



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE

ANGELO RICARDO BALDUINO

ANÁLISE DOS IMPACTOS DA AGRICULTURA NA QUALIDADE DA
ÁGUA DO RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO
MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL - TOCANTINS

PALMAS - TO

2019

ANGELO RICARDO BALDUINO

ANÁLISE DOS IMPACTOS DA AGRICULTURA NA QUALIDADE DA
ÁGUA DO RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO
MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL - TOCANTINS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Ciências do Ambiente da Universidade Federal
do Tocantins, como requisito para obtenção do
título de Doutor em Ciências do Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Galdino dos Santos
Co-orientador: Prof. Dr. Lucas Barbosa e Souza

PALMAS – TO
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

B179a Balduino, Angelo Ricardo.
ANÁLISE DOS IMPACTOS DA AGRICULTURA NA QUALIDADE
DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL - TOCANTINS. / Angelo
Ricardo Balduino. – Palmas, TO, 2019.
164 f.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus
Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Doutorado) em
Ciências do Ambiente, 2019.

Orientador: Márcio Galdino dos Santos

Coorientador: Lucas Barbosa e Souza

1. IQA. 2. Recursos Hídricos. 3. Poluição das águas. 4. Glifosato.
I. Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de
qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde
que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime
estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica
da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

ANGELO RICARDO BALDUINO

ANÁLISE DOS IMPACTOS DA AGRICULTURA NA QUALIDADE DA ÁGUA DO
RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE PORTO
NACIONAL - TOCANTINS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ciências do Ambiente, da Universidade Federal do
Tocantins, como requisito para obtenção do título de
Doutor em Ciências do Ambiente.

Aprovado em: 19/06/2019



Co-orientador:

Dr. Lucas Barbosa e Souza
Universidade Federal do Tocantins



Dra. Kellen Lagares Ferreira Silva
Universidade Federal do Tocantins



Dra. Elineide Eugênio Marques
Universidade Federal do Tocantins



Dr. Gleys lally Ramos dos Santos
Universidade Federal do Tocantins



Dr. Albano Dias Pereira Filho
Instituto Federal do Tocantins

Palmas, 19 de junho de 2019.

Dedico esta tese a Deus, minha família, meus orientadores pelo incentivo, apoio, força, companheirismo e amizade, aos meus amigos e colegas de trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus que, durante todo período de realização da tese, me amparou nos momentos difíceis, não deixando que minhas esperanças se acabassem, mostrando os caminhos nas horas certas, suprimindo todas as minhas necessidades.

Ao Professor Dr. Márcio Galdino dos Santos, orientador desta tese, e Professor Dr. Lucas Barbosa e Souza, co-orientador, por todo empenho, competência, participação com as correções, discussões e sugestões que fizeram com que concluíssemos esse trabalho.

A Professora Dra. Kellen Lagares Ferreira Silva e Professora Dra. Carla Simone Seibert, coordenadoras do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente pela oportunidade de crescimento, aprendizado, realização profissional e também pela confiança depositada.

A minha família, a qual amo tanto, que me deu amor e força, valorizando meus potenciais, demonstrando sempre paciência, carinho e incentivo.

Ao Diretor Geral e o Gerente de Administração do IFTO – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Porto Nacional, que me apoiou e acreditou nesse trabalho.

A todos os colegas e professores da pós-graduação em Ciências do Ambiente pelo convívio e aprendizado.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução desta tese de doutorado.

RESUMO

O monitoramento de uma bacia hidrográfica é fundamental para a otimização de gestão das águas, pois fornece informações e auxilia o entendimento das alterações físicas, químicas e biológicas decorrentes de diversas atividades antrópicas e naturais, facilitando ações de prevenção e controle à poluição. Para entender uma bacia hidrográfica é necessário conhecer suas características físicas, processos e suas inter-relações, a fim de obter informações que gere conhecimento de sua dinâmica de funcionalidade. O trabalho teve como objetivo analisar a qualidade da água do reservatório utilizado para o abastecimento urbano, localizada na bacia hidrográfica do Ribeirão São João, município de Porto Nacional, bem como os impactos existentes da agricultura oriundos do agrotóxico glifosato e utilizar como um potencial padrão para outras bacias semelhantes que integram o Rio Tocantins. O estudo foi dividido em quatro etapas. Inicialmente foi realizado o balanço hídrico climatológico e caracterização climática, a segunda foi o levantamento batimétrico e caracterização do sedimento do fundo do reservatório, a terceira foi a caracterização da infiltração e permeabilidade, e a quarta etapa foi a detecção do agrotóxico glifosato no reservatório e análise da qualidade da água da bacia hidrográfica. A metodologia adotada é quali-quantitativa uma vez que buscamos realizar uma descrição dos resultados encontrados. Os parâmetros analisados neste trabalho para detecção de agrotóxico glifosato e para a análise de qualidade da água foi temperatura, oxigênio, pH, nitrogênio total, fósforo total, coliformes termotolerantes, sólidos totais e turbidez, foi APHA, que ocorreu nos meses de agosto de 2017 a setembro de 2018 empregados no cálculo do índice de qualidade da NSF (National Sanitation Foundation). Os resultados obtidos demonstraram no que se refere a detecção do agrotóxico glifosato, não apresentaram valores superiores ao limite permitido pela Resolução CONAMA 357/2005, e que a água do Ribeirão São João pode ser classificada como de qualidade regular segundo a NSF, embora alguns parâmetros comparados com a legislação ambiental ficaram em desacordo com os padrões determinados pela resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) para classe dois de água doce.

Palavras-chave: IQA. Recursos hídricos. Poluição das Águas. Glifosato.

ABSTRACT

The monitoring of a river basin is essential for the optimization of water management, because it provides information and helps the understanding of the physical, chemical and biological changes resulting from diverse anthropic and natural activities, facilitating pollution prevention and control actions. To understand a river basin it is necessary to know its physical characteristics, processes and their interrelations, in order to obtain information that generates knowledge of its dynamic of functionality. The objective of this work was to analyze the water quality of the reservoir used for urban water supply, located in the river basin of São João River, in the municipality of Porto Nacional, as well as the existing impacts of agriculture from glyphosate agrotoxic and to use as a potential standard for other similar basins that integrate the Tocantins River. The study was divided into four stages. Initially the climatic water balance and climatic characterization were carried out, second was the bathymetric survey and sediment characterization of the bottom of the reservoir, third was the characterization of the infiltration and permeability, and the fourth stage was the detection of glyphosate agrotoxic in the reservoir and water quality analysis of the river basin. The methodology adopted is qualitative e quantitative, since we have attempted to describe the results obtained. The parameters analyzed in this work for the detection of glyphosate agrotoxic and for the analysis of water quality was temperature, oxygen, pH, total nitrogen, total phosphorus, thermotolerant coliforms, total solids and turbidity, was APHA (American Public Health Association) which occurred in the months of August 2017 to September of 2018 in the NSF (National Sanitation Foundation) quality score calculation. The results obtained demonstrated with respect to the detection of glyphosate agrotoxic, did not present values higher than the limit allowed by CONAMA Resolution 357/2005, and that the water of São João River can be classified as of regular quality according to NSF, although some parameters compared with the environmental legislation were in disagreement with the standards determined by resolution 357/2005 of the Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) for class two of fresh water.

Key words: WQI. Water resource. Water Pollution. Glyphosate.

RESUMEN

El monitoreo de una cuenca hidrográfica es fundamental para la optimización de la gestión de las aguas, pues proporciona informaciones y ayuda el entendimiento los cambios físicos, químicos y biológicos derivados de diversas actividades antrópicas y naturales, facilitando acciones de prevención y control a la contaminación. Para entender una cuenca hidrográfica es necesario conocer sus características físicas, procesos y sus interrelaciones, a fin de obtener informaciones que genere conocimiento de su dinámica de funcionalidad. El trabajo tuvo como objetivo analizar la calidad del agua del reservorio utilizado para el abastecimiento urbano, ubicada en la cuenca hidrográfica del Ribeirão São João, municipio de Porto Nacional, así como los impactos existentes de la agricultura procedentes del agrotóxico glifosato y utilizar como un potencial estándar para el cultivo otras cuencas similares que integran el Río Tocantins. El estudio se dividió en cuatro etapas. Inicialmente se realizó el balance hídrico climatológico y caracterización climática, segundo fue el levantamiento batimétrico y caracterización del sedimento del fondo del depósito, tercero fue la caracterización de la infiltración y permeabilidad, y la cuarta etapa fue la detección del agrotóxico glifosato en el depósito y análisis de la calidad del agua de la cuenca hidrográfica. La metodología adoptada es cualitativa una vez que buscamos realizar una descripción de los resultados encontrados. Los parámetros analizados en este trabajo para la detección de agrotóxico glifosato y para el análisis de calidad de la agua fue la temperatura, oxígeno, pH, nitrógeno total, fósforo total, coliformes termotolerantes, sólidos totales y turbidez, fue APHA (American Public Health Association), que ocurrió en los meses de agosto de 2017 a septiembre de 2018 empleados en el cálculo del índice de calidad de la NSF (National Sanitation Foundation). Los resultados obtenidos demostraron en lo que se refiere a la detección del agrotóxico glifosato, no presentaron valores superiores al límite permitido por la Resolución CONAMA 357/2005, y que la agua del Ribeirão São João puede ser clasificada como de calidad regular según la NSF, aunque algunos parámetros comparados con la legislación ambiental quedaron en desacuerdo con los estándares determinados por la resolución 357/2005 del Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) para clase dos de agua dulce.

Palabras clave: ICA. Recurso hídrico. Contaminación de las Aguas. Glifosato.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1.1	- MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL – TOCANTINS.....	29
FIGURA 1.2	- GRÁFICO DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO PARA O MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL DO PERÍODO DE 1997 A 2016.	34
FIGURA 1.3	- EXTRATO DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO MENSAL NO PERÍODO DE 1997 A 2016.....	35
FIGURA 2.1	- RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL - TOCANTINS.....	44
FIGURA 2.2	- REPRESENTAÇÃO DA TOPOGRAFIA DO RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO PÚBLICO LOCALIZADO NO RIBEIRÃO SÃO JOÃO, MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL – TOCANTINS.....	47
FIGURA 2.3	- PERFIL TRANSVERSAL DA PRIMEIRA SEÇÃO	48
FIGURA 2.4	- VELOCIDADE DE UM TRAJETO TRANSVERSAL REALIZADO EM 07/12/2017.....	50
FIGURA 2.5	- CURVA DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA	51
FIGURA 3.1	- BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL – TOCANTINS	62
FIGURA 3.2	- PONTOS DE AMOSTRAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO	64
FIGURA 3.3	- DESENHO ESQUEMÁTICO DO INFILTRÔMETRO DE ANEL.....	65
FIGURA 3.4	- CARTA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO.....	70
FIGURA 3.5	- CURVA DA VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO.....	71
FIGURA 3.6	- CURVA DA INFILTRAÇÃO ACUMULADA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO.....	72
FIGURA 4.1	- BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL – TOCANTINS.	91
FIGURA 4.2	- VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO.....	96

FIGURA 4.3	- USO E OCUPAÇÃO DE SOLO DE 2006, 2011 E 2016 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO.....	97
FIGURA 4.4	- TEMPERATURA DA ÁGUA AO LONGO DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO NO PERÍODO DE AGOSTO/2017 A SETEMBRO/2018	98
FIGURA 4.5	- pH AO LONGO DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO NO PERÍODO DE AGOSTO/2017 A SETEMBRO/2018	99
FIGURA 4.6	- OXIGÊNIO DISSOLVIDO AO LONGO DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO DE AGOSTO/2017 A SETEMBRO/2018.	100
FIGURA 4.7	- FÓSFORO TOTAL AO LONGO DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO NO PERÍODO DE AGOSTO/2017 A SETEMBRO/2018.....	101
FIGURA 4.8	- NITROGÊNIO TOTAL AO LONGO DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO DE AGOSTO/2017 A SETEMBRO/2018.	102
FIGURA 4.9	- DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO AO LONGO DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO DE AGOSTO/2017 A SETEMBRO/2018.	103
FIGURA 4.10	- TURBIDEZ AO LONGO DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO DE AGOSTO/2017 A SETEMBRO/2018.	104
FIGURA 4.11	- COLIFORMES FECAIS AO LONGO DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO DE AGOSTO/2017 A SETEMBRO/2018.	105
FIGURA 4.12	- RESÍDUOS TOTAIS AO LONGO DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO DE AGOSTO/2017 A SETEMBRO/2018.	106
FIGURA 4.13	- REPRESENTAÇÃO DA TOPOGRAFIA DO RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO PÚBLICO LOCALIZADO NO RIBEIRÃO SÃO JOÃO, MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL – TOCANTINS.....	107
FIGURA 4.14	- CONCENTRAÇÃO DO AGROTÓXICO GLIFOSATO NO RESERVATÓRIO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO URBANO NO RIBEIRÃO SÃO JOÃO, MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL – TO.	108

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1	- PRIMEIRO SÍMBOLO DA CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA SEGUNDO THORNTHWAITE E MATHER (1955)	31
TABELA 1.2	- SEGUNDO SÍMBOLO DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA SEGUNDO THORNTHWAITE E MATHER (1955)	31
TABELA 1.3	- TERCEIRO SÍMBOLO DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA SEGUNDO THORNTHWAITE E MATHER (1955)	32
TABELA 1.4	- QUARTO SÍMBOLO DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA SEGUNDO THORNTHWAITE E MATHER (1955)	32
TABELA 1.5	- BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO NO PERÍODO DE 1997 A 2016 NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL.....	33
TABELA 2.1	- RESUMO DAS TRAVESSIAS	49
TABELA 2.2	- RESULTADOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	50
TABELA 3.1	- CARACTERÍSTICAS DOS PONTOS AMOSTRAIS	63
TABELA 3.2	- CLASSIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE DO SOLO SATURADO	67
TABELA 3.3	- VALORES DE ESTIMAÇÃO DO COMPRIMENTO DA CAPILARIDADE MACROSCÓPICA DO SOLO PARA CATEGORIAS DE TEXTURA E ESTRUTURA.....	68
TABELA 3.4	- VALORES DE PERMEABILIDADE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO	69
TABELA 4.1	- LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DE ÁGUA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO EM PORTO NACIONAL, TOCANTINS, NOS MESES DE AGOSTO DE 2017 A SETEMBRO DE 2018.....	92
TABELA 4.2	- PARÂMETROS E TÉCNICAS UTILIZADAS.....	93
TABELA 4.3	- PARÂMETROS E PESOS PARA O CÁLCULO DO IQA - NSF.....	95
TABELA 4.4	- NÍVEL DE QUALIDADE OU CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO RESULTADO DO IQA-NSF.....	95

SUMÁRIO

	APRESENTAÇÃO.....	16
	INTRODUÇÃO GERAL.....	19
1.	ARTIGO 1: BALANÇO HÍDRICO E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL, ESTADO DO TOCANTINS, INSERIDO NA AMAZÔNIA LEGAL, BRASIL.....	24
1.1	INTRODUÇÃO.....	27
1.2	MATERIAL E MÉTODOS	28
1.2.1	Área de estudo	28
1.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
1.4	CONCLUSÃO	36
1.5	REFERÊNCIAS	37
1.6	CONSIDERAÇÕES	39
2.	ARTIGO 2: LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO E CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO DE FUNDO NO RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL, AMAZÔNIA LEGAL, BRASIL.	40
2.1	INTRODUÇÃO.....	42
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	43
2.2.1	Localização do experimento	43
2.2.2	Levantamento batimétrico	45
2.2.3	Análise granulométrica de sedimentos	45
2.2.4	Massa específica	46
2.3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
2.3.1	Perfil hidrográfico.....	47
2.3.2	Vazão no reservatório.....	48
2.3.3	Análise da velocidade da água do reservatório	49
2.3.4	Caracterização dos sedimentos	50
2.4.	CONCLUSÃO	52
2.5	AGRADECIMENTOS.....	53
2.6	REFERÊNCIAS	53

2.7	CONSIDERAÇÕES	57
3.	ARTIGO 3: CARACTERIZAÇÃO DA INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL, ESTADO DO TOCANTINS, BRASIL.....	58
3.1	INTRODUÇÃO.....	60
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	61
3.2.1	Área de estudo	61
3.2.2	Infiltrômetro de duplo anel	65
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
3.4	CONCLUSÃO.....	72
3.5	AGRADECIMENTOS.....	73
3.6	REFERÊNCIAS	73
3.7	CONSIDERAÇÕES	78
4.	ARTIGO 4: MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO E DETECÇÃO DO AGROTÓXICO GLIFOSATO NO RESERVATÓRIO DE CAPTAÇÃO PARA ABASTECIMENTO URBANO NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL TOCANTINS.....	79
4.1	INTRODUÇÃO.....	89
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	90
4.2.1	Área de estudo	90
4.2.2	Análises de parâmetros de qualidade das amostras de água	92
4.2.3	Metodologia de Campo.....	92
4.2.4	Metodologia Laboratorial	93
4.2.5	Cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA)	94
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	95
4.3.1	Temperatura	98
4.3.2	Potencial Hidrogeniônico	99
4.3.3	Oxigênio Dissolvido	100
4.3.4	Fósforo Total	101
4.3.5	Nitrogênio Total	101
4.3.6	Demanda Bioquímica de Oxigênio	103
4.3.7	Turbidez.....	104

4.3.8	Coliformes Termotolerantes	105
4.3.9	Resíduos Totais.....	106
4.3.10	Agrotóxico Glifosato.....	106
4.4	CONCLUSÃO	109
4.5	REFERÊNCIAS	110
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	116
	REFERÊNCIAS	120
	APÊNDICE A – ARTIGO 1.....	127
	APÊNDICE B – ARTIGO 2.....	132
	APÊNDICE C – ARTIGO 3.....	138
	APÊNDICE D – ARTIGO 4.....	145

APRESENTAÇÃO

O agronegócio é um dos setores mais importante da economia brasileira, representando aproximadamente um terço do produto interno bruto, em que se destaca no âmbito global, impulsionando outros setores econômicos. De acordo com MAPA (2011), o agronegócio basicamente compreende as atividades econômicas ligadas a insumos para agricultura, tais como: agrotóxicos, corretivos e fertilizantes; o agronegócio, divididas em lavoura, pecuária, florestas e extrativismo; a agroindustrialização dos produtos primários, transporte e comercialização dos produtos; irrigação, drenagem e transposição da água.

No Tocantins o principal produto que vem abrindo maiores áreas e investimentos de capital para o plantio é a monocultura da soja, com uma área de colheita superior 39.000 hectares, segundo IBGE (2017). Os municípios que mais se destacam para este cultivo são: Alvorada, Campos Lindos, Dianópolis, Formoso do Araguaia, Lagoa da Confusão e Porto Nacional.

Um exemplo dos incentivos para a produção de soja no município de Porto Nacional são as doações de áreas no parque industrial e isenção de impostos para as empresas em que suas operações estão voltadas para o agronegócio. O capital instalado pelas multinacionais financiadoras e comercializadoras de grãos atrai o interesse de produtores para o município, os quais compram ou arrendam terras, ocasionando o desmatamento para o plantio de soja, e conseqüentemente, elevando os preços das propriedades rurais.

De acordo com Rocha (2015), que levantou dados da ADAPEC – Associação de Defesa Agropecuária do Estado do Tocantins – sobre o perfil dos produtores de soja no município de Porto Nacional, constatou-se que 81,82% têm origem familiar nos estados da região Sul do Brasil, com destaque para os estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Contudo, no ramo de insumos há comerciantes regionais, que juntamente com as *tradings*, comercializam grande parte dos agrotóxicos, sementes e adubos químicos utilizados na lavoura, bem como o fornecimento de assessoria técnica.

Com toda a intensificação da agricultura, uma das maiores preocupações é o uso de agrotóxicos no entorno das áreas de drenagem da bacia hidrográfica do

Ribeirão São João, a principal fonte de abastecimento de água para o consumo no município.

No ambiente os agrotóxicos podem ser encontrados de duas maneiras, acumulados na biota ou por poluição de água e solo, ocasionando a degradação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, pois tem um potencial extremamente poluente e quando aplicados próximo do manancial que abastece o município, a qualidade dessa água captada pode estar comprometida.

Uma proposta de pesquisa nasce essencialmente da necessidade espontânea do sujeito pesquisador de buscar, em sua vida pessoal e profissional, indagações que o motivem a se alicerçar em respostas científicas que impliquem em soluções coletivas (específicas e gerais).

Desta forma entende-se que a pesquisa deve ter relevância tanto teórica, quanto metodológica para o pesquisador e para a comunidade científica, que seja respaldada pelos pares, elucidando elementos empíricos a serem discutidos à luz de teóricos, satisfazendo assim os anseios da investigação.

Com os enormes desafios ambientais afrontados em todo o território brasileiro, e não diferentemente de Porto Nacional, Estado de Tocantins, entendi que deveria continuar meus estudos, buscando fazer um doutorado de modo que pudesse me valer desse conjunto de experiências de docente no Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos e de servidor público do Instituto Federal do Tocantins, por meio do desenvolvimento de uma pesquisa de modo a auxiliar o ambiente e a sociedade.

Entendemos que o homem deve continuar a ocupar seu espaço, porém, respeitando os limites impostos pela natureza. Desta forma, buscando refletir sobre os modelos de crescimento econômico com a agricultura, e o meio ambiente, que cada vez vem sendo mais fragilizado por um cenário desenvolvimentista, agregados de desastres naturais, cujos custos ambientais, sociais e econômicos são muito altos.

Partindo desse pressuposto, surgiu a preocupação com a utilização dos agrotóxicos e suas consequências, tanto para a comunidade científica como para a sociedade, o que motivou a presente pesquisa. No final de 2015 fui buscar um desafio ainda maior, me inscrevi no Programa de Doutorado em Ciências do Ambiente (PPGCiamb) da Universidade Federal do Tocantins. De acordo com o Regimento do

Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente (2016), o mesmo tem por objetivo formar recursos humanos, gerar e difundir conhecimentos voltados à temática ambiental e suas interfaces, numa perspectiva socioambiental, incentivando o diálogo entre diversos campos do saber, além de ter o propósito de criar, desenvolver, fortalecer e difundir as atividades de pesquisa, de extensão e de ensino, por meio de uma abordagem integrada e interdisciplinar na área das Ciências do Ambiente, com foco nos problemas locais e regionais da Amazônia Legal.

A opção pelo programa foi por entender que este apresentava objetivos que vinham ao encontro dos meus anseios e interesse de pesquisa. A linha de pesquisa voltada para os estudos do doutorado foi Biodiversidade e Recursos Naturais que tem como direcionamento os componentes ambientais bióticos e abióticos, seus usos e alternativas inovadoras, com foco na conservação da biodiversidade e interface socioambiental.

O doutorado me proporcionou a qualificação profissional para atuar no ensino, na pesquisa e/ou extensão nas áreas afins às de Ciências do Ambiente, de modo a valorizar o diálogo entre diferentes campos dos saberes, bem como contribuir para a melhoria da produção de conhecimento e nas soluções de questões ambientais, relacionadas especialmente aos aspectos socioculturais e ao desenvolvimento e conservação da biodiversidade.

INTRODUÇÃO GERAL

A água é um dos mais importantes recursos naturais que a sociedade dispõe. É a base fundamental sobre a qual se desenvolvem os processos bioquímicos e fisiológicos que garantem a manutenção da vida. De acordo com Lima (2011), a quantidade de água potável disponível está se tornando um problema cada vez mais preocupante em todo o mundo, devido a fatores como o crescimento populacional, as mudanças climáticas, a poluição do meio ambiente, o consumo irracional e insustentável dos recursos hídricos.

O relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (World Water Assessment Programme), liderado pela UNESCO (2015), enfatiza que o desenvolvimento insustentável e as falhas de gestão do setor público têm afetado a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos, podendo afetar a geração dos benefícios sociais e econômicos. A demanda pela água e seus usos aumentam a cada dia, e se o controle de uso entre demanda e oferta não forem mantidos, a humanidade pode enfrentar um déficit de água grave, principalmente em decorrência do agronegócio no país.

O Tocantins, considerado como o novo polo agrícola, tem metade de seu território com potencial para a agricultura, pois possui uma topografia plana favorecendo o processo na mecanização agrícola. Outro fator importante no Estado é a luz solar, que contribui com uma alta produtividade, além de água disponível para irrigação, o que o coloca entre os cinco estados brasileiros mais ricos em disponibilidade hídrica.

O aumento da demanda sobre os recursos hídricos em virtude de todas essas mudanças, constitui fator preponderante para a diminuição dos recursos hídricos, refletindo na escassez e deterioração dos mananciais. Essa escassez, em associação com os interesses do agronegócio, resulta na abertura de novas fronteiras agrícolas, que compromete a gestão das bacias hidrográficas.

O Tocantins tem despontado como um grande produtor de grãos, responsável pela produção de aproximadamente 4,2 milhões de toneladas anuais, sendo a soja a principal cultura, com 3,1 milhões de toneladas produzidas em 2017/2018 (CONAB, 2018).

Soares (2010) destaca que sob o ponto de vista estritamente econômico, na ótica privada do agricultor, é viável comprar e utilizar agrotóxicos quando seu custo encontra-se menor que o benefício esperado na produção, uma vez que os benefícios dos agrotóxicos ao produtor já estão de certa forma embutidos nos preços desses insumos, que por sua vez, são repassados aos consumidores por meio desses valores sobre o preço final dos alimentos.

Com relação a danos ambientais e à saúde humana provenientes do uso desses insumos, Soares (2010) afirma que não são carregados no processo produtivo, ou seja, nem os preços dos agrotóxicos refletem esses custos, tampouco os preços dos produtos agrícolas colocados à venda no mercado. É um custo absorvido por toda a sociedade sob as mais diferentes maneiras, mas que não é diretamente percebido por essa. É um custo externalizado nas planilhas do Ministério da Saúde ao se repassar verba para o atendimento médico-hospitalar no Sistema Único de Saúde, nas despesas do Ministério da Previdência Social para concessão de benefícios, dentre outros gastos governamentais ou não.

Entendendo aqui agrotóxicos como substâncias usadas para proteger as culturas agrícolas das pragas, doenças e plantas daninhas que podem oferecer riscos à saúde humana e ao ambiente. Seu uso oferece riscos de contaminação dos solos agrícolas, das águas superficiais e subterrâneas, dos alimentos, apresentando, conseqüentemente, riscos a organismos terrestres e aquáticos e de intoxicação humana pelo consumo de água e alimentos contaminados, assim como o risco de intoxicação ocupacional de trabalhadores e produtores rurais (Spadotto *et al*, 2004).

No Brasil, o glifosato está em primeiro lugar no *ranking* do mais utilizado, com 194.877,84 ton.IA (toneladas de ingrediente ativo) por ano, somados com outros herbicidas chegam a 294.915,53 ton.IA (toneladas de ingredientes ativos) (IBAMA, 2017). Em termos mais gerais, o uso de agrotóxicos tem aumentado em grandes proporções e, no caso brasileiro, sobretudo, quando associado às monoculturas com escalas de grande produção, como é o caso da soja e do milho, presentes em quase todo território brasileiro.

No Tocantins segue a mesma prática, aumentando consideravelmente o consumo de agrotóxicos nas lavouras. De acordo com o IBAMA (2017), o agrotóxico mais vendido no Tocantins foi o glifosato, sendo 2.869,37 ton.IA (toneladas de

ingredientes ativos) para o mesmo ano, o que compromete a preservação do ambiente trazendo riscos à fauna e flora.

A intoxicação por glifosato pode ocorrer por via de inalação, ingestão e dérmica Korbés *et al.* (2010). De acordo com Benachour *et al.* (2006), a exposição prolongada pode levar a sérios problemas de cunho reprodutivo em seres humanos. Outros autores afirmam que a exposição crônica ao glifosato pode levar ao desenvolvimento de sintomas de depressão, um fator importante em suicídios; fraqueza muscular, entre outros, como o câncer, efeitos teratogênicos, neuropatias periféricas tardias e toxicidade reprodutiva (Alavanja, Hoppin; Kamel, 2004; Caldas & Souza, 2000; Korbés *et al.*, 2010).

O estado do Tocantins, mais novo da federação, criado pela Constituição de 1988, a partir da região norte do Goiás, possui grande disponibilidade hídrica com destaque para o potencial de áreas irrigáveis e hidrelétricas. No município de Porto Nacional, região central do estado, localiza-se a bacia hidrográfica do Ribeirão São João, afluente do Rio Tocantins.

A bacia hidrográfica do Ribeirão São João é a principal fonte de abastecimento do município e vem sofrendo inúmeras agressões, como por exemplo, aumento das atividades na pecuária (caprinos, bovinos, suínos, piscicultura e criação de aves) e agricultura mecanizada, despontando para a monocultura da soja, onde se localizam diversas captações para irrigação, dessedentação, lazer, aplicações de agrotóxicos, e paralelamente a isso, na zona urbana novos empreendimentos imobiliários (loteamentos), evidenciando a necessidade da utilização sistemática e racional dos recursos naturais.

Esta tese teve por objetivo central avaliar a qualidade da água do reservatório utilizada para o abastecimento urbano, localizada na bacia hidrográfica do Ribeirão São João, município de Porto Nacional, bem como os impactos existentes da agricultura oriundos do agrotóxico glifosato e utilizar como um potencial padrão para outras bacias semelhantes que integram o Rio Tocantins.

A tese está estruturada em artigos, uma vez que tem um potencial de gerar conhecimento em função do maior acesso a usuários, possibilidades de incorporação de sugestões dos revisores especialistas da área dos periódicos científicos, o que favorece na qualidade do trabalho final. Soares (2010), afirma que a tese estruturada

em artigos, se tem uma sequência que, permite que os resultados abram espaços para introduzir novas questões e também repensar nas antigas, dando melhor direção aos manuscritos o que pode sugerir outros trabalhos que fogem do escopo da tese.

Deste modo, para a compreensão do funcionamento de uma bacia se faz necessário ter um conhecimento de climatologia, em que, a partir de estudos da precipitação e evaporação obtivemos informações sobre o extrato do balanço hídrico climatológico, que forneceram resultados sobre excesso, déficit e recarga de uma bacia hidrográfica. Os resultados desta investigação estão apresentados no artigo “Balanço Hídrico e classificação climática para o município de Porto Nacional, estado do Tocantins, inserido na Amazônia Legal, Brasil”.

Visando contribuir para a escolha do melhor ponto de coleta de sedimento foi executado o levantamento batimétrico para a mensuração do agrotóxico glifosato, informações de descarga líquida e velocidade da água. Para a caracterização do sedimento foi realizada análise granulométrica, a fim de verificar a qualidade das partículas em que o tamanho influencia na adsorção e retenção do poluente em estudo. Os resultados obtidos com esses procedimentos deram origem ao artigo “Levantamento batimétrico e caracterização do sedimento de fundo no reservatório de abastecimento público do município de Porto Nacional, Amazônia Legal, estado do Tocantins, Brasil”.

Com os solos degradados pela agropecuária, há uma tendência de apresentar menor taxa de infiltração, o que acarreta menor recarga dos aquíferos e queda na descarga líquida da bacia. O terceiro artigo intitulado “Caracterização da infiltração da água no solo da bacia hidrográfica do Ribeirão São João, município de Porto Nacional, estado do Tocantins, Brasil”, caracterizou-se infiltrações ao entorno da bacia para subsidiar em informações para minimizar os impactos ambientais existentes e contribuir para a recuperação das áreas impactadas.

O monitoramento de uma bacia hidrográfica geralmente está relacionado à análise qualitativa e quantitativa, onde realizou-se o acompanhamento das alterações das características físicas, químicas e biológicas decorrentes de diversas atividades tanto antrópicas, quanto por fenômenos naturais. O quarto artigo intitulado “Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Ribeirão São João e detecção do agrotóxico glifosato no reservatório de captação para abastecimento

urbano no município de Porto Nacional – Tocantins”, tornou possível a caracterização e avaliação de qualidade, de forma a assegurar o uso adequado dessas fontes e ainda subsidiar ações a fim de promover a prevenção e controle de poluição.

1. ARTIGO 1: BALANÇO HÍDRICO E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL, ESTADO DO TOCANTINS, INSERIDO NA AMAZÔNIA LEGAL, BRASIL.

A climatologia é importante nos estudos ambientais, pois apresenta informações sobre as transformações decorrentes da ação humana, integradas aos fenômenos observados nos ecossistemas, em especial nas bacias hidrográficas. Desse modo, precipitação e evaporação podem ser estudadas com fins de conhecer o extrato do balanço hídrico climatológico, que informa sobre os locais onde há maior ou menor excesso de água ou déficit hídrico, chegando a provocar a escassez da água em determinadas regiões (Moura, 2016).

De acordo com Oliver e Ribeiro (2014), as mudanças climáticas decorrentes por ação antropogênica interferem no ciclo hidrológico, no aumento da temperatura, aceleram a evapotranspiração e a retirada da água no lençol freático e formam nuvens pesadas. Para Primavesi *et al.* (2007), as interferências no ciclo hidrológico atrasam o período chuvoso; provocando maior número e maior intensidade de veranicos.

Os autores ainda afirmam que as chuvas tropicais mais intensas, causadas por massas de ar mais quentes e mais saturadas de água, resultam em maior escoamento, proporcionando maior poder erosivo, embora o volume das chuvas anuais possam ser o mesmo. A reposição de água no lençol freático nos períodos de secas mais longos, intensificam a poluição dos corpos hídricos e provocam a eutrofização das águas, ocasionando o maior risco de surgimento de fitoplânctons, tais como cianobactérias.

A precipitação é uma das variáveis meteorológicas de maior importância na consumação dos estudos hidrológicos e climáticos das distintas regiões do Brasil. Partindo deste princípio, o conhecimento a respeito das precipitações assume compromisso fundamental para o desenvolvimento socioeconômico de uma região ou uma bacia hidrográfica. Desta forma, a estimativa de seus valores mais prováveis, a identificação das áreas de ocorrência e a regularidade que as mesmas se distribuem, constituem informações imprescindíveis para o planejamento hídrico (Arcanjo, 2014).

O presente capítulo, evidenciou um dos objetivos específicos da tese, que foi caracterizar o balanço hídrico e classificar o clima. O estudo se fez necessário para

uma boa compreensão do funcionamento da bacia hidrográfica, em que, a partir de estudos da precipitação e evaporação obtemos informações sobre o extrato do balanço hídrico climatológico, que forneceram resultados sobre excesso, déficit e recarga da bacia hidrográfica do Ribeirão São João, além da caracterização climática do município de Porto Nacional, Tocantins.

BALANÇO HÍDRICO E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL, ESTADO DO TOCANTINS, INSERIDO NA AMAZÔNIA LEGAL, BRASIL.¹

Resumo: Este estudo teve como objetivo realizar o Balanço Hídrico Climatológico em conjunto com a caracterização climática, utilizando os dados de precipitação e temperatura do ar no município de Porto Nacional, pertencente a Amazônia Legal, estado do Tocantins, pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) durante 20 anos, no período de 1997 a 2016. A partir dos resultados da evapotranspiração potencial, evapotranspiração real, excedente hídrico e déficit hídrico que foram estabelecidos os índices hídrico, de aridez e de umidade, baseado no número de dados contínuos da estação meteorológica convencional, de Código OMM 83064, do Instituto Nacional de Meteorologia, localizada no bairro Setor Aeroporto, município de Porto Nacional. A fórmula climática obtida para o município de Porto Nacional foi $C_2wA'a'$, o que caracterizou o clima em subúmido úmido, com duas estações bem definidas, a chuvosa e a estiagem, sendo a estiagem na estação do inverno em que apresenta deficiência hídrica moderada e megatérmico, com valores altos anuais de evapotranspiração potencial, com 28,29% dessa evapotranspiração concentrada na estação do verão.

Palavra-Chave: Classificação climática. Balanço Hídrico. Índice Térmico

¹ Artigo publicado no International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS), vol-5, Issue-3, Mar- 2018, <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.5.3.34>
ISSN: 2349-6495(P) | 2456-1908(O))

1.1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade da água depende da capacidade de captação da água de uma bacia hidrográfica e um dos métodos mais eficazes para estimar e determinar o comportamento hidrológico, capacidade de recarga e fluxo de água é o balanço hídrico climatológico. O balanço hídrico é um sistema contábil de monitoramento da água o solo e resulta da aplicação do princípio de conservação de massa para a água no volume de solo vegetável, sendo a variação do armazenamento em um determinado intervalo de tempo, a qual representa entradas e saídas de água do volume de controle.

A caracterização climática de um município é fundamental para compreender as condições de vida de uma determinada região permitindo uma avaliação confiável de seus aspectos, o que torna relevante para áreas com alta densidade populacional. O conhecimento das condições climáticas de uma determinada região, é necessária para que se possa estabelecer estratégias que visem um manejo mais adequado dos recursos naturais, visando a busca por um desenvolvimento sustentável e a implementação das práticas agropecuárias viáveis e seguras para os diversos biomas da região (Souza *et al.*, 2010).

Com a redução de precipitação nos meses chuvosos nos municípios do estado do Tocantins, verifica-se que a recarga de água para os reservatórios das companhias de saneamento, estão cada vez mais baixas e com o passar dos anos identificamos a necessidade da caracterização climática para tomadas de decisões na operação dos reservatórios de abastecimento de água, uma vez que a população sofre bastante com a quantidade baixa e qualidade da água nos períodos de seca.

Neste período, algumas cidades do Estado do Tocantins, em que pode acarretar em impactos negativos socioambientais e econômicos, tais como: Doenças de veiculação Hídrica, diminuição de produtos industrializados, remoção de sólidos depositados nos reservatórios domésticos (Caixa d'água), entupimento das redes domésticas, patologias nas estruturas das redes de saneamento e instalações hidráulicas e hidros sanitárias como golpe de aríete e cavitação.

Para Mota *et al.* (2013), a busca por estratégias de avaliações dos fenômenos atmosféricos adversos e a interação da bioclimatologia com a biodiversidade (Fauna

e Flora) depende fortemente dos efeitos do tempo e do clima. Segundo Cupolillo *et al.* (2013), os resultados de um balanço hídrico podem ser utilizados para o zoneamento econômico e ecológico envolvendo as funções agroclimáticas da região, demanda potencial de água das culturas irrigadas de forma a planejar as prioridades para preservar os corpos hídricos da região.

O Balanço hídrico tem como características identificar e quantificar a variação do armazenamento da água no solo, seja ela por precipitação ou irrigação, demanda atmosférica e da capacidade de água disponível. Ele apresentará estimativas da evapotranspiração real, do excedente e da deficiência hídrica e o armazenamento de água no solo. O modelo proposto neste trabalho foi o de Thornthwaite em 1948, modificado por Mather em 1955, a qual ficou conhecido como Balanço Hídrico de Thornthwaite e Mather 1955, tendo como principal função a classificação climática.

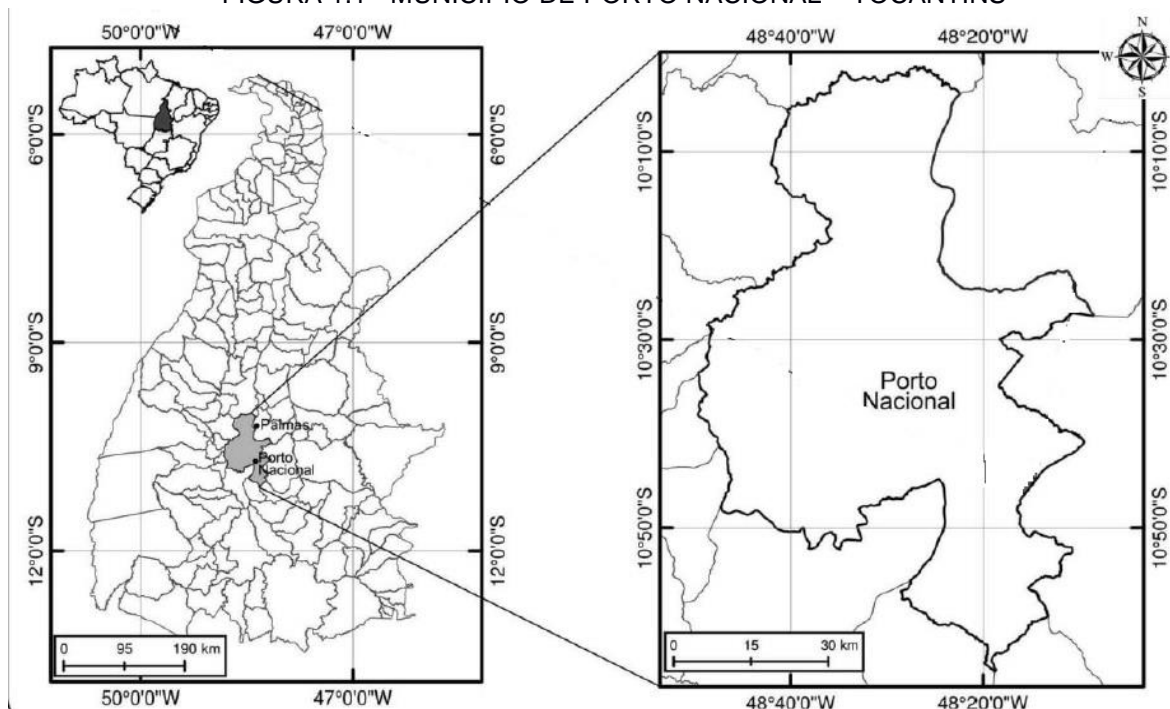
Nesse contexto o objetivo deste trabalho foi realizar o Balanço Hídrico climatológico em conjunto com a caracterização climática, utilizando dados de precipitação e temperatura do ar no município de Porto Nacional – TO.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido com a base de dados meteorológicas diários da estação convencional 83064 – Porto Nacional, pertencente à rede de estações do INMET, no período de janeiro de 1997 a dezembro de 2016, localizada no município de Porto Nacional em 10°71' S e 48°41' W, com altitude de 239,2 metros a nível do mar, conforme a FIGURA 1.1.

FIGURA 1.1 - MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL – TOCANTINS



FONTE: Desenvolvido pelo Autor (2018).

