerantes in UFC / 100ml in the rainy season (April, May and June) were 1.43x10<sup>2</sup> CFU / 100ml to 1.68x10<sup>2</sup> CFU / 100ml (m = 1.64), (August, September and October) were 2.10x10<sup>2</sup> CFU / 100ml at 3.53x10<sup>2</sup> CFU / 100ml (m = 2.10), which are considered to be very significant among the sampling points for bacteria pathogenic. The quantified values did not exceed those established of > 1000 CFU / 100 ml, according to CONAMA Resolution No. 357/05, therefore they are considered unfit for recreational water. The main source of fecal coliforms for the waters of the river is the discharge of sewage, mainly domestic, without previous treatment.

Microbiological analyzes indicated that, although bacteria and E. coli (thermotolerant) bacteria were found, indicative of fecal contamination, the values did not exceed the limit determined in the literature. Corroborating this work, Fernandes et al. (2017) indicate that the water of the Moisinho dam, although contaminated by domestic sewage sludge, garbage, among others, changing the water quality, the values of bacteria found there during the dry and rainy periods did not exceed the values predetermined by CONAMA No. 357/2005, being less than > 1000 CFU / 100 ml.

### 3.2 Statistical Analysis

The results showed that limnological variables (dissolved oxygen, pH, temperature, electrical conductivity, turbidity, TDS, OD, BOD, nitrite, nitrate and total phosphorus) were included in a statistical analysis of Principal Component Analysis to verify the association between these variables with the water bodies sampled, as well as the influences of the different hydrological periods, as shown in Figure 3.

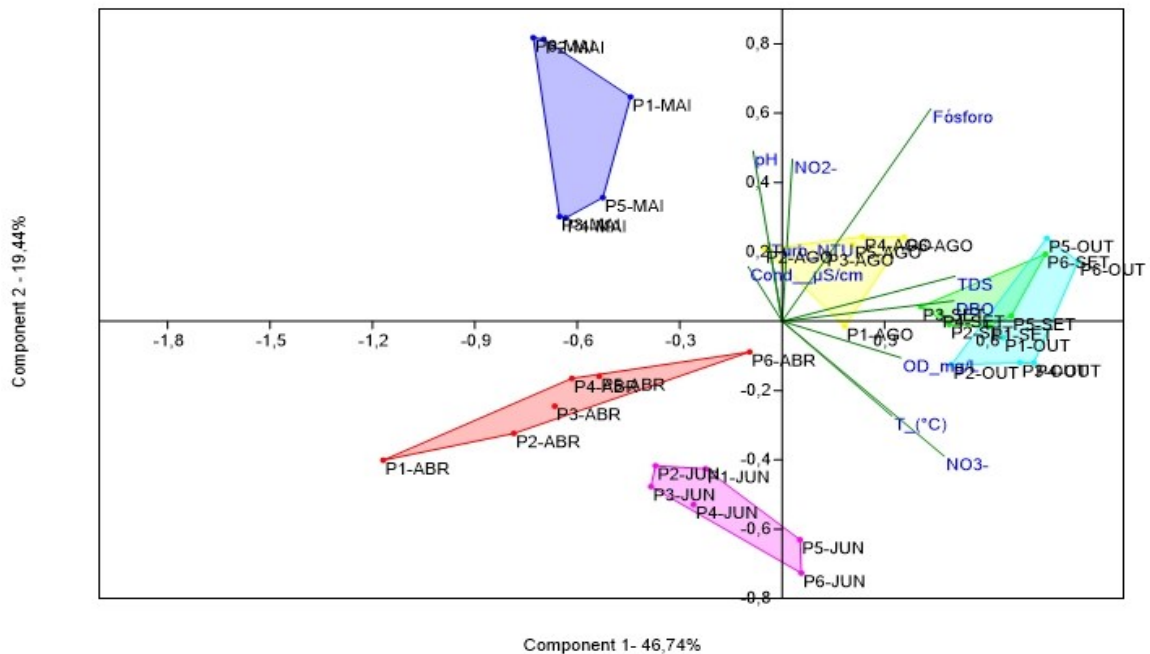


Figure 3 - Graph of Principal Component Analysis, obtained in water samples from the Curuçá River Subbasin at specified points P1 - bridge entrance, P2 - after bridge, P3 - bar, P4 - river middle, P5 - jussaral, P6 - Spring in seasonal periods of 2017. Curuçá River, Paço do Lumiar - MA in dry and rainy season (c) of 2017. Data of the research.

It was possible to determine the spatial and temporal heterogeneity using principal component analysis (PCA), which clearly separates the collection points in dry and rainy periods, gathering in six sampling seasons. Still according to the PCA, there was no differentiation between the points in the months of October and September, being considered similar among themselves, which can be explained by the proximity to the sampling time. Axis 1, which explains 46.74% of the variations, while axis 2 explains 19.44% of the variations.