Pertencente a Amazônia Legal, no estado do Tocantins, o município de Porto Nacional está a 63 km da capital do estado (Palmas), possui uma área territorial de 4.449.917 km² e população estimada de 52.510 habitantes (IBGE, 2016). O clima é tipicamente tropical, com temperatura média anual de 26,1°C e média pluviométrica anual de 1.667,9 mm, referente aos períodos de 1961-1990 (Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 1992).

A caracterização climática do município em estudo foi obtida pela metodologia Thornthwaite (1948), que considera os índices hídricos, de aridez e de umidade, em conjunto com a evapotranspiração potencial, baseados em valores mensais e anuais de temperatura e precipitação, conforme as equações 1, 2 e 3.

$$I_H = 100 \cdot \frac{EXC}{ETP} \quad \text{Equação 1}$$

onde:

IH = índice hídrico
 EXC = excedente hídrico
 DEF = déficit hídrico
 ETP = evapotranspiração potencial

O segundo passo foi determinado o índice de aridez dado por:

$$I_A = 100 \cdot \frac{DEF}{ETP} \quad \text{Equação 2}$$

onde:

IA = índice de aridez
 DEF = déficit hídrico
 ETP = evapotranspiração potencial

De posse dos valores dos índices anteriores foi calculado o índice de umidade dado por:

$$I_M = 100 \cdot \frac{EXC}{ETP} \quad \text{Equação 3}$$

onde:

IM = índice de umidade
 EXC = excedente hídrico
 ETP = evapotranspiração potencial

Após calculado os índices hídrico, de aridez e umidade, utilizou-se a tabela do extrato do balanço hídrico para caracterizar o clima de Porto Nacional de acordo com a metodologia proposta, em que o índice hídrico, primeiro símbolo de classificação, foi identificado o tipo climático, conforme a TABELA 1.1.

TABELA 1.1 - PRIMEIRO SÍMBOLO DA CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA SEGUNDO THORNTHWAITTE E MATHER (1955)

Símbolo	Tipo Climático	I_H
A	Muito úmido	Mais de 100
B ₄	Úmido	80 a 99,9
B ₃	Úmido	60 a 79,9
B ₂	Úmido	40 a 59,9
B ₁	Úmido	20 a 39,9
C ₂	Subúmido úmido	0 a 19,9
C ₁	Subúmido seco	-19,9 a 0
D	Semiárido	-39,9 a -20
E	Árido	-60 a -40

FONTE: Desenvolvido pelo autor (2018).

Já com os índices de aridez e/ou umidade, segundo símbolo de classificação, foi identificado os tipos climáticos indicativos do regime estacional da umidade, conforme a TABELA 1.2.

TABELA 1.2 - SEGUNDO SÍMBOLO DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA SEGUNDO THORNTHWAITTE E MATHER (1955)

Símbolo	Período do ano com déficit ou excesso de água	I_A e I_M
Climas úmidos: A, B, C₂		Índice de Aridez
R	Déficit inexistente ou muito ligeiro	0 a 16,7
S	Déficit moderado no verão	16,7 a 33,3
W	Déficit moderado no inverno	16,7 a 33,3
S ₂	Déficit acentuado no verão	Maior que 33,3
W	Déficit acentuado no inverno	Maior que 33,3
Climas secos: C₁, D, E		Índice de Umidade
D	Excesso inexistente ou muito ligeiro	0 a 10
S	Excesso moderado no verão	10 a 20
W	Excesso moderado no inverno	10 a 20
S ₂	Excesso acentuado no verão	Superior a 20
W ₂	Excesso acentuado no inverno	Superior a 20

FONTE: Desenvolvido pelo autor (2018).

Com as informações da evapotranspiração potencial, foi encontrado o terceiro símbolo, foi definido o tipo climático indicativo da eficiência térmica, de acordo com a TABELA 1.3.

TABELA 1.3 - TERCEIRO SÍMBOLO DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA SEGUNDO THORNTHWAITE E MATHER (1955)

Símbolo	Tipo Climático	ETP (mm)
A'	Megatérmico	Superior a 1140
B' ₄	Quarto Mesotérmico	1140 a 988
B' ₃	Terceiro Mesotérmico	997 a 856
B' ₂	Segundo Mesotérmico	855 a 713
B' ₁	Primeiro Mesotérmico	712 a 571
C' ₂	Segundo Microtérmico	570 a 428
C' ₁	Primeiro Microtérmico	427 a 286
D'	Clima de Tundra	285 a 143
E'	Clima Gelado	Inferior a 143

FONTE: Desenvolvido pelo autor (2018).

Para o quarto e último símbolo, o tipo climático foi obtido por meio do cálculo da concentração estival da eficiência térmica, conforme a TABELA 1.4.

TABELA 1.4 - QUARTO SÍMBOLO DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA SEGUNDO THORNTHWAITE E MATHER (1955)

Símbolo	Concentração estival da eficiência térmica (%)
a'	Inferior a 48
b' ₄	48 a 51,9
b' ₃	51,9 a 56,3
b' ₂	56,3 a 61,6
b' ₁	61,6 a 68
c' ₂	68 a 76,3
c' ₁	76,3 a 88
d'	Superior a 88

FONTE: Desenvolvido pelo autor (2018).

O balanço hídrico climatológico foi obtido segundo o método de Thornthwaite & Mather (1955), em que utilizou-se os dados das normais de temperatura e precipitação para o período de 1997 a 2016 e da capacidade de armazenamento de água de 100 mm, onde foi processado os dados no software desenvolvido no Microsoft Excel por Rolim e Sentelhas (1999), em que se obteve os valores das variáveis de evapotranspiração potencial e real, excedente e déficit hídrico.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado obtido do balanço hídrico climatológico é demonstrado na TABELA 1.5, através da FIGURA 1.2, para a série dos anos de 1997 a 2016 considerando a capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm. Para o período em

estudo observou-se que a precipitação média anual (P) foi de 1563,16 mm com irregularidade na distribuição ao longo do ano, evidenciando duas estações bem definidas, sendo o período de estiagem nos meses de maio a setembro que contribuiu no período em estudo com aproximadamente 6% do volume pluviométrico anual e o período chuvoso entre os meses de outubro a abril que contribuiu para esse período com aproximadamente 94% do volume pluviométrico anual.

TABELA 1.5 - BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO NO PERÍODO DE 1997 A 2016 NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL

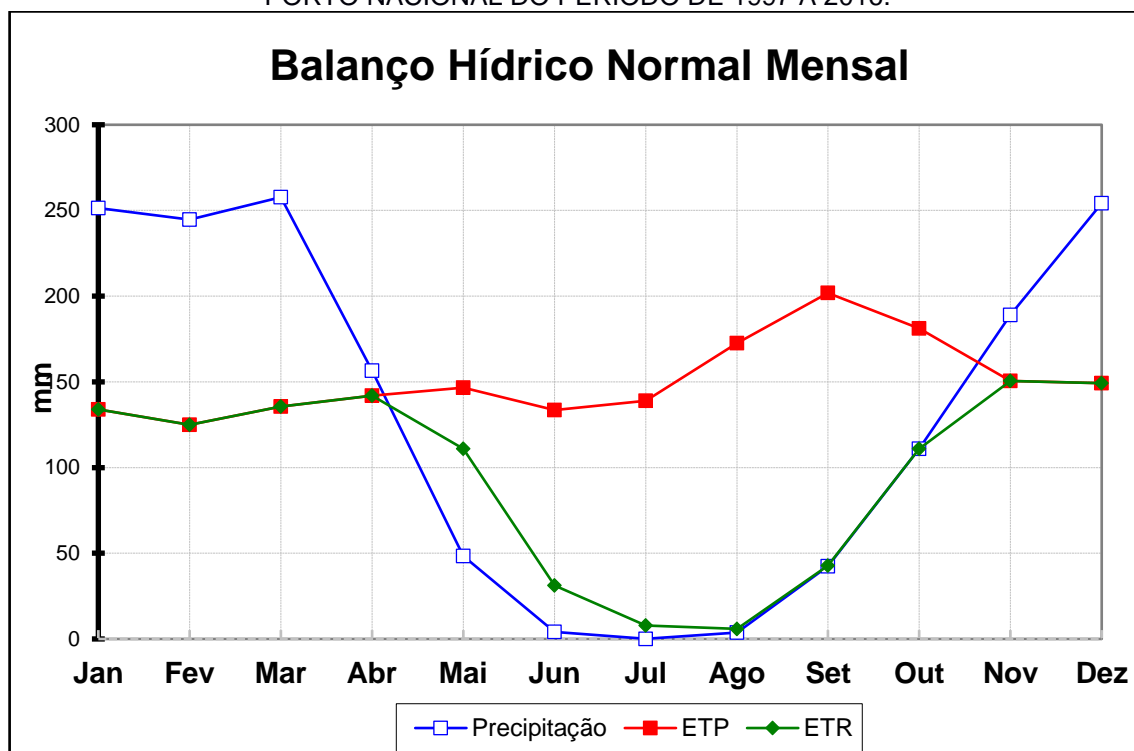
Meses	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Janeiro	26,26	251,49	136,65	136,65	0,00	114,84
Fevereiro	26,34	244,68	136,02	130,20	5,82	108,66
Março	26,34	257,735	156,20	155,97	0,23	101,54
Abril	27,03	156,45	156,77	144,98	11,79	0,00
Maio	27,19	48,33	175,22	112,10	63,12	0,00
Junho	26,90	4,085	145,72	23,29	122,43	0,00
Julho	26,97	0,085	142,88	3,96	138,92	0,00
Agosto	28,38	3,785	167,46	15,80	151,66	0,00
Setembro	29,58	42,355	176,08	40,79	135,29	0,00
Outubro	28,38	110,85	189,22	77,11	112,11	0,00
Novembro	27,16	189,1	151,97	131,19	20,78	37,13
Dezembro	26,78	254,22	140,68	132,36	8,32	113,54
ANO	27,28	1563,165	1874,87	1104,40	770,47	475,70

FONTE: Desenvolvido pelo autor (2018).

Com as duas estações bem definidas, a evapotranspiração real (ETR) acompanha o período anual chuvoso e alcançou um total de 1104,40 mm. Já a evapotranspiração potencial (ETP) atingiu um total médio de 1874,87 mm e está diretamente associada as altas temperaturas médias mensais. Na FIGURA 1.2 observa-se que em seis meses houve excesso de água e em seis meses com déficit de água, pois a evapotranspiração potencial é maior que a evapotranspiração real. Na estação chuvosa, que ocorre de outubro a abril, a chuva substitui a água no solo, ou seja, ocorre reposição especificamente nos meses de novembro e dezembro, fase em que inicia o período de superávit (Excedente) hídrico que totalizou em 475,70 mm. Levando em consideração os meses mais chuvosos, janeiro e fevereiro, a FIGURA 1.2 evidencia que o extrato do balanço hídrico climatológico mensal, a saturação do solo atingiu o seu máximo, com aproximadamente 120 mm, ou seja, 20% a mais do que os 100 mm de CAD que são tomados como base.

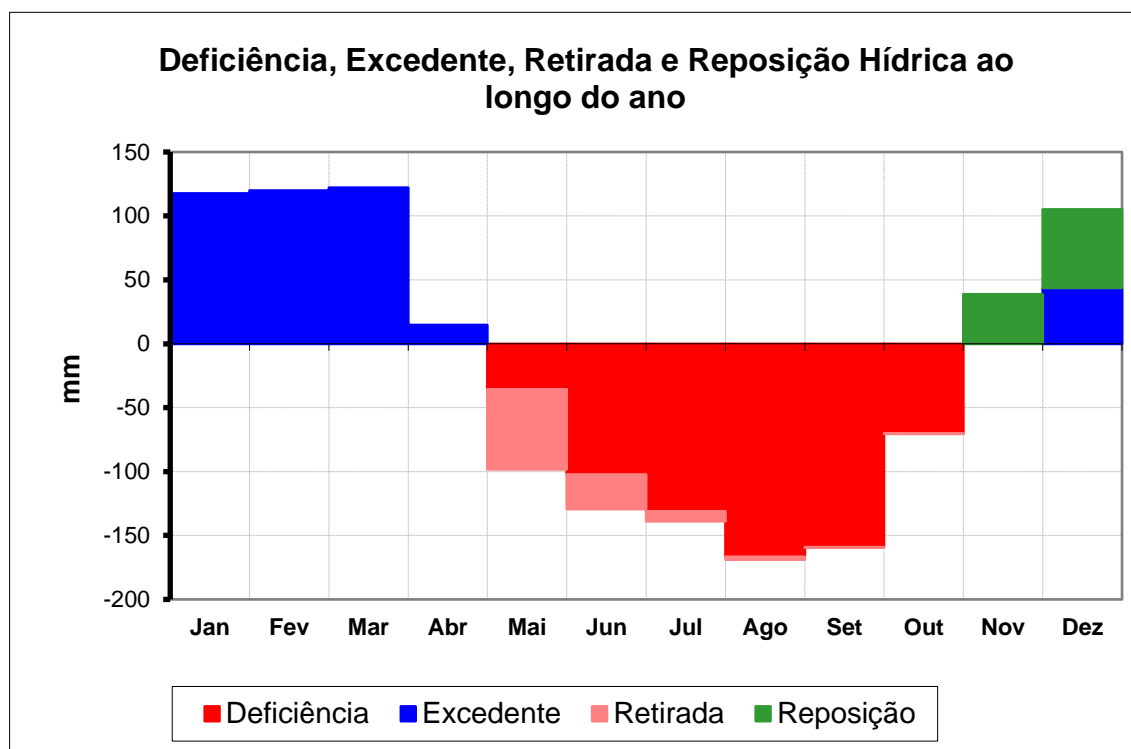
Durante a estiagem, a retirada das águas subterrâneas ocorreu de maio a julho, sendo que o início do déficit hídrico foi no período de maio a outubro e totalizou-se em 770,47 mm, sendo os meses de agosto e setembro com estiagens mais rigorosas, o déficit vai de 0 a -166,7 mm.

FIGURA 1.2 - GRÁFICO DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO PARA O MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL DO PERÍODO DE 1997 A 2016.



FONTE: Desenvolvido pelo autor (2018).

FIGURA 1.3 - EXTRATO DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO MENSAL NO PERÍODO DE 1997 A 2016.



FONTE: Desenvolvido pelo autor (2018).

Após os cálculos do balanço hídrico climatológico, foram calculados os índices hídrico, de aridez e umidade, utilizando as tabelas constantes em Torres & Machado (2012) pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), para a obtenção da classificação climática. O município em estudo obteve, respectivamente, os seguintes resultados: IH = 0,72; IA= 41,09; e IM = 25,37.

A classificação climática para o município de Porto Nacional, estado do Tocantins, de acordo com o método proposto é do tipo “C₂”, com índice hídrico de 0,72, classificado como subúmido úmido, já para o índice de aridez é do tipo “w” foi encontrado o valor de 41,09, o que representa uma moderada deficiência de água no inverno, com evapotranspiração potencial superior a 1140 mm é classificado como megatérmico, “A”, sendo o valor encontrado de 1874,87 mm no período em estudo, e conseqüentemente “a”, o que representa menos de 48% do total da evapotranspiração potencial anual, a qual se concentra no verão.

Portanto, o clima de Porto Nacional é subúmido úmido, com duas estações bem definidas, a chuvosa e a estiagem, sendo a estiagem na estação do inverno em que apresenta deficiência hídrica moderada e megatérmico, com valores altos valores

anuais de evapotranspiração potencial, com 28,29% dessa evapotranspiração concentrada na estação do verão, podendo ser definido pela fórmula $C_2wA'a'$.

1.4 CONCLUSÃO

As estações chuvosas e seca para a região de Porto Nacional estão bem acentuados pelas médias e anomalias de precipitação no período anual. Os meses mais chuvosos para a região são de Janeiro, fevereiro e março e o menos chuvoso é o mês de agosto. Embora o mês de dezembro esteja entre os meses da estação chuvosa, é caracterizado como período de reposição da água no solo.

O balanço hídrico demonstrou que a reposição hídrica fica entre os meses de novembro e dezembro, o excedente hídrico ocorre de dezembro a abril e o déficit hídrico ocorrendo de maio a outubro. As temperaturas médias mais altas coadjuvam significativamente na evapotranspiração potencial total anual excedendo o volume pluviométrico total anual.

O tipo climático de Porto Nacional é subúmido úmido, com duas estações bem definidas, a chuvosa e a estiagem, sendo a estiagem na estação do inverno em que apresenta deficiência hídrica moderada e megatérmico, com valores altos valores anuais de evapotranspiração potencial, com 28,29% dessa evapotranspiração concentrada na estação do verão, podendo ser definido pela fórmula como $C_2wA'a'$.

Com a temperatura média do mês mais chuvoso acima de 26,4°C, a média anual de precipitação é de 1563,165 mm com temperatura média anual é de 27,28°C. Estas temperaturas mais altas provocam um aumento do consumo da água, tanto dos animais quanto do ser humano e na irrigação para os cultivos, provocando um déficit hídrico nos mananciais e por consequências problemas hidráulicos no saneamento e instalações hidro sanitárias nos municípios, tendo como principal problemática a oscilação de pressão, comprometendo a distribuição da água em relação à quantidade e qualidade.

1.5 REFERÊNCIAS

CUPOLILLO, F., ANTUNES D. A. **Climatological Water Balance: Case study of the municipality of Governador Valadares – MG**. Annals. XVIII Brazilian Congress of Agrometeorology. 2013.

FRANÇA, L. M. A., PEREIRA, J. A. S., GALVINCIO, J. D. **Climate Characterization Using Water Balance And Ndvi For City Of Paulista-Pe**. Journal of Hyperspectral Remote Sensing. v. 2, p. 0250-036, 2012.

GUTIERREZ, E. S., DAVILA-VAZQUEZ, G., SANCHEZ, J. A., TORRES, J.J.D. **Estimation of water balance by climatic variables, in the Cazonas River basin, Veracruz, Mexico**. Ambiente & Água Magazine. vol. 8. No. 3. Sep-Dec. Taubaté-SP, 2013.

INMET. National Institute of Meteorology. **Meteorological survey of the municipality of Porto Nacional from 1997 to 2016**. INMET. Brasília, 2017.

MINISTRY OF AGRICULTURE AND AGRARIAN REFORM. **National Secretariat of Irrigation. National Department of Meteorology. Climatological Norms (1961-1990)**. Brasília, 1992.

MOTA, L. L., BOTON, D., FONSECA R. C., SILVA, W. C., SOUZA, A. P. **Climatic Water Balance and Classification of Climate of the Region Sinop, Mato Grosso State, Brazil**. Scientific Electronic Archives. v. 3, p. 38 – 44, 2013.

ROLIM, G. de S., SENTELHAS, P. C, **Normal Water Balance by Thornthwaite & Mather (1955)**. Piracicaba. ESALQ. 1999. CD-ROM.

RUIZ, O .; ARTEAGA, R .; VAZQUEZ, M. A .; ONTIVEROS, R. E .; LOPEZ, R. **Water balance and climate classification of the State of Tabasco**, Mexico. University and Science Magazine, v. 28, n. 1 p. 1-14, 2012.

SOUSA, E. S., LIMA, F. W.B., MACIEL, G. F., SOUSA, J. P., PICANÇO, A. P. **Water balance and climatic classification of Thornthwaite for the city of Palmas**. Anais: Amazon and Global Climate. Brazilian Congress of Meteorology. Belem, PA, 2010.

THORNTHWAITE, C.W. 1948. **An approach toward a rational classification of climate. Geography Review** 38(1): 55-94.

THORNTHWAITE, C.W.; Mather, J.R. 1955. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p.

TORRES, F. T. P., MACHADO, P. J. O. **Introduction to Climatology**. São Paulo: Cengage Learnig, 2012.

1.6 CONSIDERAÇÕES

A pesquisa, que apresentamos no artigo 1, publicado no *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, demonstrou que as temperaturas mais altas provocam um aumento do consumo da água, tanto dos animais quanto do ser humano e na irrigação para os cultivos, provocando um déficit hídrico nos mananciais.

Com isso, o estudo do balanço hídrico foi essencial devido às altas taxas de evaporação que divergem com demandas de água crescentes para vários fins, em especial o abastecimento público. Para Schiavetti e Camargo (2002), a precipitação é um mecanismo natural de restabelecimento dos recursos hídricos em que seu espaço temporal e espacial é um dos fatores que condicionam o clima e estabelecem o tipo de vida de uma região.

A pesquisa sobre levantamento batimétrico e caracterização do sedimento, apresentada no artigo 2, nos permitiu a escolha do melhor ponto de coleta, bem como a caracterização das partículas para que posteriormente efetue a detecção do agrotóxico glifosato.

2. ARTIGO 2: LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO E CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO DE FUNDO NO RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL, AMAZÔNIA LEGAL, BRASIL.

A realização do levantamento batimétrico foi de fundamental importância para a escolha do ponto de coleta do sedimento de fundo do Ribeirão São João, pois foi possível determinar a maior profundidade, descarga líquida e velocidade da água. A escolha do ponto foi realizada de acordo com o fluxo da água e onde havia o maior recalque no reservatório, pois apresentava maior acumulação de sedimento.

Branco (1998) afirma que devido ao avanço da agricultura e ao consequente aumento da utilização do solo, com a retirada da cobertura vegetal e subsequente exposição deste a intempéries, acarretam a produção de sedimentos, afetando a operação de reservatórios, barragens e canais, favorecendo a poluição física e química da água prejudicando a sua qualidade para o consumo.

O sedimento é de extrema importância como indicador do nível de poluição quando se considera que a lavoura lança os agrotóxicos nos ambientes aquáticos, principalmente quando não se há fiscalização. O método de caracterização física do sedimento deste artigo foi a análise granulométrica, o que possibilitou determinar o tamanho das partículas.

Levando em consideração que o estudo faz parte dos objetivos específicos, que foi identificar as características físicas da bacia hidrográfica, o segundo artigo visa contribuir para a escolha do melhor ponto para a coleta de sedimento, onde será mensurado o glifosato, além de informações importantes no reservatório, tais como: vazão, velocidade da água e caracterização do sedimento para verificar o tamanho das partículas, pois influenciará na adsorção e retenção de contaminantes.

LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO E CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO DE FUNDO NO RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL, AMAZÔNIA LEGAL, BRASIL²

Resumo: Os reservatórios, formado pela construção de barragens, atuam como verdadeiras bacias de retenção de sedimentos. Os sedimentos são partículas derivadas de rochas ou materiais biológicos que são transportados por escoamento, sendo um dos principais responsáveis pela modificação do meio terrestre, envolvem processos de erosão, transporte e deposição de partículas. Esses processos são características naturais do sistema hidrossedimentológico, mas com a ação do homem, esse processo tem se intensificado, se tornado grande problema que afeta desde a qualidade da água para o consumo humano à vida aquática. Nesse sentido, o levantamento batimétrico foi de fundamental importância para a escolha do ponto de coleta do sedimento, sendo assim possível determinar a maior profundidade, descarga líquida, velocidade da água e nível da água. Este trabalho teve como objetivo caracterizar o sedimento de fundo e contribuir para gestão do reservatório de abastecimento público através do levantamento batimétrico na bacia hidrográfica do Ribeirão São João, município de Porto Nacional, estado do Tocantins. Por meio de batimetria foi estabelecido um ponto de coleta, localizado próximo ao leito do reservatório de abastecimento público, e medidos a área, largura, velocidade da água, descarga líquida e caracterização do sedimento. O estudo permitiu constatar com o levantamento batimétrico o possível local onde ocorrerá o maior acúmulo de sedimentos, de acordo com as alterações de velocidade, ou seja, onde o fluxo da água perde a força e os sedimentos são depositados. Constatou-se também que o sedimento de fundo do reservatório são argilo siltosos, o que poderá afetar a operação, bem como favorecer a poluição química e física da água, podendo colocar em risco a saúde da população. Portanto, podemos concluir que os resultados obtidos indicam que medidas preventivas e de preservação devem ser adotadas no gerenciamento do reservatório.

Palavras-chave: Levantamento Batimétrico. Sedimentos. Reservatório.

² Artigo publicado no Australian Journal of Basic and Applied Sciences, ISSN: 1991-8178, EISSN: 2309-8414 - 2018 July; 12(7): pages 120-125. DOI: 10.22587/ajbas.2018.12.7.19)

2.1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para a origem e preservação da vida, que apesar de ser um recurso renovável, nos últimos anos tem-se notado uma preocupação intensa em relação a sua escassez, pois esta tem perdido a capacidade de se recompor de forma natural, pois muitas fontes de água se esgotaram pelo uso indevido. De acordo com Tocantins (2008), o abastecimento populacional representa 71% da demanda hídrica no cenário atual.

Para a Unesco (2017), o percentual aproximado de 12% é o equivalente a parcela de toda a água doce do mundo concentrada no território brasileiro. Tal ocorrência confere ao país um elevado potencial hídrico, sendo dessa forma capaz de fornecer um volume de água per capita 19 vezes maior que o mínimo, de 1.700 m³/s por habitante por ano, estabelecido pela Organização das Nações Unidas (ONU).

A urbanização, a impermeabilização dos solos, o desmatamento consequente pela monocultura da soja no município de Porto Nacional, resultam em um conjunto de problemas ambientais, tais como: erosão dos solos, assoreamentos das bacias hidrográficas e mudanças climáticas. O grau de assoreamento sofrido por estes represamentos nos últimos anos vem diminuindo o seu volume útil, com consequências na qualidade e quantidade de água disponível para captação. Neste contexto, é de grande importância o estudo de métodos que quantifiquem o grau de assoreamento desses represamentos (Silveira *et al.*, 2009).

O sedimento é de extrema importância como indicador do nível de poluição, quando se considera que a lavoura lança os agrotóxicos ou as indústrias lançam seus despejos nos ambientes aquáticos, principalmente quando não se há fiscalização. De acordo com Esteves (2011), o sedimento pode atuar registrando a poluição ocorrida na água nos dias anteriores.

De acordo com a NBR-6508, a escala granulométrica divide os solos nas seguintes frações: argila, silte, areia fina, areia média, areia grossa e pedregulho. A análise granulométrica, quantificada em amostras de sedimento, está relacionada à avaliação das características mineralógicas que compõem a matriz limnológica, de forma a verificar a presença de silte, areia e argila. Segundo a CETESB (2007), uma maior quantidade de finos, representados por elevadas quantidades de silte e argila,

e menor de areia, configuram uma significativa possibilidade de se encontrar contaminantes que permitam verificar a qualidade do sedimento presente no corpo hídrico, pois o tamanho da partícula influencia a adsorção e a retenção de contaminantes, ou seja, a tendência é que quando o grão diminui, as concentrações de nutrientes e contaminantes aumentam.

Para Back e Bonetti (2012), a medição de vazão é normalmente obtida indiretamente, uma vez que são utilizadas as medidas de nível ou velocidade média, além do levantamento topobatimétrico da medida da seção. Segundo Krueger (1996), a realização da batimetria tem como objetivo principal medir a profundidade de um corpo hídrico relacionada a posição de uma embarcação na superfície da água, sendo então possível visualizar a topografia submersa através de representação de linhas isobáticas.

A realização da batimetria é de fundamental importância para a escolha do ponto de coleta do sedimento, pois será possível determinar a maior profundidade, descarga líquida, velocidade da água e nível da água. De acordo com Álvares *et al.* (2001), o levantamento batimétrico é essencial para a gestão de um recurso hídrico, pois permite estimar o grau de assoreamento, modelar o relevo submerso, calcular o volume de armazenamento e subsidiar informações para tomadas de decisões no gerenciamento e utilização dos recursos hídricos dos órgãos competentes.

Portanto, o presente trabalho teve por objetivo caracterizar o sedimento de fundo e contribuir para gestão do reservatório de abastecimento público através do levantamento batimétrico na bacia hidrográfica do Ribeirão São João, município de Porto Nacional, estado do Tocantins, visando a caracterização morfológica de fundo no que possibilitará novos levantamentos, análises futuras do assoreamento e processos erosivos, em que auxiliará na utilização racional do reservatório, e conseqüentemente, no gerenciamento da bacia em estudo.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

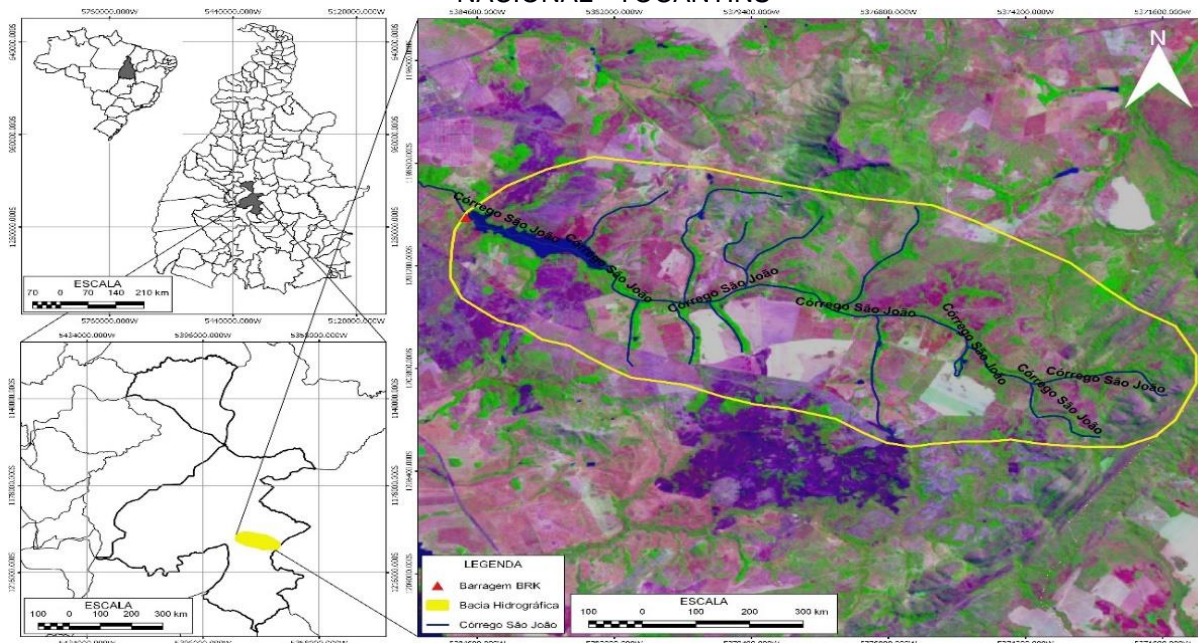
2.2.1 Localização do experimento

O reservatório de abastecimento público do município de Porto Nacional, está localizado dentro da Amazônia legal entre os paralelos 10°43'04,52" de latitude sul e

48°22'19,77" de longitude oeste, na bacia hidrográfica do Ribeirão São João que está localizada entre os paralelos 10°46'43" e 20°41'20" de latitude sul e entre os meridianos 48°14'16" e 48°24'51" de longitude oeste (FIGURA 2.1). Segundo Silva (2010), Porto Nacional possui uma área de 4.464,11 Km², correspondendo a 1,61% da área total do estado do Tocantins, possui uma população estimada de 52.510 habitantes (IBGE, 2016) e dista 62 km da capital Palmas.

De acordo com Balduino *et al.* (2018), o clima de Porto Nacional é subúmido úmido, com duas estações bem definidas, a chuvosa e a estiagem, sendo a estiagem na estação do inverno em que apresenta deficiência hídrica moderada e megatérmico, com altos valores anuais de evapotranspiração potencial, com 28,29% dessa evapotranspiração concentrada na estação do verão, podendo ser definido pela fórmula $C_2wA'a'$. A concentração das precipitações ocorre durante a estação chuvosa, no período compreendido de novembro a abril, correspondendo, aproximadamente, 80% da pluviosidade. A vegetação natural dominante na área da bacia corresponde ao cerrado. Já em relação aos aspectos pedológicos, predomina na região o Latossolos com menores porções de solos Litólicos e Hidromórficos (Carvalho *et al.*, 2016).

FIGURA 2.1 - RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL - TOCANTINS



FONTE: Desenvolvido pelo autor (2018).

A escolha do ponto de coleta do sedimento de fundo foi determinada após o levantamento batimétrico, que foi de acordo com o fluxo da água e onde há o maior recalque no reservatório, pois teve maior acumulação de sedimento.

2.2.2 Levantamento batimétrico

O levantamento batimétrico, descarga líquida e nível d'água na bacia hidrográfica do Ribeirão São João foi realizado através de método acústico, utilizando o Perfilador Acústico Doppler, modelo ADCP SonTek RiverSurveyor M9. Conforme Geotech (2017), este equipamento emite ondas acústicas de frequência entre 300 e 3.000 Hz, e através da frequência de resposta do material do leito determina a distância entre a fonte e o receptor. O aparelho foi acoplado a uma embarcação motorizada, que percorreu toda a área da barragem, coletando pares de coordenadas e a respectiva profundidade do ponto.

Os dados obtidos em campo foram processados em software próprio do aparelho, denominado RiverSurveyorLive, gerando planilha com as informações coletadas em campo e a sondagem foi realizada no início do período chuvoso, dezembro de 2017.

2.2.3 Análise granulométrica de sedimentos

Para o estudo de análise granulométrica de sedimentos, inicialmente coletou-se as amostras de sedimento de fundo, utilizando o amostrador tipo Pertesen, no qual o mesmo consiste em duas caçambas que se fecham juntas ao tocar o leito, devido a um dispositivo de barra, para coletar uma camada superior do material. A amostra foi preparada para os ensaios de caracterização com o método de secagem prévia, conforme a NBR 6457/2016.

O procedimento experimental para o ensaio de granulometria divide-se em peneiramento grosso, peneiramento fino e ensaio de sedimentação. Para a realização do peneiramento grosso foi utilizado a quantidade de solo que ficou retida na peneira de 2,00 mm, no momento da preparação da amostra. Logo após executou-se o procedimento experimental, lavando o material na peneira de 2,00 mm que depois foi

levado a estufa, em seguida as peneiras de aberturas maiores e igual a 2,00 mm foram colocadas uma sobre as outras com as aberturas das malhas crescendo de baixo para cima. Embaixo da peneira de menor abertura foi colocado o prato para recolher os grãos que por ela passou. A peneira de maior abertura foi tampada para evitar a perda de partículas no início do processo de vibração. Com o conjunto de peneiras organizado foi realizado a agitação no peneirador. A fração de solo retida em cada peneira, foi pesada até chegar peneira de 2,00 mm.

Já para o peneiramento fino foi utilizando cerca de 120 gramas de solo passante na 2,00 mm, no momento da preparação da amostra. Posteriormente pôs-se o material na peneira 0,075 mm que foi lavado e em seguida colocando na estufa. O conjunto de peneiras foi organizado compreendo entre as aberturas de 2,00 mm e 0,075 mm, o material foi colocado seco no conjunto de peneiras e foi realizado o mesmo procedimento do peneiramento grosso.

Por fim, para o ensaio de sedimentação foi utilizado uma amostra do ensaio de peneiramento fino, com um peso entre 50 e 100 g, a qual foi colocada em imersão por 12 horas com defloculante (solução de hexametáfosfato de sódio). Logo após material foi transferido para o copo de dispersão, onde foi adicionado água destilada até que o nível ficou 5 cm abaixo das bordas do copo, então foi submetida à ação do aparelho dispersor durante 15 minutos, depois a mistura foi transferida para uma proveta graduada, completando com água destilada até 1000 ml e então foi realizado o agitamento da mistura solo/água.

Foram efetuadas leituras do densímetro nos instantes de 30 segundos, 1 e 2 minutos, 4, 8, 15 e 30 minutos, 1, 2, 4, 8 e 24 horas. Após realizada a última leitura, colocou-se o material da proveta na peneira de 0,075 mm, podendo assim ser feita uma lavagem da amostra na peneira com água potável à baixa pressão removendo todo o material das laterais.

2.2.4 Massa específica

A massa específica das partículas também foi um parâmetro de análise para a caracterização dos sedimentos, a sua determinação foi realizada com base na NBR 6508.

Para o cálculo da massa específica das partículas do solo utilizou-se a fórmula:

$$\delta = \frac{M1x 100/(100 + h)}{[M1x 100/(100 + h)] + M3 - M2} x \delta T$$

onde:

δ = massa específica das partículas do solo, em g/cm³

M1= massa do solo úmido

M2= massa do picnômetro + solo + água, na temperatura T de ensaio

M3 = massa do picnômetro cheio de água até a marca de referência na temperatura (T) de ensaio

h = umidade inicial da amostra

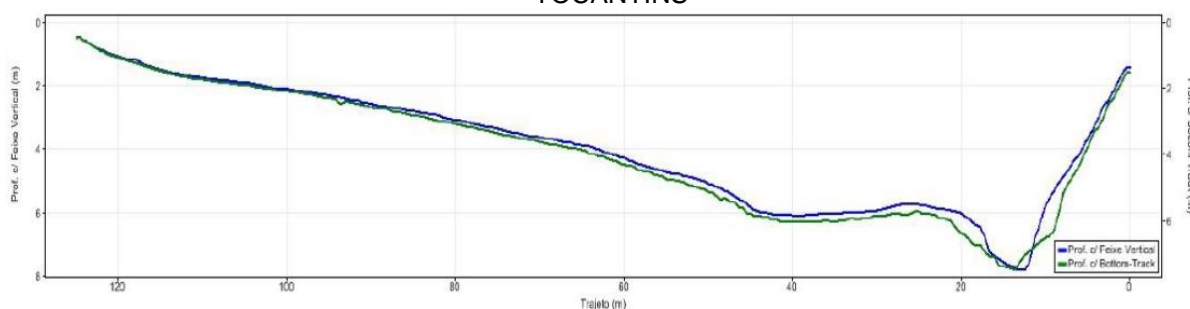
δT = massa específica da água, na temperatura T de ensaio

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Perfil hidrográfico

A realização do levantamento batimétrico foi de fundamental importância para a escolha do ponto de coleta do sedimento de fundo do Ribeirão São João, que foi realizada de acordo com o fluxo da água e onde há o maior recalque da barragem, ou seja, onde há a maior acumulação de sedimentos, conforme é demonstrado na FIGURA 2.2. A partir daí foi possível determinar a maior profundidade, a vazão e velocidade da água.

FIGURA 2.2 - REPRESENTAÇÃO DA TOPOGRAFIA DO RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO PÚBLICO LOCALIZADO NO RIBEIRÃO SÃO JOÃO, MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL – TOCANTINS



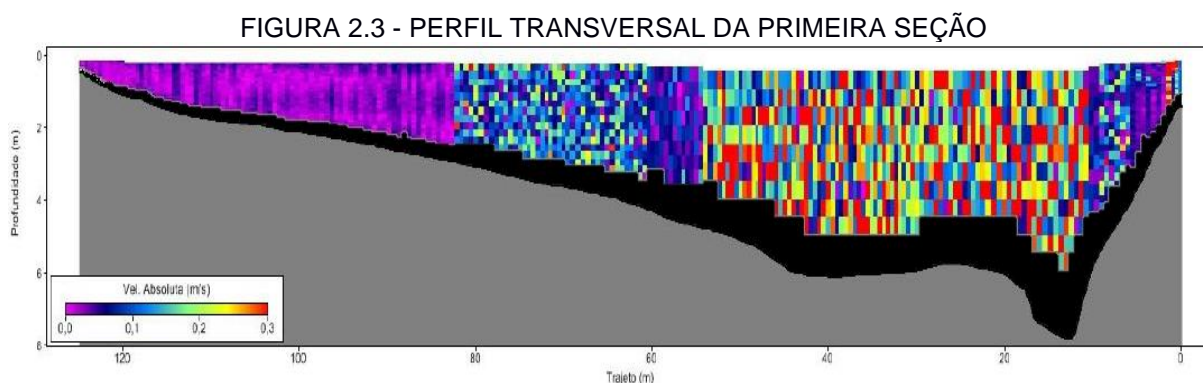
FONTE: Geotech (2017).

A área do reservatório em estudo foi de 488,04 m², com largura de 127,29 metros e com profundidade máxima de 7,847 metros em seu canal principal. Em um estudo realizado por Oliveira (2015), na bacia hidrográfica do Rio Monday, Paraguai, encontrou valores da largura da bacia de 65,62 metros e de profundidade de 9,54 metros.

2.3.2 Vazão no reservatório

Para as dez travessias realizadas, o software gerou um perfil transversal do ribeirão na seção de medição, conforme a

FIGURA 2.3, referente a primeira travessia da seção. O equipamento acústico possui uma limitação que é a medição de velocidade no fundo do ribeirão, onde estão representadas pelas células pretas, que não são utilizadas no cálculo de vazão, pois são interpoladas pelo software.



FONTE: Geotech (2017).

Os dados coletados pelo equipamento foram processados pelo software RiverSurveyorLive e estão apresentados com o resumo de cada travessia, conforme a TABELA 2.1. Vale ressaltar que o coeficiente de variação da vazão total foi de 1,04%, ou seja, inferior a 5%, conforme recomendado pela NBR-13403, e tendo como valor médio da vazão encontrado para a seção foi igual a 1,55 m³/s.

TABELA 2.1 - RESUMO DAS TRAVESSIAS

Travessia	Margem de Início	Vazão Superficial	Vazão Meio	Vazão Fundo	Vazão Total	Área (m ²)
1	Esquerda	0,031	1,112	0,418	1,561	491,634
2	Direita	0,029	1,094	0,420	1,543	487,173
3	Esquerda	0,032	1,107	0,441	1,560	490,679
4	Direita	0,033	1,119	0,410	1,562	489,460
5	Esquerda	0,033	1,087	0,424	1,544	489,975
6	Direita	0,032	1,098	0,410	1,540	483,932
7	Esquerda	0,031	1,099	0,410	1,540	487,134
8	Direita	0,030	1,089	0,430	1,549	486,438
9	Esquerda	0,031	1,107	0,390	1,528	485,810
10	Direita	0,034	1,103	0,440	1,577	488,167
Média		0,032	1,102	0,4193	1,552	488,040
Desvio Padrão		0,014	0,009	0,0146	0,016	2,272
Coefficiente de Variação (%)		4,52	0,871	3,501	1,039	0,465

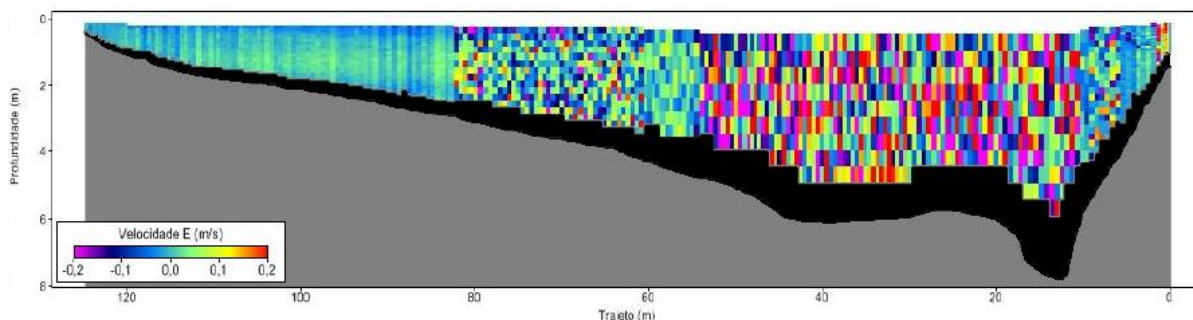
FONTE: Desenvolvido pelo autor (2018).

De acordo com Ibiapina *et al.* (2003), os dados de medição de vazão são indispensáveis para os estudos de planejamento de recursos hídricos, previsão de cheias, gerenciamento de bacias hidrográficas, abastecimento público, saneamento básico, irrigação, meio ambiente e muitos outros estudos de grande importância científica e socioeconômica.

2.3.3 Análise da velocidade da água do reservatório

A análise da velocidade da água juntamente com a profundidade, observou-se que a velocidade tem comportamento diferente no sentido transversal do reservatório, com valores maiores em sua margem direita, ou seja, no canal principal da bacia hidrográfica, e com valores menores do centro para a margem esquerda. Foi possível concluir também que nas regiões mais próximas ao barramento, a velocidade foi maior no trecho de menor profundidade (Trajeto entre 60 a 80 metros), conforme a FIGURA 2.4. Já a velocidade no sentido longitudinal do reservatório variou de 0 a 0,09 m/s.

FIGURA 2.4 - VELOCIDADE DE UM TRAJETO TRANSVERSAL REALIZADO EM 07/12/2017



FONTE: Geotech (2017).

Gentil (2015), em um estudo no reservatório da usina hidrelétrica de Caçu, estado do Goiás, encontrou valores da velocidade que variaram de 0 a 0,8 m/s. A velocidade tem um papel importante na condução dos sedimentos, que são transportados para o reservatório, e à medida que esse fluxo vai diminuindo parte dos mesmos é depositada no fundo do reservatório.

2.3.4 Caracterização dos sedimentos

Com base na amostra de sedimentos do fundo do reservatório coletada, a qual posteriormente foi realizada análises laboratoriais, pode-se obter a variação granulométrica da amostra, e o valor de massa específica da partícula. Os resultados das análises são apresentados na TABELA 2.2.

TABELA 2.2 - RESULTADOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Ponto de Amostragem	Argila (%)	Silte (%)	Areia Fina (%)	Areia Média (%)	Areia Grossa (%)	Massa Específica
1	51,5	41	4,5	1	2	2,723

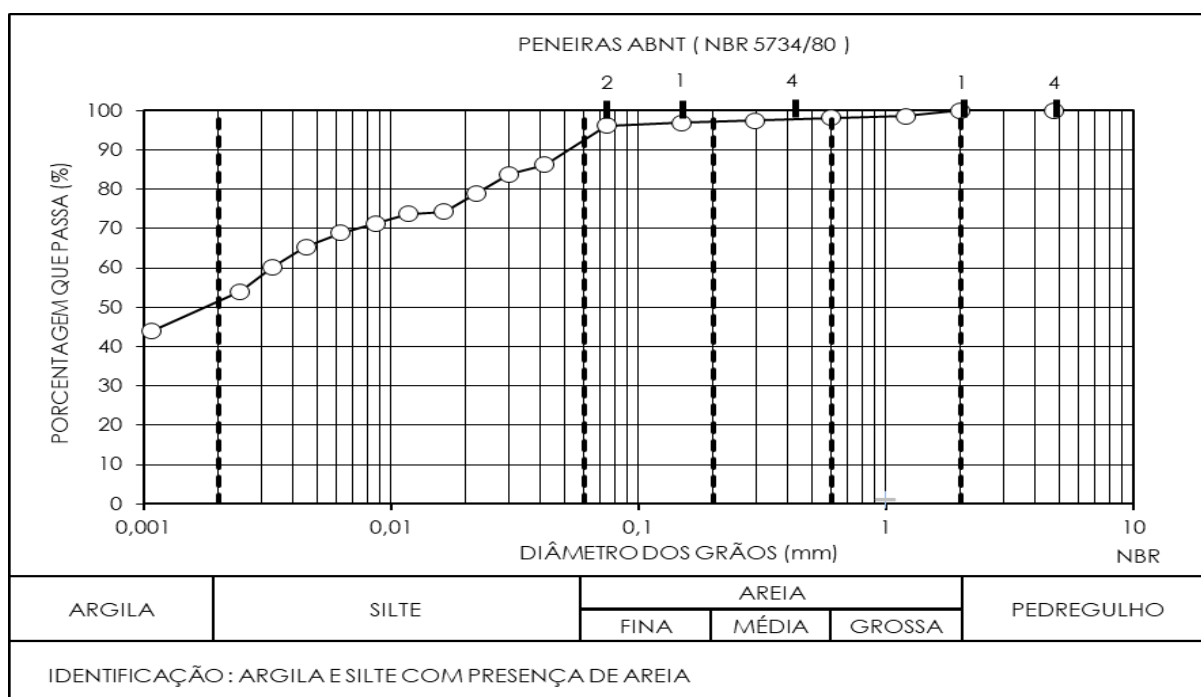
FONTE: Desenvolvido pelo autor (2018).

A fração granulométrica dos sedimentos apresenta uma grande quantidade de solo com baixa granulometria, prevalecendo a argila e silte com aproximadamente de 93% do total, sendo a porcentagem de areia, classificadas em fina, média e grossa, ficou abaixo dos 8%, já o valor encontrado para a massa específica das partículas foi de 2,72 g/cm³. Em um estudo no reservatório da PCH Pipoca no estado de Minas Gerais, Minhoni (2013), encontrou valores aproximados de massa específica, com

média de 2,66 g/cm³, com uma baixa granulometria, sendo 89% de argila e silte e 11% de areia, o que também caracteriza que os sedimentos de fundo dos dois reservatórios em estudo são argilo siltosos.

A amostra de sedimento apresenta uma grande quantidade de argila e silte; a fração prevaleceu nos onze pontos com mais de 90%. A porcentagem de areia, ficou abaixo de 5%, o que pode ser verificado na FIGURA 2.5.

FIGURA 2.5 - CURVA DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA



FONTE: Desenvolvido pelo autor (2018).

Segundo Jesus *et al.* (2004), os sedimentos têm sido considerados como um compartimento de acumulação de espécies poluentes, em que os solos com alto teor de argila e silte são ricos em sítios de ligação, possibilitando o uso dos mesmos como um bom indicador de poluição ambiental. Para Silva (2009), a contaminação do corpo hídrico acontece de três diferentes fases: no carbono orgânico dissolvido, solução aquosa e no sedimento. Como o reservatório de abastecimento público se encontra em uma área cercada pela monocultura da soja e há uma atividade de grande concentração de aplicação de agrotóxicos, pode colocar em risco a saúde da população do município e comunidades rurais.

2.4 CONCLUSÃO

À medida que as atividades econômicas e a população crescem, muitas regiões atingem condições de escassez ou encontram limitações para seu desenvolvimento, o que torna uma preocupação tanto na qualidade da água para abastecimento público, quanto também em sua quantidade.

O levantamento batimétrico realizado pelo medidor acústico Doppler possibilitou a escolha adequada para o ponto de coleta de sedimento de fundo para sua caracterização, bem como dados como área do reservatório, profundidade, vazão e velocidade da água.

O reservatório de abastecimento público possui uma área de aproximadamente 488,04 m², 127,29 metros de uma margem a outra, e com maior profundidade de 7,84 metros em seu canal principal. O método de medição de vazão se mostrou preciso conforme a NBR-13403, em que foi encontrado a vazão média igual a 1,55 m³/s localizada a montante do reservatório.

A velocidade de escoamento da água, onde foi realizada no período de transição (estiagem/chuvoso), apresentou valores que variaram de 0 a 0,9 m/s, sendo a velocidade maior na entrada do reservatório e diminui conforme o aumento da profundidade, largura e distância percorrida.

A caracterização do sedimento de fundo foi de extrema importância, pois possibilitará um melhor gerenciamento desse recurso hídrico nas tomadas de decisões. A fração granulométrica caracterizou que os sedimentos de fundo do reservatório em estudo são argilo siltosos, com 93% de sua totalidade.

Levando em consideração o avanço da agricultura nas mediações do reservatório de abastecimento, e conseqüentemente, a retirada de cobertura do solo e exposição a intempéries, acarretará na produção de sedimentos que irá afetar a operação do reservatório e favorecerá a poluição química e física da água, prejudicando assim a qualidade para consumo humano. Como o sedimento de fundo é argilo siltoso, há uma certa preocupação para que haja um monitoramento dos agrotóxicos gerados pela agricultura, pois eles podem ser adsorvido no sedimento que flutua ou está no fundo do curso, e caso se desprender do sedimento ou ser ingerido por um organismo da biota, conseqüentemente entrará na cadeia alimentar e colocará

em risco a saúde da população. Portanto, podemos concluir que os resultados obtidos indicam que medidas preventivas e de preservação devem ser adotadas no gerenciamento do reservatório.

2.5 AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Tocantins (UFT), por meio do Programa de Pós-graduação em Ciências do Ambiente, ao Instituto Federal do Tocantins (IFTO), em especial ao coordenador de Pesquisa, Inovação e Coordenação de Pós-Graduação, pelo apoio financeiro concedido para a publicação do artigo científico.

2.6 REFERÊNCIAS

ÁLVARES, M. T. *et al.* **Monitorização Batimétrica em Albufeiras**. Lisboa: Instituto da Água, Direção de Serviços de Recursos Hídricos. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-13403: **Medição de vazão em efluentes líquidos e corpo receptores** – Escoamento Livre, 7p. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-6457: **Amostras de solos - preparação para ensaios de compactação e caracterização** . Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-6508: **Rochas e solos**. Rio de Janeiro, 1995.

BACK, A. J.; ALVES, F. V.; BONETTI, A. V. **Técnica de medição de vazão em Grandes Rios**. Vila Carlos Paz, AR. [Anais...]. Cordoba, AR: Colégio de Agrimensores, 2012.

BALDUINO, A.R.; SANTOS, M.G.; SOUZA, L. B.; LIMA, D. P.; CARVALHO, A. P. **Hydric balance and climatic classification of the city of Porto Nacional, state of Tocantins, inserted in the Legal Amazon, Brazil.** Vol 5, Issue-3, Mar- 2018.

CARVALHO, A. P.; BALDUINO, A. R.; MACIEL, G. F.; PICANÇO, A. P. **Avaliação da poluição em rios utilizando índices de qualidade da água: Um estudo de caso no Ribeirão São João em Porto Nacional – TO.** Vol.35, n. 3. 2016.

CETESB - **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo 2006.** Série Relatórios, Anexo II. Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos, 2007.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia.** Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 601p.

GENTIL, W. B. **Topobatimetria e sedimentação do reservatório da Usina Hidrelétrica de Caçu - Goiás.** Jataí. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia) Universidade Federal de Goiás. 2015.

GEOTECH. **SonTek Acoustic Doppler Water Velocity Measurement.** Disponível em: <http://www.geotechenv.com/sontek_doppler_measurement.html>. Acesso em: 05 de nov. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Cidades@, Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat>. Acesso em 09/04/2017.

IBIAPINA, A. V., *et al.* **Evolução da hidrometria no Brasil.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/srh/acervo/publica/doc/oestado/texto/121-138.html>>. Acesso em: 2003.

JESUS, H. C. *et al.* **Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da ilha de Vitória-ES.** Revista Química Nova, São Paulo – SP, v. 27 , n.3,p. 378 – 386, 2004.

KRUEGER, C. P. **Investigações sobre aplicações de alta precisão do GPS no Âmbito Marinho.** Curitiba, 1996. 267 f. Tese (Doutorado em Geodésia). Setor de Tecnologia. Universidade Federal do Paraná.

MINHONI, R. T. A. **Estimativa do assoreamento do reservatório da PCH PIPOCA, Minas Gerais.** Viçosa, 2013. (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Viçosa.

OLIVEIRA, C. C. **Análise comparativa de medições de vazão utilizando equipamentos doppler.** Itajubá. Monografia (Bacharelado em Engenharia Hídrica) Universidade Federal de Itajubá. Minas Gerais. 2015.

SILVA, A. A. F. **Geoprocessamento aplicado à análise e mapeamento geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São João - TO.** Porto Nacional, 2010. TCC (Bacharelado em Geografia) Universidade Federal do Tocantins.

SILVA, D. F. da. **Análise de aspectos climatológicos, agroeconômicos, ambientais e de seus efeitos sobre a bacia hidrográfica do Rio Mundaú.** Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB. 2009.

SILVEIRA, P. M. *et al.* **Trabalho de Macrodrenagem: Assoreamento na Primeira Represa da UFV. CIV-347 – SISTEMAS DE ESGOTOS.** Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais. 2009.

TOCANTINS. Secretaria do Planejamento. Superintendência de Planejamento e Gestão Central de Políticas Públicas: Diretoria Zoneamento Ecológico-Econômico. **Atlas do Tocantins: Subsídios ao Planejamento da Gestão Territorial**. 5. Ed. Palmas: Seplan, 2008. 62 p. Disponível em: <<https://goo.gl/HBmx4C>>. Acesso em: 06 de março de 2018.

UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2016: Água e Emprego**. 2017. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244040por.pdf>> Acesso em: 23 de out. de 2017.

2.7 CONSIDERAÇÕES

Os resultados da pesquisa do segundo artigo, publicado no Australian Journal of Basic and Applied Sciences, possibilitou uma segurança para a coleta do sedimento da bacia hidrográfica para a detecção do agrotóxico glifosato por cromatografia, e de acordo com a batimetria, foi efetuada conforme o fluxo da água e no local em que havia o maior recalque no reservatório, apresentando maior acumulação das partículas.

A caracterização das partículas foi realizada por análise granulométrica que categorizou como um sedimento argilo-siltoso, o que deixa uma maior preocupação pela capacidade que o tamanho do grão tem de retenção e adsorção de contaminantes, pois quanto menor for, maior será a concentração de contaminantes e nutrientes.

A pesquisa de caracterização da infiltração da água no solo da bacia hidrográfica do Ribeirão São João, que será apresentada no artigo 3, retrata a compreensão de infiltração e o tempo em que o solo irá saturar, pois a partir daí que os sedimentos começam a ser carregados para o corpo hídrico, podendo carregar consigo resíduos de agrotóxicos empregados nas lavouras que recobrem parte da bacia. Além disso, foi possível constatar a partir desses dados o tempo ideal para a coleta de amostras de água e sedimento no reservatório.

O artigo 1 foi de extrema importância, visto que apresentou informações sobre as estimativas de valores mais prováveis e regularidade que as precipitações se distribuem, contribuindo para o estudo de caracterização da infiltração.

3. ARTIGO 3: CARACTERIZAÇÃO DA INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL, ESTADO DO TOCANTINS, BRASIL.

De acordo com Queiroz *et al.* (2011), é através da percolação que os agrotóxicos vão para as camadas mais profundas do solo, podendo atingir as águas subterrâneas, e conseqüentemente, poluí-las ou contaminá-las. Moraes (2007) afirma que áreas com solos degradados apresentam menor taxa de infiltração, o que irá proporcionar menor recarga dos aquíferos e queda de vazão na bacia hidrográfica.

Para Cichota *et al.* (2003), a caracterização dos processos de infiltração é importante para o dimensionamento de reservatórios, drenagens e canais de irrigação. Benson *et al.* (1994), afirmam que a caracterização também auxilia no entendimento da geração de escoamentos superficiais que são responsáveis pela erosão do solo e inundações, além de dar suporte nos estudos ambientais, como aceleração da erosão, fluxo de poluentes, dentre outros.

A forma de uso e ocupação do solo geram os principais problemas associados a processos erosivos de acordo com suas atividades, tais como, atividades agrícolas, intervenção, os cultivos sem práticas conservacionistas do solo, tendo como consequência a erosão laminar, processos erosivos lineares e transporte de sedimento, concomitantemente, assoreamento das drenagens.

Os processos envolvidos no destino ambiental dos agrotóxicos dependem de suas propriedades físico-químicas e forma de aplicação, características do solo e condições ambientais (Spadotto *et al.*, 2010). De acordo com Peters *et al.* (2013), a lixiviação é o transporte do agrotóxico pelo perfil do solo e, dependendo principalmente da umidade e porosidade do solo, pode levar à contaminação do lençol freático. O autor ainda afirma que o escoamento superficial pode contaminar reservatórios, lagos e rios, e expor os organismos aquáticos a níveis de agrotóxicos que podem ser tóxicos a várias espécies.

O terceiro artigo caracterizou as infiltrações ao longo da bacia hidrográfica, um dos objetivos específicos da tese, que subsidiou em informações para minimizar os impactos ambientais existentes e contribuir para a recuperação das áreas impactadas.

CARACTERIZAÇÃO DA INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO NO MUNICÍPIO DE PORTO
NACIONAL, ESTADO DO TOCANTINS, BRASIL³

Resumo: O presente estudo da caracterização da infiltração da bacia hidrográfica do Ribeirão São João buscou o entendimento do comportamento da infiltração da água, onde foram realizados testes de infiltração *in locu* pelo método de Kostiaikov e permeabilidade pelo método proposto por Radcliffe e Simunek associado a critérios de classificação de Reichardt, usando infiltrômetro de anel duplo, associado aos conhecimentos geológicos da área que subsidiou a elaboração da carta de uso e ocupação de solo. Algumas áreas de recarga estão impactadas com baixa susceptibilidade à infiltração devido ao uso intensivo da agricultura, pela nova expansão agrícola, o que atinge diretamente a biodiversidade ao entorno da bacia em estudo. A melhoria da qualidade de vida na bacia hidrográfica do Ribeirão São João depende de um bom planejamento pelas autoridades locais, para que se tomem medidas que orientem e norteiem o uso e ocupação do solo, bem como as atividades realizadas pela população ao entorno desta bacia.

Palavras-chaves: Infiltração. Permeabilidade. Bacia Hidrográfica.

³ Artigo publicado no Australian Journal of Basic and Applied Sciences.
ISSN: 1991-8178, EISSN: 2309-8414 – 2018 Sept; 2018. DOI: 10.22587/ajbas.2018)

3.1 INTRODUÇÃO

O rápido processo de urbanização nas cidades brasileiras ocorreu de forma desordenada e sem planejamento, gerando assim o aumento de áreas com grandes centros urbanos. Conforme Targa *et al.* (2012), a superfície do solo ao sofrer alterações devido a urbanização, interfere na fase terrestre do ciclo hidrológico, pois em geral reduz a área de infiltração e aumenta o escoamento superficial. Aliado a esse fator tem-se o consumo e desperdício excessivo, de recursos naturais como a água que é visivelmente um bem natural mais desperdiçado entre os indivíduos.

Segundo Miranda, Oliveira, Silva (2010), o ciclo hidrológico é formado por vários processos contínuos, onde as águas circulam e se transformam no interior das três unidades componentes do nosso planeta: a atmosfera, o solo e a hidrosfera (rios, lagos e mares), nos quais a água inicia o seu caminho indo de um estágio inicial até retornar a posição primitiva. O ciclo hidrológico na superfície terrestre é constituído por sete processos distintos, sendo eles: evapotranspiração, precipitação, chuva, interceptação das precipitações, infiltração, armazenamento da água no solo, escoamento superficial.

Nesse aspecto o escoamento da água sobre a superfície do solo acontece no momento em que o volume de precipitação atinge o limite de infiltração do solo. Segundo Gondim *et al.* (2010), a infiltração da água no solo é um processo em que a água atravessa a superfície do solo verticalmente. Para Santos *et al.* (2012), um dos fatores que influenciam no regime hidrológico é o escoamento superficial. Conhecer as características do escoamento superficial de uma bacia hidrográfica possibilita uma análise geoambiental da bacia e para a gestão dos seus recursos naturais.

Quanto ao processo de infiltração, Brandão *et al.* (2006), destaca que depende de vários fatores, dentre os quais se tem: condição da superfície; tipo de solo; condição do solo; umidade inicial do solo; carga hidráulica; temperatura; presença de fendas, rachaduras e canais biológicos originados por raízes decompostas ou pela fauna do solo; compactação do solo por máquinas e/ou por animais; compactação do solo pela ação da chuva e cobertura vegetal.

Para a determinação da capacidade de absorção da água nos solos, tem-se os ensaios de infiltração, que podem ser pelo método de entrada e saída de água no

sulco, infiltrômetro de anel e simuladores de chuva ou infiltrômetro de aspersão. Segundo Vieira (1997), o infiltrômetro de anéis é o mais utilizado. Estudos revelam que os valores da capacidade de infiltração do solo, determinada pelos anéis infiltrômetros, são sempre maiores que os estabelecidos pelo simulador de chuvas.

De acordo com Morais (2007), a infiltração da água no solo é importante para a recarga dos aquíferos e para manutenção do fluxo base dos rios, o que torna de extrema importância para a gestão de recursos hídricos. Portanto, o presente trabalho teve por objetivo caracterizar as infiltrações ao entorno da bacia hidrográfica do Ribeirão São João através da carta de uso e ocupação do solo, a partir de testes de infiltração da água com infiltrômetro de anel duplo, a fim de subsidiar estudos de planejamento e gestão na bacia, com intuito de fornecer informações que possam minimizar os impactos ambientais existentes, bem como, contribuir para a recuperação das áreas impactadas.

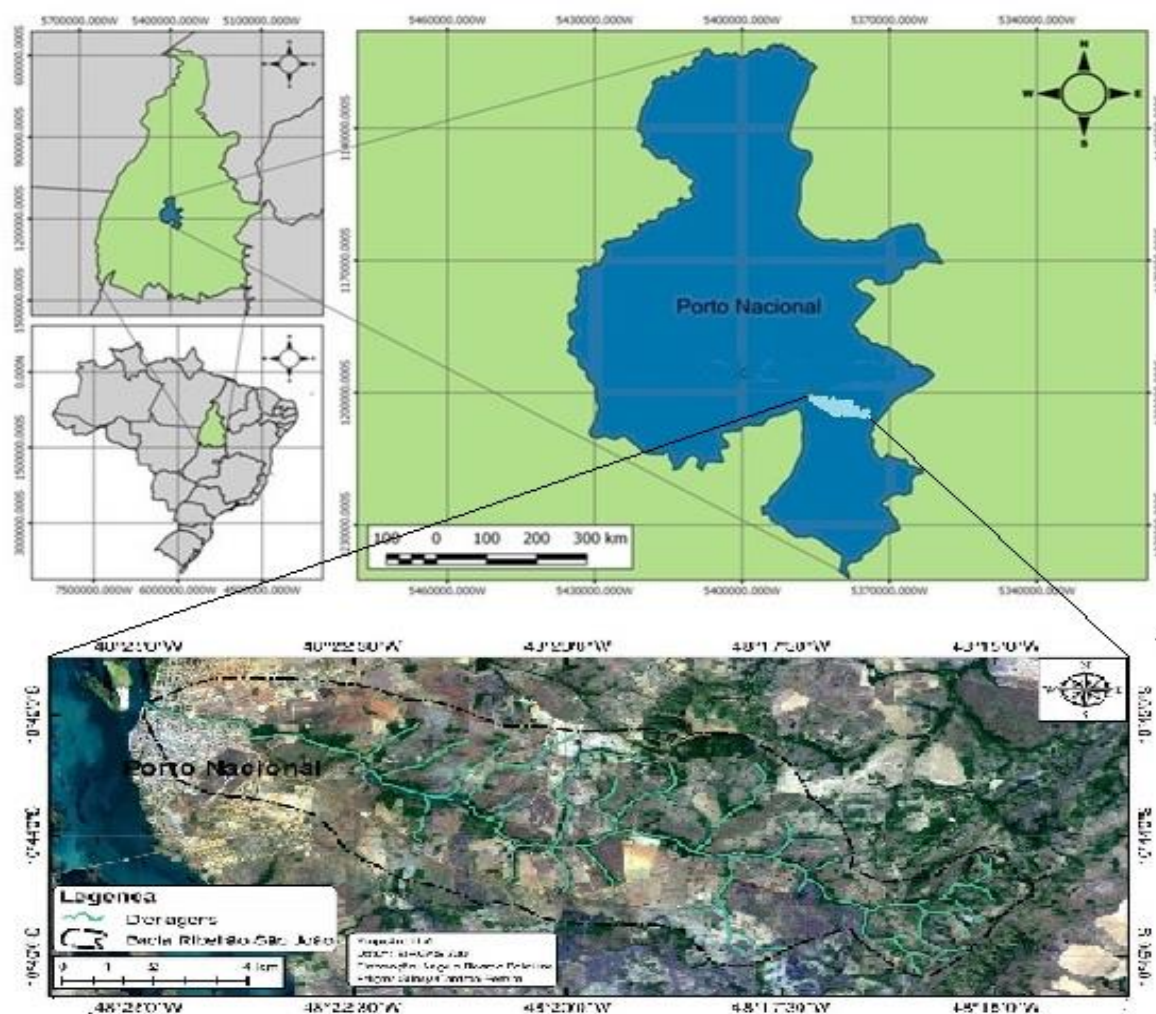
3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na bacia hidrográfica do Ribeirão São João, localizada no município de Porto Nacional (FIGURA 3.1), afluente do Rio Tocantins, que está localizada entre os paralelos 10°46'43" e 20°41'20" de latitude sul e entre os meridianos 48°14'16" e 48°24'51" de longitude oeste.

Segundo Silva (2010), Porto Nacional possui uma área de 4.464,11 Km², correspondendo a 1,61% da área total do estado do Tocantins, possui uma população estimada de 52.510 habitantes (IBGE, 2018) e dista 62 km da capital Palmas.

FIGURA 3.1 - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL – TOCANTINS



FONTE: Desenvolvido pelo autor (2018).

A bacia do Ribeirão São João é de segunda ordem, possui uma área de drenagem de aproximadamente 81,97 km², apresentando sete canais de drenagem com extensão total de 35,5 km, tendo 15,75 km como seu canal principal, o divisor de águas representa um perímetro de 46,26 km e amplitude altimétrica de 321 metros (Oliveira e França, 2014).

De acordo com Balduino *et al.* (2018), o clima de Porto Nacional é Subúmido úmido, com duas estações bem definidas, a chuvosa e a estiagem, sendo a estiagem na estação do inverno em que apresenta deficiência hídrica moderada e megatérmico, com altos valores anuais de evapotranspiração potencial, com 28,29% dessa

evapotranspiração concentrada na estação do verão, podendo ser definido pela fórmula $C_2wA'a'$, e que nos últimos 20 anos analisados, a média anual de precipitação e temperatura foram, respectivamente, de 1563 mm e 27,28°C. A vegetação natural dominante na área da bacia corresponde ao cerrado.

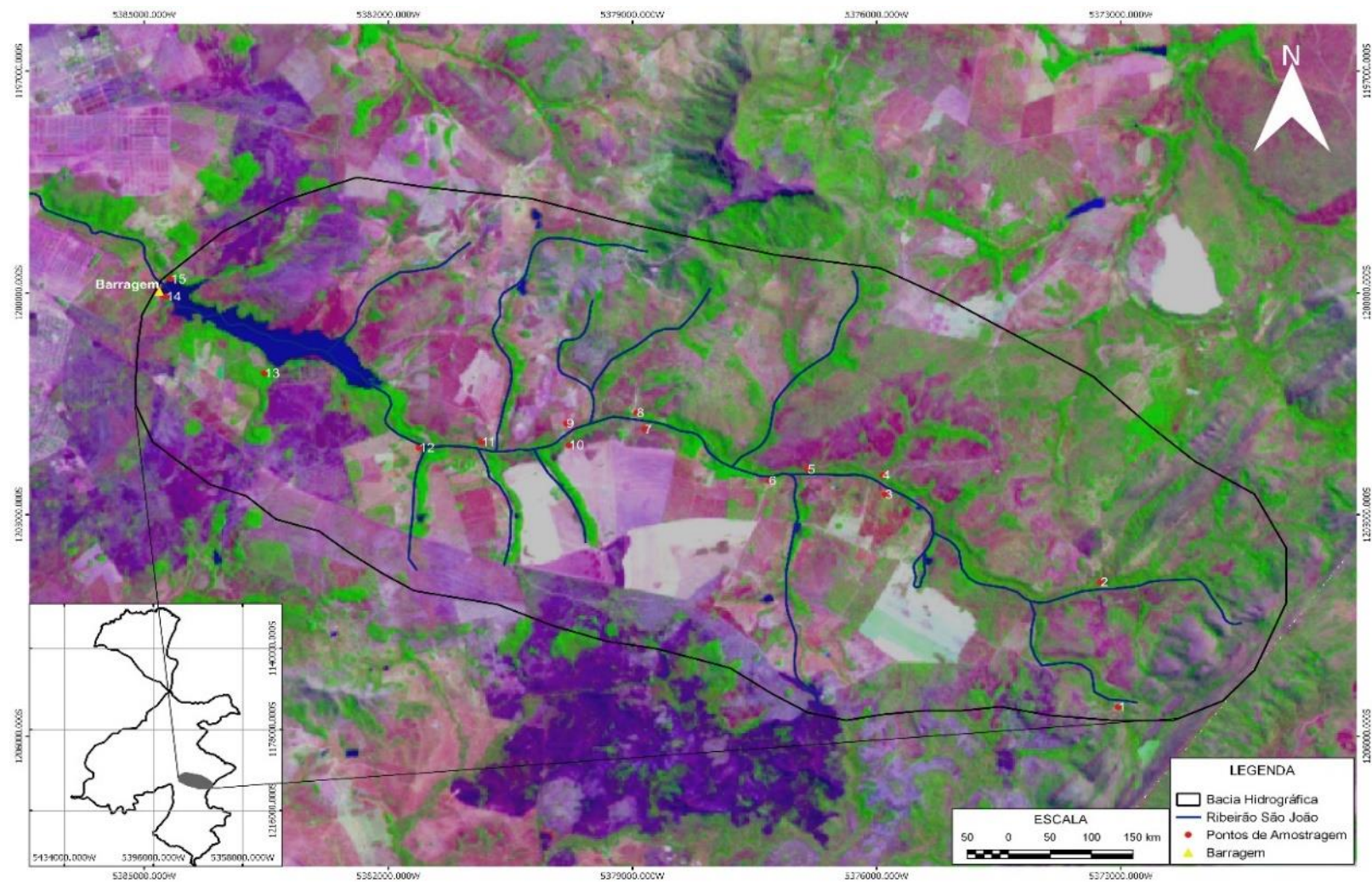
O estudo foi desenvolvido a partir de ensaios de infiltração realizados em 15 pontos amostrais, localizados em solos latossolos vermelho e amarelo, latossolo vermelho escuro, concrecionários-laterítico e solos litólicos, conforme Ranzani (1996). A escolha de cada ponto levou em consideração a permissão de acesso e a facilidade e os tipos de uso de solo e do manejo agrícola desenvolvidos, de acordo com a TABELA 3.1.

TABELA 3.1 - CARACTERÍSTICAS DOS PONTOS AMOSTRAIS

Ponto	Altitude (m)	Uso do solo
1	316	Mata Nativa
2	296	Mata Nativa
3	281	Pastagem
4	282	Pastagem
5	269	Cultivo de raiz
6	271	Monocultura (soja)
7	260	Monocultura (soja)
8	262	Monocultura (soja)
9	256	Monocultura (soja)
10	261	Mata Ciliar
11	249	Monocultura (soja)
12	253	Pastagem
13	248	Mata Ciliar
14	247	Mata Ciliar
15	254	Mata Ciliar

FONTE: Desenvolvido pelo autor (2018).

FIGURA 3.2 - PONTOS DE AMOSTRAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO

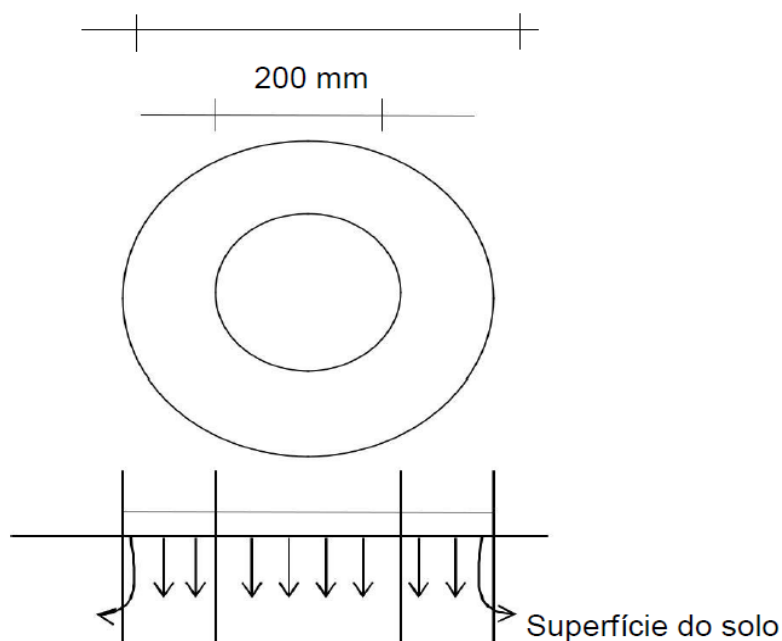


FONTE: Desenvolvido pelo autor (2018).

3.2.2. Infiltrômetro de duplo anel

Para quantificar a infiltração foram instalados e realizados ensaios em quinze pontos da bacia, que consiste em dois anéis que são posicionados de forma concêntrica no solo, sendo o anel interno com diâmetro de 200 mm e o externo de 400 mm, ambos com altura de 200 mm, conforme a FIGURA 3.3 - DESENHO ESQUEMÁTICO DO INFILTRÔMETRO DE ANEL

FIGURA 3.3 - DESENHO ESQUEMÁTICO DO INFILTRÔMETRO DE ANEL
400 mm



FONTE: Carvalho & Silva (2006) adaptado

Para o cálculo de infiltração foi usado o método de Kostiakov (1932), que descreve a infiltração para períodos curtos, comuns na precipitação de lâminas d'água médias e pequenas dado pela equação 1:

$$I = K \cdot T^a$$

Equação 1

onde:

I é a infiltração acumulada (cm);

K é a constante independente do solo;

T é o tempo de infiltração (min);

a é a constante dependente do solo, variando de 0 a 1.

Para determinar os coeficientes e expoentes das equações potenciais utilizou-se o método de regressão linear. Aplicado os logaritmos nos dois lados da equação potencial, tem-se a equação 2:

$$\log I = \log a + n \cdot \log T$$

Equação 2

Com a aplicação dos logaritmos, a equação potencial é transformada em uma equação linear do tipo $I = a + bx$, em que:

$$B = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \cdot \sum Y}{N}}{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}}$$

Equação 3

$$A = \bar{Y} - B \cdot \bar{X}$$

Equação 4

onde:

N é o número de leituras

Foi determinado a velocidade de infiltração instantânea (VI) pelo método Kostiakov (1932), em que para cada instante pela derivada da infiltração acumulada em relação ao tempo expressa pela equação 5.

$$VI = \frac{dI}{dT}, \text{ ou seja, } VI = K \cdot a \cdot T^{a-1}$$

Equação 5

O solo se satura e a velocidade de infiltração se estabiliza, assumindo um valor constante, denominado permeabilidade do solo saturado (K), dado pela TABELA 3.2.

TABELA 3.2 - CLASSIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE DO SOLO SATURADO

K	Valor (cm/h)
Muito Alto	>3
Alto	1,5 – 3
Médio	0,5 – 1,5
Baixo	0,1 – 0,5
Muito Baixo	<0,1

FONTE: Reichardt (1990)

A equação utilizada para calcular o valor da permeabilidade do solo saturado (K) foi a proposta de Radcliffe e Simunek (2010) associada a critérios de classificação de K de Reichardt (1990), de acordo com a equação 5.

$$K = \frac{I_s}{1 + \frac{4 \cdot \lambda c}{\pi \cdot r}} \quad \text{Equação 5}$$

onde:

K: permeabilidade do solo;

I_s: Infiltração estável;

λc: comprimento da capilaridade macroscópica do solo conforme as categorias de textura e estrutura, de acordo com a

TABELA 3.;

π: 3,14;

r: raio do anel.

TABELA 3.3 - VALORES DE ESTIMAÇÃO DO COMPRIMENTO DA CAPILARIDADE MACROSCÓPICA DO SOLO PARA CATEGORIAS DE TEXTURA E ESTRUTURA.

Comprimento da capilaridade macroscópica do solo de acordo com as categorias de textura e estrutura	λ_c (cm)
Sedimentos grosseiros, cascalhos, areia, podendo incluir solos altamente estruturados com grande quantidade de macroporos e fissuras.	2,8
Solos mais estruturados a partir de argila e loam também incluem solos moderadamente estruturados e areia fina.	8,3
Solos com textura fina (argiloso) e não estruturado.	25
Solos compactados não estruturados, material argiloso como capas de landfill e liners, lacustrino ou sedimentos marinhos, etc.	100

FONTE: Elrick e Reynolds (1992 apud Radcliffe e Simunek, 2010)

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes de infiltração, de acordo com Chowdary *et al.* (2006), indicam uma tendência de um movimento descendente da água que provoca uma inundação nas camadas mais inferiores e dá origem a redistribuição, ou seja, indicam uma tendência de valor de infiltração que, considerando que a permeabilidade é variável e depende das propriedades geotécnicas, tais como: vegetação, relevo, textura, estrutura, porosidade e o uso e ocupação de solo.

Na bacia hidrográfica do Ribeirão São João, de acordo com Ranzani (1996), compõem-se de sedimentos no horizonte "A" de coloração 2,5YR 4/2 (vermelho fraco) a 2,5YR 4/6 (vermelho escuro), franco-argilo-arenoso, de textura média e relevo suave-ondulado. Foram realizadas 15 análises *in locu* de testes de infiltração pelo método de infiltrômetro de duplo anel, que indicaram permeabilidade variável de baixo a muito alto, conforme a TABELA 3.4.

TABELA 3.4 - VALORES DE PERMEABILIDADE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO

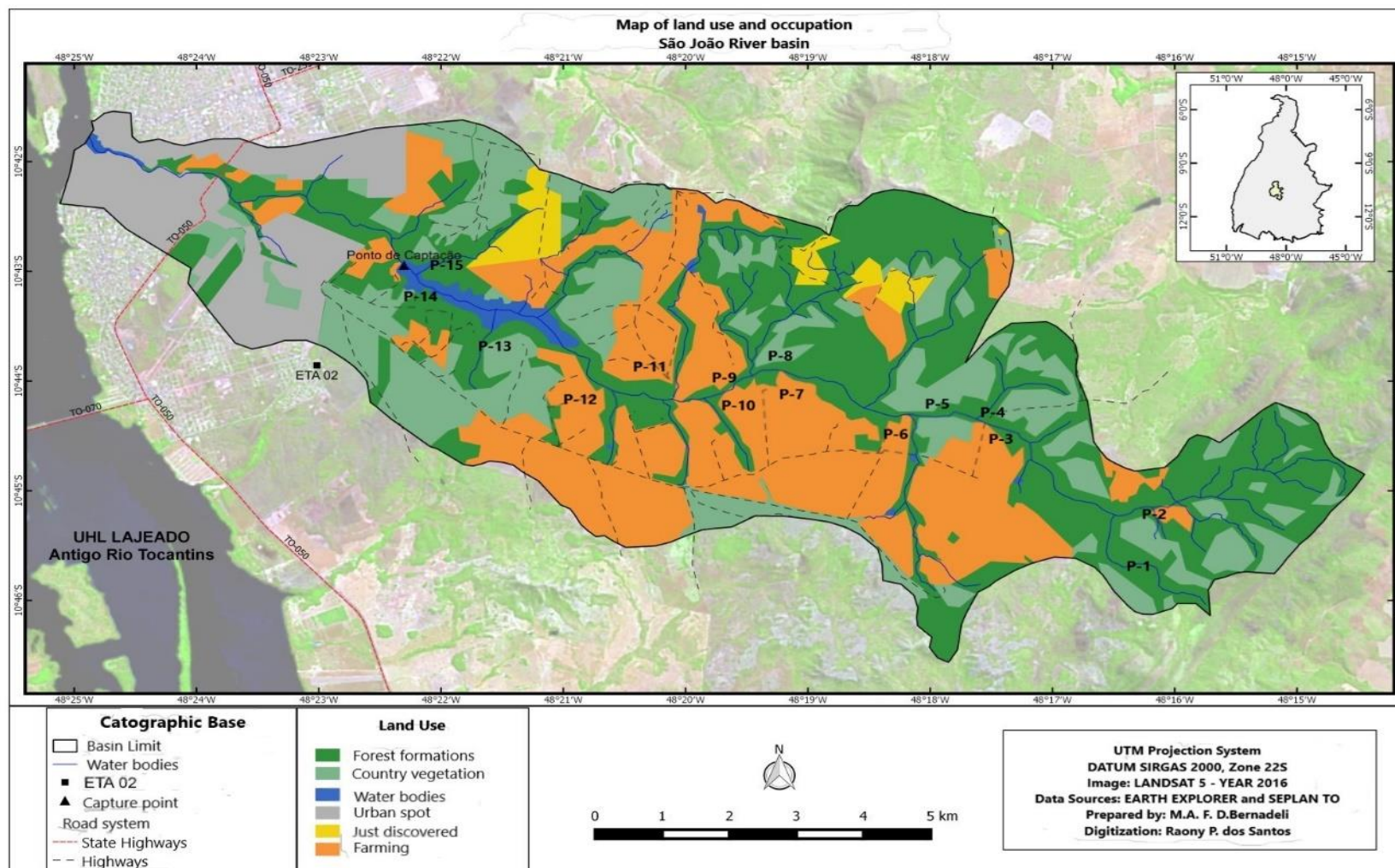
Amostras	Permeabilidade	Classificação de Reichardt (1990)	Coordenadas Geográficas
P-1	9,84	Muito Alto	W 48°17,381' e S 10°44,163'
P-2	12,97	Muito Alto	W 48°16,123' e S 10°45,106'
P-3	0,40	Baixo	W 48°17,565' e S 10°44,310'
P-4	0,50	Baixo	W 48°17,527' e S 10°44,363'
P-5	2,68	Alto	W 48°18,063' e S 10°44,273'
P-6	0,50	Baixo	W 48°18,318' e S 10°44,318'
P-7	0,42	Baixo	W 48°20,153' e S 10°44,142'
P-8	0,47	Baixo	W 48°19,171' e S 10°43,909'
P-9	0,50	Baixo	W 48°20,594' e S 10°44,097'
P-10	16,85	Muito Alto	W 48°19,645' e S 10°44,096'
P-11	0,30	Baixo	W 48°20,198' e S 10°44,142'
P-12	2,37	Alto	W 48°20,488' e S 10°44,119'
P-13	2,93	Alto	W 48°21,661' e S 10°43,581'
P-14	2,98	Alto	W 48°20,153' e S 10°44,142'
P-15	2,91	Alto	W 48°20,153' e S 10°44,142'

FONTE: Desenvolvido pelo autor (2018).