In order to evaluate the influence of the conditioning variables: conductivity, suspended solids pH, turbidity and oxygen dissolved through the PCA, Silva et al.



(2017) observed that the characteristics of the Pindaré River Basin in the stretches (Pindaré - Mirim (P), Tufilândia (T), and Alto Alegre (A)) in dry and rainy seasons (c) of 2010 and 2011, are very similar in dry and rainy season, Curuçá River.

### 3.3 Determinations of the quality index values (IQA) and the Trophic State Index (ETI) of the Curuçá River water

From the results obtained in the samples, the calculations with the seven (7) parameters of the physicochemical variables of the adjusted IQA were made, since the sum of the correction factor has to give "1". Since we did not use two (2) parameters of (nitrogen and solid residues), the respective weights were transferred to the other parameters (turbidity, dissolved oxygen and biochemical oxygen demand), from the adaptation of their  $Q_i$ , of correction, so that the values were elaborated and obtained with exactitude, in relation to the category according to the classification of the quality of the water, in a scale of 0 to 100. The quality of the water will be in function of the value of IQA, varying in a scale from 0 to 100. The quality of the water will depend on the value of IQA obtained in Table 1. Categories and weighting of the IQA, may be bad (IQA <25), bad (26 <IQA <50), regular (51 (IQA <70), good (71 <IQA <90) or excellent quality (91 <IQA ≤ 100) (ANA, 2015; CETESB, 2010). In Table 2, the results of the IQA of the surface water of the sub-basin of the River Curuçá do Paço do Lumiar - MA.

Table 2 - Results and classification of the index Quality for the rainy season (C) and dry season (S) of 2017, Data of the research.

Month	Collection Points					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
April	66.82	68.70	70.86	71.17	74.77	75.44
	81.05	78.15	77.55	88.18	99.21	94.70
May	79.83	80.29	77.65	90.00	87.28	70.59
	91.30	84.62	86.08	85.31	76.26	95.44
August	95.73	78.24	77.95	79.78	83.65	97.53
	99.63	80.58	81.88	82.44	84.84	99.01
September						
October						

Table 3 - Categories and weighting of the IQA, where the results obtained to verify the water quality category are observed.

Category	GREAT	GOOD	REGULAR	BAD	VERY BAD
Ponderation	79 < IQA ≤ 100	51 < IQA ≤ 79	36 < IQA ≤ 51	19 < IQA ≤ 36	IQA ≤ 19

\* category weighting. Source: (ANA, 2015, CETESB, 2010).

Table 4. Classification of the trophic state index for the seasonal period of the months of June and September of 2017.

Points	Season of the seasonal period	P-Total (mg.L <sup>-1</sup> )	Chlorophyll (mg.L <sup>-1</sup> )	IET total	Status
P1	R	28,2	13,2	20,7	Ultraoligotrophic
	D	28,1	14,5	21,3	
P2	R	15,8	13,2	14,5	Ultraoligotrophic
	D	27,7	14,6	21,4	
P3	R	15,8	14,4	14,5	Ultraoligotrophic
	D	28,2	14,6	21,3	
P4	R	15,8	14,4	14,5	Ultraoligotrophic
	D	28,4	14,7	21,4	
P5	R	16,6	14,4	15,5	Ultraoligotrophic
	D	28,5	14,6	25,7	
P6	R	17,6	14,8	25,7	Ultraoligotrophic
	D	30,5	17,1	23,6	
*Mean ± SD	R	18,3±4,48	14,06±0,63	17,56±4,25	
	D	28,57±0,90	14,68±0,78	22,45± 1,67	

\*Rainy and Dry, mean and standard deviation (SD)

The classification of the aquatic environment for the ETI was found in the degrees of Trófia of the Curuçá River as ultraoligotrófico as variations of total phosphorus between 15.8 and 28.5 mg.L-1 for chlorophyll between 13.3 and 14.8 mg.L-1 in the period of the dry season. For the period of the rainy season, the variation for the total phosphorus was from 17.6 to 28.5 mg.L-1 and for chlorophyll was from 21.3 to 23.6 mg.L-1, considered very significant, totaled as less than 14, 5 to 20.7 mg.L-1 for the two stations, which are values that correspond to IET ≤ 47, according to Ana (2015).

For both periods, the concentration of this variable is within the established by the legislation, since, according to CONAMA Resolution 357/2005, for the water body to be classified in Classes 1, 2 and 3, the maximum values allowed for this parameter

are 10 µg / L, 30 µg / L and 60 µg / L, respectively, if the Curuçá River is classified in class 1.