A carta de uso e ocupação de solo demonstrou permeabilidade baixa nos pontos P-3, P-4, P-6, P-7, P-8, P-9 e P-11, conforme FIGURA 3.4. Nas áreas de pastagem e soja. Rodrigues Júnior *et al.* (2007), em um estudo em área de pastagem no município de Taubaté, estado de São Paulo, apresentou permeabilidade baixa, o mesmo ocorreu em áreas de plantio de monocultura na bacia experimental do Ribeirão Concórdia, em Lontras, estado de Santa Catarina, Pinheiro *et al.* (2009), apresentou também permeabilidade baixa no estudo.

Conforme FIGURA 3.4, os pontos P-5, P-12, P-13, P-14 e P-15, apresentaram uma permeabilidade alta, onde encontram-se as áreas de cultivo de raiz e mata ciliar. Já nos pontos P-1, P-2 e P-10, apresentaram permeabilidade muito alta, onde encontram-se nessas áreas mata ciliar e nativa, com zonas arbustivas e herbáceas que facilitam a infiltração da água. Para Muschler (1999), a presença de árvores aumenta o aporte da matéria orgânica nos solos, o que aumenta sua capacidade de infiltração e absorção da água, conserva a umidade, e conseqüentemente, reduz o risco de erosão.

FIGURA 3.4 - CARTA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO.

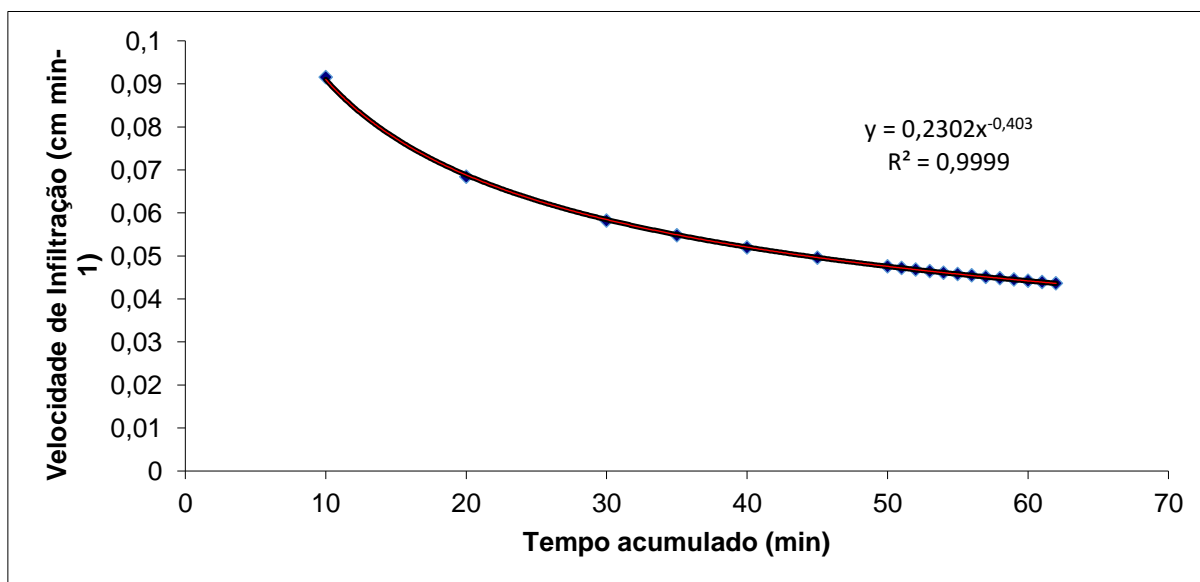


FONTE: Bernadelli (2017).

Os principais problemas ambientais na bacia hidrográfica são os intensos desmatamentos para o plantio da monocultura da soja, selamentos e impermeabilizações do solo. Santos e Pereira (2013), em um trabalho em uma sub-bacia do Rio Maracanã em São Luiz, estado do Maranhão, em condições de uso e ocupação ao longo da BR-316 e matas ciliares, encontraram permeabilidade que variaram de baixo a alto.

Os testes de infiltração *in locu* apresentaram velocidade de infiltração média de 0,092 cm.m⁻¹ e alcançou uma estabilidade a partir de 60 minutos (1 hora) do experimento, de acordo com a FIGURA 3.5.

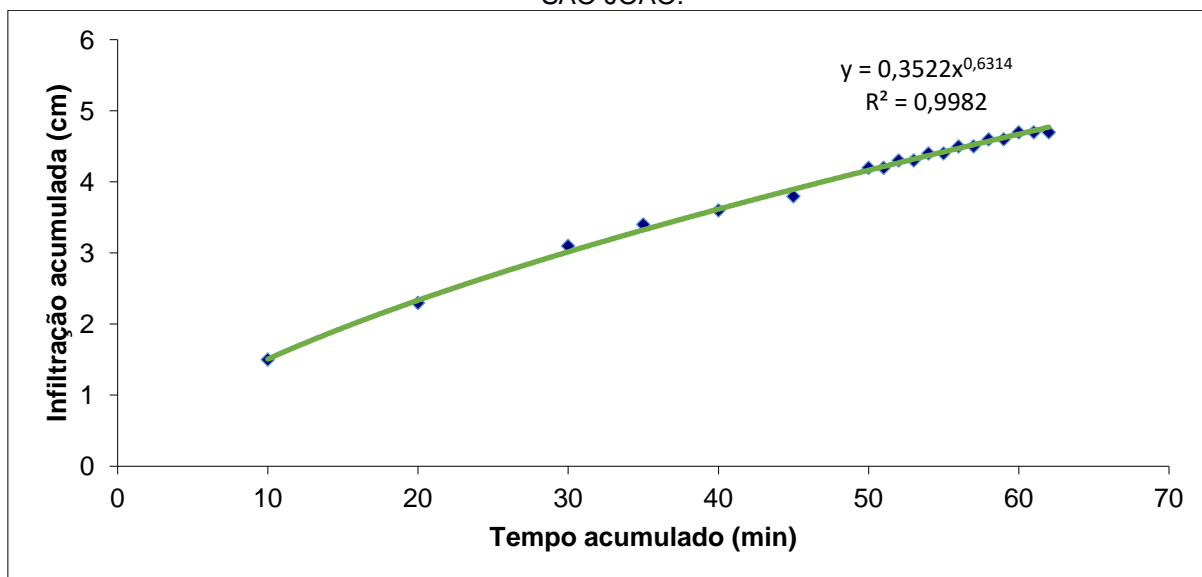
FIGURA 3.5 - CURVA DA VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO.



FONTE: Desenvolvido pelo autor (2018).

Já a infiltração acumulada apresentou média de 4,7 cm, evidenciando que o ensaio iniciou com o solo um pouco seco, pois havia chovido uns dias anteriores em alguns pontos, conforme a FIGURA 3.6. Pereira *et al.* (2015), em um trabalho no campo experimental coberto de gramíneas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, apresentou velocidade de infiltração de 0,18 cm.min⁻¹, alcançando estabilidade a partir de 110 minutos, com infiltração de 12,3 cm.

FIGURA 3.6 - CURVA DA INFILTRAÇÃO ACUMULADA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO.



FONTE: Desenvolvido pelo autor (2018).

Os resultados obtidos demonstram a relação inversa entre a velocidade de infiltração e infiltração acumulada, o que deixa evidente que a velocidade tende a diminuir até se estabilizar com o passar do tempo, já a infiltração acumulada com tendência a aumentar. De acordo com Nunes *et al.* (2012), provavelmente a cobertura vegetal fez com que houvesse uma maior facilidade de infiltração da água, nos caminhos preferenciais formados pelas raízes no que possibilita consequentemente, uma maior velocidade de infiltração.

3.4 CONCLUSÃO

O presente estudo buscou através dos testes de infiltração *in locu* com infiltrômetro de anel duplo, conhecer o comportamento da infiltração da água na bacia hidrográfica do Ribeirão São João, associado aos conhecimentos geológicos da área, em que subsidiou a elaboração da carta de uso e ocupação do solo à infiltração da água no solo na bacia.

Nas áreas de pastagem e plantio da soja apresentaram baixa permeabilidade devido aos impactos decorrentes pelo uso e ocupação de solo sem planejamento prévio e um estudo de potencialidade e vulnerabilidade das características do local.

As possíveis causas estão ligadas a intensiva exploração da agricultura mecanizada em decorrência da expansão da fronteira agrícola, onde o uso e ocupação do terreno são impermeabilizados.

Já as áreas de cultivo de raiz (plantação de mandioca), mata ciliar e nativa, apresentaram de alta a muito alta a permeabilidade, pois nos locais de mata ciliar e nativa encontra-se uma vegetação arbórea-arbustiva característica do cerrado, onde destaca-se a área de mata ciliar com muitos buritizais. O solo com cobertura vegetal tende a ter uma velocidade de infiltração maior devido a presença de canais formados pelas raízes, atividade microbiológica e presença de matéria orgânica.

A diferença da velocidade de infiltração com cobertura vegetal e sem cobertura na bacia em estudo foi alta, chegando a 47,83% entre ambas. Utilizar uma bacia hidrográfica como unidade de planejamento ambiental nos possibilita a grandes estudos dos impactos ambientais por atividades antrópicas de uma forma mais ampla.

Por isso, estudos para que se tenha um planejamento, bem como, medidas que orientem e norteiam o uso e ocupação são de extrema importância, pois só assim todas as potencialidades e fragilidades ambientais serão diagnosticadas para que se tenha um equilíbrio entre homem e natureza, ou seja, para que ocorra o progresso economicamente almejado sem deixar prejuízos ao ambiente, e conseqüentemente, uma melhor qualidade de vida a população.

3.5 AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Tocantins (UFT), por meio do Programa de Pós-graduação em Ciências do Ambiente, ao Instituto Federal do Tocantins (IFTO), em especial ao coordenador de Pesquisa, Inovação e Coordenação de Pós-Graduação, pelo apoio financeiro concedido para a publicação do artigo científico.

3.6 REFERÊNCIAS

BALDUINO, A.R.; SANTOS, M.G.; SOUZA, L. B.; LIMA, D. P.; CARVALHO, A. P. **Hydric balance and climatic classification of the city of Porto Nacional, state of Tocantins, inserted in the Legal Amazon, Brazil.** Vol 5, Issue-3, Mar- 2018.

BRANDÃO, V. S.; Silva, D. D.; Ruiz, H. A.; Pruski, F. F.; Schaefer, C. E. G. R.; Martinez, M. A.; Menezes, S. J. M. C. **Resistência hidráulica da crosta formada em solos submetidos a chuvas simuladas**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, p.13- 21, 2006.

CARVALHO, D. F., SILVA, L. D. B. **Apostila de Hidrologia**. Capítulo 5. Rio de Janeiro. 2006. 69p.

CHOWDARY, V. M.; Rao, M. D.; Jaiswal, C. S. **Study of infiltration process under different experimental conditions**. Agricultural Water Management, v.83, p.69-78, 2006.

GONDIM, T. M. S.; WANDERLEY, J. A. C.; SOUZA, J. M.; FEITOSA FILHO, J. C.; SOUSA, J. S.; **Infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método do infiltrômetro de anel em solo areno-argiloso**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental, (Pombal – PB – Brasil) v.4, n.1, p. 64-73 janeiro/dezembro de 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Cidades@, Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat>. Acesso em 19/04/2018.

KOSTIAKOV, A.N. **On the dynamics of the coefficient of water - percolation in soils and on the necessity for studying it from a dynamic point of view for purposes of ameliation**. Trans. 6th Intern. Society Soil Science, Moscou, Part A., 17-21, 1932.

MIRANDA, R. A.C.de; OLIVEIRA, M. V. S. de; SILVA, D. F., **Ciclo hidrológico planetário: abordagens e Conceitos**. GEOUERJ, Rio de Janeiro, v. 1, n. 21, p. 109-119, 2010.

MORAIS, F. **Estudo dos fatores pedogeomorfologicos intervenientes na infiltração em zonas de recarga no complexo metamórfico Bação-MG**, 2007. 191f. Tese (Doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2007.

MUSCHLER, R.G. 1999. **Árboles en Cafetales**. Módulos de Enseñanse Agroflorestal. Turrialba: CATIE/GTS.

NUNES, J.A. S.; SILVEIRA, M. H.D.; SILVA, T. J.A.; NUNES, P. C. M.; CARVALHO, K. S. **Velocidade de infiltração pelo método do infiltrômetro de anéis concêntricos em LATOSSOLO VERMELHO de cerrado**. Enciclopédia Biosfera, v.8, n.15; p. 1685, 2012.

OLIVEIRA, M. G. N.; FRANÇA, W. B. **Análise e Avaliação da bacia hidrográfica do Ribeirão São João para distribuição**. Porto Nacional, 2014. TCC (Bacharelado em Engenharia Civil) Instituto Tocantinense Presidente Antonio Carlos.

PEREIRA, M.M., MOURA, R. S., CAMPOS, A. R. F., LIMA, J. G. A., SILVA, M. G., VIANA, P. C. **Determinação da velocidade de infiltração pelo método do infiltrômetro do anel**. XXV CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. 1066-1071 p. Universidade Federal de Sergipe - São Cristóvão. Sergipe. 2015.

PINHEIRO, A., TEIXEIRA, L. P., KAUFMANN, V. **Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola**. Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 4, n. 2, 2009.

RADCLIFFE, D. E.; SIMUNEK, J. **Soil physics with hydrus: modeling and applications**. Florida: CRC Press, 2010.

RANZANI, G. **Carta de solos do município de Porto Nacional e Ipueiras**. Palmas. Miolo, 1999. 91p.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990.

RODRIGUES JUNIOR, S.; TARGA, M.S.; BATISTA, G.T. & DIAS, N.W. 2007. **Florestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo da bacia hidrográfica do Ribeirão Itaim**, Taubaté, SP. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: O EUCALIPTO E O CICLO HIDROLÓGICO, 1, Taubaté, 2007. Resumos expandidos, Taubaté, p.67-73.

SANTOS, G.G.; NORI, P.G.; OLIVEIRA, LF.C. **Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 14, n.2, p.115-123, 2010.

SANTOS, J. N., PEREIRA, E. D. **Carta de susceptibilidade a infiltração da água no solo na sub-bacia do Rio Maracanã – MA**. *Cad. Pesq.*, São Luís, v. 20, n. especial, julho 2013.

SILVA, A. A. F. **Geoprocessamento aplicado à análise e mapeamento geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São João - TO**. Porto Nacional, 2010. TCC (Bacharelado em Geografia) Universidade Federal do Tocantins.

TARGA, M.S., BATISTA, G.T., DINIZ, H.N., DIAS, N.W., MATOS, F.C. **Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, PA, Brasil**. *Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*: v. 7, n.2, 2012.

VIEIRA, H.A. **Comportamento de quatro infiltrômetros na determinação da velocidade de infiltração básica d'água no solo.** Viçosa: UFV, 1997. 52p. Dissertação Mestrado.

3.7 CONSIDERAÇÕES

Os resultados apresentados no artigo 3, publicado no Australian Journal of Basic and Applied Sciences, mostraram as permeabilidades no entorno da bacia hidrográfica em estudo, através de infiltrômetro de anel duplo, em diferentes ocupações de solo, o que permitiu conhecer o comportamento de infiltração no qual atingiu uma estabilidade a partir de 60 minutos.

O presente estudo contribui para a avaliação de riscos ambientais, pois de acordo com USEPA (1998), os dados de infiltração e escoamento poderão ser usados com a finalidade de compreensão das relações dos agrotóxicos e seus efeitos ecológicos, para a tomada de decisão.

Segundo Rebelo e Caldas (2014), o processo de avaliação de risco ambiental deve ser descrito em quatro etapas: coleta de informações, formulação do problema, análise de risco e caracterização do risco, sendo que o resultado deste processo deve ser comunicado ao gestor de risco e a outras partes interessadas (incluindo empresas e sociedade civil), e pode levar a ações de gerenciamento/mitigação do risco pela agência reguladora para a garantia do uso seguro dos produtos agrotóxicos.

Todas informações do artigo 1, 2 e 3 deram subsídios para o cálculo do tempo de concentração, que compreende o intervalo de tempo contado desde o início da precipitação, no sentido de que toda a bacia hidrográfica contribua na sessão do estudo neste reservatório de abastecimento urbano.

Os resultados obtidos dos artigos 1, 2 e 3 contribuíram para que as coletas e análises para o monitoramento da qualidade da água e detecção do agrotóxico glifosato (artigo 4), não colocasse em risco as escolhas nas amostras. Assim o trabalho poderá servir de modelo para estudo em outras bacias que integram o rio Tocantins.

4. ARTIGO 4: MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO E DETECÇÃO DO AGROTÓXICO GLIFOSATO NO RESERVATÓRIO DE CAPTAÇÃO PARA ABASTECIMENTO URBANO NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL TOCANTINS

O monitoramento da qualidade da água é fundamental para a otimização de gestão das águas, pois fornece informações e formas de uso da água nas bacias hidrográficas. Conforme ANA (2017), o monitoramento é o conjunto de práticas que visam o acompanhamento de determinadas características de um sistema, sempre associado a um objetivo.

O monitoramento de um recurso hídrico geralmente está relacionado às análises qualitativas e quantitativas, onde realiza-se o acompanhamento das alterações das características físicas, químicas e biológicas decorrentes de diversas atividades tanto antrópicas ou por fenômenos naturais. Assim torna-se possível a caracterização e avaliação de qualidade, de forma a assegurar o uso adequado dessas fontes e ainda realizar ações a fim de promover a prevenção e controle de poluição (IGAM, 2016).

O conceito de qualidade da água é relativo, pois depende diretamente do uso a que se destina, como balneabilidade, consumo humano, irrigação, transporte e manutenção da vida aquática. No Brasil, um dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos é a Lei nº 9.433/97 da Política e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre os recursos hídricos.

Já a classificação dos corpos d'água é estabelecida pela Resolução CONAMA 357/05, que enquadra as águas doces, salobras e salinas em treze classes, por meio de valores máximos e mínimos permissíveis para as variáveis físicas, químicas e biológicas, de acordo com a qualidade requerida para os usos atuais e com níveis que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade.

Os parâmetros químico, físico e biológico de corpos d'água doce de Classe II, para verificação da qualidade das águas, considerados no quarto artigo, foram: temperatura da água, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, potencial hidrogeniônico, turbidez, sólidos dissolvidos totais, nitrogênio total, fósforo total,

coliformes fecais (utilizados no cálculo de IQA) e concentrações de glifosato, desde os limites permissíveis de acordo com a legislação, assim como a importância de cada uma delas para o ambiente, que estão discutidos nos tópicos a seguir.

Temperatura da água

A temperatura classifica-se como um dos parâmetros de maior importância, pois ela afeta diretamente em processos físicos e químicos realizados no corpo d'água. Os organismos presentes naquele meio permitem chegar a determinados limites de variância superior e inferior de temperatura, pois as mesmas tendem a sofrer mudanças ao longo do dia e até mesmo nas alterações das estações do ano. A medida que essa temperatura oscila, de 0 a 30°C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam a solubilidade com a elevação da temperatura. As temperaturas mais elevadas são geralmente decorrentes do despejo de efluentes industriais em altas temperaturas ocasionando morte térmica ou inativação (ANA, 2017).

A maior fonte de calor da água é de radiação solar por absorção direta. Alguma transferência de calor do ar e de sedimentos pode ocorrer, mas esta entrada é geralmente pequena em comparação com a absorção direta da radiação solar pela água, compostos orgânicos dissolvidos e partículas em suspensão, portanto a temperatura é uma medição de intensidade e não de quantidade de calor (Wetzel & Likens, 2000).

Segundo Sperling (2005), a temperatura é de extrema importância na investigação de um ecossistema aquático, pois influencia diretamente o metabolismo dos organismos existentes, afetando importantes processos como fotossíntese, respiração, decomposição, velocidades das reações químicas e biológicas, solubilidade dos gases na água, sendo fator importante de um corpo hídrico.

Oxigênio Dissolvido

Para águas de Classe Dois, a Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece que a concentração de oxigênio dissolvido deve ser $\geq 5 \text{ mg.L}^{-1}$.

A medição do oxigênio dissolvido é um dos mais utilizados e o mais importante de todos os métodos químicos disponíveis para a investigação do ambiente aquático. O oxigênio dissolvido fornece informações valiosas sobre as reações químicas e biológicas em cursos d'água. O gás oxigênio se dissolve livremente nas águas doces.

O oxigênio pode ser adicionado à atmosfera como um subproduto da fotossíntese a partir de plantas aquáticas e sua concentração na água depende também da temperatura, pressão e as concentrações de vários íons (Wetzel & Likens, 2000). A quantidade de oxigênio que atravessa a superfície da água é proporcional à diferença de pressões parciais do gás, ar e na água é multiplicado pelas solubilidades do gás na água, e pelo coeficiente de difusão (Margalef, 1983).

Wetzel & Likens (2000), consideram que para ser bem sucedido, o método para medir o oxigênio dissolvido deve atender a dois requisitos: em primeiro lugar, devido à pequena quantidade de substância a ser determinada, deve ser exato; já o segundo, deve ser realizado com aparelho adequado para a operação em campo. O teor de oxigênio dissolvido é um indicador de poluição por matéria orgânica. Portanto, uma água não poluída deve estar saturada de oxigênio, enquanto teores baixos de oxigênio dissolvido podem indicar uma intensa atividade bacteriana para a decomposição de matéria orgânica lançada na água (Mota, 1995).

Demanda Bioquímica de Oxigênio

Conforme a CETESB (2011), "A DBO de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável". O índice permitido pela Resolução 357/2005 do CONAMA para este parâmetro, águas de classe dois, deve ser inferior a 5 mg.L^{-1} .

Geralmente os altos valores de DBO num corpo d'água é provocado pelo lançamento de cargas orgânicas, principalmente esgotos domésticos. A presença de altos valores deste parâmetro decorre na diminuição dos valores de oxigênio

dissolvido na água, interferindo diretamente no equilíbrio da vida aquática (CETESB, 2011).

Este parâmetro é utilizado para exprimir o valor da poluição produzida por material orgânico oxidável biologicamente, que equivale à quantidade de oxigênio consumido pelos microrganismos de esgoto ou águas poluídas, quando mantida em determinada temperatura por um espaço de tempo. Caso essa demanda seja grande, consome todo oxigênio dissolvido da água levando à morte todos os organismos aeróbicos de respiração subaquática.

Potencial Hidrogeniônico

De acordo com Sperling (2005), o potencial hidrogeniônico (pH) expressa a concentração de íons de hidrogênio (H^+), dando indicações sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água (Valores de 0 a 14). Sendo os de baixo valor corrosivo e agressivo (ácido), enquanto valores altos possibilitam a formação de incrustações. Afastados da neutralidade pode afetar a vida aquática, ambos podem afetar a vida. Já os valores superiores a 7 evitam a indesejável ressobilização do fósforo, e eventualmente, de metais pesados acumulados no sedimento.

A água da chuva geralmente é ácida, tem pH baixo (5 a 6) e também pode interferir no pH dos ecossistemas aquáticos. O efeito das águas de chuva sobre o pH das águas continentais fica mais evidente quando estas têm pouca capacidade de tamponamento, ou seja, baixa alcalinidade (Esteves, 2011). A importância do pH está em sua relação direta com a manutenção da vida aquática, controle dos processos de tratamento biológico/físico-químico e controle de operação das estações de tratamento de água.

A Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece a faixa de pH entre 6 a 9 para águas de Classe Dois.

Turbidez

O padrão de qualidade para águas de rios Classe Dois, estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 é de turbidez inferior a 100 NTU (Unidades de

Turbidez). De acordo com a ANA (2017), a turbidez é a dificuldade de um feixe de luz atravessar uma determinada quantidade de água, normalmente devido à presença de sólidos em suspensão, sejam eles partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos, tais como algas e bactérias, plâncton em geral etc. Esse parâmetro está diretamente associado a sua claridade, ou seja, quanto maior for a turbidez mais escuro será o corpo d'água.

A variação de turbidez nas águas superficiais é importante para sua relação com o teor de oxigênio dissolvido, considerando que os sólidos suspensos dificultam a penetração da radiação solar e provocam uma diminuição na atividade fotossintética.

Em águas turvas, microrganismos prejudiciais ao consumo humano podem ficar revestidos pelas partículas de sedimentos ficando protegidos dos desinfectantes (Sawyer *et al.*, 1994). Por razões estéticas as legislações mundiais estabeleceram valores máximos permissíveis, como por exemplo, no Brasil a Resolução CONAMA 357/05 fixou valores de turbidez em função dos usos da água. Valores de turbidez menores que 1,0 NTU na água tratada, é uma boa indicação de redução de sólidos suspensos e bacteriana (Branco e Rocha, 1977).

A turbidez é um dos principais parâmetros da seleção de tecnologias para tratamento e de controle operacional dos processos de tratamento.

Sólidos Dissolvidos Totais

Com exceção dos gases dissolvidos, todos os contaminantes da água contribuem para a carga de sólidos. De acordo com a Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o valor máximo permitido para águas de Classe Dois é de 500 mg.L⁻¹. Os sólidos podem ser classificados de acordo com o seu tamanho, as suas características químicas e a sua decantabilidade: sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos, sólidos voláteis, sólidos fixos, sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos em suspensão não sedimentáveis. Os constituintes dissolvidos representam sólidos em solução verdadeira e constituem a salinidade total das águas (Sperling, 2005).

Os sólidos dissolvidos totais nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação e secagem de amostra a uma temperatura entre 103 e 105°C durante um tempo fixado (Silva, 1997). Em linhas gerais, as operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis). A água com demasiado teor de sólidos dissolvidos totais não são convenientes para uso. Quando contém menos de 500 mg.L⁻¹ é considerada satisfatória para o uso doméstico e para muitos fins industriais, mas quando acima de 1000 mg. L⁻¹ contém minerais que lhe conferem um sabor desagradável e a tornam inadequada para diversos usos (Carvalho & Oliveira, 2003).

Nitrogênio Total

O enriquecimento de nutrientes dos ecossistemas aquáticos, conhecido como eutrofização, pode ocorrer de duas formas: de ordem natural, que é desencadeada pelos processos biogeoquímicos e de ordem social, originária dos esgotos industriais e domésticos, e também fertilizantes aplicados na agricultura, os quais são carreados para os corpos hídricos. O valor máximo do nitrogênio total para águas de Classe Dois, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, varia de acordo com o potencial hidrogeniônico (pH). Assim, para pH ≤ 7,5 o valor máximo permitido é de 3,7 mg.L⁻¹, para 7,5 < pH ≤ 8,0 o limite máximo permitido é de 2 mg.L⁻¹, para 8,0 < pH ≤ 8,5 o valor máximo permitido é de 1 mg.L⁻¹, já para valores de pH superiores a 8,5 o valor máximo permitido é de 0,5 mg.L⁻¹.

Segundo Esteves (2011), o nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos. Esta importância deve-se principalmente à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa.

As principais fontes naturais de nitrogênio podem ser: a chuva, material orgânico e inorgânico de origem alóctone e a fixação de nitrogênio molecular dentro do próprio lago. O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos de várias formas, como por exemplo: Nitrato (NO₃⁻), nitrito (NO₂⁻), amônia (NH₃), íon amônia (NH₄⁺), óxido nitroso (N₂O), nitrogênio molecular (N₂), nitrogênio orgânico dissolvido

(peptídeos, purinas, aminas, aminoácidos, etc), nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos), etc. Dentre as diferentes formas, o nitrato juntamente com o íon amônio, assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários. O nitrogênio em excesso contribui para o desenvolvimento de algas em mananciais e deve ser eliminado, para evitar a proliferação excessiva das mesmas.

Fósforo Total

O interesse ecológico intenso em fósforo provém do seu papel importante no metabolismo da biosfera. Para águas com ambientes lênticos de Classe Dois, a Resolução CONAMA 357/2005 estabelece o limite máximo de 0,030 mg.L⁻¹.

Em comparação com a oferta relativamente rica de outros grandes componentes nutricionais e estruturais da biota (C, N, S, O), o fósforo é menos abundante e comumente limita a produtividade biológica dos ecossistemas aquáticos. O ciclo do fósforo é complexo, pois a maior parte do fósforo de águas frescas está na fase de partículas da biota viva, principalmente algas e plantas aquáticas superiores (Wetzel & Likens, 2000).

O fósforo presente em águas naturais encontra-se sob a forma de fosfato que pode ter origem natural ou artificial. De acordo com Sperling (2005), o fósforo é um elemento indispensável para as algas, e quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos. É também essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização de material orgânico.

O fósforo está presente em sólidos em suspensão e sólidos solutos, na natureza é proveniente da dissolução dos solos e decomposição de matéria orgânica, já sua ocorrência antrópica pode advir do uso de fertilizantes, despejos domésticos e industriais, detergentes e excrementos animais (Danelon; Netto; Rodrigues, 2012). O fósforo total inclui todas as formas deste grupo (PO_4^{-3} , HPO_4^{-2} , H_2PO_4^- , H_3PO_4) que atua no metabolismo de organismos vivos, tais como: estoque de energia e componente da membrana celular. As principais fontes de fósforo para o ambiente

aquático são as rochas, esgotos domésticos e fontes agrícolas de origens diversas (Esteves, 2011).

Coliformes Fecais

Os coliformes fecais são um grupo de bactérias presentes nas fezes dos seres humanos e animais, podendo ser encontrado no solo ou em corpos d'água que através de exame laboratoriais podem ser detectados, quando presentes tornam a água imprópria para consumo humano (GIRARDI, 2012). A Resolução CONAMA 357/2005 determina que para águas de Classe Dois o valor deve ser inferior a 1000 NMP/100 mL⁻¹, enquanto a Resolução CONAMA 274/2000 referente a balneabilidade este valor deve ser inferior a 2000 NMP/100 mL⁻¹.

Os coliformes totais são bacilos gram-negativos, aeróbicos ou anaeróbicos facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolverem-se em presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5$ °C em 24-48 horas, e que podem apresentar a atividade da enzima β -galactosidase (Brasil, 2004). A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia* spp, *Citrobacter* spp, *Klebsiella* spp e *Enterobacter* spp, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo. As bactérias coliformes totais podem ser encontradas na maioria dos ambientes que apresentem compostos orgânicos passíveis de decomposição, e sua presença pode ser um indicativo de falta de higiene.

Glifosato

A molécula de glifosato é um análogo aminofosfônico da glicina denominado N-(fosfonometil) glicina, possui peso molecular de 169,7 g.mol⁻¹ e seu mecanismo de ação baseia-se na inibição competitiva da enzima 5-enolpiruvilxiquimato-3-fosfato sintase, que catalisa a transferência do grupo fosfoenolpiruvil do fosfoenolpiruvato para o xiquimato-3-fosfato, formando o 5-enolpiruvilxiquimato-3-fosfato, um intermediário da via de biossíntese de fenilalanina, tirosina e triptofano (ROMANO,

2009). A Resolução CONAMA 357/2005 determina que para águas de Classe Dois o valor deve ser inferior a 65 µg/L.

A meia vida do glifosato no solo varia de 1.5 a 22 anos (Collen, 2015). O nível de glifosato nos alimentos está aumentando ano a ano, notadamente na soja e no milho transgênicos, a ponto do nível mínimo permitido ter que ser revisto e aumentado em mais de 10 vezes nos últimos 10 anos (Huber, 2016).

O Ministério da Saúde (Brasil, 2012) afirma que a quantidade limite é de 500 µg/L, entretanto os parâmetros internacionais, como a agência de proteção dos Estados Unidos (USEPA), definem o limite de 700 µg/L como o valor máximo da substância glifosato em águas potáveis. Já para a União Europeia (CEE, 1980), o valor estabelecido é de 0,1 µg/L para qualquer agrotóxico.

Este herbicida, na maioria dos casos, não é metabolizado pela planta, razão porque não apresenta seletividade, portanto, somente variedades geneticamente alteradas para fins produtivos são resistentes ao glifosato, fazendo com que toda concentração do ingrediente ativo aplicado chegue ao solo na sua forma original (Franz, 1986).

Segundo o Parecer Técnico da Universidade Federal do Mato Grosso na consulta pública 631/2019, o glifosato é o principal herbicida associado às sementes transgênicas, e a existência de cada vez mais plantas resistentes leva a um uso maior do produto.

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIBEIRÃO SÃO JOÃO E DETECÇÃO DO AGROTÓXICO GLIFOSATO NO
RESERVATÓRIO DE CAPTAÇÃO PARA ABASTECIMENTO URBANO NO
MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL TOCANTINS⁴

RESUMO: Neste trabalho utilizou-se o Índice de Qualidade de Água (IQA) com o objetivo de avaliar a qualidade da água e detectar as concentrações do agrotóxico glifosato no reservatório de captação para abastecimento urbano do Ribeirão São João, em Porto Nacional, no Estado do Tocantins. Esta principal fonte de abastecimento vem sofrendo inúmeras agressões, como, exploração da agricultura e pecuária, onde se localizam diversas captações para irrigação. Neste estudo foi realizado um acompanhamento da qualidade das águas do Ribeirão São João, recurso hídrico de grande importância para o município, que tem aplicação em usos múltiplos como: pesca, lazer de contato primário, abastecimento, harmonia paisagística, dentre outros. Os parâmetros analisados foram temperatura, oxigênio, pH, nitrogênio total, fósforo total, coliformes totais, sólidos totais e turbidez, no período amostral de agosto de 2017 a setembro de 2018 empregados no cálculo do índice de qualidade da National Sanitation Foundation (IQA-NSF) e as concentrações do agrotóxico glifosato nos sedimentos do reservatório de captação para abastecimento urbano no mesmo período. Os resultados obtidos demonstraram que a água do Ribeirão São João pode ser classificada como de qualidade mediana com média de 69,10 segundo a NSF, embora alguns parâmetros comparados com a legislação ambiental ficaram em desacordo com os padrões determinados pela Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) para classe dois de água doce. Já as concentrações do agrotóxico glifosato não apresentaram valores superiores ao limite permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 que obteve uma média de aproximadamente de 0,05 µg/L para o período em estudo, mas vale ressaltar que no período chuvoso chegou a valores de 0,09 µg/L, ou seja, valores próximos ao limite permissível da União Européia, indicando assim, a acumulação a longo prazo.

Palavra-chave: IQA, Glifosato, Bacia Hidrográfica.

⁴ Artigo aceito na revista RICA (Revista Iberoamericana de Ciências Ambientais).
ISSN 2179-6858, Apr; 2019.

4.1 INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais importantes que a sociedade dispõe e indispensável para nossa sobrevivência. Aproximadamente, um bilhão de pessoas ou uma em cada sete pessoas no mundo não possuem acesso à água potável. Boa parte da população mundial não tem acesso aos serviços básicos de saneamento e cerca de 20% dos sistemas de água no mundo, que mantêm o desenvolvimento sustentável dos ecossistemas e alimentam grande parte da população humana, encontram-se sob condições de escassez hídrica. Rios, lagos e aquíferos estão reduzindo seu volume e tornando-se poluídos demais para consumo (Jacobi, 2015).

Diversos autores afirmam que os problemas relativos à qualidade da água estão relacionados às disposições inadequadas de resíduos sólidos e líquidos, seja de origem industrial ou doméstica, alterações provocadas por práticas agrícolas, pecuária e empreendimentos para geração de energia, no que acarreta grandes impactos nos processos naturais na bacia hidrográfica. Segundo Bohner *et al.* (2011), as práticas agrícolas e a vulnerabilidade natural do aquífero podem representar um alto nível de impactos negativos, tornando assim a água imprópria para o consumo.

Os índices e indicadores ambientais nasceram como resultado da crescente preocupação com os aspectos sociais de desenvolvimento, processo este que requer um número maior de informações, em grau de complexidade. Por outro lado os indicadores tornaram-se fundamentais nos processos decisórios de políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos (Sperling, 2005). O monitoramento da qualidade de uma bacia hidrográfica, através de amostragem, tem como objetivo obter informações quantitativas e qualitativas, com propósitos específicos, tais como as condições físico-químicas, biológicas e ecológicas, além de enquadrar um corpo d'água em classes ou para efeitos de fiscalização.

Os poluentes chegam até as águas por meio de precipitações, infiltrações, escoamentos, erosões, dentre outras formas. Segundo Carneiro *et al.* (2015), os dados da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e do Observatório da Indústria dos Agrotóxicos da Universidade Federal do Paraná (UFPR), divulgados durante o II Seminário sobre Mercado de Agrotóxicos e Regulação, realizado em Brasília, Distrito Federal, em abril de 2012 revelam que, enquanto, nos últimos 10

anos, o mercado mundial de agrotóxicos cresceu 93%, o mercado brasileiro cresceu 190%.

A relação da qualidade das águas e saneamento é bem estreita, pois tem a função de promover a melhor qualidade de vida da população. As atividades antropogênicas associadas à industrialização e à agricultura têm contribuído muito para a deterioração da qualidade das águas, tanto as superficiais quanto as subterrâneas, utilizadas para o abastecimento público, resultando num quadro de risco para a saúde humana e para os ecossistemas aquáticos (Mudiam *et al.* 2012).

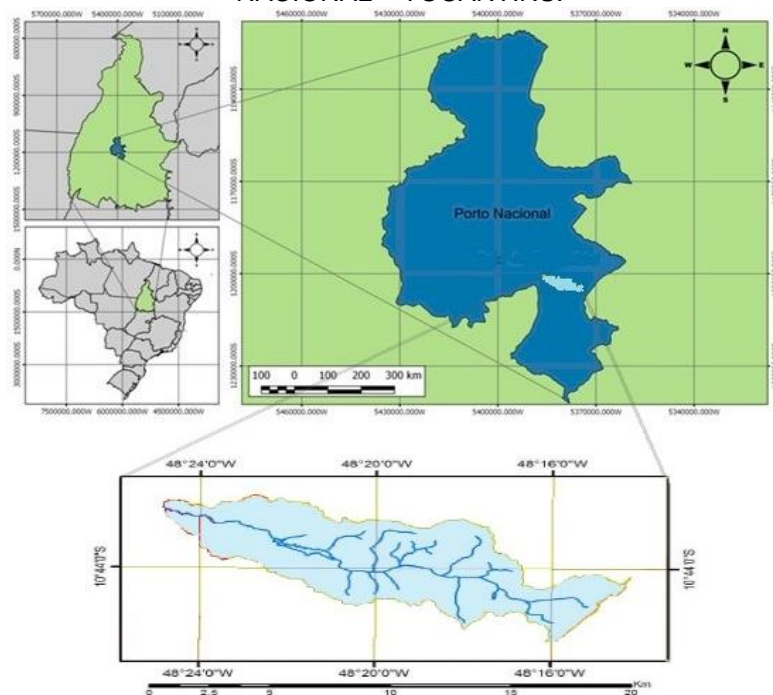
Diante dessa realidade, o presente trabalho teve por objetivo determinar a qualidade da água na bacia hidrográfica do Ribeirão São João por meio do Índice de Qualidade da Água (IQA-NSF), e detectar as concentrações do agrotóxico glifosato no reservatório de captação para abastecimento urbano, no município de Porto Nacional, Estado do Tocantins, nos meses de agosto de 2017 a setembro de 2018, e verificar se enquadram aos padrões determinados pelas Resoluções 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na bacia hidrográfica do Ribeirão São João, que possui uma área de drenagem de aproximadamente 81,97 km², apresentando treze microbacias com extensão total de 35,5 km, tendo 15,75 km como seu canal principal, comprimento da bacia de 22 km, o divisor de águas representa um perímetro de 46,26 km e amplitude altimétrica de 323 metros (Oliveira e França, 2014). Está localizada no município de Porto Nacional (Figura 4.1), possui uma área de 4.464,11 Km², correspondendo a 1,61% da área total do Estado do Tocantins, possui uma população estimada de 52.510 habitantes (IBGE, 2018) e dista 62 km da capital Palmas.

FIGURA 4.1 – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL – TOCANTINS.



FONTE: Desenvolvido pelo autor (2019).

De acordo com Balduino *et al.* (2018), o clima de Porto Nacional é Subúmido, com duas estações bem definidas, a chuvosa e a estiagem, sendo a estiagem na estação do inverno em que apresenta deficiência hídrica moderada e megatérmico, com altos valores anuais de evapotranspiração potencial, com 28,29% dessa evapotranspiração concentrada na estação do verão, podendo ser definido pela fórmula $C_2wA'a'$, e que nos últimos 20 anos analisados, a média anual de precipitação e temperatura foram, respectivamente, de 1563 mm e 27,28°C. A vegetação natural dominante na área da bacia corresponde ao cerrado.

As amostras foram coletadas em três pontos (PI, PII e PIII), conforme Tabela 4.1, distribuídos ao longo do corpo hídrico, durante o período de 14 meses, de agosto de 2017 a setembro de 2018, sendo os primeiros meses, de agosto a setembro de 2017, junho a setembro de 2018, que correspondeu ao período de estiagem, e de outubro de 2017 a maio de 2018, que correspondeu ao período chuvoso.

TABELA 4.1 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DE ÁGUA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO EM PORTO NACIONAL, TOCANTINS, NOS MESES DE AGOSTO DE 2017 A SETEMBRO DE 2018.

Ponto (P)	Latitude (S)	Longitude (W)	Local de Referência
I	10°44'16,34"	48°17'38,17"	Nascente (Fazenda Pilão);
II	10°44'14,22"	48°20'15,37"	Comunidade Quilombola;
III	10°43'04,52"	48°22'19,77"	Reservatório de abastecimento urbano.

FONTE: Desenvolvido pelo autor (2019).

O estudo de seleção dos pontos de coleta da água da bacia hidrográfica do Ribeirão São João, iniciou-se com uma pesquisa bibliográfica e documental, para que se pudesse relacionar à área e visitas de campo para obter informações que auxiliassem na definição dos pontos de coleta e apontassem as possíveis causas de contaminação da água.

4.2.2 Análises de parâmetros de qualidade das amostras de água

Para a realização do estudo na bacia hidrográfica do Ribeirão São João foram estabelecidos três pontos de amostragem de água, sendo que as coletas, o transporte e análises das amostras foram seguidas as metodologias do Standard Methods (APHA, 2005). Os parâmetros de qualidade da água avaliados neste trabalho foram: temperatura, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, pH, nitrogênio total, fósforo total, turbidez, coliforme totais, sólidos totais e concentração do agrotóxico glifosato no sedimento.

Foram analisadas 42 amostras de água quanto aos parâmetros microbiológicos e físico-químicos, e 14 amostras de sedimentos do reservatório de abastecimento urbano (Barragem de captação), que foram coletadas em quatorze ocasiões nos meses de agosto de 2017 a setembro de 2018, sendo que em cada amostragem dos três pontos, as amostras coletadas eram encaminhadas para o laboratório no mesmo dia, ocorridas em um intervalo de aproximadamente 30 dias (mensalmente), sendo oito meses no período chuvoso, e seis meses no período de estiagem.

4.2.3 Metodologia de Campo

As coletas de campo foram feitas com coletor de rio segundo indicação da NBR-9897, de modo superficial, a aproximadamente 20 cm de profundidade,

coletando um litro de água. Para a análise da concentração do agrotóxico glifosato foi feito a coleta de sedimento de fundo no reservatório de captação, que foram realizadas utilizando o amostrador tipo Pertesen, e as medidas *in situ* realizadas com aparelhos portáteis específicos para cada parâmetro. A temperatura da água e o oxigênio dissolvido foram determinados *in locu* com oxímetro modelo SL 520, segundo o protocolo do aparelho.

4.2.4 Metodologia Laboratorial

As amostras foram coletadas em frascos específicos para cada parâmetro, acondicionados em caixas térmicas contendo gelo e encaminhadas para o Laboratório de Química/Limnologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), campus de Porto Nacional, Tocantins.

Os coliformes fecais (CF) foram analisados pela técnica Colilert; Nitrogênio total: foi analisado pelo método micro Kjeldahl; Fósforo Total: através do método ácido ascórbico após a digestão com persulfato de amônio; Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): foi determinada pelo método padrão A; Sólidos Totais: foram analisados pelo método da cápsula de porcelana; Glifosato foi detectado no laboratório da Conágua Ambiental, em Goiânia, por CG/EM (Cromatógrafo a gás com detector de massa) com uso de colunas capilares contendo diversas fases estacionárias e o uso de detectores seletivos; conforme metodologias descritas na Tabela 4.2, estabelecidas pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

TABELA 4.2 – PARÂMETROS E TÉCNICAS UTILIZADAS

Parâmetros	Técnica Analítica	Unidade
Turbidez	APHA (2005), Medida Direta	NTU
pH	APHA (2005), Medida Direta	Escala
DBO	APHA (2005), Diferenciação	mg/L
Fósforo Total	APHA (2005), Espectrofotometria	mg/L
Resíduos Totais	APHA (2005), Espectrofotometria	mg/L
Nitrogênio Total	APHA (2005), Espectrofotometria	mg/L
Coliformes Fecais	APHA (2005), Colilert	NMP/100 mL
Glifosato	APHA (2005), Cromatografia Gasosa	µg/L

FONTE: Desenvolvido pelo autor (2019).

4.2.5 Cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA)

O IQA foi calculado pela forma matemática ponderada multiplicativa da qualidade da água correspondente aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, percentual de saturação de oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez. Sendo exposto pela equação:

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

onde:

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

q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva curva média de variação de qualidade específica para cada parâmetro, em função da sua concentração ou medida;

w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro ou subnível, um número entre 0 e 1 (Tabela 3), atribuído em função de sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1 \quad \text{Equação 2}$$

onde:

n : número de parâmetros que entram no cálculo de IQA

TABELA 4.3 – PARÂMETROS E PESOS PARA O CÁLCULO DO IQA - NSF

PARÂMETRO	PESO (WI)
Oxigênio Dissolvido (OD)	0,17
Coliformes Termotolerantes (CTe)	0,16
Potencial Hidrogeniônico (pH)	0,11
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	0,11
Nitratos (NO ₃)	0,10
Fosfatos (PO ₄)	0,10
Temperatura (T)	0,10
Turbidez (Turb)	0,08
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	0,07
Σ	1,0

FONTE: Yisa *et al.* (2012).

A classificação da qualidade para água do ribeirão foi realizada de acordo com os níveis especificados na Tabela 4.4.

TABELA 4.4 - NÍVEL DE QUALIDADE OU CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO RESULTADO DO IQA-NSF

Nível de Qualidade	Faixa
Excelente	90 < IQA ≤ 100
Bom	70 < IQA ≤ 90
Médio	50 < IQA ≤ 70
Ruim	25 < IQA ≤ 50
Muito ruim	0 < IQA ≤ 25

FONTE: Yisa *et al.* (2012).

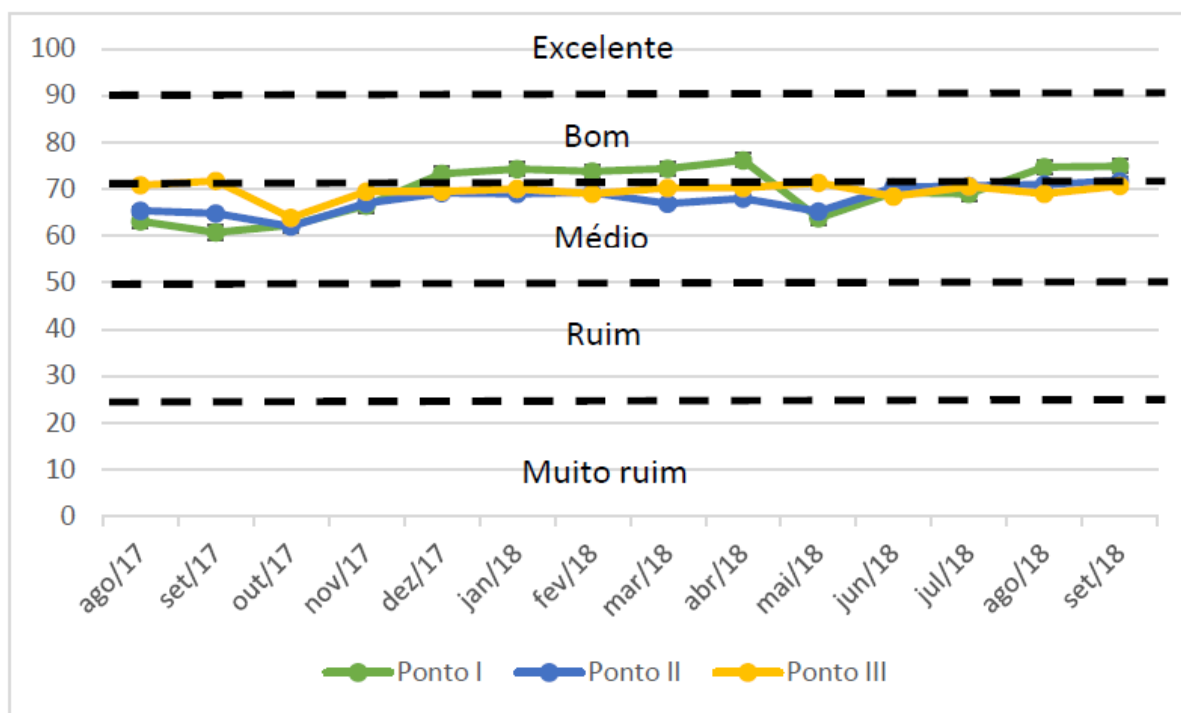
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos das águas superficiais do Ribeirão São João foram utilizados no cálculo do IQA para os meses de agosto de 2017 a setembro de 2018. A classificação da qualidade das águas do Ribeirão São João foi feita a partir dos valores recomendados pela *National Sanitation Foundation*.

O comportamento do IQA-NSF apresentou uma variação de 60,75 a 76,19 durante o período em estudo, conforme a FIGURA 4.2. O estudo demonstrou que de acordo com os valores obtidos para o IQA, a qualidade da água da bacia hidrográfica pode ser classificada como mediana na maior parte do período. O estudo demonstrou

que 64,29% podem ser classificados na categoria “médio” e 35,71% podem ser classificados na categoria “bom”.

FIGURA 4.2 – VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO

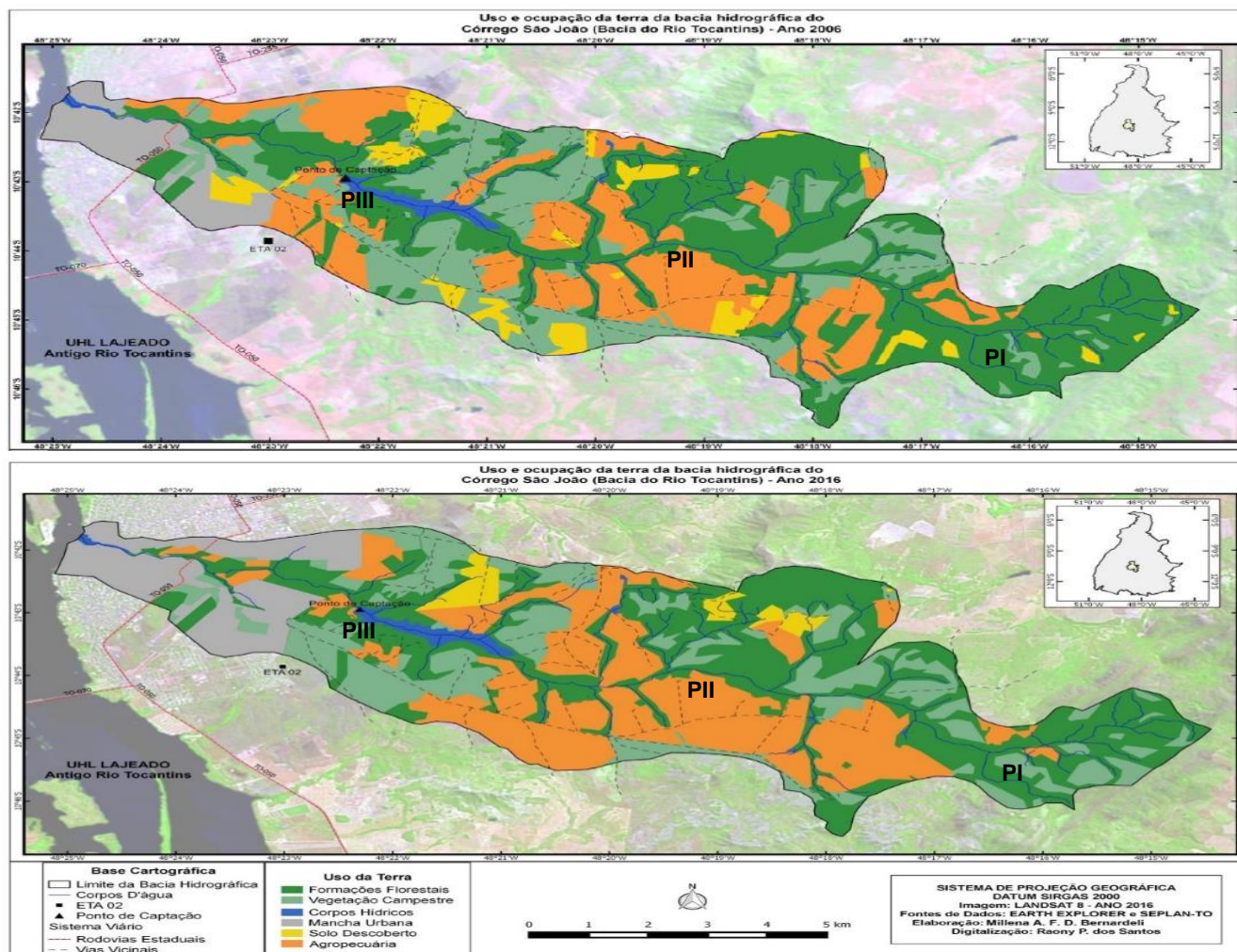


FONTE: Desenvolvido pelo autor (2019).

O fator que influenciou intensamente esse comportamento foi o uso do solo por conta da expansão agrícola e urbana, conforme explanado por Bernadelli (2017) na FIGURA 4.3, que expõe o uso e ocupação do solo, onde dois pontos em estudo estão na área rural e um ponto em transição, urbana e rural, que se localiza na barragem de captação de água para abastecimento urbano.

Um estudo realizado por Carvalho *et al.* (2016), o IQA na área rural da mesma bacia hidrográfica em estudo foi classificado como “boa”, o que demonstra após as atividades agrícolas intensas que a qualidade desta água está baixando o nível. Já na área urbana, o autor classificou a água de mediana para ruim nas estações de chuva e estiagem, onde afirmou que nas áreas onde predominam as atividades urbanas foram responsáveis pelos níveis baixos de qualidade.

FIGURA 4.3 – USO E OCUPAÇÃO DE SOLO DE 2006 E 2016 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO



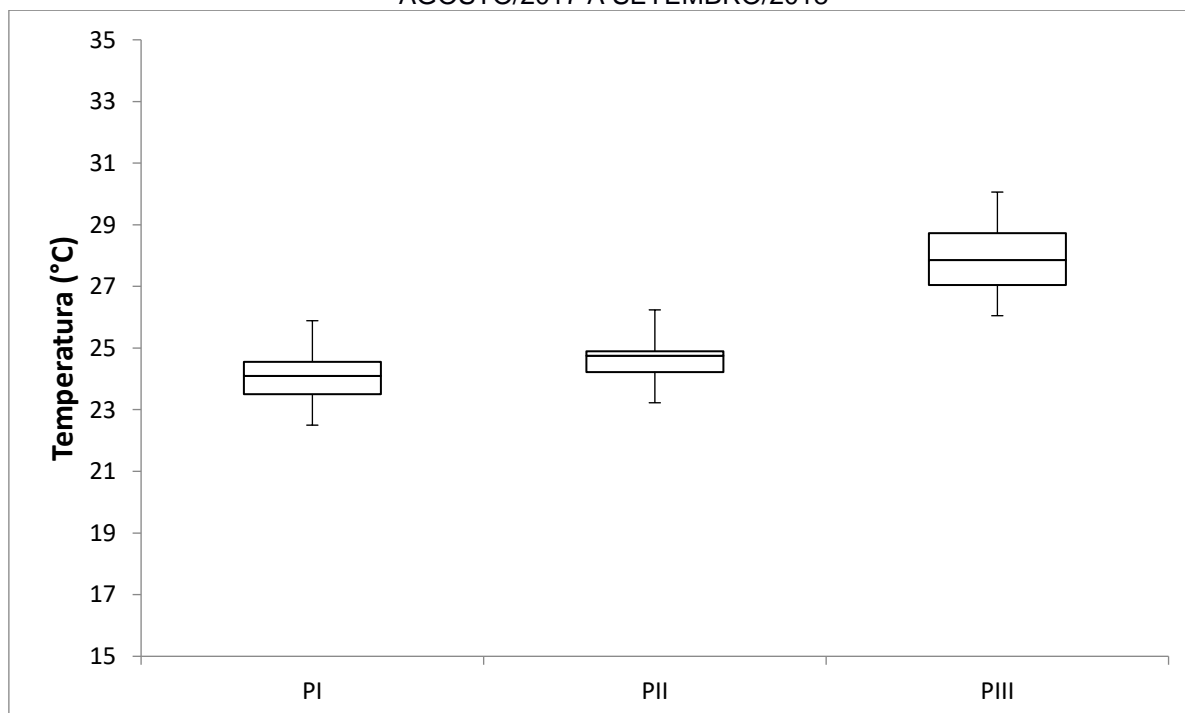
FONTE: Bernardelli (2017)

4.3.1 Temperatura

A temperatura classifica-se como um dos parâmetros de maior importância, pois ela afeta diretamente em processos físicos e químicos realizados no corpo d'água. No período em estudo, a média da temperatura foi de 25,6°C, o ponto que manteve a temperatura mais elevada foi o ponto três (PIII) com 30,4°C e temperatura mínima foi 23,3°C no ponto um (PI), apresentando amplitude de 7,1 °C, conforme a FIGURA 4.4. Os valores de temperaturas mais baixos no ponto um, situado na nascente da bacia, podem estar relacionados à preservação da mata ciliar em que há uma expressiva presença da vegetação.

Na estiagem observou-se que a temperatura da água foi alta em relação ao período chuvoso, devido a temperatura elevada do ambiente, e conseqüentemente ao baixo nível da água na bacia. Carvalho (1997), Dourados (2008), Balduino (2013), Pugas (2016) e Carvalho (2016), em estudos similares, encontraram variações entre 21,3°C a 32,4°C, o que demonstram que os valores obtidos neste estudo estão dentro da faixa comum da área em estudo.

FIGURA 4.4– TEMPERATURA DA ÁGUA AO LONGO DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO NO PERÍODO DE AGOSTO/2017 A SETEMBRO/2018



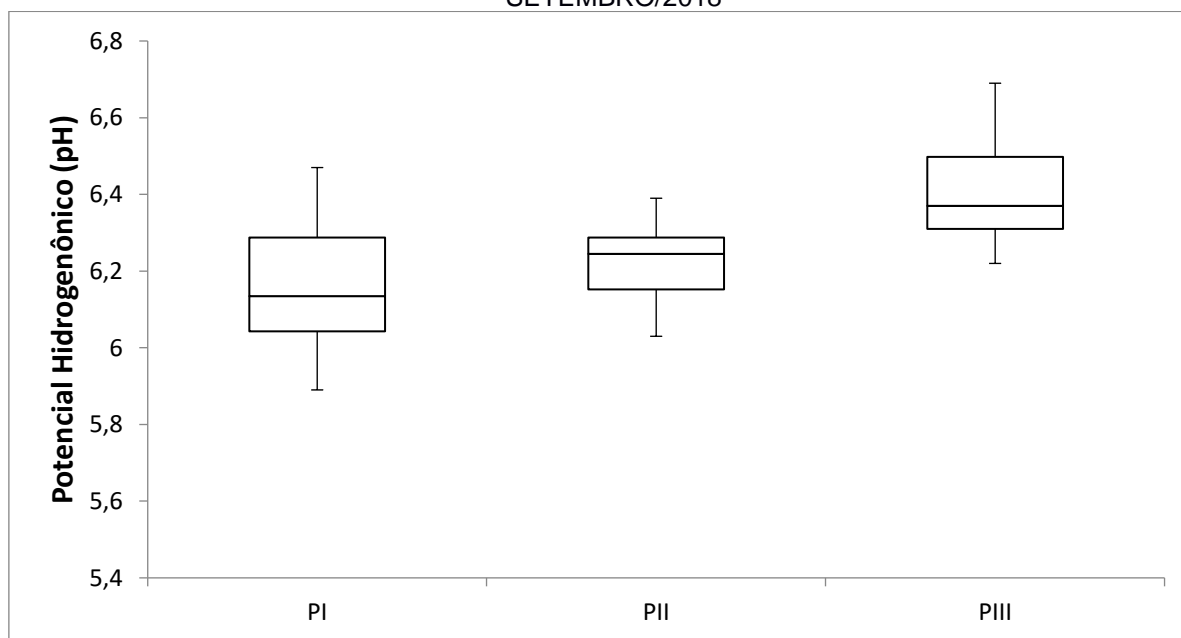
FONTE: Desenvolvido pelo autor (2019).

4.3.2 Potencial Hidrogeniônico

Com relação ao pH, os valores variaram de 5,89 a 6,69, sendo o mínimo registrado em setembro de 2017 no PI e o máximo também no mesmo mês no PIII. Ecossistemas que apresentam valores baixos de pH têm elevadas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos de origem alóctone e autóctone. Nesses ecossistemas, são encontradas altas concentrações de ácido sulfúrico, nítrico, oxálico, acético, além de ácido carbônico (Vasconcelos; Souza, 2011).

Rios que cortam áreas pantanosas também tem águas com pH muito baixo, devido à presença de matéria orgânica em decomposição, rios de mangues também estão incluídos nesta categoria (Maier, 1987). Na FIGURA 4.5 pode ser observado que os valores de pH estiveram no limite estipulado pela resolução CONAMA 357/2005 para a classe dois, que fixa a faixa de pH de 6 e 9, porém, com valores mais próximos do limite mínimo 6, evidenciando valores ligeiramente ácidos, conforme referencia Derisio (1992) para valores de pH menor que 7.

FIGURA 4.5 – pH AO LONGO DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO NO PERÍODO DE AGOSTO/2017 A SETEMBRO/2018



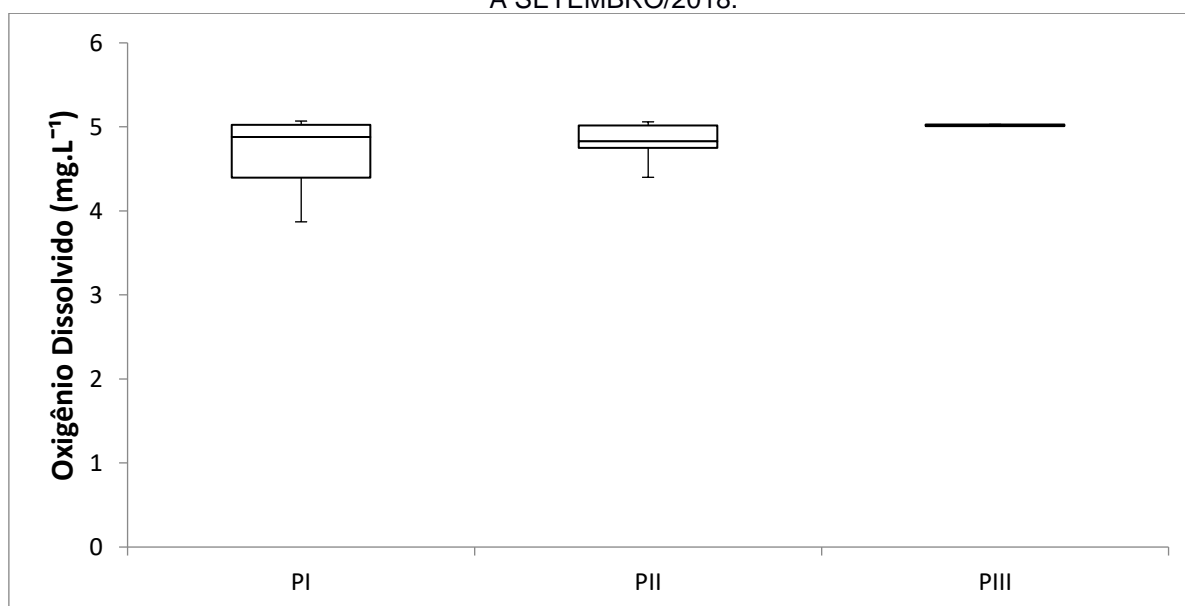
FONTE: Desenvolvido pelo autor (2019).

4.3.3 Oxigênio Dissolvido

Na FIGURA 4.6 são apresentados os teores de oxigênio dissolvido na água. O valor máximo de $5,12 \text{ mg.L}^{-1}$ foi obtido no mês de agosto de 2017 no PIII e o valor mínimo de $3,87 \text{ mg.L}^{-1}$, ocorreu no mês de outubro de 2017 no PI, com média no período de estudo de $4,83 \text{ mg.L}^{-1}$ inferior ao valor mínimo de 5 mg.L^{-1} determinado pela Resolução CONAMA 357/2005 para classe dois. Os dados obtidos demonstram que em 52,4% das análises os teores de oxigênio dissolvido ficaram abaixo do limite estabelecido da resolução.

Os valores baixos obtidos são característicos de ambientes com carga orgânica elevada, uma vez que organismos decompositores consomem altas concentrações de oxigênio na estabilização da matéria orgânica. Para Esteves (2011), o oxigênio dissolvido é um dos gases mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos, tendo como principais fontes a atmosfera e fotossíntese. De acordo com Oliveira *et al.* (2010), essa ação fotossintética só é expressiva após ocorrer grande parte a atividade bacteriana na decomposição da matéria orgânica, e ainda com o desenvolvimento de protozoários que, além de decompositores, também consomem bactérias clarificando a água e permitindo a penetração de luz.

FIGURA 4.6 – OXIGÊNIO DISSOLVIDO AO LONGO DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO DE AGOSTO/2017 A SETEMBRO/2018.

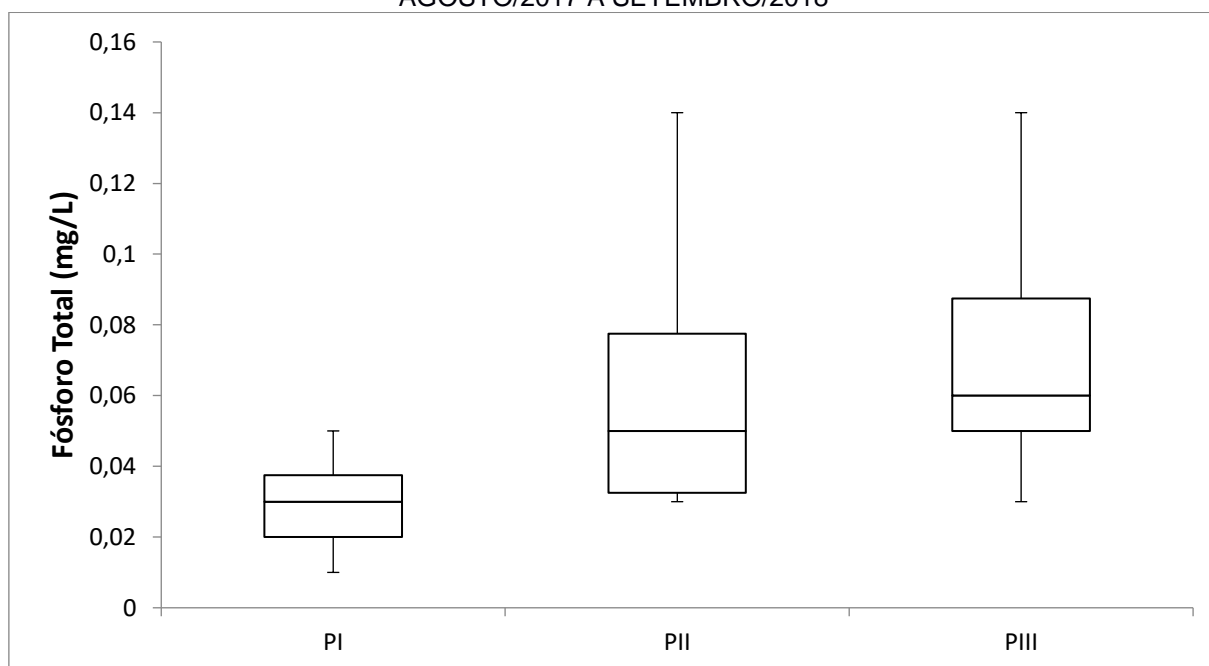


FONTE: Desenvolvido pelo autor (2019).

4.3.4 Fósforo Total

O fósforo está presente em sólidos em suspensão e sólidos solutos, na natureza é proveniente da dissolução dos solos e decomposição de matéria orgânica, já sua ocorrência antrópica pode advir do uso de fertilizantes, despejos domésticos e industriais, detergentes e excrementos animais (Danelon; Netto; Rodrigues, 2012). A FIGURA 4.7 apresenta os valores de concentração do fósforo total nos três pontos do ribeirão São João durante o período de quatorze meses. Verificou-se que o valor mais elevado foi de $0,14 \text{ mg.L}^{-1}$ em outubro e dezembro de 2017 no PIII e fevereiro de 2018 no PII, já o menor valor foi de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ no PI para os meses de agosto e setembro de 2017 e agosto e setembro de 2018. A média do período em estudo foi de $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$, ultrapassando o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 que é de $0,030 \text{ mg.L}^{-1}$ para ambientes lênticos de classe dois.

FIGURA 4.7 – FÓSFORO TOTAL AO LONGO DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO NO PERÍODO DE AGOSTO/2017 A SETEMBRO/2018



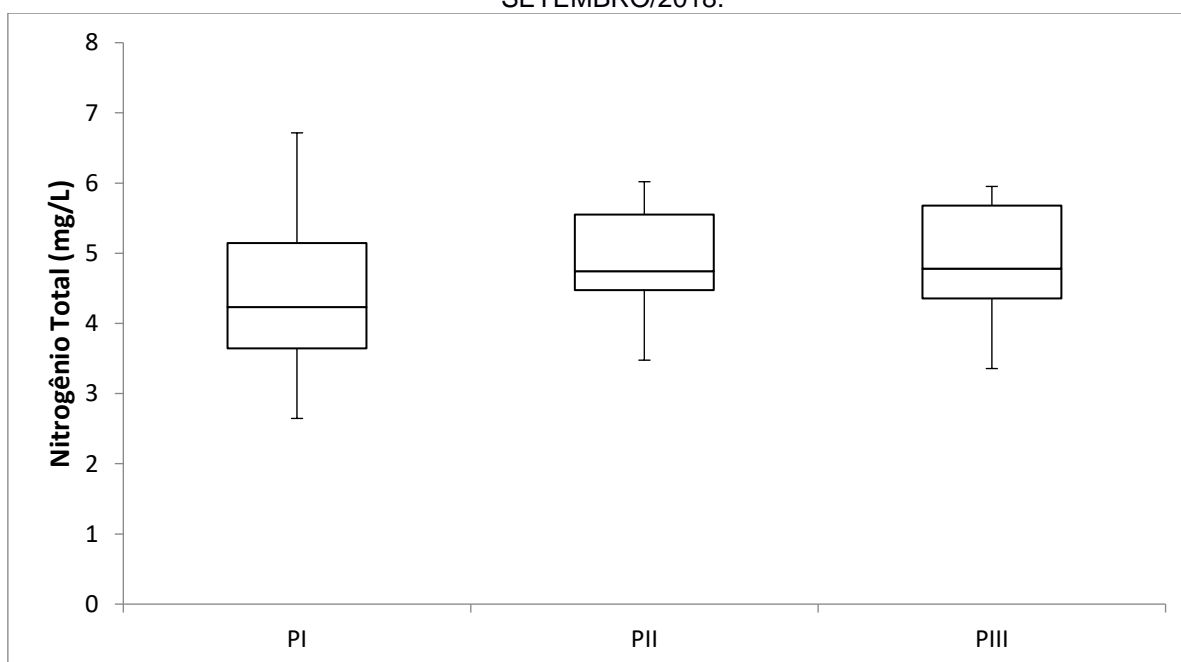
FONTE: Desenvolvido pelo autor (2019).

4.3.5 Nitrogênio Total

Segundo Esteves (2011), o nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, em que deve-se esta importância

principalmente à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. O nitrogênio total esteve presente em elevadas concentrações ao longo do período de estudo, com valores médios observados foram de 4,77 mg.L⁻¹. A FIGURA 4.8 apresenta as variações da concentração de nitrogênio total obtida nos três pontos de coleta onde verificou-se que o menor valor foi de 3,12 mg.L⁻¹ obtido no PII no mês de julho de 2018 e o mais elevado foi de 6,715 mg.L⁻¹ no PI no mês de agosto de 2017. Marques (2011) no ribeirão Taquaruçu Grande em Palmas, avaliou a qualidade da água e obteve valores que variam de 2,09 a 7,53 mg. L⁻¹, semelhantes aos obtidos no presente estudo.

FIGURA 4.8 – NITROGÊNIO TOTAL AO LONGO DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO DE AGOSTO/2017 A SETEMBRO/2018.



FONTE: Desenvolvido pelo autor (2019).

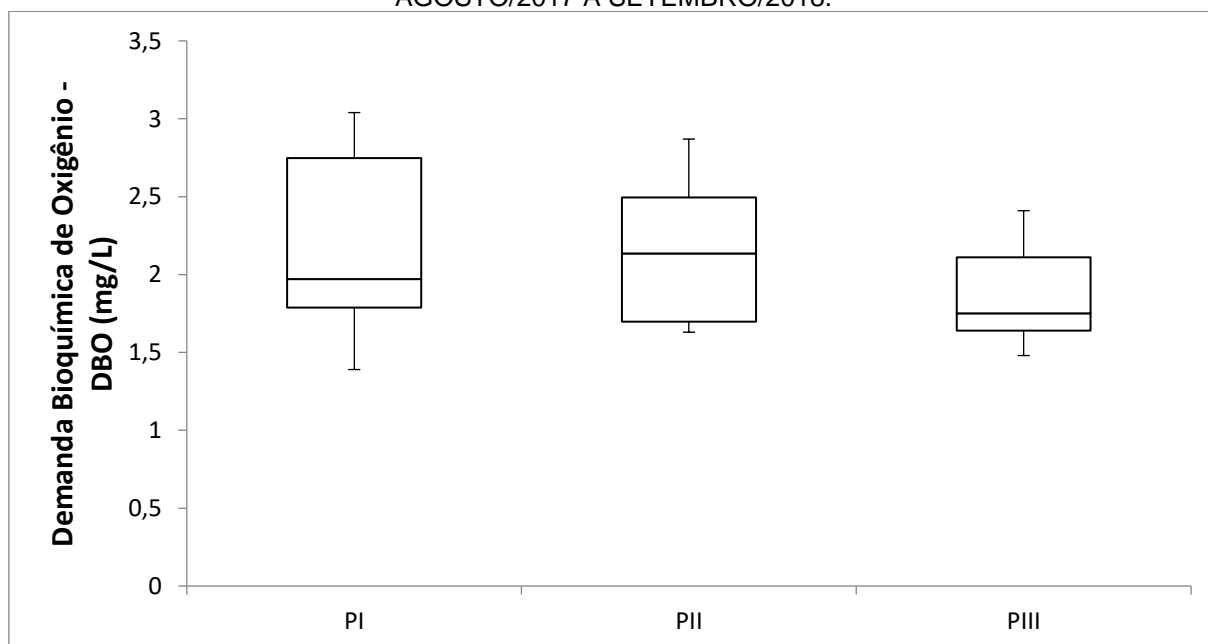
Os resultados obtidos neste trabalho não atendem aos padrões da Resolução CONAMA 357/2005, para água de classe dois, com pH ($\leq 7,5$), pois os valores do nitrogênio total não podem ultrapassar a 3,7 mg.L⁻¹. Os altos valores de nitrogênio total obtidos durante o período de estudo revelam que o ribeirão São João encontra-se eutrofizado, principalmente em função da agricultura oriundos pelos fertilizantes, onde as fontes são por escoamento superficial, infiltração, decomposição de matéria orgânica, resíduos agrícolas, decomposição de matéria orgânica e descarga de esgoto doméstico. De acordo com Esteves (2011), para oxidar 1 mg do íon amônio

(NH₃) são necessários 4,3 mg de oxigênio, causando sérias implicações ecológicas como a mortandade de peixes.

4.3.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio

Conforme a CETESB (2009), “A DBO de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável”. O índice permitido pela Resolução 357/2005 do CONAMA para este parâmetro, águas de classe dois, deve ser inferior a 5 mg.L⁻¹. A concentração da demanda bioquímica de oxigênio da água analisada variou de 1,39 a 3,04 mg/L, com média de 2,06 mg/L no período em estudo. Conforme pode ser visto na FIGURA 4.9 durante o período de estudo todos os valores de DBO sempre estiveram abaixo de 5 mg/l valor máximo estabelecido para rios de classe dois, segundo a Resolução CONAMA 357/2005, isto posto não há evidencia de poluição por matéria orgânica biodegradável para a bacia em estudo, em que de acordo com esta resolução, os valores obtidos para as águas em estudo são consideradas limpas e propícias à preservação ecológica.

FIGURA 4.9 – DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO AO LONGO DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO DE AGOSTO/2017 A SETEMBRO/2018.



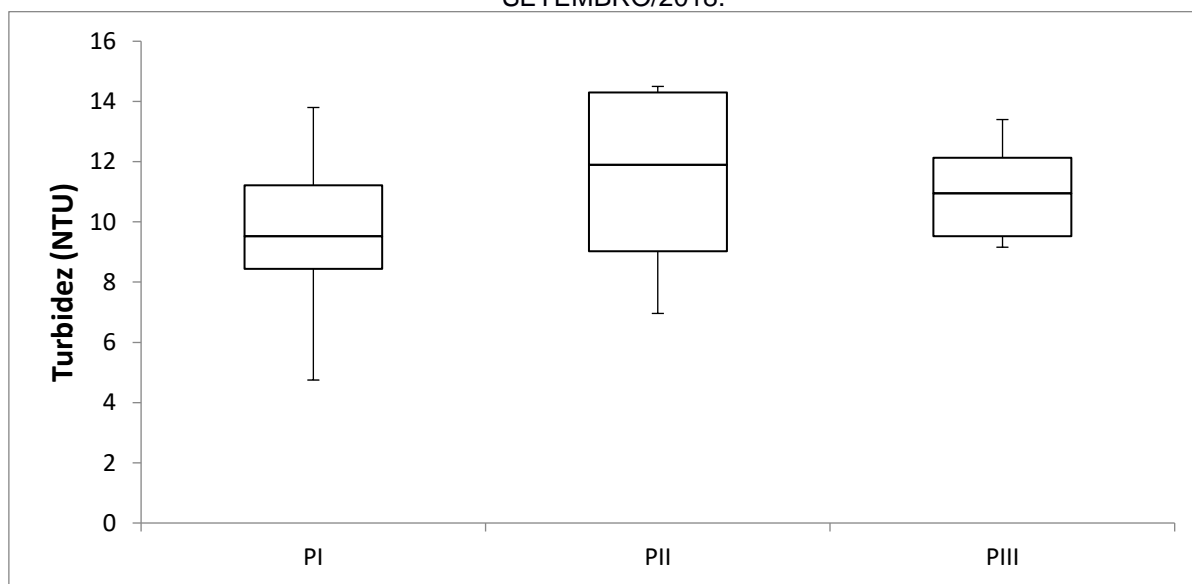
FONTE: Desenvolvido pelo autor (2019).

4.3.7 Turbidez

O padrão de qualidade para águas de rios classe dois, estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 é de turbidez inferior a 100 NTU (Unidades de Turbidez). A turbidez da água está relacionada à quantidade de matéria orgânica dissolvida e sólidos em suspensão, que variam em tamanho, desde colóides até partículas maiores, que se depositam, com tamanho superior a $1\mu\text{m}$ (APHA, 2005). Do ponto de vista sanitário quando elevada, pode afetar esteticamente os corpos d'água ou ainda encarecer o tratamento para diversos usos.

Os valores de turbidez (FIGURA 4.10), nos pontos amostrais estiveram abaixo de 100 NTU durante a série em análise indicando que não há poluição, com valor mínimo de 2,59 NTU para o PI no mês de setembro de 2018 e valor máximo de 13,7 NTU para o PII no mês de novembro de 2017, com média de aproximadamente 9,5 NTU no período em estudo, sendo que os maiores valores se deram na estação chuvosa, o que provavelmente ocorreu devido ao carreamento de sólidos para o leito, que segundo Sperling (2005), desde que esse sólido tenha origem natural não trazem inconvenientes diretos, em corpos d'água, mas podem reduzir a penetração da luz, prejudicando a fotossíntese.

FIGURA 4.10 – TURBIDEZ AO LONGO DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO DE AGOSTO/2017 A SETEMBRO/2018.