Observing the classification of the EIT of the aquatic environment for the EIT, is given in six degrees of trophic. For rivers, there is an ultra-oligotrophic ( $EIT \leq 47$ ), oligotrophic ( $47 < EIT \leq 52$ ), mesotrophic ( $52 < EIT \leq 59$ ), eutrophic ( $59 < EIT \leq 63$ ), supereutrophic ( $63 < EIT \leq 67$ ) and hypereutrophic ( $EIT > 67$ ), ANA, 2015.

Chlorophyll is an important variable in aquatic ecosystems, being the main pigment responsible for the process of photosynthesis. It can be considered as an indicator of the trophic state of aquatic environments, as it indicates the algal biomass present in the water body (ESTEVES, 2011).

For Index of the Trophic State (EIT), it was calculated with the purpose of classifying the Curuçá River in degrees of trophic, that is, to evaluate the quality of the water in nutrient enrichment and its effect related to the excessive growth of the algae or the increase of the infestation of aquatic macrophytes (LAMPARELLI, 2004).

To determine the degree of eutrophication of a aquatic ecosystem Carlson (1977), proposed trophic state index (IET) for temperate environments. In Brazil, this index was modified and adapted to tropical and subtropical environments by Toledo Jr. et al. (1983), Salas and Martino (1991) and, more recently, Lamparelli (2004). Currently, an EIT update has been proposed by Cunha et al. (2013b) for reservoirs in tropical and subtropical environments. These last indices allow to classify the aquatic ecosystems in different degrees of trofia, from ultraoligotrófico category with smaller concentrations of nutrients to the state of greater trophy, hypereutrótico. FRASCARELLI. et al. (2015). The Curuçá River is under the same conditions as the ultraoligotrophic authors for subtropical environments, such as the state of Maranhão in the region.

#### **4 Conclusion**

The physical-chemical parameters showed significant variations in the river waters located in the areas of the Paço do Lumiar-MA, being indicators of the strong anthropic impact represented by the discharge of domestic effluents in the surroundings of the rivers.

Non-compliance with environmental norms in the nutrients and for bacteriology was observed, since the presence of *Escherichia coli* or thermotolerants with value  $<1000$  CFU / 100 ml was detected in all of them, compared to CONAMA Resolution 357 of 2005. Thus, the analyzes show that bacteria were present in the samples, but it is inadequate for the maintenance of aquatic life.

The results showed that the region studied presents some adversities in relation to the maximum values established by official bodies such as CONAMA (BRASIL, 2005); ANA, (2015;) CETESB, (2015) responsible for these types of environments and which indicate indices that allow to classify aquatic ecosystems in different degrees of trophic, to ultraoligotrophic category with lower concentrations of nutrients.

This analysis made it possible to verify the quality of this water, which is of interest both environmental and socioeconomic of the population of the region. In turn, protection of springs, including land management at river basin level is the most efficient way of using of the resources of a region, since it aims at preserving and improving the quantity and quality of water

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Portal da qualidade das águas. Indicadores de qualidade. Índice de qualidade das águas (IQA). 2015. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-idade-aguas.aspx>. Acesso em: 15 abr. 2015.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. Standard methods for examination of water and wastewater. 22th ed. Baltimore: United Book Press; 2012.

ANDRIETTI, GRASIANE; FREIRE, ROSANE; AMARAL, ADRIANA GARCIA DO; ALMEIDA, FREDERICO TERRA DE; BONGIOVANI, MILENE CARVALHO; SCHNEIDER, ROSELENE MARIA. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT doi:10.4136/ambi-agua.1769. Received: 02 Oct. 2015; Accepted: 30 Nov. 2015

ARAÚJO, R. GOEDERT W.J., LACERDA M.P.C. (2007). Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.31, p.1099-1108.

BEZERRA, J. F. R. MACHADO, J. V. e FEITOSA, A. C. Estudos dos Parâmetros Morfométricos da Bacia do Rio Santo Antônio, município de Paço do Lumiar – MA. In: Anais do IX Simpósio Brasileiro de Geografia Aplicada. Recife, 2001.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP). *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.930>)

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, v. 2, n. 2, p. 361-369, 1977.

COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO BASICO E DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE CETESB (2007). Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo: 2006. São Paulo: CETESB, 2007. (Série Relatórios).

\_\_\_\_\_. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2003. p. 264.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução Conama nº 357, 17 de março de 2005.

CRUZ, PATRÍCIA; REIS, LAYARA; BARROS, ARYANNE; NEVES, JOSYANNE; CÂMARA, FLOR. Comparativo da qualidade físico-química da água no período chuvoso e seco na confluência dos Rios Poti e Parnaíba em Teresina/PI. 2007.