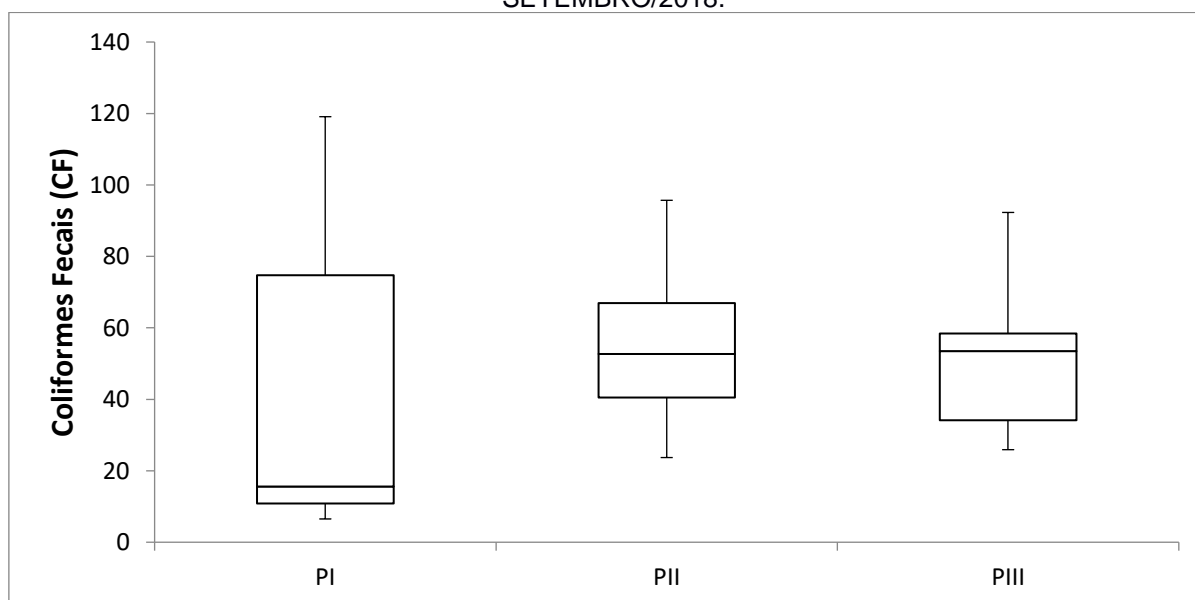
FONTE: Desenvolvido pelo autor (2019).

4.3.8 Coliformes Termotolerantes

Os coliformes fecais são um grupo de bactérias presentes nas fezes dos seres humanos e animais, podendo ser encontrado no solo ou em corpos d'água que através de exame laboratoriais podem ser detectados, quando presente tornam a água imprópria para consumo humano (GIRARDI, 2012). A Resolução CONAMA 357/2005 determina que para águas de classe dois o valor deve ser inferior a 1000 NMP/100 mL⁻¹, enquanto a Resolução CONAMA 274/2000 referente a balneabilidade este valor deve ser inferior a 2000 NMP/100 mL⁻¹.

Os coliformes fecais estiveram praticamente presentes em todos os pontos na série analisada variando de 6,5 a 119,1 NMP/100 mL⁻¹ para o PI, 23,7 a 95,7 NMP/100 mL⁻¹ para o PII e 25,9 a 92,3 NMP/100 mL⁻¹ no PIII, com valores médios variando de 45,5 NMP/100 mL⁻¹ no período chuvoso e 50,9 NMP/100 mL⁻¹ no período de estiagem nos três pontos em estudo, conforme FIGURA 4.11. O aumento de coliformes nos pontos em estudo possivelmente deveu-se à contribuição de fezes de animais (gados, galinhas, etc) e fezes humanas ao longo das margens da bacia, que realizam criação animal e fossas privadas.

FIGURA 4.11 – COLIFORMES FECAIS AO LONGO DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO DE AGOSTO/2017 A SETEMBRO/2018.



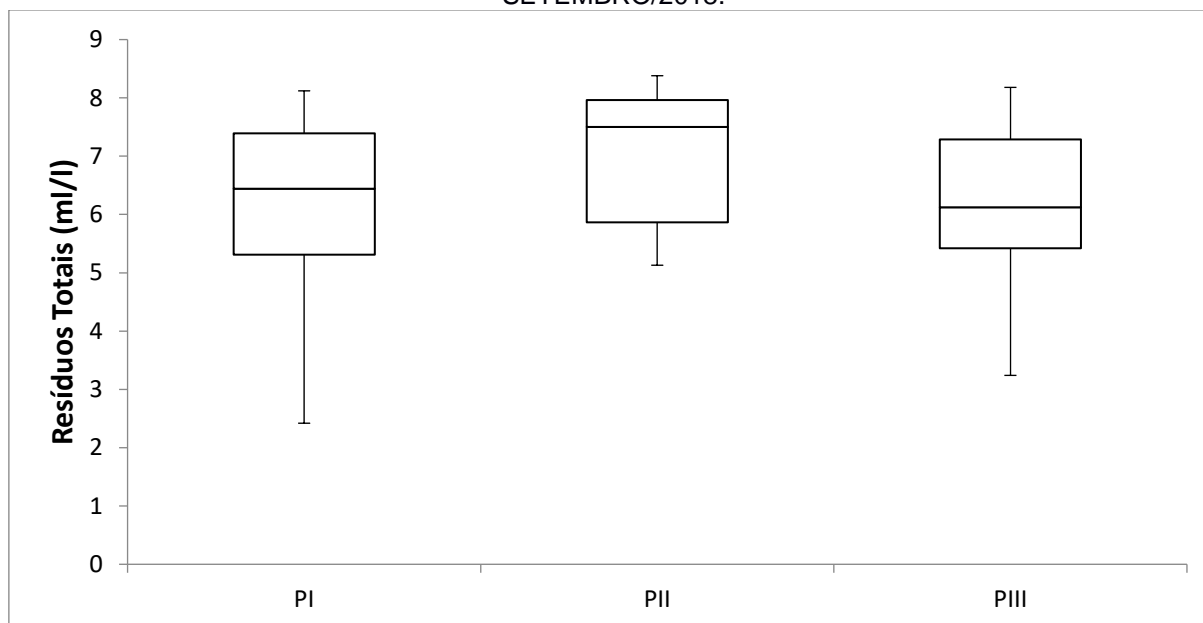
FONTE: Desenvolvido pelo autor (2019).

4.3.9 Resíduos Totais

Com exceção dos gases dissolvidos, todos os contaminantes da água contribuem para a carga de sólidos. De acordo com a Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o valor máximo permitido para águas de Classe Dois é de 500 mg.L^{-1} . Os resíduos totais podem ter como origens principais resíduos de usos da população, sedimentos, vegetação, pedras, entre outros, gerados pela energia da precipitação através da erosão e do transporte pelo escoamento. (Carvalho *et al.* 2016).

As concentrações de sólidos dissolvidos totais no período estudado variaram de $2,18 \text{ mg.L}^{-1}$ a $8,27 \text{ mg.L}^{-1}$, com média para o período em estudo de $6,22 \text{ mg.L}^{-1}$ (FIGURA 4.12). Como para as águas de classe dois, verificou-se que este limite não foi ultrapassado no período de estudo em todos os pontos, não havendo restrição de uso dessa água em relação a esse parâmetro.

FIGURA 4.12 – RESÍDUOS TOTAIS AO LONGO DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO DE AGOSTO/2017 A SETEMBRO/2018.



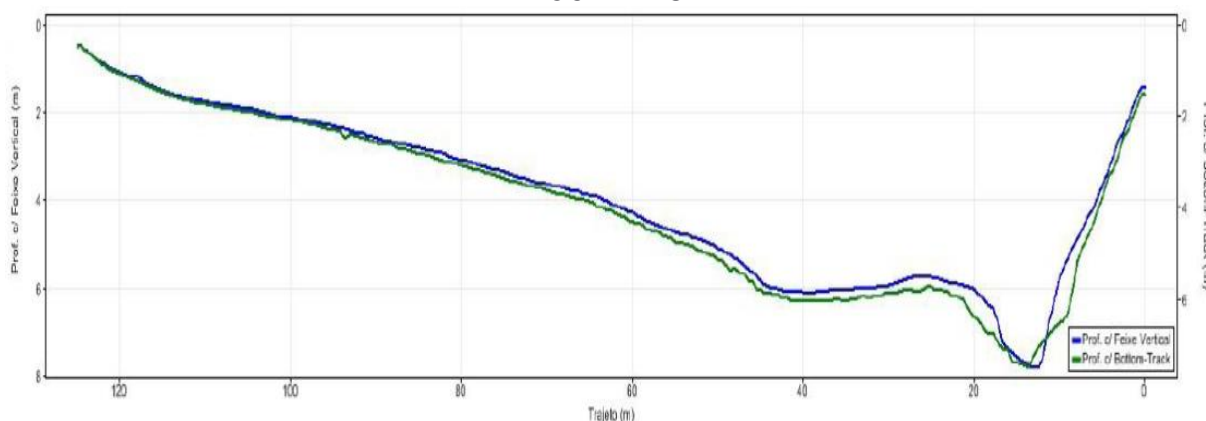
FONTE: Desenvolvido pelo autor (2019).

4.3.10 Agrotóxico Glifosato

A detecção do agrotóxico foi realizada apenas no PIII, onde se localiza o reservatório de captação de água para abastecimento público, em que a escolha do ponto de coleta do sedimento de fundo, conforme Balduino *et al.* (2018), foi

determinada após o levantamento batimétrico, de acordo com o fluxo da água e onde há o maior recalque no reservatório, pois terá maior acumulação de sedimento (FIGURA 4.13). Outro fator importante é a caracterização do sedimento, pois o solo argiloso tem maior capacidade de retenção pelo agrotóxico glifosato, que no estudo do autor, o sedimento foi caracterizado como argilo-siltoso, sendo 51,5% de argila e 41% de silte.

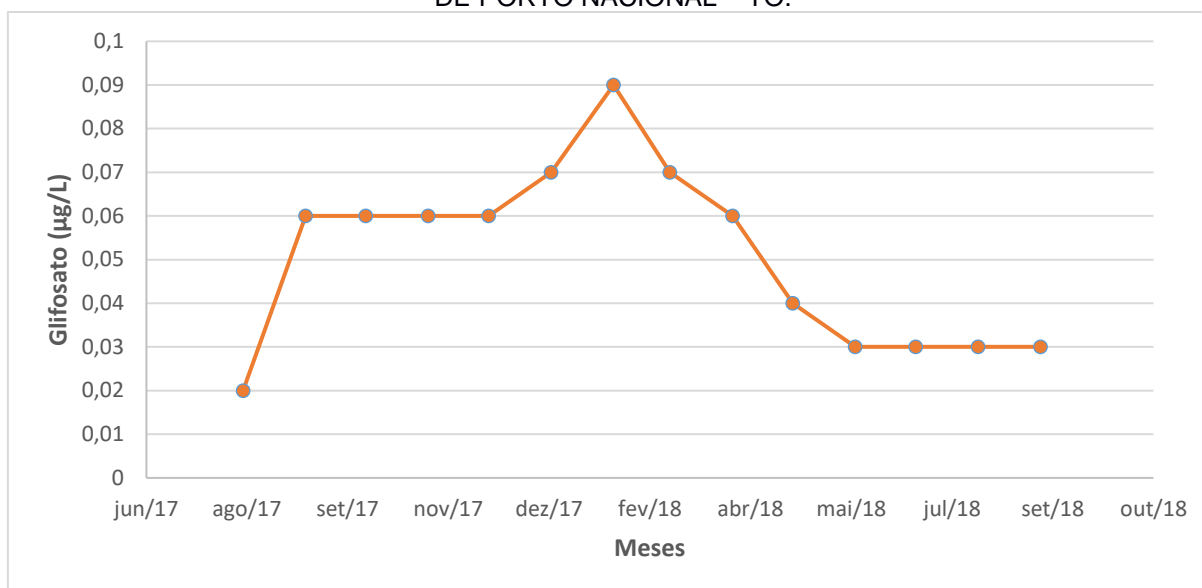
FIGURA 4.13 - REPRESENTAÇÃO DA TOPOGRAFIA DO RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO PÚBLICO LOCALIZADO NO RIBEIRÃO SÃO JOÃO, MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL – TOCANTINS.



FONTE: Geotech (2017).

A Resolução CONAMA 357/2005 determina que para águas de Classe Dois o valor deve ser inferior a $65 \mu\text{g/L}$, já para o Ministério da Saúde (Brasil 2012), afirma que a quantidade limite é de $500 \mu\text{g/L}$, entretanto os parâmetros internacionais como a Agência de proteção dos Estados Unidos (USEPA) define o limite de $700 \mu\text{g/L}$ como o valor máximo da substância em águas potáveis. Na União Européia (CEE, 1980), o valor estabelecido é de $0,1 \mu\text{g/L}$ para qualquer agrotóxico. As concentrações do agrotóxico glifosato para o período em estudo variaram de $0,02$ a $0,09 \mu\text{g/L}$, com média de aproximadamente de $0,05 \mu\text{g/L}$, conforme a FIGURA 4.14.

FIGURA 4.14 – CONCENTRAÇÃO DO AGROTÓXICO GLIFOSATO NO RESERVATÓRIO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO URBANO NO RIBEIRÃO SÃO JOÃO, MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL – TO.



FONTE: Desenvolvido pelo autor (2019).

No período de estiagem a concentração média encontrada no período em estudo foi de 0,035 µg/L, já no período chuvoso a concentração média foi de 0,067 µg/L. Queiroz *et al.* (2011), afirma que a substância fica presente cerca de 60 dias após dispersão em águas superficiais onde o herbicida pode ser adsorvido no sedimento, sendo então um fator de contaminação a longo prazo. Além disso, os sedimentos são considerados o depósito final de muitas classes de contaminantes derivadas da atividade humana no ambiente. E essa capacidade de acumular contaminantes que vem preocupando os pesquisadores, justamente porque os agrotóxicos ficam retidos na camada de sedimentos, como por exemplo o glifosato, comprometendo a qualidade da água devido ao seu peso específico (Possavatz *et al.*, 2014).

Apesar da ANVISA classificar o glifosato com baixa toxicidade há efeitos negativos sobre a saúde humana referentes a associação das formulações com o respectivo herbicida. Caldas & Souza (2000), relatam que nos Estados Unidos estima-se que 35% de todo o câncer na população da região norte tenha origem na dieta, sendo o fator principal da causa os pesticidas presentes nos alimentos. De acordo com Korbes *et al.* (2010), a exposição crônica ao agrotóxico glifosato pode

desenvolver sintomas de depressão, câncer, efeitos teratogênicos, toxicidade reprodutiva e neuropatia periférica tardia.

Um estudo de caso relatou o desenvolvimento de Parkinsonismo em uma mulher de 44 anos exposta por três anos ao glifosato no período em que trabalhou em uma fábrica na China. Um outro caso relatou o desenvolvimento de Parkinsonismo em um homem de 52 anos após ter derramado acidentalmente em seu corpo o herbicida glifosato (Costa *et al.*, 2003). Estudos com linhagens de células humanas umbilicais, placentárias e embrionárias mostraram que cinco formulações do herbicida da marca Roundup® presentes no mercado europeu foram capazes de induzir necrose e apoptose devido a mudanças na permeabilidade celular. Os autores demonstraram a amplificação da toxicidade celular induzida pelo glifosato devido à presença de adjuvantes nessas formulações, os quais viabilizaram a entrada do princípio ativo nas células, concluindo que os mesmos não são inertes (Benachour & Seralini, 2009).

A consequência do uso do agrotóxico glifosato, bem como suas misturas e agravos à saúde humana, principalmente a inserção e quantidade excessivas no ambiente, suas toxicidades e acumulação no reservatório de abastecimento, só aumentam a preocupação com a população do município de Porto Nacional. De acordo com Rego e Barreto (2012), estima-se que de 25 a 33% da carga global de doenças podem ser atribuídas a fatores de riscos ambientais.

4.4 CONCLUSÃO

A análise de qualidade da água foi de extrema importância, pois foi capaz de detectar oscilações nos valores do IQA nos três pontos amostrais, onde esse fator se deve a dinâmica do uso e ocupação do solo, e conseqüentemente, a água de cada ponto amostral. Tal fator indica que o IQA pode ser uma ferramenta para monitoramento da qualidade da água e estabelece tendências, bem como, transmite de forma clara aos gestores e à população sobre a qualidade de uma bacia hidrográfica.

Os resultados obtidos no período em estudo, no que se referem à degradação, nos permitiu uma boa análise espaço temporal que conclui-se que as águas do

Ribeirão São João não atenderam todos os parâmetros de qualidade determinados pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe dois. O cálculo do IQA proposto pela NSF, dos nove parâmetros (oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, pH, nitrogênio total, fósforo total, turbidez, coliformes totais e sólidos dissolvidos totais), quatro (pH, oxigênio dissolvido, nitrogênio total e fósforo total) estiveram em desacordo.

No município de Porto Nacional constatou-se que o abastecimento urbano representa a maior demanda hídrica, seguido em ordem de consumo, irrigação, dessedentação de animais e indústria. Os resultados obtidos no que se refere a detecção do agrotóxico glifosato, não apresentaram valores superiores ao limite permitido pela Resolução CONAMA 357/2005. Tais resultados nos alertam que no período da estiagem, de abril a setembro de 2018, os valores oscilaram de 0,03 a 0,04 µg/L, muito diferentes de abril do ano anterior que foi de 0,01 µg/L, e no período chuvoso, que oscilaram de 0,06 a 0,09 µg/L, ou seja, valores próximos ao limite permissível da União Européia, indicando assim, a acumulação a longo prazo.

Os dados revelam que as oscilações dos parâmetros que estiveram em desacordo foram absorvidas por outros, situação que podem levar a diagnósticos irreais das condições do ambiente aquático. Portanto, a utilização do IQA (Índice de qualidade da água) proposto pela NSF não descreve de maneira satisfatória, bem como os limites permissíveis pela legislação brasileira para o agrotóxico glifosato, portanto, os resultados obtidos indicam que as medidas preventivas e de preservação devem ser adotadas no gerenciamento dos recursos hídricos dessa bacia, evitando que em um curto espaço de tempo o IQA, atualmente classificado como “regular”, não seja classificada em outra classe de qualidade inferior.

4.5 REFERÊNCIAS

APHA – American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19 ed. Washington D.C.: APHA-AWWA-WPCF.2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9897: Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro, 1987.

BALDUÍNO, A. R. **Qualidade da água da bacia hidrográfica do ribeirão São João na região centro-norte do Brasil no município de Porto Nacional – Tocantins.** 2013 103f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Universidade de Taubaté, Departamento de Ciências Agrárias. Taubaté, SP, 2013.

BALDUINO, A.R.; SANTOS, M.G.; SOUZA, L. B.; LIMA, D. P.; CARVALHO, A. P. **Hydric balance and climatic classification of the city of Porto Nacional, state of Tocantins, inserted in the Legal Amazon, Brazil.** Vol 5, Issue-3, Mar- 2018.

BALDUINO, A.R.; LIMA, D. P.; CARVALHO, A. P.; MELO, M. A.; SOUZA, L. B.; SANTOS, M. G. **Bathimetric survey and characterization of the bottom sediment in the public supply reservoir of the municipality of Porto Nacional, state of Tocantins, Brazil.** Vol.12 (7), 120-125.

BENACHOUR, SÉRALINI. **Glyphosate Formulations Toxicity in Human Cells.** Chem. Res. Toxicol, v. 22, n. 1, 2009.

BERNADELI, M. A. F. D. **Bacia do Córrego São João & Segurança hídrica do abastecimento urbano no município de Porto Nacional - TO.** Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Federal do Tocantins, 2017.

BOHNER, Tanny Oliveira Lima. *et al.* **O Impacto Ambiental do Uso de Agrotóxicos no Meio Ambiente e na Saúde dos Trabalhadores Rurais. 2011.** Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM. www.ufsm.br/redevistadireito.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (2005). Resolução nº 357 - 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como**

estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BRASIL - Ministério da Saúde. **Portaria MS nº. 2914/2012.** Ministério da Saúde, Secretária de Vigilância em Saúde, Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2012.

CALDAS ED, SOUZA LC. **Avaliação de risco crônico da ingestão de resíduos de pesticidas na dieta brasileira.** Revista Saúde Pública; São Paulo, v.34, n.5, p.529-537, 2000.

CARNEIRO, F. F.; PIGNATI, W.; RIGOTTO, R. M. *et al.* Dossiê ABRASCO – Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio: São Paulo: Expresso Popular, 2015.

CARVALHO, A. P. **Diagnóstico da influência dos diferentes usos (solo e água) sobre a qualidade da água do Ribeirão Lajeando.** Palmas, 1997. TCC (Bacharelado em Engenharia Ambiental) Fundação Universidade do Tocantins.

CARVALHO, A. P.; BALDUINO, A. R.; MACIEL, G. F.; PICANÇO, A. P. **Avaliação da poluição em rios utilizando índices de qualidade da água: Um estudo de caso no Ribeirão São João em Porto Nacional – TO.** Vol.35, n. 3. 2016.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo, Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem,** 2009.

COSTA, M.D.L. *et al.* Alterações de Neuroimagem no Parkinsonismo: **Estudo de cinco casos.** Arq. Neuro-Psiquiatr, v.62, n.2, 2003.

DANELON, Jean Roger Bombonato; NETTO, Fausto Miguel da Luz; RODRIGUES, Silvio Carlos. **Análise do nível de fosforo total, nitrogênio amoniacal e cloretos nas águas do córrego terra branca no município de Uberlândia (MG). Geonorte**, Uberlândia, v. 1, n. 4, p.412-421, 2012.

DERÍSIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 1ª Edição. São Paulo. CETESB, 1992.

DOURADO, J. C. **ANÁLISE da Bacia do Ribeirão São João, TOCANTINS: uma contribuição metodológica ao planejamento e gestão ambiental**. RIO DE JANEIRO, 2008. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 601p.

GIRARDI, Ana Paula. **Avaliação da qualidade bacteriológica da água das instituições de ensino do município de São Miguel do OESTE/SC**. 2012. 39 f. (Doutorado) - Curso de Gestão Ambiental, Universidade do Oeste de Santa Catarina, São Miguel do Oeste, 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Cidades@**, Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat>. Acesso em 19/04/2018.

JACOBI, P. R. **Crise hídrica, Escassez de água e Diretos humanos - Ambiente & Sociedade abre chamada de trabalhos para volume especial**. Scielo em Perspectiva Humanas. São Paulo, 2015.

KORBES D, SILVEIRA AF, HYPPOLITO MA, MUNARO G. **Alterações no Sistema Vestibulococlear Decorrentes da Exposição ao Agrotóxico**: Revisão de Literatura. Ver. Soc. Bras. Fonoudiol; 2010; 15(1): 146-52.

MAIER, M. H. (1987) Ecologia da bacia do Rio Jacaré-Pepira . **Qualidade da água do Rio Principal**. Ciência e Cultura, 39 (2): 164-185.

MARQUES, A. K. **Avaliação da qualidade da água da sub-bacia do Ribeirão Taquaruçu Grande e da área de influência no reservatório da Usina Hidroelétrica Luis Eduardo Magalhães – TO**. 2011. Tese de doutorado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear – Materiais, defendida no Programa de Pós-Graduação do Ipen – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – USP – Universidade de São Paulo.

MERTEN, Gustavo H.; MINELLA, Jean P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável**, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA e ABASTECIMENTO. **Plano Agrícola e Pecuário 2011- 2012 / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Política Agrícola. – Brasília: Mapa/SPA, pág. 92. ISSN 1982-4033, 2011.

MUDIAM, M. K. R.; PATHAK, S. P.; GOPAL, K.; MURTHY R. C. **Studies on urban drinking water quality in a tropical zone**. In: Environmental Monitoring and Assessment. v. 184, p. 461-469, 2012.

OLIVEIRA, Gustavo Henrique *et al.* Avaliação da eficiência da utilização do oxigênio dissolvido como principal indicador da qualidade das águas superficiais da bacia do córrego bom jardim, Brasilândia/MS. **Revista GEOMAE - Geografia, Meio Ambiente e Ensino**. Vol.01, Nº 01, 1ºSEM/2010. Campo Mourão, PR.

OLIVEIRA, M. G. N.; FRANÇA, W. B. **Análise e Avaliação da bacia hidrográfica do Ribeirão São João para distribuição.** Porto Nacional, 2014. TCC (Bacharelado em Engenharia Civil) Instituto Tocantinense Presidente Antonio Carlos.

POSSAVATZ J.*et al.* **RESÍDUOS DE PESTICIDAS EM SEDIMENTO DE FUNDO DE RIO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUIABÁ, MATO GROSSO, BRASIL.** Cuiabá- MT, 2014.

PUGAS, A. B. **Avaliação da Qualidade da água da bacia hidrográfica do ribeirão São João no município de Porto Nacional – Tocantins.** 2016. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) Instituto Tocantinense Presidente Antonio Carlos. Porto Nacional, TO, 2016.

QUEIROZ, G.M.P. *et al.* **Transporte de glifosato pelo escoamento superficial e por lixiviação em um solo agrícola.** Quim. Nova vol.34 no.2 São Paulo, 2011.

SÁ, José A. C. A.; CAMPOS, Luciana R. **O Direito e a Gestão das Águas.** In: CAMPOS, Nilson; STUDART, Ticiania M. C. (Eds.) **Gestão das Águas: princípios e práticas.** 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 2003. p. 216-237.

SPERLING, M. Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3º Ed. DESA. UFMG, Belo Horizonte, 2005. p. 243.

VASCONCELOS, V. de M. M.; SOUZA, C. F. **Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil.** Ambi-Agua, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 305-324, 2011.

YISA, J.; JIMOH, T. O.; OYIBO, O. M. **Underground Water Assessment using Water Quality Index.** Leonardo Journal of Sciences, July-December, 33-42, 2012.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do desenvolvimento dessa tese, observou-se que os impactos que a agricultura proporciona na qualidade da água do reservatório de abastecimento, em especial pelo agrotóxico glifosato, estão pautados na grande expansão do agronegócio no estado do Tocantins, pois os produtores focam em altos ganhos de produtividade, sem precedentes.

O primeiro artigo relatou que a sazonalidade no estado do Tocantins é característica do regime da precipitação no período em estudo. Os meses de maior recarga para a região foi de janeiro a março e o déficit ocorreu de maio a outubro, sendo o pico máximo em agosto. O balanço hídrico mostrou que a reposição de água acontece entre os meses de novembro e dezembro, o excedente de água ocorre de dezembro a abril e o déficit ocorreu de maio a outubro. Embora o mês de dezembro esteja no período chuvoso, caracterizou-se como período de reposição de água no solo, que está relacionado principalmente com a precipitação dos últimos quatro anos, o qual obteve baixo índice pluviométrico e interferências direta das altas temperaturas.

O segundo artigo que trata do levantamento batimétrico realizado pelo medidor acústico Doppler, possibilitou a escolha adequada para o ponto de coleta de sedimento de fundo para sua caracterização, bem como, dados como área do reservatório, profundidade, vazão e velocidade da água. A fração granulométrica caracterizou que os sedimentos de fundo do reservatório em estudo são argilo siltosos, o que configura uma significativa possibilidade de encontrar poluentes, pois o tamanho da partícula influencia a adsorção e a retenção, ou seja, quando o grão diminui, as concentrações de nutrientes e poluentes aumentam.

O terceiro artigo tratou da caracterização da infiltração, pois é através da percolação que os agrotóxicos vão para as camadas mais profundas do solo, atingindo as águas subterrâneas, e conseqüentemente, podendo poluí-las ou contaminá-las, informação relevante na bacia em estudo. Esse procedimento auxiliou no entendimento da geração de escoamentos superficiais que são responsáveis pela erosão do solo, inundações e carreamento de agrotóxicos, fornecendo subsídios para os estudos ambientais, tais como, fluxo de poluentes e aceleração de erosão.

As áreas de pastagem e plantio de soja apresentaram baixa permeabilidade devido aos impactos decorrentes pelo uso e ocupação de solo sem planejamento prévio e um estudo de potencialidade e vulnerabilidade das características do local que compõem área do manancial para o município de Porto Nacional. As possíveis causas estão ligadas à intensiva exploração da agricultura mecanizada em decorrência da expansão da fronteira agrícola, onde o uso e ocupação do terreno são impermeabilizados.

Nas áreas de cultivo de raiz (plantação de mandioca), mata ciliar e nativa, apresentaram de alta a muito alta a permeabilidade. Com exceção do cultivo de raiz, a mata ciliar e nativa encontra-se uma vegetação arbórea-arbustiva característica do cerrado, em que destaca-se na área de mata ciliar muitos buritizais. Os solos com cobertura natural tendem a ter uma velocidade de infiltração maior devido a presença de canais formados pelas raízes, atividade microbiológica e presença de matéria orgânica.

No quarto artigo realizou-se o monitoramento da qualidade da água da bacia hidrográfica do Ribeirão São João, através de um indicador de qualidade da água (IQA-NSF), e a detecção do agrotóxico glifosato no reservatório de abastecimento urbano. Os resultados obtidos no período em estudo referente à degradação, permitiu uma boa análise espaço temporal por meio da qual conclui-se que as águas do Ribeirão São João não atenderam todos os parâmetros de qualidade determinados pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe II.

O cálculo do IQA proposto pela NSF, dos nove parâmetros (oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, pH, nitrogênio total, fósforo total, turbidez, coliformes totais e sólidos dissolvidos totais), quatro (pH, oxigênio dissolvido, nitrogênio total e fósforo total) estiveram em desacordo. Os resultados obtidos no que se refere à detecção do agrotóxico glifosato, não apresentaram valores superiores ao limite permitido pela Resolução CONAMA 357/2005, mas bem próximos ao limite permissível da União Europeia, indicando assim, a acumulação a longo prazo.

Em decorrência da presença recente do agronegócio na bacia hidrográfica do ribeirão São João e do caráter cumulativo do agrotóxico glifosato, destaca-se a necessidade do monitoramento sistemático desse agrotóxico, uma vez que seus teores tendem a aumentar com o passar do tempo.

No entanto, somente o IQA não é suficiente para descrever a qualidade da água de um recurso hídrico usado como fonte de abastecimento urbano, o que faz necessária a realização de estudos mais profundos que contemplem outros parâmetros como, por exemplo, cianotoxinas, agrotóxicos, metais pesados, dentre outros, pois são parâmetros que não entram no cálculo deste índice de qualidade.

Os aspectos mais relevantes da pesquisa e suas contribuições serão apresentadas por meio de dois tópicos: Impactos da agricultura na qualidade da água do reservatório de abastecimento urbano e sistematização e reflexão sobre a pesquisa.

Impactos da agricultura na qualidade da água do reservatório de abastecimento urbano

Com o avanço da agricultura o destino dos agrotóxicos naturalmente tende a alcançar os corpos d'água via drenagem superficial, comprometendo suas bacias, sub-bacias e toda sua cadeia trófica, alterando assim sua qualidade. As interações dos processos de transporte (carreamento superficial e lixiviação, deriva e volatilização), de transformação (degradação química, biológica e bioquímica), de retenção (dessorção e adsorção), é que acarreta na poluição da água e solo.

Nas mediações do reservatório de abastecimento a retirada de cobertura do solo e exposição a intempéries, produz sedimentos que afetam a operação do reservatório, favorecendo a poluição química e física da água, prejudicando assim, a qualidade para consumo humano.

Como o sedimento de fundo são argilo siltosos, há uma certa preocupação para que haja um monitoramento dos agrotóxicos gerados pela agricultura, tendo em vista que esses elementos podem ser adsorvidos no sedimento que flutua ou está no fundo do curso, e caso se desprender do sedimento ou ser ingerido por um organismo da biota poderá entrar na cadeia alimentar e colocar em risco a saúde da população.

Apesar da ANVISA classificar o glifosato com baixa toxicidade, há efeitos negativos sobre a saúde humana referentes a associação das formulações com o respectivo herbicida, que está classificado como um produto de Classe III – medianamente tóxico e IV- pouco tóxico, o que difere da bula que o classifica como

perigoso ao meio ambiente, e que para o ser humano informa que não há antídoto específico para o glifosato.

Quanto à classificação, o glifosato está enquadrado como altamente tóxico, ou seja, classe II, o que poderá implicar em riscos à saúde humana, tais como, mal de Parkinson, depressão, câncer, efeitos teratogênicos, toxicidade reprodutiva, neuropatia periférica tardia e síndrome tóxica, cujos sintomas podem ser: epigastralgia, ulceração ou lesão da mucosa gástrica, hipertermia, anúria, oligúria, hipotensão, conjuntivite, edema pulmonar, choque cardiogênico, arritmias cardíacas, necrose tubular aguda, elevação de enzimas hepáticas, aumento da quantidade de leucócitos, acidose metabólica e hipercalcemia.

Sistematização e Reflexão sobre a Pesquisa

Para trabalhos futuros, utilizando o modelo de análise proposto nesta tese, sugere-se a substituição do método de batimetria, que foi utilizado o Perfilador Acústico Doppler M9, pela ecobatimetria devido a precisão, pois ele faz a leitura da coluna da água e mede a quantidade de sedimento no fundo da bacia.

Para a medida de vazão recomenda-se não utilizar o método acústico com o mesmo equipamento devido ao tempo de residência, portanto, o mesmo deverá ser feito a montante em local com fluxo e posteriormente na jusante, pois no reservatório não se tem fluxo de movimento contínuo, que conseqüentemente, poderá ocorrer interferência direta com o vento.

Cabe ainda lembrar que esta pesquisa não avaliou a presença de outros agrotóxicos na água, sendo que há inúmeras formulações nas lavouras de soja e milho, presentes na bacia em foco.

REFERÊNCIAS

ALAVANJA, MC, HOPPIN JÁ, KAMEL F; **Health effects of chronic pesticide exposure: câncer and neurotoxicity**. Annu Ver Public Health; 2004. 25: 155-97.

ÁLVARES, M. T. *et al.* **Monitorização Batimétrica em Albufeiras**. Lisboa: Instituto da Água, Direção de Serviços de Recursos Hídricos. 2001.

ANDRADE, F. S. **Variabilidade da precipitação pluviométrica de um município do estado do Pará**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 4, p. 138-145, 2011.

ANTUNES, D. A. **Balanço hídrico climatológico: Estudo de caso do município de Governador Valadares – MG**. Trabalho de conclusão de curso. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. 2013.

ARCANJO, A. M. F. **Potencial influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água do rio Abiaí - PB**. 2014. 53f. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba. 2014.

AZEVEDO, H. A. M. A.; BARBOSA, R. P. **Gestão de recursos hídricos no Distrito Federal: uma análise da gestão dos Comitês de Bacia Hidrográfica**. Ateliê Geográfico, Goiânia, v. 5, n. 13, p. 162- 182, 2011.

BACK, A. J.; ALVES, F. V.; BONETTI, A. V. **Técnica de medição de vazão em Grandes Rios**. Vila Carlos Paz, AR. [Anais...]. Cordoba, AR: Colégio de Agrimensores, 2012.

BENACHOUR, N, SIPATHUR H, MOSLEMI S, GASNIER C, TRAVERT C, SERALINI, GE. **Time-and Dose-Dependent Effects of Roundup on Human Embryonic and Placental Cells In Archives of Enviromental Contamination and Toxicolog**; 2006; 53, 126-133.

BENSON, C., H. ZHAI, and X. Wang. 1994. **Estimating the hydraulic conductivity of compacted clay liners**. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE 120: 366-387.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia/ Ciência e Aplicação**. São Paulo: Universidade / ABRH: EDUSP, 2013.

BRANCO, S. M.; ROCHA, A. A. **Poluição, Proteção e Usos Múltiplos de Represas**. Edgard Blücher Ltda. CETESB, São Paulo, 185p. 1977.

BRANCO, N. **Avaliação da produção de sedimentos de eventos chuvosos em uma pequena bacia hidrográfica rural de encosta**. Dissertação (Mestrado em engenharia agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1998.

BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D.; RUIZ, H. A.; PRUSKI, F. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MARTINEZ, M. A.; MENEZES, S. J. M. C. **Resistência hidráulica da crosta formada em solos submetidos a chuvas simuladas**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, p.13- 21, 2006.

BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004: **Normas de qualidade da água para o consumo humano**. Ministério da Saúde, Brasília, 2004. 15p.

BRASIL - Ministério da Saúde. **Portaria MS nº. 2914/2012**. Ministério da Saúde, Secretária de Vigilância em Saúde, Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2012.

CALDAS ED, SOUZA LC. **Avaliação de risco crônico da ingestão de resíduos de pesticidas na dieta brasileira**. Revista Saúde Pública; São Paulo, v.34, n.5, p.529-537, 2000.

CARVALHO, R. A.; OLIVEIRA, M. C. V. **Princípios básicos de saneamento do meio**. São Paulo. 3ª Ed. Editora SENAC. São Paulo. 2003.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo 2006**. Série Relatórios, Anexo II. Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos, 2007.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo 2006**. Série Relatórios, Anexo II. Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos, 2011.

CICHOTA R., VAN LIER Q. J., LEGUIZAMON ROJAS C.A. 2003. **Variabilidade espacial da taxa de infiltração em argissolo vermelho**. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 27: 789-798.

COLLEN, Alanna. (2015) **10% Human – How Your Body Microbes Hold the Key to Health and Happiness**, Harper Collins Publishers, First Ed., 325 pgs.

COLLISCHONN, W., DORNELLES, F. Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais. Porto Alegre. Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). 2013. 336p. (Coleção ABRH; 12).

DANELON, Jean Roger Bombonato; NETTO, Fausto Miguel da Luz; RODRIGUES, Sílvio Carlos. **Análise do nível de fósforo total, nitrogênio amoniacal e cloretos nas águas do córrego terra branca no município de Uberlândia (MG)**. *Geonorte*, Uberlândia, v. 1, n. 4, p.412-421, 2012.

DRUMMOND, R. B. G.; REGO, A. Q. S. F.; VEROL, A. P. **Projeto urbano em sítio histórico aliado a técnicas compensatórias em drenagem urbana**, Marechal Hermes, RJ." *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, 2015.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 601p.

GIRARDI, Ana Paula. **Avaliação da qualidade bacteriológica da água das instituições de ensino do município de São Miguel do OESTE/SC**. 2012. 39 f. (Doutorado) - Curso de Gestão Ambiental, Universidade do Oeste de Santa Catarina, São Miguel do Oeste, 2012.

HUBER, Don. (2016) **Failed Promises**, Flawed Science, Acres USA Conference 2016, Omaha, Nebraska.

IBAMA. **Boletim de consumo de agrotóxicos nos estados**. Relatório de atividade 2013/2014. Brasília, 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Cidades@**, Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat>. Acesso em 09/04/2017.

IBGE. **Cidades@**, 2013. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=171820&search=tocantins|porto-nacional>. Acesso em: março de 2017.

JACOBI, P. R. **Crise hídrica, Escassez de água e Direitos humanos – Ambiente & Sociedade abre chamada de trabalhos para volume especial. Scielo em Perspectiva Humanas**. São Paulo, fev/2015.

KORBES D, SILVEIRA AF, HYPPOLITO MA, MUNARO G. **Alterações no Sistema Vestibulococlear Decorrentes da Exposição ao Agrotóxico**: Revisão de Literatura. Ver. Soc. Bras. Fonoudiol; 2010; 15(1): 146-52.

LIMA, **Análise Física Da Bacia Hidrográfica**, 2009. LCF 678 - Manejo de Bacias Hidrográficas. Disponível em:

http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula_1/Caracteristicas%20fisicas%20da%20bacia_foto%20piracicamirim.pdf>.

LIMA, J. A. et. Al. **Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia**. Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, vol.16, jul/set, 2011.

MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Ediciones Omega, 1983.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Agrícola e Pecuário 2011- 2012 / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Política Agrícola. – Brasília: Mapa/SPA, pág. 92. ISSN 1982-4033, 2011.

MORAIS, F. **Estudo dos fatores pedogeomorfologicos intervenientes na infiltração em zonas de recarga no complexo metamórfico Bação-MG**, 2007. 191f. Tese (Doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2007.

MOURA, M. S. de; **Precipitação e evaporação**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g798rt3p02wx5ok0wtedt3nd3c63l.html> Acesso em: 16 dez. 2016.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2ª Ed. Rio de Janeiro. ABES, 1995.

PETERS, K; BUNDSCHUH, M; SCHAFER, R. B.; **Envirom. Pollut.** 2013, 180, 324.

PORTO, R. L; FILHO, K. Z; SILVA, R. M. **Bacias Hidrográficas**. Escola Politécnica da USP. 1999.

POSSAVATZ J.*et al.* **Resíduos de pesticidas em sedimento de fundo de rio na bacia hidrográfica do Rio Cuiabá, Mato Grosso, Brasil**. Cuiabá- MT, 2014.

REBELO, R.M.; CALDAS, E. D. Avaliação de risco ambiental de ambientes aquáticos afetados pelo uso de agrotóxicos. *Química Nova*. São Paulo, vol.37, 1199-1208p, 2014.

ROMANO, R.M; ROMANO, M.A; OLIVEIRA, C.A de. **Glifosato como desregulador endócrino químico**. *Ambiência – Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, v.5, n.2, 2009.

QUEIROZ, G.M.P. *et al.* **Transporte de glifosato pelo escoamento superficial e por lixiviação em um solo agrícola**. *Quim. Nova* vol.34 no.2 São Paulo, 2011.

SAWYER, C. N.; Mc CARTY. P. L; PARKIN, G. F. (1994). **Chemistry for Environmental Engineering**. 4° edition. New York. McGraw-Hill Book Company, 658p.

SCHIAVETTI, A; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de Bacias Hidrográficas: Teorias e Aplicações**. Ilhéus – BA; Editus, 2002.

SILVA, A. G. **Turismo e Impactos Socioambientais no litoral sul de João Pessoa PB**. 6° Encontro de Geógrafos da América Latina. Argentina. 1997.

SOARES, W. L.; **Uso dos agrotóxicos e seus impactos à saúde e ao ambiente: uma avaliação integrada entre a economia, a saúde pública, a ecologia e a agricultura**. Rio de Janeiro. ENSP. FIOCRUZ. 2010.

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L. C.; ANDÉA, M. M. **Monitoramento de risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações**. *Embrapa Meio Ambiente*, 2004. 29 p. Documento 42.

SPADOTTO, C. A.; SCORZA JR, R.P; DORES, E.F.G.C.; GLEBER, L.; MORAES, D.A.C. **Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos**. 2010, 78, 46p.

SPERLING, M. Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3º Ed. DESA. UFMG, Belo Horizonte, 2005. p. 243.

SPERLING, M. V. **Princípios do tratamento biológico das águas residuárias**. Editora Segrac. Belo Horizonte, 49 p. 2005.

TUCCI, C. E. M. Controle de Enchentes. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre, RS: UFRGS-ABRH, 2002.

UNESCO. **Água para um mundo sustentável**. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre do Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (World Water Assessment Programme). Disponível em:, http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015_Executive_Summary_POR_web.pdf. Acesso em: 28 de outubro de 2016.