EMPRESA BAIANA DE ÁGUAS E SANEAMENTO S.A. (EMBASA). Rua São Mamede 96, Village Ouro Preto, casa 4, Santa Mônica, 44050-400, Feira de Santana BA. [boritassis@superig.com.br](mailto:boritassis@superig.com.br) Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

ESTEVEES, F. A. Fundamentos de limnologia, 3.º ed. Rio de Janeiro. Interciência. 826p, 2011.

FEITOSA, A. C., 1996. Parâmetros analíticos dos sedimentos da praia do Canto, Paço do Lumiar - Ma. In: 3a Reunião Especial da SBPC, 1996, Florianópolis. Ecossistemas costeiros: do conhecimento à gestão. Florianópolis: UFSC, v. 1: 408-409.

FERNANDES, et al. ESTUDOS MULTIDISCIPLINARES NA ARÉA DA SAÚDE. Análise físico-química e microbiológica da água de um açude do município de Vargem Grande, Maranhão 1 ed. CRV. Curitiba, 2017. 168 p.

FERREIRA KÁSSIA CRISLAYNE DUARTE; LOPES, FERNANDO BEZERRA; ANDRADE, EUNICE MAIA DE; MEIRELES, ANA CÉLIA MAIA; SILVA, GERLANGE SOARES DA. Adaptação do índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation ao semiárido brasileiro. Adapting the National Sanitation Foundation water quality index to the Brazilian semiarid. V.46, n 2, p.277-286, abril./jun.2015.

FRASCARELI, DANIELE; BEGHELLI, FREDERICO GUILHERME DE SOUZA, SILVA, SHEILA CARDOSO DA, ET AL. Ambient. Água vol. 10 n. 4 Taubaté – Oct. / Dec. 2015.

GUIMARÃES, G. S. C. Estimativas de cargas de fósforo total e de material particulado em suspensão (MPS) da bacia superior do rio Gurguéia. Monografia, Universidade Federal do Piauí-UFPI, 2011.

HONGYU, K. Comparação do GGE biplot ponderado e AMMI-ponderado com outros modelos de interação genótipo × ambiente. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agrônômica) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015. 155p.

LAMPARELLI, M. C. Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo: USP/ Departamento de Ecologia. 2004. 235 f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.

MARANHÃO, SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. Diagnóstico dos Principais Problemas Ambientais do Estado do Maranhão. São Luís, 2010.

SALAS, H. J.; MARTINO, P. A simplified phosphorus trophic state model for warm-water tropical lakes. Walter Research, v. 25, n. 3, p. 341-350, 1991. [http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354\(91\)90015-I](http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354(91)90015-I)

SILVA, RITA DE CÁSSIA ASSIS DE ARAÚJO, TÂNIA MARIA DE. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). Groundwater quality in urban areas of Feira de Santana, State of Bahia.

SILVA, et al. Qualidade da Água da Bacia do Rio Pindaré, nos trechos correspondentes aos Municípios de Pindaré- Mirim, Tufilândia e Alto Alegre no Estado do Maranhão. *Águas Subterrâneas*. V. 31 nº 4, p.347-354, 2017.

SILVA, M. R.; SILVA, L. V.; BARRETO, L. N.; C.; RODRIGUES, E. H. C.; MIRANDA, R. C. M.; BEZERRA, D. S. PEREIRA, D. C. A. *Águas Subterrâneas*, v. 31, n. 4, p. 347-354, 2017. Qualidade da Água da Bacia do Rio Pindaré, nos trechos correspondentes aos Municípios de Pindaré- Mirim, Tufilândia e Alto Alegre no Estado do Maranhão.  
[http://www.inpe.br/institucional/sobre\\_inpe/cooperacao\\_nacional.php/UEMA.2017](http://www.inpe.br/institucional/sobre_inpe/cooperacao_nacional.php/UEMA.2017).

SOUZA, A.; BERTOSI, A. P. A; LASTORIA, G. Diagnóstico temporal e espacial da qualidade das águas superficiais do Córrego Bandeira, Campo Grande, MS. *Revista Agro@ambiente online*, v. 9, n. 3, p. 227-234, 2015.

TOLEDO, L.G. de; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.59, n.1, p.181-186, 2002.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200002>

VALLE JÚNIOR, R. F. do; ABDALA, V. L.; GUIDOLINI, J. F.; SIQUEIRA, H. E.; CANDIDO, H. G. Diagnostico temporal e espacial da qualidade das aguas superficiais do Rio Uberaba – MG. *Caminhos de Geografia*, v.14, n.45, p.01-11, 2013.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUC, J. (2009). Uma visão sobre qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.743-755.

WETZEL, R. G. *Limnology*. San Diego: Academic Press, 2001. 1006 p.

ZANINI, HELEN L. H. T; AMARAL LUIZ A. DO; ZANIN, JOSÉ R; TAVARES, LUCIA H. S. Caracterização da água da microbacia do córrego rico avaliada pelo índice de qualidade de água e de estado trófico. *Eng. Agríc.*, Jaboticabal, v.30, n.4, p.732-741, jul./ago. 2010

## **Capítulo II**

### **DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DOS METAIS PESADOS NA ÁGUA SUPERFICIAL DA SUBBACIA DO RIO CURUÇA, PAÇO DO LUMIAR-MA.**



# DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DOS METAIS PESADOS NA ÁGUA SUPERFICIAL DA SUBBACIA DO RIO CURUÇA, PAÇO DO LUMIAR, MA

## Resumo

Na bacia hidrográfica do rio Santo Antônio a localização da sub bacia do rio Curuçá, as atividades antrópicas têm-se intensificado ao longo das duas últimas décadas, acarretando sérias consequências ambientais. Avaliação do índice de qualidade da água pode subsidiar a formulação de planos de manejo e gestão de sistemas aquáticos. O objetivo deste estudo foi determinar as concentrações dos metais pesados na água superficial da sub bacia do rio Curuçá, Paço do Lumiar, Maranhão. A coleta da água foi realizada em seis pontos representativos em período, dos meses Junho e Setembro. A presente pesquisa quantificou os metais pesados: Co, Cu, Mn, Pb e Zn pelo método da análise de espectro de absorção atômica. Os resultados mostraram que em somente os metais como Zn e Pb houve um aumento bem significativo, ultrapassando o limite estabelecido da CONAMA/357/05, entretanto que pode estar ou vir a causar problemas aos seres vivos relacionados ao sub bacia, e causar danos aos seres humanos, já que a população ribeirinha se utiliza deste rio para realizar atividades de recreação.

**Palavras-chave:** qualidade da água, rio, metais pesados.

DETERMINATION OF THE CONCENTRATION OF HEAVY METALS IN THE SURFACE WATER OF THE SUBUTERS OF RIO CURUÇA, PAÇO DO LUMIAR, MA

## Abstract

The hydrographic basin of the Santo Antônio River the location of the sub basin of the Curuçá River, the anthropic activities have intensified over the last two decades, with serious environmental consequences. Evaluation of the water quality index may support the formulation of management plans and management of aquatic systems. The objective of this study was to determine the concentrations of heavy metals in the surface water of the Curuçá river basin, Paço do Lumiar, Maranhão. The water collection was carried out in six representative points in dry and rainy season. The present study quantified the heavy metals: Co, Cu, Mn, Pb and Zn by the method of atomic absorption spectrum analysis. The results showed that in only metals such as Zn and Pb there was a very significant increase, exceeding the established limit of CONAMA / 357/05, however that may be or cause problems to the living beings related to the sub basin, and cause damages to the human beings, since the riverside population uses this river to carry out recreational activities.

**Keywords:** quality of water, river curuçá, heavy metals.

## 1. INTRODUÇÃO

Os rios brasileiros vêm sendo depositários de uma diversidade de subprodutos provenientes da atividade antrópica. A presença de diversos elementos potencialmente tóxicos é responsável por efeitos adversos sobre o ambiente, repercutindo na economia e na saúde pública. A introdução de metais pesados nos sistemas aquáticos ocorre naturalmente através de processos geoquímicos, como intemperismo de solos e rochas, por meio de fontes antropogênicas, a exemplo de efluentes domésticos e industriais — reflexos principalmente do crescimento desenfreado de polos urbanos (YABE & OLIVEIRA 1998, EBRAHIMPOUR & MUSHRIFAH 2008).

É fundamental que os recursos hídricos apresentem condições físico e - químicas adequadas para a utilização dos seres vivos, devendo conter substâncias essenciais à vida e estar isentos de outras substâncias que possam produzir efeitos prejudiciais aos organismos (CRUZ *et. al.* 2007).

Os rios são sistemas complexos caracterizados como escoadouros naturais das áreas de drenagens adjacentes, que em princípio formam as bacias hídricas. A complexidade desses sistemas lóticos deve-se ao uso da terra, geologia, tamanho e formas das bacias de drenagem, além das condições climáticas locais (TOLEDO,2002). Cada sistema lótico possui características próprias, o que torna difícil estabelecer uma única variável como um indicador padrão para qualquer sistema hídrico. Nesse sentido, a busca em trabalhos de campo é a obtenção de índices de qualidade de água que reflitam resumidamente e objetivamente as alterações, com ênfase para as intervenções humanas (CRUZ *et. al.* (2007) citado por FERRAZ *et. al.* (2009).