Universidade Federal do Tocantins. **Regimento Interno de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente**. Palmas; 2016. Disponível em: https://ww2.uft.edu.br/index.php/ciamb/links1/arquivos?option=com_jalfresco&view=jalfresco&Itemid=989&id=7deeca0c-520b-4558-9a80-64259d521041&folder_name=Regulamenta%C3%A7%C3%A3o.

U.S. Environmental Protection Agency. **EPA/630/R-95/002F**, Washington, DC, 1998.

USEPA. **R.E.D. FACTS Glyphosate**. USA,1993. Disponível em: <https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/reregistration/fs_PC-417300_1-Sep-93.pdf>. Consulta realizada em 18/10/2016.

WETZEL, R. G; LINKENS, G. E. **Limnological Analyses**. 3º Ed. Springer Verlag. New York (USA). P.419. 2000.

APÊNDICE A – ARTIGO 1

International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)
<https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.5.3.34>

[Vol-5, Issue-3, Mar- 2018]
 ISSN: 2349-6495(P) | 2456-1908(O)

Hydric balance and climatic classification of the city of Porto Nacional, state of Tocantins, inserted in the Legal Amazon, Brazil

Angelo Ricardo Balduino¹, Márcio Galdino dos Santos², Lucas Barbosa e Souza³, Diogo Pedreira Lima⁴, Aurean de Paula Carvalho⁵.

¹Department of Environmental Sciences, Federal University of Tocantins, Palmas, BRA
 Email: angelo.balduino@uft.edu.br

²Department of Environmental Sciences, Federal University of Tocantins, Palmas, BRA
 Email: galdino@uft.edu.br

³Department of Environmental Sciences, Federal University of Tocantins, Palmas, BRA
 Email: lbsgeo@uft.edu.br

⁴Department of Civil and Environmental Engineering, Tocantinense Institute President Antonio Carlos, Porto Nacional, BRA
 Email: diopli@gmail.com

⁵Department of Civil and Environmental Engineering, Federal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins, Porto Nacional, BRA
 Email: auren@ift.edu.br

Abstract— *The objective of this study was to carry out the Climatological Water Balance in conjunction with the climatic characterization, using precipitation and air temperature data in the municipality of Porto Nacional, belonging to the Legal Amazon, Tocantins state, by Thornthwaite and Mather (1955) for 20 years, from 1997 to 2016. From the results of potential evapotranspiration, real evapotranspiration, water surplus and water deficit, the water, aridity and humidity indices were established based on the number of continuous data from the conventional meteorological station, of WMO Code 83064, of the National Institute of Meteorology, located in the district Setor Aeroporto, municipality of Porto Nacional. The climatic formula obtained for the municipality of Porto Nacional was C2wA'a', which characterized the climate in wet subhumid, with two well defined seasons, rainy and dry, being the dry season in the winter season where it presents moderate water deficiency and megatérmico, with values high annual evapotranspiration potential, with 28.29% of this evapotranspiration concentrated in the summer season.*

Keywords— *Climate classification, Hydric Balance, Thermal Index.*

I. INTRODUCTION

Water availability depends on the water capture capacity of a watershed and one of the most effective methods to estimate and determine the hydrological behavior, recharge capacity and water flow is the climatological water balance. Water balance is an accounting system for

monitoring soil water and results from the application of the principle of mass conservation for water in the volume of vegetable soil, being the variation of storage in a given time interval, which represents inputs and outputs of water from the volume control.

The climatic characterization of a municipality is fundamental to understanding the living conditions of any region, allowing a reliable evaluation of its aspects, which makes it relevant for areas with a high population density. Knowledge of the climatic conditions of a region is necessary to establish strategies with a more appropriate management of natural resources, aiming the pursuit of sustainable development and the implementation of viable and safe farming practices for the various biomes of the region (Sousa et al, 2010.)

With the reduction of water precipitation in the rainy months in the cities of the state of Tocantins, it is noticeable that the recharge of water to the reservoirs of sanitation companies are increasingly low and over the years we have identified the necessity of a climatic characterization for proper decision making in the operation of water supply reservoirs, since the population suffers greatly from the quantity and quality of water during periods of drought in some cities of the State of Tocantins, where it can lead to negative socio-environmental and economic impacts, such as: reduction of industrialized products, removal of solids deposited in domestic reservoirs (Water Box), clogging of domestic networks, pathologies in the structures of sanitation networks and hydraulic and sanitary installations such as

liquid hammering and cavitation caused by the absence or water reduction.

For (Mota et al., 2013), the search for strategies to assess adverse atmospheric phenomena and the interaction of bioclimatology with biodiversity (Fauna and Flora) depends heavily on the effects of weather and climate. According to (CUPOLILLO et al. 2013) the results of a hydric balance can be used for economic and ecological zoning involving the agro climatic functions of the region, potential water demand from irrigated crops in order to plan the priorities to preserve the region's water bodies.

The hydric balance has the characteristics of identifying and quantifying the variation of water storage in the soil, whether precipitation or infiltration, atmospheric demand and availability of water capacity. It will present estimates of actual evapotranspiration, water surplus and deficit and water storage in the soil. The model proposed in this work was that of Thornthwaite (1948), modified by Mather (1955), which became known as the Hydric Balance of Thornthwaite and Mather (1955), having as main function the climatic classification.

In this context the main purpose of this work was to perform the Hydric climatological Report together with the climatic characterization, using precipitation and air temperature data from the city of Porto Nacional, state of Tocantins, Brazil.

II. MATERIAL AND METHODS

The study was developed taking as basis the daily meteorological data from the conventional station 83064-Porto Nacional, which is part of the INMET stations network, in the period of January 1997 to December 2016, located in the city of Porto Nacional in 10°71' S e 48°41' W, with an altitude of 239,2 meters at sea level, according to figure (1).

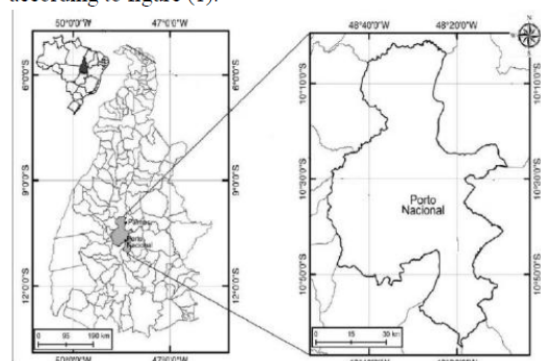


Fig. 1: Municipality of Porto Nacional – Tocantins

Belonging to the Legal Amazon in the state of Tocantins, the city of Porto Nacional has a total distance of 64 km to the state capital, the city of Palmas, possessing a

territorial area of 4.449.917 km² and a total population of 52.510 people (IBGE, 2017). The weather is typically tropical, with an annual average temperature of 26,1°C and an annual pluviometry average of 1,667,9 mm, referring to the period between 1961-1990 (AGRICULTURE AND AGRARIAN REFORM MINISTRY, 1992).

The climatic characterization of the municipality under study was obtained by the Thornthwaite (1948) methodology, which considers the water, aridity and humidity indices, together with potential evapotranspiration, based on monthly and annual values of temperature and precipitation, according to “equations 1, 2 and 3”.

$$I_H = 100 \cdot \frac{(100 \cdot EXC - 60 \cdot DEF)}{ETP} \quad \text{Equation 1}$$

In which:

I_H = water level

EXC = water surplus

DEF = water deficit

ETP = potential evapotranspiration

In the second step was determined the dryness index given by:

$$I_A = 100 \cdot \frac{DEF}{ETP} \quad \text{Equation 2}$$

in which:

I_A = dryness index

DEF = water deficit

ETP = potential evapotranspiration

The humidity index was calculated by using the values of the previous indexes, given by:

$$I_M = 100 \cdot \frac{EXC}{ETP} \quad \text{Equation 3}$$

In which:

I_M = humidity index

EXC = water surplus

ETP = potential evapotranspiration

After calculating the humidity, water and dryness indexes, it was used the table of the water balance extract to characterize the climate of Porto Nacional according to the purposed methodology, in which the water index, being the first classification symbol, was used to identify the climatic type, according to table (1).

Table 1: First symbol of climatic classification according to Thornthwaite and Mather (1955)

Symbol	Climate Type	I_H
A	Very humid	More than 100
B ₄	Humid	80 to 99,9
B ₃	Humid	60 to 79,9
B ₂	Humid	40 to 59,9
B ₁	Humid	20 to 39,9
C ₂	Humid subhumid	0 to 19,9
C ₁	Dry subhumid	-19,9 to 0
D	Semiarid	-39,9 to -20

E Arid -60 to -40
With the dryness and/or humidity indices, according to the classification symbol, it was identified the climatic types indicative of the seasonal regime of humidity, according to table (2).

Table. 2: Second symbol of climatic classification according to Thornthwaite and Mather (1955)

Symbol	Period of the year with water deficit or excess	I _A e I _M
Humid Climates: A, B, C₂		Dryness Index
R	Deficit non-existent or very slight	0 to 16,7
S	Moderate summer deficit	16,7 to 33,3
W	Moderate winter deficit	16,7 to 33,3
s ₂	Sharp summer deficit	Greater than 33,3
W	Deficit accentuated in winter	Greater than 33,3
Dry Weather: C1, D, E		Moisture Index
D	Excess nonexistent or very slight	0 to 10
S	Excess moderate in summer	10 to 20
W	Excess moderate in winter	10 to 20
s ₂	Excessive accentuated in summer.	Greater than 20
w ₂	Excessive accentuated in winter	Greater than 20

With the information of potential evapotranspiration, we found the third symbol, defining the climatic type indicative of thermal efficiency, according to table (3).

Table. 3: Third symbol of climatic classification according to Thornthwaite and Mather (1955)

Symbol	Climate Type	ETP (mm)
A'	Megathermic	Greater than 1140
B' ₄	Mesothermic room	1140 to 998
B' ₃	Mesothermic third	997 to 856
B' ₂	Second Mesothermic	855 to 713
B' ₁	First mesothermic	712 to 571
C' ₂	Second microthermic	570 to 428
C' ₁	First microthermic	427 to 286
D'	Tundra climate	285 to 143
E'	Cold weather	Less than 143

For the fourth and last symbol, the climatic type was obtained through the calculation of the summery concentration of thermal efficiency, according to table (4).

Table. 4: Fourth symbol of climatic classification according to Thornthwaite and Mather (1955)

Symbol	Summer concentration of thermal efficiency
a'	Less than 48
b' ₄	48 to 51,9
b' ₃	51,9 to 56,3
b' ₂	56,3 to 61,6
b' ₁	61,6 to 68
c' ₂	68 to 76,3
c' ₁	76,3 to 88
d'	Greater than 88

The climatological water balance was obtained according to the method of Thornthwaite & Mather (1955), which used the data of normal temperature and precipitation for the period from 1997 to 2016 and from a water storage capacity of 100 mm, with the data being processed in the software developed into Microsoft Excel by Rolim and Sentelhas (1999), in which the values of the variables of potential and actual evapotranspiration, surplus and water deficit were obtained.

III. RESULTS AND DISCUSSION

The result obtained from the climatological water balance is shown in Table 5, through Figure 2, for the series of years from 1997 to 2016 considering the available water capacity (CAD) of 100 mm. For the period under study it was observed that the average annual precipitation was 1563.16 mm with irregular distribution throughout the year, showing two well defined seasons, being the period of drought in the months of May to September, with this period contributing in the study with approximately 6% of the annual rainfall volume and the rainy season between the months of October and April, with this period contributing with approximately 94% of the annual rainfall volume.

Table. 5: Climatological Water Balance from 1997 to 2016 in the city of Porto Nacional

Months	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EX C (mm)
January	26,26	251,49	136,65	136,65	0,00	114,84
February	26,34	244,68	136,02	130,20	5,82	108,66
March	26,34	257,735	156,20	155,97	0,23	101,54
April	27,03	156,45	156,77	144,98	11,79	0,00

May	27,19	48,33	175,22	112,10	63,12	0,00
June	26,90	4,085	145,72	23,29	122,43	0,00
July	26,97	0,085	142,88	3,96	138,92	0,00
August	28,38	3,785	167,46	15,80	151,66	0,00
September	29,58	42,355	176,08	40,79	135,29	0,00
October	28,38	110,85	189,22	77,11	112,11	0,00
November	27,16	189,1	151,97	131,19	20,78	37,13
December	26,78	254,22	140,68	132,36	8,32	113,54
YEAR	27,28	1563,165	1874,87	1104,40	770,47	475,70

With the two seasons being well defined, the real evapotranspiration (ETR) accompanies the annual rainy season and reached a total of 1104.40 mm. Potential evapotranspiration (ETP) reached an average total of 1874.87 mm and is directly associated with high average monthly temperatures. In Figure 3 we observe that in six months there was an excess of water and in the other six months there was a water deficit, because the potential evapotranspiration is greater than the actual evapotranspiration. In the rainy season, which occurs from October to April, rain replaces the water in the soil, with the reposition occurring specifically in the months of November and December, when the period of water surplus begins, which totaled 475.70 mm. Taking into account the rainier months, January and February, Figure 3 shows that, according to the monthly soil water balance extract, soil saturation reached its maximum, with approximately 120 mm, which is 20% more than the 100 mm of CAD which are taken as the basis.

During the dry season, groundwater withdrawal occurred from May to July, with the beginning of the water deficit taking place from May to October, totaling 770.47 mm, with August and September being the most severe droughts, with the deficit going from 0 to -166.7 mm.

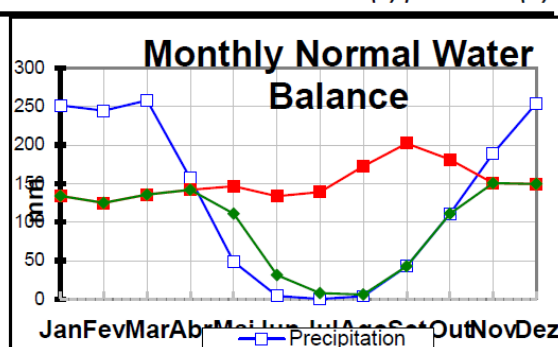


Fig. 2: Climatological Water Balance Chart for the municipality of Porto Nacional from 1997 to 2016.

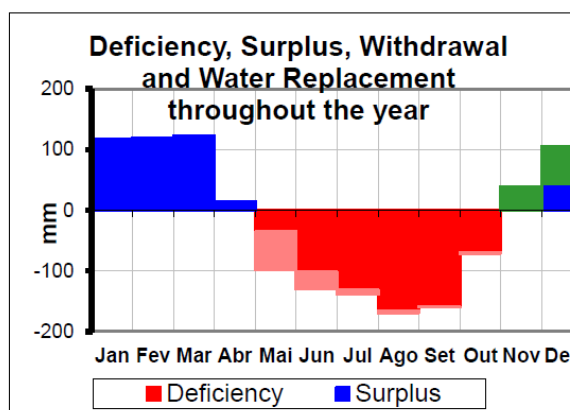


Fig. 3: Monthly Climatological Balance Sheet Extract from 1997 to 2016.

After the calculations of the climatological water balance, the water, dryness and humidity indexes were calculated using the tables in Torres & Machado (2012) by the method of Thornthwaite and Mather (1955), to obtain the climatic classification. The municipality under study obtained, respectively, the following results: IH = 0.72; IA = 41.09; and MI = 25.37.

The climatic classification for the municipality of Porto Nacional, in the state of Tocantins, according to the proposed method is from the "C2" type, with a water index of 0.72, classified as humid sub humid. As for the dryness index, which is a "W" type, the value was 41.09, which represents a moderate water deficiency in winter, with potential evapotranspiration higher than 1140 mm being classified as mega thermal, which is an "A" type, and a value of 1874.87 mm being found in the study period, which represents less than 48% of the total annual evapotranspiration, which is concentrated in the summer.

IV. CONCLUSION

Rainy and dry seasons for the Porto Nacional region are well accentuated by averages and precipitation anomalies in the annual period.

The rainiest months for the region are January, February and March and the least rainy is the month of August. Although the month of December is right in the middle of the months of the rainy season, it is characterized as period of reposition of water in the soil;

The water balance showed that the water reposition happens between the months of November and December, the water surplus occurs from December to April and the water deficit occurring from May to October.

The highest average temperatures contribute significantly for the annual total of the potential evapotranspiration exceeding the annual total of the puvliometric volume;

The climatic type of Porto Nacional is humid Sub humid, with two well defined seasons, rainy and dry, with the drought happening in the winter season in which it presents moderate and mega thermal water deficiency, with high annual values of potential evapotranspiration, with 28, 29% of this evapotranspiration concentrated in the summer season, being able to be defined by the formula as $C2wA'a'$.

With the average temperature of the rainiest month above $26.4^{\circ}C$, the annual average precipitation is 1563.165 mm with an annual average temperature is $27.28^{\circ}C$. These higher temperatures cause an increase in the consumption of water, both of the animals and of the human being and in the irrigation for the crops, causing a water deficit in the springs and consequently hydraulic problems in the sanitation and sanitary facilities in the municipalities, having as main problem the pressure oscillation, compromising the distribution of water in relation to quantity and quality.

REFERENCES

- [1] CUPOLILLO, F., ANTUNES D. A. (2013) Climatological Water Balance: Case study of the municipality of Governador Valadares – MG. Annals. XVIII Brazilian Congress of Agrometeorology.
- [2] Journal of Hyperspectral Remote Sensing. v. 2, p. 0250-036, 2012.
- [3] IBGE – Brazilian Institute of Geography and Statistics. Ministry of Planning, Budget and Management, Cities@, Brasília, 2017. Available at: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat>. Access on 17/11/2017.
- [4] INMET. National Institute of Meteorology. Meteorological survey of the municipality of Porto Nacional from 1997 to 2016. INMET. Brasília, 2017.
- [5] MINISTRY OF AGRICULTURE AND AGRARIAN REFORM. National Secretariat of Irrigation. National Department of Meteorology. Climatological Norms (1961-1990). Brasília, 1992.
- [6] MOTA, L. L., BOTON, D., FONSECA R. C., SILVA, W. C., SOUZA, A. P. (2013) Climatic Water Balance and Classification of Climate of the Region Sinop, Mato Grosso State, Brazil. Scientific Electronic Archives. v. 3, p. 38 – 44.
- [7] ROLIM, Glauco de Sousa, SENTELHAS, Paulo Cesar (1999). Normal Water Balance by Thornthwaite & Mather (1955). Piracicaba. ESALQ. CD-ROM.
- [8] SOUSA, E. S., LIMA, F. W.B., MACIEL, G. F., SOUSA, J. P., PICANÇO, A. P. (2010) Water balance and climatic classification of Thornthwaite for the city of Palmas. Anais: Amazon and Global Climate. Brazilian Congress of Meteorology. Belem, PA.
- [9] Thornthwaite, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geography Review* 38(1): 55-94.
- [10] Thornthwaite, C.W.; Mather, J.R. 1955. *The water balance*. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p.
- [11] TORRES, F. T. P., MACHADO, P. J. O. (2012) Introduction to Climatology. São Paulo: Cengage Learnig.

APÊNDICE B – ARTIGO 2



Australian Journal of Basic and Applied Sciences

2018 July; 12(7): pages 120-125
DOI: 10.22587/ajbas.2018.12.7.19

Research Article

AENSI Publications

Bathymetric Survey and Characterization of the Bottom Sediment in the Public Supply Reservoir of the Municipality of Porto Nacional, Legal Amazon, State of Tocantins, Brazil

¹Angelo Ricardo Balduino, ²Diogo Pedreira Lima, ³Aurean de Paula Carvalho, ⁴Mariana Araújo Melo, ⁵Lucas Barbosa e Souza and ⁶Márcio Galdino dos Santos

¹Angelo Ricardo Balduino, Doctoral student, Department of Environmental Sciences, Federal University of Tocantins, Palmas, TO, Brazil.

²Diogo Pedreira Lima, Master, Department of Civil Engineering, Tocantinense Institute President Antonio Carlos, Porto Nacional, TO, Brazil.

³Aurean de Paula Carvalho, Doctor, Department of Environmental Sciences, Federal Institute of Tocantins, Porto Nacional, TO, Brazil.

⁴Mariana Araújo Melo, Civil Engineerin student, Department of Civil Engineering, Tocantinense Institute President Antonio Carlos, Porto Nacional, TO, Brazil

⁵Lucas Barbosa e Souza, Doctor, Department of Environmental Sciences, Federal University of Tocantins, Palmas, TO, Brazil.

⁶Márcio Galdino dos Santos, Doctor, Department of Environmental Sciences, Federal University of Tocantins, Palmas, TO, Brazil.

Correspondence Author: Angelo Ricardo Balduino, Federal University of Tocantins, Department of Environmental Sciences, North Block 109, NS-15 Avenue, ALCNO-14, North Direction Plan, Palmas, Tocantins State, Brazil.
E-mail: angelo.balduino@uft.edu.br

Received date: 15 April 2018, **Accepted date:** 15 June 2018, **Online date:** 5 July 2018

Copyright: © 2018 Angelo Ricardo Balduino *et al.* This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Abstract

The reservoirs, formed by the construction of dams, act as true sediment retention basins. The sediments are particles derived from rocks or biological materials that are transported by water drains, being one of the main responsible for the modification of the terrestrial environment, involving processes of erosion, transport and deposition of particles. These processes are natural characteristics of the hydrosedimentological system, but with the human action along the banks of the reservoir, this process has intensified, becoming a huge problem that affects both the quality and volume of the water in the hydrous bodies. In this sense, the bathymetric survey was of fundamental importance for the selection of the sediment collection point, since it will be possible to determine the terrain bathymetry, liquid discharge, water velocity and water level. The objective of this work was to characterize the bottom sediment and to contribute to the management of the public supply reservoir by means of the bathymetric survey on the dam of the city of Ribeirão São João, municipality of Porto Nacional, State of Tocantins. By means of bathymetry, a data collection point was established, located near the water bed of the public supply reservoir, and were measured the area, width, water velocity, liquid discharge and sediment characterization. The study determined with the bathymetric survey the possible location where the largest accumulation of sediments will occur, according to the velocity changes, where the water flow loses its force and the sediments are deposited. It was also determined that the bottom sediment of the reservoir is mostly silty clay, which may affect the operation, as well as facilitating the chemical and physical pollution of the water, which could endanger the health of the population. The study determined these facts. Therefore, we can conclude that the results indicate that preventive, corrective and preservation measures must be adopted in the management of the reservoir to increase the water level and quality of the reservoir, and consequently we increase the time of use of this abstraction to supply the urban population of Porto Nacional – State of Tocantins.

Key words: Bathymetric Survey; Sediments; Reservoir.

INTRODUCTION

Water is a natural resource essential for the origin and preservation of life, and despite being a renewable resource, in the last few years there has been an intense concern about its scarcity, since it has lost its ability to recover in a natural way, as many sources of water have been exhausted by improper use. According to Tocantins (2008), the population supply represents 71% of the water demand in the current scenario.

According to UNESCO (2017), the approximately percentage of 12% is equivalent to the entire amount of potable water of the world concentrated in the Brazilian territory. Urbanization, soil sealing and the consequent deforestation by soybean monoculture in the municipality of Porto Nacional, result in a number of environmental problems, such as: soil erosion, basin siltation and climate change. The degree of siltation suffered by these impoundments in recent years has been decreasing its useful volume, with consequences on the quality and quantity of water available for abstraction. In this context, it is of great importance the study of methods that quantify the degree of sedimentation of these impoundments (Silveira, *et al.*, 2009).

The sediment is of extreme importance as an indicator of the level of pollution when it is considered that the crop launches the agrochemicals or the industries launch their dumping in the aquatic environments, especially when there is no inspection. According to Esteves (2011), the sediment can register the pollution occurred in the water in the previous days.

The mineralogical characteristics are defined according to NBR-6508, the granulometric scale that divides the soils into the following fractions: clay, silt, fine sand, medium sand, coarse sand and gravel. The granulometric analysis, quantified in sediment samples, is related to the evaluation of the mineralogical characteristics that compose the limnological matrix, to verify the presence of silt, sand and clay. According to CETESB (2007), a greater quantity of fines, represented by high amounts of silt, clay and smaller sand, constitute a significant possibility of finding contaminants that allow the measurement of the quality of the sediment present in the water body, since the size of the particle influences the adsorption and retention of contaminants, as there is the tendency that when the grain decreases, the concentrations of nutrients and contaminants increase.

121

Citation: Angelo Ricardo Balduino *et al.*, Bathymetric Survey and Characterization of the Bottom Sediment in the Public Supply Reservoir of the Municipality of Porto Nacional, Legal Amazon, State of Tocantins, Brazil. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 12(7): 120-125.

For Back and Bonetti (2012), the water flow measurement is usually obtained indirectly, since level or average velocity measurements are used, in addition to the topobathymetric survey of the section measurement. According to Krueger (1996), the main goal of bathymetry is to measure the depth of a water body related to the position of a vessel on the surface of the water, and it is possible to visualize the submerged topography through the representation of isobathic lines.

The performance of the bathymetry is of fundamental importance for the choice of the collection point of the sediment, since it will be possible to determine the biggest depth, liquid discharge, water velocity and water level. According to Álvares *et al.* (2001), the bathymetric survey is essential for the management of a water resource, since it allows to estimate the degree of sedimentation, modeling the submerged relief, calculating the volume of storage and subsiding information for decision making in the management and use of the water resources of the competent bodies.

Therefore, the present work had the objective to characterize the bottom sediment and contribute to the management of the public supply reservoir through the bathymetric survey in the Ribeirão São João basin, in the city of Porto Nacional, state of Tocantins, aiming the morphological characterization of the bottom sediment, which will enable new surveys, future analyzes of sedimentation and erosion processes, assisting in the rational use of the reservoir and, consequently, in the management of the studied basin.

MATERIALS AND METHODS

1.1. Site of the experiment:

The public supply reservoir of the municipality of Porto Nacional is located within the legal Amazon between the parallels $10^{\circ}43'04,52''$ in the south latitude and $48^{\circ}22'19,77''$ in the west longitude, in the watershed of Ribeirão São João, which is located between the parallels $10^{\circ}46'43''$ and $20^{\circ}41'20''$ in the south latitude and between the meridians $48^{\circ}14'16''$ and $48^{\circ}24'51''$ in the west longitude (Figure 1). According to Silva (2010), Porto Nacional has an estimated population of 52,510 inhabitants (IBGE, 2016) and is in a 62 km distance from the state capital of Palmas.

According to Balduino *et al.* (2018), the climate of Porto Nacional is sub-humid, with two well-defined seasons, rainy and dry, with a drought period in the winter season where it presents moderate and mega thermal water deficiency, with high values of annual evapotranspiration potential, with 28.29% of this evapotranspiration concentrated in the summer season and can be defined by the formula $C2wA'a'$. The precipitation concentration occurs during the rainy season, from November to April, corresponding to approximately 80% of the rainfall quantity. The dominant natural vegetation in the basin area is the savannah. In relation to the pedological aspects that influence the sediments, the predominance in the region is the Latosols with smaller portions of Litolic and Hydromorphic soils (CARVALHO *et al.*, 2016).

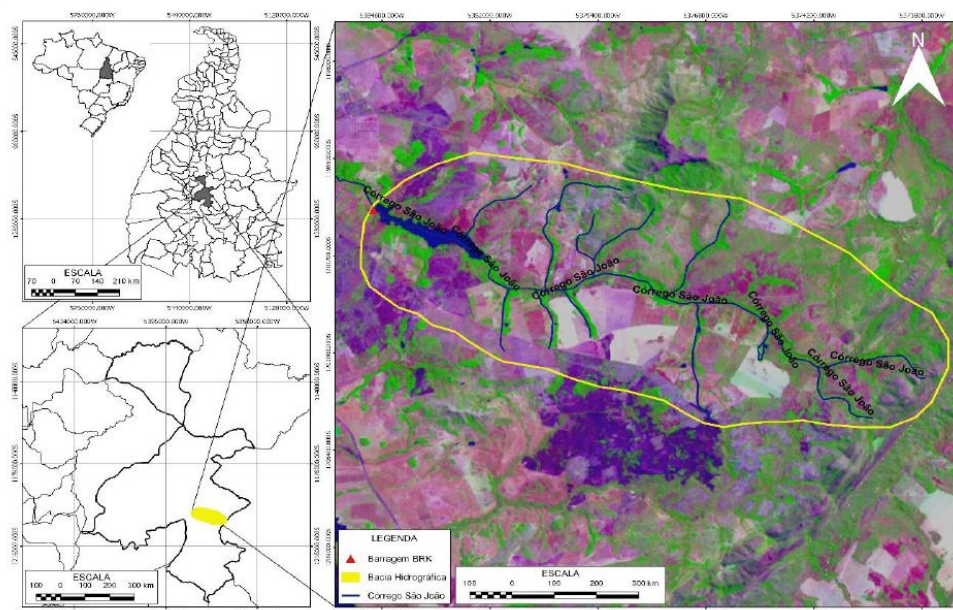


Fig. 1: Public Supply Reservoir in the municipality of Porto Nacional – Tocantins State.

The choice of the collection point of the bottom sediment was determined after the bathymetric survey, which was performed according to the water flow and where there was a large settlement of the reservoir, with a bigger sediment accumulation.

1.2. Bathymetric Survey:

The bathymetric survey, liquid discharge and water level in the São João river basin was performed using an acoustic method using the Doppler Acoustic Profiler, model ADCP SonTek RiverSurveyor M9. According to Geotech (2017), this equipment emits acoustic waves of frequency between 300 and 3,000 Hz, and through the response frequency of the water bed material it determines the distance between the source and the receiver. The apparatus was coupled to a motorized vessel, which covered the entire dam area, collecting pairs of coordinates and their respective point depth measurements on each facet (radial and tangential), totaling 40 measurements per sample, for a total of 400 measurements per species (Lima *et al.*, 2013).

The data obtained in the field were processed in the software of the device, named RiverSurveyorLive, generating a spreadsheet with the information collected in the field and the survey was performed in the beginning of the raining season, December 2017.

1.3. Granulometric analysis of the sediments:

For the study of the granulometric analysis of sediments, the bottom sediment samples were initially collected using the Pertesen type sampler, which consists of two buckets that close together when touching the water bed due to a rod device, to collect an upper layer of material. The sample was prepared for the characterization tests with the previous drying method, according to NBR 6457/2016.

The experimental procedure for the granulometric test was divided into coarse screening, fine screening and sedimentation test.

For the performance of the coarse screening, the amount of soil that was retained in the sieve of 2.00 mm was used in the moment of the sample preparation. Next, the experimental procedure was performed, washing the material in the 2.00 mm sieve which was then brought to the oven, then the sieves of larger

122

Citation: Angelo Ricardo Balduino *et al.*, Bathymetric Survey and Characterization of the Bottom Sediment in the Public Supply Reservoir of the Municipality of Porto Nacional, Legal Amazon, State of Tocantins, Brazil. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 12(7): 120-125.

openings and 2.00 mm were placed on top of each other with the openings of the meshes growing from the bottom up. Under the smaller sieve was placed the plate to collect the grains that passed through it. The larger aperture sieve was capped to prevent loss of particles at the beginning of the vibration process. With the set of sieves organized the shaking was carried out in the sieve. The soil fraction retained in each sieve was weighed until a sieve of 2.00 mm was reached.

For the fine screening, about 120 g of soil was used at 2.00 mm in the moment of the sample preparation. Subsequently, the material was placed in the 0.075 mm sieve which was washed and then placed in the oven. The set of sieves was organized comprising between the openings of 2.00 mm and 0.075 mm, the material was placed dry in the sieve assembly and the same procedure of the coarse screening was performed.

Finally, for the sedimentation test, it was used a sample of the fine screening test, weighing between 50 and 100 g, immersed for 12 hours with deflocculant (sodium hexametaphosphate solution). Soon after the material was transferred to the dispersion cup where distilled water was added until the level was 5 cm below the edges of the beaker, then it was subjected to the action of the dispersing apparatus for 15 minutes, and finally the mixture was transferred to a graduated beaker, completing with distilled water up to 1000 ml and then shaking the soil / water mixture.

The densimeter readings were taken at the instants of 30 seconds, 1 and 2 minutes, 4, 8, 15 and 30 minutes, 1, 2, 4, 8 and 24 hours. After the last reading was performed, the material of the test tube was placed in the 0.075 mm sieve, so that the sample can be washed in the sieve with low pressure potable water, removing all material from the sides.

1.4. Specific mass of particles:

The specific mass of the particles was also a parameter of analysis for the characterization of the sediments, their determination was made based on NBR 6508.

For the calculation of the specific mass of the soil particles, the following formula was used:

$$\delta = \frac{M1 \times 100 / (100 + h)}{[M1 \times 100 / (100 + h)] + M3 - M2} \times \delta T \quad (\text{Equation 1})$$

Where:

δ = specific mass of the soil particles, in g / cm³;

M1= mass of the wet soil;

M2= mass of the pycnometer + soil + water at the test temperature T;

M3 = mass of the pycnometer filled with water in the reference mark at the test temperature (T);

h = initial humidity of the sample;

δT = specific mass of the water at the test temperature T.

RESULTS AND DISCUSSION

1.5. Hydrographic profile:

The performance of the bathymetric survey was of fundamental importance for the choice of the collection point of the bottom sediment of Ribeirão São João, which was performed according to the water flow and in the location of the greatest repression of the dam, where there is the higher sediment accumulation, as shown in Figure 2. From this it was possible to determine the greatest depth, flow and velocity of the water.

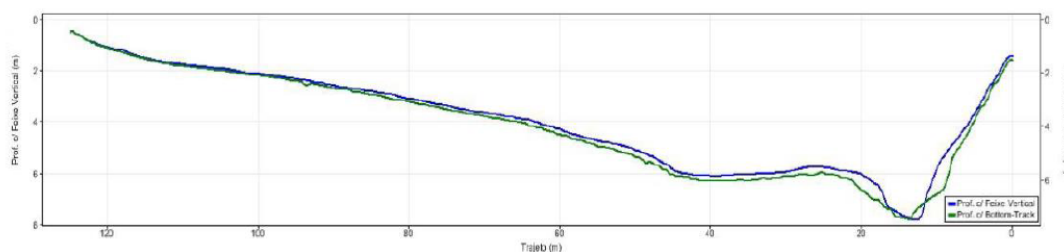


Fig. 2: Representation of the topography of the public supply reservoir located in Ribeirão São João, municipality of Porto Nacional – Tocantins State.

The area of the reservoir under study was 488.04 m², with a width of 127.29 meters and a maximum depth of 7,847 meters in its main channel. In a study carried out by Oliveira (2015), in the basin of Rio Monday, Paraguay, it was found basin width values of 65.62 meters and depth of 9.54 meters.

1.6. Water flow in the reservoir:

For the ten crossings performed, the software generated a transversal profile of the creek in the measurement section, according to Figure 3, referring to the first crossing of the section. The acoustic equipment has a limitation that is the velocity measurement at the bottom of the creek, where they are represented by the black cells, in which they are not used in the flow calculation, as they are interpolated by the software.

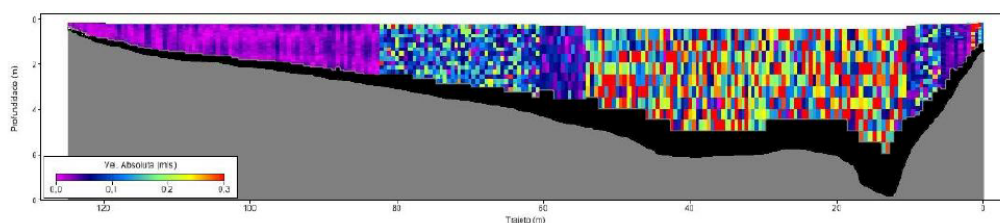


Fig. 3: Cross section profile of the first section.

The data collected by the equipment were processed by the software RiverSurveyorLive and they are presented with the summary of each crossing, according to Table 1. It is worth mentioning that the coefficient of variation of the total flow was 1.04%, ie, less than 5% as recommended by the NBR-13403, and having the average value of the flow found for the section was 1.55 m³/s.

According to Ibiapiana *et al.* (2003), the flow measurement data are indispensable for the studies of water resources planning, flood forecasting, watershed management, public supply, sanitation, irrigation, environment and many other studies of great scientific and socioeconomic importance.

1.7. Analysis of the water velocity of the reservoir:

123

Citation: Angelo Ricardo Balduino *et al.*, Bathymetric Survey and Characterization of the Bottom Sediment in the Public Supply Reservoir of the Municipality of Porto Nacional, Legal Amazon, State of Tocantins, Brazil. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 12(7): 120-125.

In the analysis of the water velocity along with the depth, it was observed that the velocity has a different behavior in the transverse direction of the reservoir, with larger values in its right margin, in the main channel of the river basin, and with lower values of the center to the left margin. It was also possible to conclude that in the regions closer to the bus, the velocity was higher in the section of lower depth (60 to 80 meters), according to the Figure 4. The velocity in the longitudinal direction of the reservoir ranged from 0 to 0.09 m/s.

Table 1: Summary of the crossings.

Crossing	Start Margin	Surface Flow	Average Flow	Bottom Flow	Total Flow	Area (m ²)
1	Left	0,031	1,112	0,418	1,561	491,634
2	Right	0,029	1,094	0,420	1,543	487,173
3	Left	0,032	1,107	0,441	1,560	490,679
4	Right	0,033	1,119	0,410	1,562	489,460
5	Left	0,033	1,087	0,424	1,544	489,975
6	Right	0,032	1,098	0,410	1,540	483,932
7	Left	0,031	1,099	0,410	1,540	487,134
8	Right	0,030	1,089	0,430	1,549	486,438
9	Left	0,031	1,107	0,390	1,528	485,810
10	Right	0,034	1,103	0,440	1,577	488,167
Average		0,032	1,102	0,4193	1,552	488,040
Standard Deviation		0,014	0,009	0,0146	0,016	2,272
Coefficient of Variation (%)		4,52	0,871	3,501	1,039	0,465

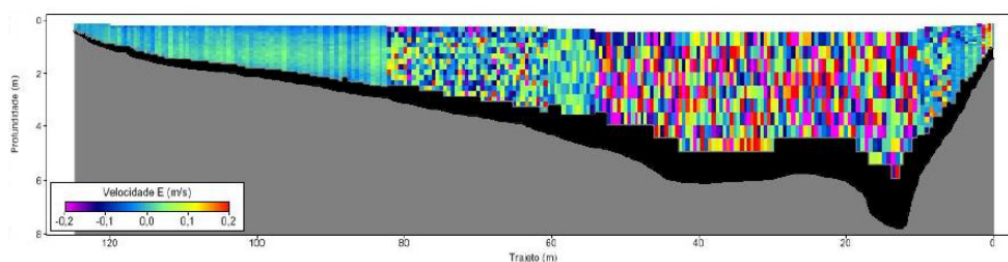


Fig. 4: Velocity of a transversal course carried out on 12/07/2017.

Gentil (2015), in a study in the reservoir of the hydroelectric plant of Caçu, state of Goiás, found speed values in the range of 0 to 0,8 m/s. The velocity has an important role in the conduction of the sediments, which are transported to the reservoir, and as this flow decreases some of the sediments are deposited at the bottom of the reservoir.

1.8. Characterization of sediments:

Taking as basis the sediment sample from the bottom of the collected reversal, which was later analyzed in the laboratory, it is possible to obtain the granulometric variation of the sample, and the specific mass value of the particle. The results of the analyzes are presented in Table 2.

Table 2: Results of the granulometric analysis

Point of Sampling	Clay (%)	Silte (%)	Thin Sand (%)	Average Sand (%)	Coarse Sande (%)	Especific Mass
1	51,5	41	4,5	1	2	2,723

The granulometric fraction of the sediments presents a large amount of soil with low granulometry, with clay and silt prevailing with approximately 93% of the total, and the percentage of sand, classified as fine, medium and coarse, was below 8, the value found for the specific mass of the particles was 2.72 g/cm³. In a study in the PCH Pipoca reservoir in the state of Minas Gerais. Minhoni (2013), it was found the approximate values of the specific mass, with an average of 2.66 g/cm³, with a low granulometry, with 89% of clay and silt and 11% of sand, which also characterizes the bottom sediments of the two reservoirs under study as silty clay.

The sediment sample has a large amount of clay and silt; the fraction prevailed in eleven points with more than 90%. The percentage of sand was below 5%, which can be observed in Figure 5.

According to Jesus *et al.* (2004), sediments have been considered as a compartment of accumulation of polluting species, in which the soils with high content of clay and silt are rich in binding sites, making it possible their use as a good indicator of environmental pollution. For Silva (2009), the contamination of the water body happens in three different phases: dissolved organic carbon, aqueous solution and in the sediment. As the hydrous body in which is located the public supply reservoir and its amount is located in an area surrounded by the monoculture of the soy being an activity of great concentration of application of pesticides, putting at risk the health of the population of the municipality and rural communities that use the reservoir water.