Contudo, para verificar no sistema aquático, os altos índices de toxicidade dos metais pesados para os organismos, associados à sua relativa facilidade de entrarem e acumularem-se ao longos cadeias tróficas por muito tempo, fundamenta a importância de estudos que determinem suas concentrações em ambientes aquáticos. Os elementos-traço, como também são conhecidos os metais pesados por serem encontrados em baixas concentrações (usualmente < 0,1%) nos solos e nos organismos vivos (Valle, 2012), são introduzidos naturalmente nos sistemas aquáticos através de processos geoquímicos e intemperismo. Os ciclos biológicos e geológicos são

responsáveis pela redistribuição desses metais no ambiente, transportando-os para os rios (Yabe e Oliveira 1998).

Alguns metais são considerados essenciais do ponto de vista biológico, mas quando presentes em altos teores causam impactos negativos à saúde dos seres vivos, constituindo um problema ambiental ou de saúde pública. Entre os elementos que, sabidamente, são importantes para os organismos estão: cromo, ferro, níquel, selênio, zinco (Valle 2012).

Na área da bacia do rio Santo Antônio a localização da sub bacia do rio Curuçá, as atividades antrópicas têm-se intensificado ao longo das duas últimas décadas, acarretando sérias consequências ambientais, devido à construção de obras de engenharia com níveis diferenciado de interferência na organização do espaço. O leito do rio está sofrendo vários problemas ambientais, devido ao lançamento de efluentes domésticos provocando assoreamento, contaminação e poluição das águas, comprometendo o uso doméstico da água. A avaliação do índice de qualidade da água pode subsidiar a formulação de planos de manejo e gestão de sistemas aquáticos. Vale afirmar que moradores na região do município do Paço do Lumiar, onde fica a localidade do rio Curuçá, relata que rio é chamado de Rio Santo Antônio, porque o mesmo passa pelo bairro Santo Antônio, daí passou a ser chamado, entretanto neste estudo chamaremos como do Rio Curuçá.

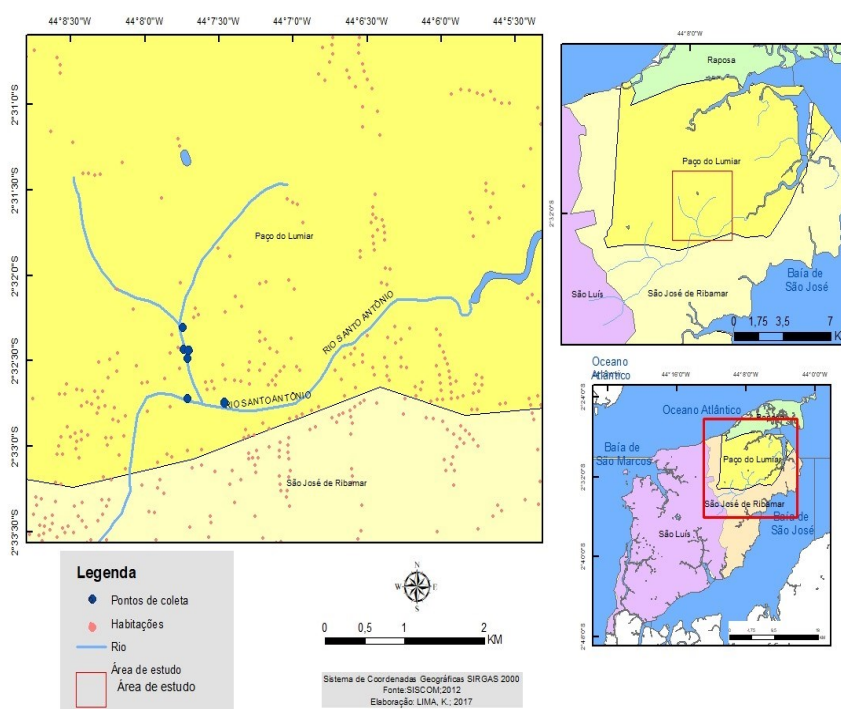
Bezerra (2001) e FERREIRA, 2003) relata que a hidrografia da ilha do Maranhão compreende um conjunto de pequenas bacias hidrográficas destacando-se as seguintes: Anil, Bacanga, Paciência, Tibiri, Cachorros, em São Luís, Antônio Esteves, e Santo Antônio em Paço do Lumiar e Jeniparana, em São José de Ribamar (MARANHÃO, 1998:07). Rio Santo Antônio nasce no bairro Cidade Operária, onde estão as maiores altitudes da sua bacia, atingindo cotas superiores a 60m O seu comprimento total chega a 25,3 km, e sua foz localiza-se na baía de Curupu, que possui outras denominações: Cururuca e São João. Analisando o curso do rio Santo Antônio, Feitosa (1996:44) entende que, por drenar áreas de menor densidade demográfica, onde as atividades antrópicas ainda se caracterizam por sua prática rural, têm suas margens relativamente conservadas, embora a qualidade da água esteja parcialmente comprometida pelos índices de coliformes fecais, além do assoreamento por erosão pluvial. O objetivo deste estudo foi determinar as concentrações dos

metais pesados na água superficial da sub bacia do rio Curuçá, Paço do Lumiar, Maranhão.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Área de estudo

Este trabalho foi realizado no baixo curso do rio Curuçá localizado na Bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, assim conhecido pelos moradores, por estar localizado no bairro Santo Antônio. Localiza-se na sub bacia do rio Curuçá, no Município do Paço do Lumiar. Possui cerca de 21,0 km, está localizado entre as coordenadas, latitude  $3^{\circ}31'59.6''$  S  $43^{\circ}55'55.7''$  W e longitude  $3^{\circ}31'55.9''$  S  $43^{\circ}56'03.6''$  W , conforme apresentado na Figura 1.



**Figura 1:** Localização do baixo curso do rio Curuçá localizado na Bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, no município de Paço do Lumiar, Maranhão. Fonte: Dados da pesquisa.

A coleta da água foi realizada em seis pontos representativos em área do Rio Curuçá: P1. Entrada da ponte-, P2. Depois da ponte, P3. Bar da ponte, P4. meio do rio, P5. Juçaral; P6. Nascente do rio. Todas as coletas foram

realizadas em períodos sazonais distintos em período chuvoso (junho) e seco (setembro) de 2017. Após o procedimento da coleta para análises químicas as todas devidamente preservadas em gelo a temperaturas de 2 a 4o C até chegarem ao laboratório de Ciências do Ambiente (LACAM) da Universidade Ceuma e todas foram realizadas a partir de réplicas. A análise seguiu a metodologia descrita no citado por (SILVA, 2009).

## **2.2 Para a determinação da concentração de Metais Totais**

As amostras de água foram armazenadas em frascos de polietileno de 500 ml segundo a metodologia (SILVA, 2009), para as determinações das concentrações de metais totais, as amostras de água coletadas não serão filtradas sendo preservadas pela adição de  $\text{HNO}_3$  (1,5 ml / L). Posteriormente a digestão foi adicionando a 100 mL da amostra em tubo digestor e adicionou 5 ml de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) e 10 ml de ácido clorídrico (HCl) feita a digestão. Foi colocando em frasco de 100ml e completou com água deionizada. A leitura no espectrometria de absorção atômica (Modelo VARIAN- Spectro 220) no laboratório de Química Analítica da IQSC-USP. Os metais analisados foram Cobalto (Co), Cobre ( Cu), manganês ( Mn), Chumbo( Pb) e Zinco ( Zn).

### 3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.4 Determinações das Concentrações dos Metais pesados

Os resultados das concentrações dos Metais pesados nas águas superficiais são apresentados na tabela 1. Os valores das concentrações dos metais Co, Cu, Mn, Pb e Zn, em mg L<sup>-1</sup> nos 6 pontos estudados no sub bacia da água superficial do rio Curuçá.

**Tabela 1** Concentrações de metais pesados nas amostras dos períodos sazonal nos meses Junho e setembro no ano 2017.

Período Sazonal	Pontos de coleta/ Mês						Referência CONAMA 357/05/Classe 3
	Junho/ Setembro						
Metais (mg L <sup>-1</sup> )	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
<b>Co</b>	0,100 0,100	0,100 0,109	0,100 0,109	0,100 0,110	0,100 0,120	0,100 0,110	<b>0,2</b>
<b>Cu</b>	0,100 0,109	0,030 0,036	0,030 0,030	0,032 0,035	<b>0,055</b> <b>0,066</b>	<b>0,058</b> <b>0,060</b>	<b>0,013</b>
<b>Mn</b>	0,100 0,100	0,100 0,100	0,100 0,100	0,100 0,100	0,100 0,100	0,100 0,100	<b>0,5</b>
<b>Pb</b>	0,072 0,075	0,073 0,076	0,073 0,075	0,071 0,072	0,141 0,144	<b>0,197</b> <b>0,202</b>	<b>0,033</b>
<b>Zn</b>	0,145 0,150	0,046 0,047	0,046 0,046	0,048 0,049	0,055 0,056	<b>2,382</b> <b>2,401</b>	<b>0,18</b>

Os valores para os elementos Co, Cu, Mn e zn nos pontos P1, P2, P3, P4 e P5, estão abaixo do valor da Resolução CONAMA 357. Porém para Cu, Pb e Zn, nos pontos P5 e P6, estão acima do permitido da resolução, isto poderá pelo insumo de lixo e esgoto doméstico e pasto que fica localizado na área da nascente do rio que encontra-se no P6. Para o elementos Cu os valores foram de P5 (**0,055 e 0,066**) e P6 foi de (**0,058 e 0,060**) mg L<sup>-1</sup>, Pb os valores nos dois períodos foram de (**0,197 e 0,202**) mg L<sup>-1</sup> e Zn foi de (**2,382 e 2,401**) mg L<sup>-1</sup>, como mostra a tabela 1. Os valores das concentrações dos metais analisados devem ser observados e estudados para avaliar o possível

impacto neste ecossistema, pois algumas concentrações estão acima do limite máximo tolerável. As concentrações dos metais totais, Co, Cu e Mn apresentaram baixos valores de concentrações os quais estão dentro do limite de detecção e nessas áreas dos pontos não apresentarem riscos de poluição, portanto nesses pontos de amostragem os metais são típicos de rochas naturais.

Os metais como Zn e Pb houve um aumento bem significativo, ultrapassando o valor estabelecido da CONAMA/357/05, entretanto que pode estar ou vir a causar problemas aos seres vivos relacionados ao sub bacia, e causar danos aos seres humanos, já que a população ribeirinha se utiliza deste rio para realizar atividades de recreação.

Cruz (2012) também detectou altas concentrações de Pb na água e nos sedimentos superficiais das nascentes do rio Subaé (Lagoa Salgada, Lagoa Subaé e Nascente Pedro Suzart), ultrapassando o limite estabelecido pelo CONAMA 357/05 (Brasil 2005) tanto para a água quanto para o sedimento. As maiores concentrações se apresentaram na Lagoa Salgada.

## 4 CONCLUSÕES

Entendendo que os recursos hídricos são indicadores e termômetros das condições ambientais, o presente estudo confirma que o recurso natural dos ecossistemas estudados, bem como sua elevada fragilidade ambiental frente às ações antrópicas, como o exposto nos resultados.

Os metais zinco e Chumbo indicam que os minerais primários que constituem as rochas da área pesquisada ainda são os principais retentores desses metais nesse trecho do rio além do impacto causado por contaminação da água devido a despejo de esgotos domésticos, resíduos de gasolina, lixos, uma vez que, há alterações na qualidade da água, devido aos altos níveis de desmatamentos nas margens do rio, causando assoreamento e erosão. Entretanto que pode estar ou vir a causar problemas aos seres vivos relacionados ao sub bacia, e causar danos aos seres humanos, já que a população ribeirinha se utiliza deste rio para realizar atividades de recreação.



## 5 REFERÊNCIAS

BEZERRA, J. F. R. MACHADO, J. V. e FEITOSA, A. C. Estudos dos Parâmetros Morfométricos da Bacia do Rio Santo Antônio, município de Paço do Lumiar – MA.

In: Anais do IX Simpósio Brasileiro de Geografia Aplicada. Recife, 2001.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução Conama n° 357, 17 de março de 2005.

CRUZ, PATRÍCIA; REIS, LAYARA; BARROS, ARYANNE; NEVES, JOSYANNE; CÂMARA, FLOR. Comparativo da qualidade físico-química da água no período chuvoso e seco na confluência dos Rios Poti e Parnaíba em Teresina/PI. 2007.

Cruz M.A.S. 2012. Avaliação da geoquímica dos sedimentos superficiais das nascentes do rio Subaé-BA. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, Universidade Estadual de Feira de Santana, 142 p.

Ebrahimpour M. & Mushrifah I. 2008. Heavy metal concentrations (Cd, Cu and Pb) in five aquatic plant species in Tasik Chini, Malaysia. *Environmental Geology*, 54:689-698.

FERREIRA KÁSSIA CRISLAYNE DUARTE; LOPES, FERNANDO BEZERRA; ANDRADE, EUNICE MAIA DE; MEIRELES, ANA CÉLIA MAIA; SILVA, GERLANGE SOARES DA. Adaptação do índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation ao semiárido brasileiro. Adapting the National Sanitation Foundation water quality index to the Brazilian semiarid. V.46,n 2,p.277-286, abril./jun.2015.

SILVA, C. M. R. **Metodologias Eletroanalíticas Adequadas para a Determinação de Pesticidas em Águas, Solos e Sedimentos do rio Balsas, no Estado do Maranhão**, CNPq, 2009, p. 60. (Relatórios Ambientais)

TOLEDO, L.G. de; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.59, n.1, p.181-186, 2002.

Valle LAR. **Avaliação de elementos-traço em fertilizantes e corretivos**. 2012. 77p. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência do Solo - Área de concentração em Recursos Ambientais e Uso da Terra) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

## **Atividades Desenvolvidas no Período**

## **ANEXO A: Normas para submissão na Revista**