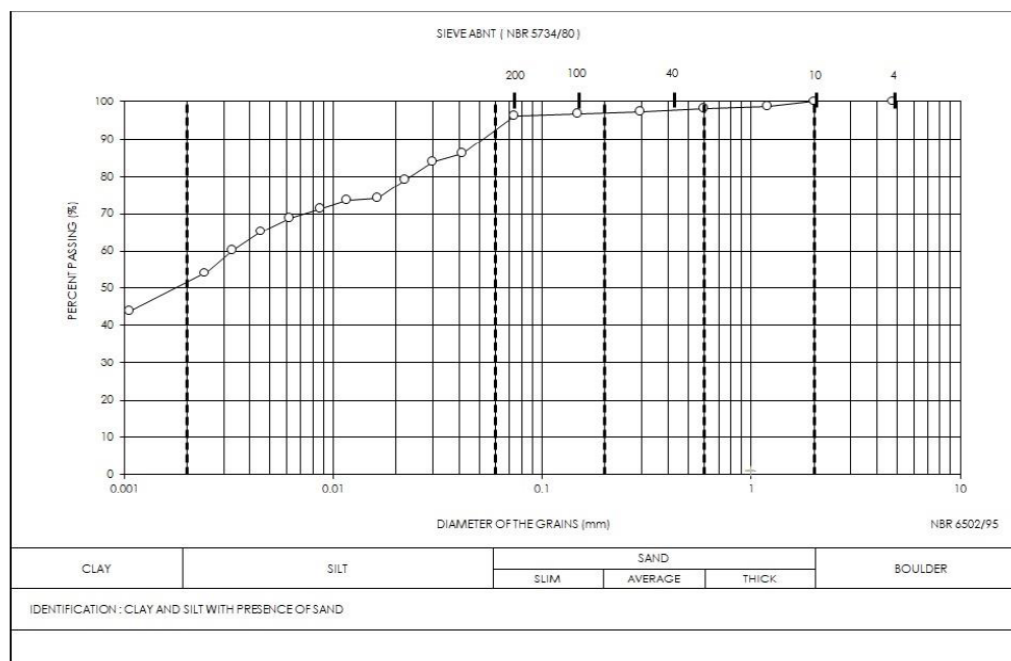


Fig. 5: Granulometric distribution curve.

Conclusion:

As the economic activities and population increase, many regions reach scarcity conditions or find limitations in their development, which makes them a concern both in the quality of water for public supply and in quantity.

The bathymetric survey performed by the Doppler acoustic meter made it possible to choose the appropriate sediment collection point for its characterization, as well as data such as reservoir area, depth, flow and water velocity.

The public supply reservoir has an area of approximately 488.04 m², 127.29 meters from one margin to another, and with a greater depth of 7.84 meters in its main channel. The flow measurement method was accurate according to NBR-13403, in which the average flow rate was 1.55 m³/s in the amount of the reservoir.

The velocity of the water flow, where it was carried out during the transition period (drought/rainy), presented values ranging from 0 to 0.9 m/s, with the highest velocity at the entrance of the reservoir and decreasing as the depth increased, width and distance traveled.

The characterization of the bottom sediment was extremely important, because it will enable a better management of this water resource regarding the management process. The granulometric fraction characterized the bottom sediments of the reservoir under study is silty clay, with 93% of its totality.

Considering the advance of agriculture in the area of the supply reservoir, and consequently the removal of soil cover and exposure to bad weather, it will result in the production of sediments that will affect the operation of the reservoir and will favor the chemical and physical pollution of the water, thus harming the quality for human consumption. As the bottom sediment is made of silty clay, there is some concern for monitoring agrochemicals generated by agriculture, because they can be absorbed on the floating sediment or the one located at the bottom of the water, and if detached from the sediment or ingested by a biota organism, it will consequently enter the food chain and endanger the health of the population.

Therefore, we can conclude that the results indicate that preventive and preservation measures should be adopted in the management of the reservoir, such as monitoring the daily water quality in the reservoir, dredging of the sedimented material and daily verification of the level of the reservoir through limimetric rules. With these initial measures it will be possible to perform a monitoring of both quality and quantity of water for the purpose of increasing the capture time in the reservoir.

ACKNOWLEDGMENTS

To the Federal University of Tocantins (UFT) and Federal Institute of Tocantins (IFTO), through the Graduate Program in Environmental Sciences and Research, Innovation and Postgraduate Coordination for the financial support granted for the publication of the scientific article.

REFERENCES

- Alvares, M.T. *et al.*, 2001. *Bathymetric Monitoring in Ponds*. Lisbon: Water Institute, Directorate of Water Resources Services.
- Back, A.J., F.V. Alves, A.V. Bonetti, 2012. *Technique of flow measurement in Great Rivers. About Us | [Annals ...]*. Cordoba, AR: Collegio de Agrimensores.
- Balduino, A.R., M.G. Santos, L.B. Souza, D.P. Lima, A.P. Carvalho, 2018. *Hydric balance and climatic classification of the city of Porto Nacional, state of Tocantins, inserted in the Legal Amazon, Brazil*, 5: 3.
- Brazilian Association of Technical Standards, 1995. NBR-13403: *Flow Measurement in Liquid Effluents and Body Receptors - Free Flow*, 7p. Rio de Janeiro.
- Brazilian Association of Technical Standards, 1995. NBR-6508: *Rocks and solos*. Rio de Janeiro.
- Brazilian Association of Technical Standards, 2016. NBR-6457: *Soil samples - preparation for compaction and characterization tests*. Rio de Janeiro.
- Carvalho, A.P., A.R. Balduino, G.F. Maciel, A.P. Picanço, 2016. *Pollution evaluation in rivers using water quality indexes: A case study in Ribeirão São João in Porto Nacional - TO*, 35.
- CETESB, 2007. *Company of Technology of Environmental Sanitation. Quality of inland waters in the State of São Paulo 2006. Reports Series, Annex II. Water Quality and Sediment Variables*.
- Esteves, F.A., 2011. *Fundamentals of limnology*. Rio de Janeiro: Interciência, 601.

Citation: Angelo Ricardo Balduino *et al.*, Bathymetric Survey and Characterization of the Bottom Sediment in the Public Supply Reservoir of the Municipality of Porto Nacional, Legal Amazon, State of Tocantins, Brazil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 12(7): 120-125.

Gentil, W.B., 2015. Topobathymetry and sedimentation of the reservoir of the Caçu - Goiás Hydroelectric Plant. Jataí. Dissertation (Postgraduate Program in Geography) Federal University of Goiás.

Geotech, 2017. SonTek Acoustic Doppler Water Velocity Measurement. Available at: <http://www.geotechenv.com/sontek_doppler_measurement.html>. Access in: 2017.

IBGE - Brazilian Institute of Geography and Statistics. Ministry of Planning, Budget and Management, Cities @, Brasília, 2016. Available at: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat>. Accessed on 04/09/2017.

Ibiapina, A.V., *et al.*, 2003. Evolution of hydrometry in Brazil. Available at: <<http://www.mma.gov.br/port/srh/acervo/publica/doc/oestado/texto/121-138.html>>. Accessed in.

Jesus, H.C., *et al.*, 2004. Distribution of heavy metals in sediments of the estuarine system of Vitória-ES. *Chemical Journal Nova*, São Paulo - SP, 27(3): 378-386.

Krueger, C.P., 1996. Investigations on high precision GPS applications in the Marine Environment. Curitiba. 267 f. Thesis (Doctorate in Geodesy). Technology Sector. Federal University of Paraná.

Minhoni, R.T.A., 2013. Estimation of sedimentation of SHP reservoir PIPOCA, Minas Gerais. Viçosa. (Master Thesis) Federal University of Viçosa.

Oliveira, C.C., 2015. Comparative analysis of flow measurements using doppler equipment. Itajubá. Monography (Bachelor of Hydraulic Engineering) Federal University of Itajubá. Minas Gerais.

Silva, D.F. da, 2009. Analysis of climatological, agroeconomic and environmental aspects and their effects on the Mundaú river basin. Federal University of Campina Grande. Campina Grande-PB.

Silva, A.A.F., 2010. Geoprocessing applied to the analysis and geomorphological mapping of the São João River Basin. Porto Nacional. TCC (Bachelor of Geography) Federal University of Tocantins.

Silveira, P.M., *et al.*, 2009. Macrodrainage work: Sedimentation in the First Dam of the UFV. CIV-347 - SEWAGE SYSTEMS. Federal University of Viçosa. Minas Gerais.

Tocantins, 2018. Secretariat of Planning. Superintendence of Planning and Management of Public Policies: Executive Board of Directors. Ecological-Economic Zoning. Atlas do Tocantins: Subsídios to Territorial Management Planning. 5. Ed. Palmas: Seplan, 2008. 62 p. Available at: <<https://goo.gl/HBmx4C>>. Accessed on: March 6, 2018.

UNESCO, 2016. United Nations World Water Development Report 2016: Water and Employment. 2017. Available at: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244040.pdf>> Accessed on: Oct 23, 2017.

APÊNDICE C – ARTIGO 3



Australian Journal of Basic and Applied Sciences

2018 February; 12(2); pages 15-23
DOI: 10.22587/ajbas.2018.12.2.4

Research Article

AENSI Publications

CHARACTERIZATION OF WATER INFILTRATION IN THE SOIL OF THE SÃO JOÃO RIVER BASIN ON THE MUNICIPALITY OF PORTO NACIONAL, IN THE STATE OF TOCANTINS, BRAZIL

¹Angelo Ricardo Balduino, ²Diogo Pedreira Lima, ³Cleber Decarli de Assis, ⁴Albano Dias Pereira Filho, ⁵Lucas Barbosa e Souza and ⁶Márcio Galdino dos Santos

¹Angelo Ricardo Balduino, Doctoral student, Department of Environmental Sciences, Federal University of Tocantins, Palmas, TO, Brazil.

²Diogo Pedreira Lima, Master, Department of Civil Engineering, Tocantinense Institute President Antonio Carlos, Porto Nacional, TO, Brazil.

³Cleber Decarli de Assis, Master, Department of Civil Engineering, Tocantinense Institute President Antonio Carlos, Porto Nacional, TO, Brazil.

⁴Albano Dias Pereira Filho, Doctor, Department of Mathematics and Statistics, Federal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins, Porto Nacional, TO, Brazil

⁵Lucas Barbosa e Souza, Doctor, Department of Environmental Sciences, Federal University of Tocantins, Palmas, TO, Brazil.

⁶Márcio Galdino dos Santos, Doctor, Department of Environmental Sciences, Federal University of Tocantins, Palmas, TO, Brazil.

Correspondence Author: Angelo Ricardo Balduino, Federal University of Tocantins, Department of Environmental Sciences, North Block 109, NS-15 Avenue, ALCNO-14, North Direction Plan, Palmas, Tocantins State, Brazil.
E-mail: angelo.balduino@uft.edu.br

Received date: XX XXX 201X, **Accepted date:** xx 201x, **Online date:** xx 201x

Copyright: © 2018 Angelo Ricardo Balduino *et al.* This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Abstract

The present study of the characterization of the infiltration of the Ribeirão São João river basin has the objective of understanding the behavior of the water infiltration, where infiltration tests were performed in the place by the Kostiakov method and permeability by the method proposed by Radcliffe and Simunek associated with classification criteria of Reichardt, using double ring infiltrometers, associated to the geological knowledge of the area that subsidized the elaboration of the chart of use and occupation of the soil. Some recharge areas are impacted with low susceptibility to infiltration due to the intensive use of agriculture and its expansion, which directly affects the biodiversity around the basin under study. Improving the quality and quantity of water in the São João river basin depends on good planning by the local authorities, taking measures to guide and control the use and occupation of the soil, as well as the activities performed by the population in the surrounding basin area that supplies the city's water supply system (SAA).

Key words: Soil, Infiltration, River Basin.

INTRODUCTION

The fast urbanization process in Brazilian cities occurred in a disorderly and unplanned way, thus generating an increase in areas with large urban centers. According to Targa *et al.*, (2012) the soil surface, when undergoing changes due to urbanization, interferes in the terrestrial phase of the hydrological cycle, since it generally reduces the area of infiltration and increases the surface flow. Allied to this factor has been the excessive consumption and waste of natural resources such as water which is clearly a more wasted natural good among people.

According to MIRANDA, OLIVEIRA, SILVA (2010), the Hydrological Cycle is formed by several continuous processes, where the water circulates and is transformed into the three components of our planet: the atmosphere, the soil and the hydrosphere (rivers, lakes and seas) in which water begins its journey from an initial stage to returning to its original position. The hydrological cycle in the terrestrial surface is constituted by the following seven distinct processes: evapotranspiration, precipitation, rain, precipitation interception, infiltration, water storage in the soil, surface runoff.

In this aspect the flow of the water on the surface of the soil happens the moment in which the volume of precipitation infiltrates in the ground until the same saturates. According to Gondim *et al.* (2010), water infiltration in the soil is a process in which water crosses the soil surface vertically. For Santos *et al.* (2012), one of the factors influencing the hydrological regime is surface runoff. Knowing the characteristics of the surface runoff of a river basin allows a geoenvironmental analysis and the better management of its water resources.

As for the infiltration process, Brandão *et al.* (2006) emphasizes that it depends on several factors, such as: Surface condition; Soil type; Soil condition; Initial soil moisture; Hydraulic load; Temperature; Presence of cracks, cracks and biological canals originated by decomposed roots or by soil fauna; Compaction of the soil by machines and / or animals; erosion, Soil compaction by rainfall and Vegetation cover.

In order to determine the water absorption capacity in soils, we have the infiltration tests, which can be by the method of entry and exit of water in the furrow, ring infiltrometer, rainfall simulator or spray infiltrometer. According to Vieira (1997), the ring infiltrometer is the most used, and studies show that the values of the infiltration capacity of the soil, determined by the infiltrometer rings, are always higher than those established by the rainfall simulator.

According to Morais (2007), the infiltration of water into the soil is important for the recharge of aquifers and for maintenance of the base flow of the rivers,

16

Citation: Angelo Ricardo Balduino, Diogo Pedreira Lima, Cleber Decarli de Assis, Albano Dias Pereira Filho, Lucas Barbosa e Souza and Márcio Galdino dos Santos, 2018. Bathymetric survey and characterization of the bottom sediment in the public supply reservoir of the municipality of Porto Nacional, Legal Amazon, state of Tocantins, Brazil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences.*, XX(X): XX-XX.

ISSN: 1991-8178. EISSN: 2309-8414

which makes it extremely important for the management of water resources. The objective of the present work was to characterize the infiltrations on the surroundings of the São João river basin by means of the land use and occupation charter, from water infiltration tests with a double ring infiltrometer, in order to support studies of planning and management in the basin, in order to provide information that can minimize the existing environmental impacts, as well as contribute to the recovery of impacted areas.

MATERIALS AND METHODS

1.1. Study Area

The study was developed in the São João River basin, located in the municipality of Porto Nacional (Figure 1), an affluent of the Tocantins River, located between the parallels $10^{\circ} 46'43''$ and $20^{\circ} 41'20''$ on the south latitude and between the meridians $48^{\circ} 14'16''$ and $48^{\circ} 24'51''$ on the west longitude.

According to Silva (2010), Porto Nacional has an area of 4,464.11 km², corresponding to 1.61% of the total area of the state of Tocantins, with an estimated population of 52,510 inhabitants (IBGE, 2018) and is in 62 km from the capital Palmas.

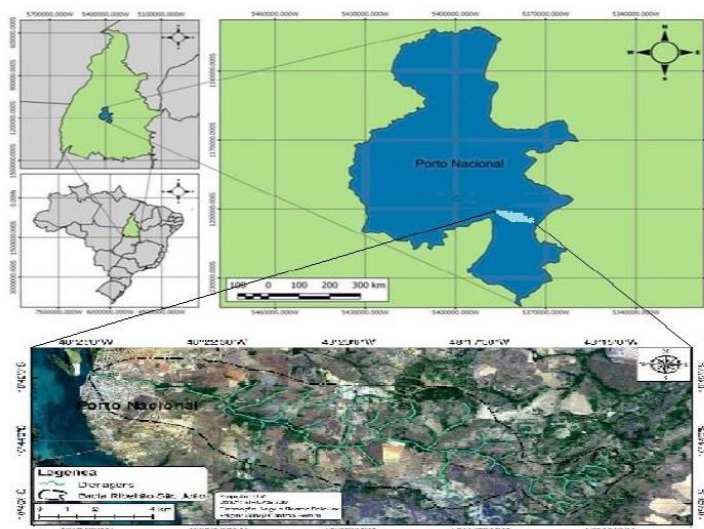
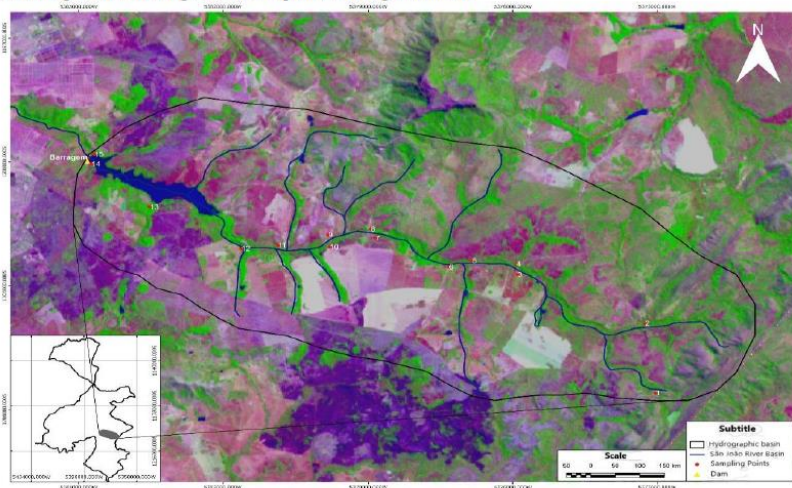


Fig. 1 - São João River Basin in the municipality of Porto Nacional – Tocantins

The São João River basin is of second order, has a drainage area of approximately 81.97 km², presenting seven drainage channels with a total extension of 35.5 km, having 15.75 km in its main channel, the divisor of the waters represent a perimeter of 46.26 km and an altimetric range of 321 meters (OLIVEIRA and FRANCE, 2014).

According to Balduino et al. (2018), the climate of Porto Nacional is humid Subhumid, with two well-defined seasons, rainy and dry, with the dry season happening in the winter with moderate and megathermal water deficiency, with high annual values of potential evapotranspiration, with 28,29% of this evapotranspiration concentrated in the summer season, and can be defined by the formula $C2wA'$, and in the last 20 years analyzed, the annual average precipitation and temperature were, respectively, 1563 mm and 27.28 °C. The dominant natural vegetation in the basin area corresponds to the savanna.

The study was developed from infiltration tests performed in 15 sample places (Figure 2), located in red and yellow latosols soils, dark red latosol, concretionary-lateritic and lithographic soils, according to Ranzani (1996). The choice of each point considered the access permission and the ease and types of land use and agricultural management developed, according to Table 1.



17

Citation: Angelo Ricardo Balduino, Diogo Pedreira Lima, Cleber Decarli de Assis, Albano Dias Pereira Filho, Lucas Barbosa e Souza and Márcio Galdino dos Santos, 2018. Bathymetric survey and characterization of the bottom sediment in the public supply reservoir of the municipality of Porto Nacional, Legal Amazon, state of Tocantins, Brazil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences.*, XX(X): XX-XX.

Fig. 2 - Sample places of the São João River Basin

Table 1: Characteristic of the sample places

Place	Altitude (m)	Soil Use
1	316	Native Forest
2	296	Native Forest
3	281	Pasture
4	282	Pasture
5	269	Rooted Raising
6	271	Monoculture(soybean)
7	260	Monoculture (soybean)
8	262	Monoculture (soybean)
9	256	Monoculture (soybean)
10	261	Riparian Forest
11	249	Monoculture (soybean)
12	253	Pasture
13	248	Riparian Forest
14	247	Riparian Forest
15	254	Riparian Forest

1.2. Double Ring Infiltrator Test:

In order to quantify the infiltration, it was determined, installed and performed tests in fifteen points of the basin, which consists of two rings concentrically placed in the soil, the inner ring having a diameter of 200 mm and the external ring of 400 mm, both with height of 200 mm, as shown in figure 3.

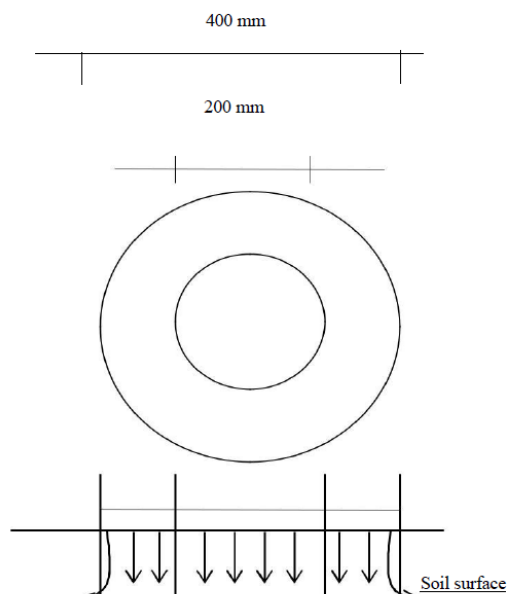


Fig. 3 – Schematic drawing of ring infiltrimeter
Source: Carvalho & Silva (2006) adapted

For the calculation of infiltration, the Kostiakov method (1932) was used, which describes the infiltration for short periods, common in the precipitation of medium and small water slides, given by equation 1:

$$I = K \cdot T^a \quad (\text{Equation 1})$$

Where I is the accumulated infiltration (cm); K is the soil-independent constant; T is the infiltration time (min); and a is the soil-dependent constant, ranging from 0 to 1.

To determine the coefficients and exponents of the potential equations, the statistical method of linear regression was used. Applying the logarithms on both sides of the potential equation, we have the equation 2:

$$\log I = \log a + n \cdot \log T \quad (\text{Equation 2})$$

With the application of logarithms, the potential equation is transformed into a linear equation of type $I = a + bx$, where:

18

Citation: Angelo Ricardo Balduino, Diogo Pedreira Lima, Cleber Decarli de Assis, Albano Dias Pereira Filho, Lucas Barbosa e Souza and Márcio Galdino dos Santos, 2018. Bathymetric survey and characterization of the bottom sediment in the public supply reservoir of the municipality of Porto Nacional, Legal Amazon, state of Tocantins, Brazil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences.*, XX(X): XX-XX.

$$B = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \cdot \sum Y}{N}}{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}} \quad (\text{Equation 3})$$

$$A = \bar{Y} - B \cdot \bar{X} \quad (\text{Equation 4})$$

Where N is the number of readings.

It was determined the speed of the instantaneous infiltration (VI) by the method Kostiakov (1932), where for each instant is derived the accumulated infiltration in relation to time, expressed by the equation 5.

$$VI = dI/dT, \text{ ou seja, } VI = K \cdot a \cdot T^{(a-1)} \quad (\text{Equation 5})$$

The soil saturates, and the infiltration velocity stabilizes, assuming a constant value, called permeability of the saturated soil (K), given by Table 2.

Table 2: Classification of permeability of the saturated soil

K	Value (cm/h)
Pretty High	>3
High	1,5 – 3
Medium	0,5 – 1,5
Low	0,1 – 0,5
Pretty Low	<0,1

Source: Reichardt (1990)

The equation used to calculate the value of the saturated soil permeability (K) was the proposal of Radcliffe and Simunek (2010), associated to classification criteria from K of Reichardt (1990), according to the equation 6.

$$K = \frac{I_s}{1 + \frac{4 \cdot \lambda_c}{\pi \cdot r}} \quad (\text{Equation 6})$$

where:

K: soil permeability;

I_s: Stable infiltration;

λ_c: length of the macroscopic capillarity of the soil according to the categories of texture and structure, according to Table 3;

π: 3,14;

r: ring radio.

Table 3: Estimation of macroscopic soil capillary length for texture and structure categories.

Length of the macroscopic capillarity of the soil according to the categories of texture and structure	λ _c (cm)
Coarse sediments, gravel, sand, and may include highly structured soils with large amounts of macroporous and cracks.	2,8
More structured soils from clay and loam; also include moderately structured soils and fine sand.	8,3
Soils with fine texture (clayey) and unstructured.	25
Compacted unstructured soils, clayey material such as landfill liners and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	100

Source: Elrick e Reynolds (1992 apud Radcliffe and Simunek, 2010)

RESULTS AND DISCUSSION

The infiltration tests, according to Chowdary et al (2006), indicate a tendency of a downward movement of the water that causes a flood in the lower layers, generating redistribution, indicating a tendency of infiltration value that, considering that the permeability is variable and depends on the geotechnical properties, such as: vegetation, relief, texture, structure, porosity and soil use and occupation.

According to Ranzani (1996), in the São João river basin, sediments are formed in the "A" horizon with 2.5YR 4/2 (weak red) to 2.5YR 4/6 (dark red), clay-sandy, medium-textured and soft-wavy relief. Fifteen analyzes of infiltration tests were performed using the double ring infiltrometer method, which indicated low to very high permeability, according to Table 4.

19

Citation: Angelo Ricardo Balduino, Diogo Pedreira Lima, Cleber Decarli de Assis, Albano Dias Pereira Filho, Lucas Barbosa e Souza and Márcio Galdino dos Santos, 2018. Bathymetric survey and characterization of the bottom sediment in the public supply reservoir of the municipality of Porto Nacional, Legal Amazon, state of Tocantins, Brazil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences.*, XX(X): XX-XX.

Table 4: Permeability values on the São João River Basin

Samples	Permeability	Classification of Reichardt (1990)
P-1	9,84	Pretty High
P-2	12,97	Pretty High
P-3	0,40	Low
P-4	0,50	Low
P-5	2,68	Alto
P-6	0,50	Low
P-7	0,42	Low
P-8	0,47	Low
P-9	0,50	Low
P-10	16,85	Pretty High
P-11	0,30	Low
P-12	2,37	High
P-13	2,93	High
P-14	2,98	High
P-15	2,91	High

The chart of use and occupation of the soil (Figure 4) showed low permeability at the P-3, P-4, P-6, P-7, P-8, P-9 and P-11 points in pasture and Soybean areas. Rodrigues Júnior et al. (2007), in a pasture area study in the municipality of Taubaté, state of São Paulo, presented low permeability, the same occurring in areas of monoculture planting in the Concórdia River experimental basin in Lontras, state of Santa Catarina, Pinheiro et al (2009), presented low permeability in no – tillage and high areas in maize crop management.

At the P-5, P-12, P-13, P-14 and P-15 points, there was a high permeability, in the areas with rooted raising and riparian forest. At P-1, P-2 and P-10, they presented very high permeability, with the presence in these areas of riparian and native forest, with shrub and herbaceous zones that facilitate water infiltration, according to Figure 4. For Muschler (1999), the presence of trees increases the contribution of organic matter in soils, which increases its water infiltration and absorption capacity, conserves moisture and, consequently, reduces the risk of erosion.

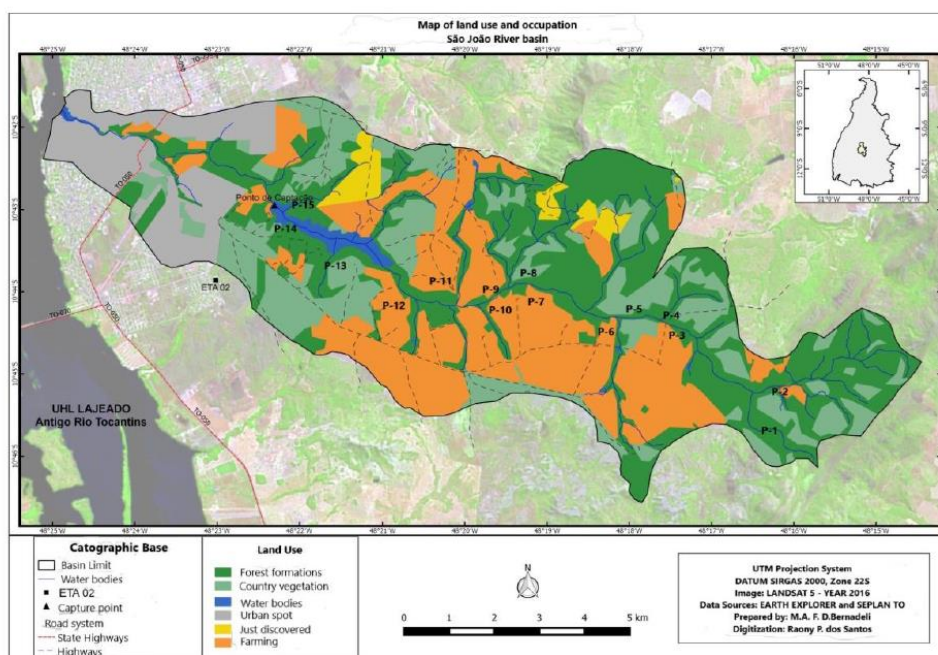


Fig. 4 - Chart of soil use and occupation of the São João River Basin
Source: Bernadeli (2017) adapted

The main environmental problems in the river basin are the exposed soil caused by the intense deforestation for the planting of monocultures and soil impermeabilization. Santos and Pereira (2013), in a work in a sub-basin of the Maracanã River in São Luiz, state of Maranhão, found permeability that varied in a low to high range.

On-site infiltration tests showed an average infiltration velocity of 0.092 cm.m⁻¹ and reached saturation after 60 minutes (1 hour) of the experiment, according to Figure 5.

20

Citation: Angelo Ricardo Balduino, Diogo Pedreira Lima, Cleber Decarli de Assis, Albano Dias Pereira Filho, Lucas Barbosa e Souza and Márcio Galdino dos Santos, 2018. Bathymetric survey and characterization of the bottom sediment in the public supply reservoir of the municipality of Porto Nacional, Legal Amazon, state of Tocantins, Brazil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences.*, XX(X): XX-XX.

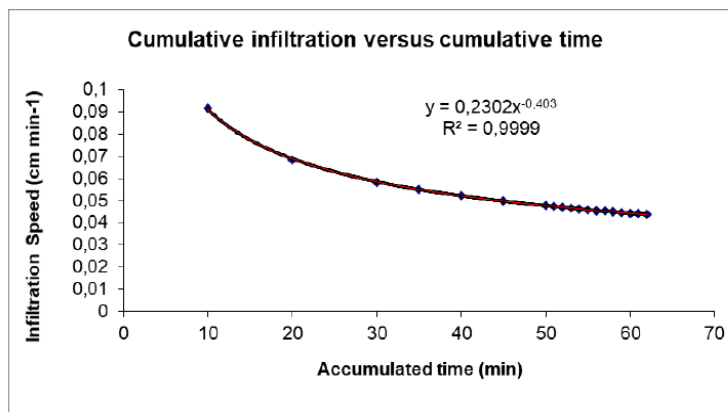


Fig. 5 - Infiltration speed curve in the São João River Basin.

The accumulated infiltration presented an average of 4.7 cm, evidencing that the test begun with the soil minimally humid, since it had rained a few days earlier in some points, according to figure 6. Pereira et al (2015), in a field work experimental study from the Federal University of Bahia, presented infiltration velocity of 0.18 cm.min⁻¹, reaching saturation after 110 minutes, with infiltration of 12.3 cm.

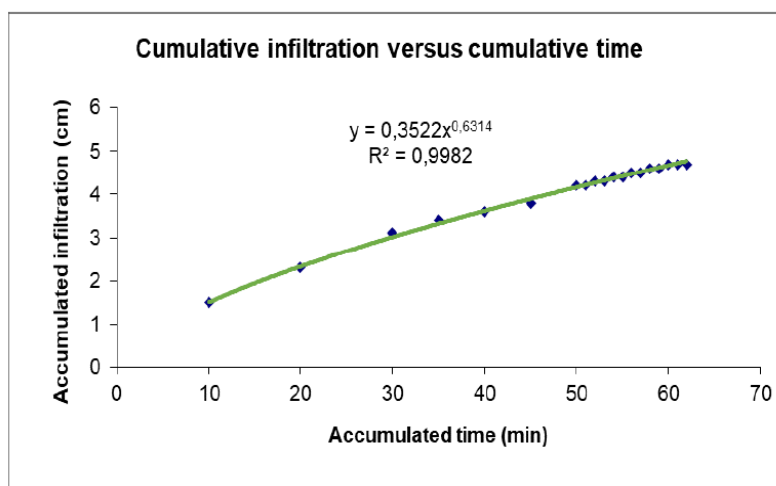


Fig. 6 - Curve of the infiltration accumulated in the São João River Basin.

The results show the inverse relationship between infiltration velocity and accumulated infiltration, which makes it evident that velocity tends to decrease until saturating with time, and accumulated infiltration tends to increase. According to Nunes et al (2012), probably the vegetal cover made it easier to infiltrate the water, in the preferred paths formed by the roots, which consequently allows a higher rate of infiltration.

Conclusion:

The present study searched, through the infiltration tests on-site with double ring infiltrator, to know the behavior of water infiltration in the São João river basin, associated with the knowledge of the soils in the area, in which it subsidized the elaboration of the chart of soil use and occupation to water infiltration in the soil in the basin

The areas of pasture and soybean planting presented low permeability due to the impacts caused by the use and occupation of the soil without a previous plan for this basin, which is extremely important for the coaptation of water that supplies the municipality, with the recommendation of a potential study of potentiality and vulnerability of hydrographic basin characteristics. The possible causes are linked to the intense mechanized monoculture due to the expansion of the agricultural frontier.

The areas of root cultivation and riparian and native vegetation showed high permeability, because in these sites there is a characteristic arboreal-shrub vegetation of the savanna, with the presence in the area of riparian forest of many buritis, which are bioindicators of the quantity and quality of water. The soil with vegetation cover tends to have a higher rate of infiltration due to the presence of channels formed by the roots, microbiological activity and the presence of organic matter, such as the leaves, organic matter and roots, causing the precipitation of water to concentrate around this climate, thereby increasing the time of infiltration and decreasing the instantaneous flow.

The difference in infiltration velocity with and without vegetation cover in the studied basin was high, reaching 47.83%. Using a river basin as a planning unit for the renewal of water resources enables us to study the environmental impacts of anthropogenic activities. For this reason, it is recommended that temporary hydrographic basin studies be performed in order to have a strategic hydrological replacement planning, as well as measures guiding and controlling the use and occupation, which are of extreme importance, since only then will potentialities and weaknesses be diagnosed for a balance to be struck between man and nature, so that the public power can deliberate the desirable economic and ecological zoning, without detriment to the environment, and consequently, a better quality of life for the population..

Citation: Angelo Ricardo Balduino, Diogo Pedreira Lima, Cleber Decarli de Assis, Albano Dias Pereira Filho, Lucas Barbosa e Souza and Márcio Galdino dos Santos, 2018. Bathymetric survey and characterization of the bottom sediment in the public supply reservoir of the municipality of Porto Nacional, Legal Amazon, state of Tocantins, Brazil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, XX(X): XX-XX.

ACKNOWLEDGMENTS

To the Federal University of Tocantins (UFT), Tocantinense Institute President Antonio Carlos and Federal Institute of Tocantins (IFTO), through the Graduate Program in Environmental Sciences and Research, Innovation and Postgraduate Coordination for the financial support granted for the publication of the scientific article.

REFERENCES

- BALDUINO, A.R.; SANTOS, M.G.; SOUZA, L. B.; LIMA, D. P.; CARVALHO, A. P. Hydric balance and climatic classification of the city of Porto Nacional, state of Tocantins, inserted in the Legal Amazon, Brazil. Vol 5, Issue-3, Mar- 2018.
- BERNADELLI, M. A. F. D. SÃO JOÃO stream basin & Water safety urban supply of the municipality of Porto Nacional - TO. Dissertation. Graduate Program in Geography. Federal University of Tocantins. Porto Nacional – TO.
- Brandão, V. S.; Silva, D. D.; Ruiz, H. A.; Pruski, F. F.; Schaefer, C. E. G. R.; Martinez, M. A.; Menezes, S. J. M. C. Hydraulic resistance of the crust formed in soils subjected to simulated rainfall. *Brazilian Journal of Soil Science*, v.30, p.13- 21, 2006.
- CARVALHO, D. F., SILVA, L. D. B. *The Hydrology Handbook*. Chapter 5. Rio de Janeiro. 2006. 69p.
- Chowdary, V. M.; Rao, M. D.; Jaiswal, C. S. Study of infiltration process under different experimental conditions. *Agricultural Water Management*, v.83, p.69-78, 2006.
- GONDIM, T. M. S.; WANDERLEY, J. A. C.; SOUZA, J. M.; FEITOSA FILHO, J. C.; SOUSA, J. S.; Infiltration and velocity of infiltration of water by the ring infiltrator in sandy-clay soil. *Brazilian Magazine of Environmental Management*, (Pombal – PB – Brasil) v.4, n.1, p. 64-73 January/December, 2010.
- IBGE – Brazilian Institute of Geography and Statistics. Ministry of Planning, Budget and Management, Cities @, Brasília, 2016. Available in: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat>. Acesso em 19/04/2018.
- KOSTIAKOV, A.N. On the dynamics of the coefficient of water - percolation in soils and on the necessity for studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. *Trans. 6th comm. Intern. Society Soil Science, Moscow, Part A*, 17-21, 1932.
- MIRANDA, Ricardo Augusto Calheiros de; OLIVEIRA, Marcus Vinicius Siqueira de; SILVA, Danielle Ferreira da. Planetary hydrological cycle: approaches and concepts. *GEOUERJ*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 21, p. 109-119, 2010.
- MORAIS, F. Study of the pedogeomorphological factors involved in infiltration in recharge zones in the metamorphic complex Bação-MG, 2007. 191f. Thesis (PhD in Crustal Evolution and Natural Resources). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2007.
- MUSCHLER, R.G. 1999. Árboles en Cafetales. Módulos de Enseñanza Agroflorestal. Turrialba: CATIE/GTS.
- NUNES, J.A. S.; SILVEIRA, M. H.D.; SILVA, T. J.A.; NUNES, P. C. M.; CARVALHO, K. S. Infiltration velocity by the concentric ring infiltrator method in RED LATO SOIL of savanna. *Encyclopedia Biosphere*, v.8, n.15; p. 1685, 2012.
- OLIVEIRA, M. G. N.; FRANÇA, W. B. Analysis and Evaluation of the São João river basin for distribution. Porto Nacional, 2014. TCC (Bachelor in Civil Engineering) Instituto Tocantinense President Antonio Carlos.
- PEREIRA, M.M., MOURA, R. S., CAMPOS, A. R. F., LIMA, J. G. A., SILVA, M. G., VIANA, P. C. Determination of infiltration velocity by ring infiltrator method. XXV CONIRD – National Congress of Irrigation and Drainage. 1066-1071 p. Universidade Federal de Sergipe - São Cristóvão. Sergipe. 2015.
- PINHEIRO, A., TEIXEIRA, L. P., KAUFMANN, V. Capacity of water infiltration in soils under different uses and practices of agricultural management. *Privacy Policy – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*: v. 4, n. 2, 2009.
- RADCLIFFE, D. E.; SIMUNEK, J. *Soil physics with hydrus: modeling and applications*. Florida: CRC Press, 2010.
- RANZANI, G. Soil chart of the municipality of Porto Nacional and Ipueiras. Palmas. Miolo, 1999. 91p.
- REICHARDT, K. *Water in agricultural systems*. São Paulo: Manole, 1990.
- RODRIGUES JUNIOR, S.; TARGA, M.S.; BATISTA, G.T. & DIAS, N.W. 2007. Compensatory forest with a view to water retention in the soil of the Ribeirão Itaim basin, Taubaté, SP. In: WATER RESOURCES SEMINAR OF THE SOUTH PARAÍBA HYDROGRAPHIC BOWL: THE EUCALYPTUS AND THE HYDROLOGICAL CYCLE, 1, Taubaté, 2007. Extended Abstracts, Taubaté, p.67-73.
- SANTOS, G.G.; NORI, P.G.; OLIVEIRA, L.F.C. Heavy rains related to water erosion. *Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering*, Campina Grande, v. 14, n.2, p.115-123, 2010.
- SANTOS, J. N., PEREIRA, E. D. Letter of susceptibility to soil water infiltration in the Maracanã River sub-basin - MA. *Cad. Pesq.*, São Luís, v. 20, n. special, July 2013.
- SILVA, A. A. F. Geoprocessing applied to the analysis and geomorphological mapping of the. Porto Nacional, 2010. TCC (Bachelor of Geography) Federal University of Tocantins.
- TARGA, M.S., BATISTA, G.T., DINIZ, H.N., DIAS, N.W., MATOS, F.C. Urbanization and surface runoff in the Igarapé basin of Tucunduba, PA, Brazil. *Privacy Policy - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*: v. 7, n.2, 2012.
- VIEIRA, H.A. Behavior of four infiltrometers in determining the rate of basic infiltration of water into soil. Viçosa: UFV, 1997. 52p. Master Thesis.

APÊNDICE D – ARTIGO 4

MONITORING OF WATER QUALITY IN THE BASIN OF SÃO JOÃO RIVER AND DETECTION OF AGROCHEMICAL GLYPHOSATE IN THE WATER RESERVOIR FOR URBAN SUPPLY IN THE MUNICIPALITY OF PORTO NACIONAL - TOCANTINS, BRAZIL

Balduino, Angelo Ricardo¹, Reis, Deusiano Florêncio dos², Filho, Albano Dias Pereira³, Souza, Lucas Barbosa⁴, Santos, Márcio Galdino⁵.

1. Department of Environmental Sciences, Federal University of Tocantins, Palmas – Tocantins State, Brazil. E-mail: angelo.balduino@uft.edu.br
2. Department of Environmental Sciences, Federal University of Tocantins, Palmas - Tocantins State, Brazil.
3. Department of Mathematics and Statistics, Federal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins, Porto Nacional – Tocantins State, Brazil.
4. Department of Environmental Sciences, Federal University of Tocantins, Palmas – Tocantins State, Brazil.
5. Department of Environmental Sciences, Federal University of Tocantins, Palmas – Tocantins State, Brazil.

Abstract: In this work it was applied the Water Quality Index (IQA) with the goal to evaluate the water quality and detect the concentration of agrochemical glyphosate in the water reservoir for urban supply of the São João River, in Porto Nacional, in the state of Tocantins, which is the main source of supply and has been suffering several aggressions, like, for instance, its exploration for agriculture and livestock purposes, where several water irrigation sources are located. In this study it was performed a monitoring process of the water quality in the São João River, which is a hydric source of major importance for the municipality and has multiple uses, like fishing, leisure of primary contact, supply, landscape harmony, among others. The analyzed parameters in this work were: temperature, oxygen, pH, total of nitrogen, total of phosphorous, total of coliforms, total of solids and turbidity, in the months of August 2017 to September 2018, and they were used in the calculation of the quality index of the National Sanitation Foundation (IQA-SNF) and the concentrations of the agrochemical glyphosate in the sediments of the water reservoir for urban supply at the same period. The obtained results showed that the water in the São João River may be categorized as being of average quality with an average of 69,10 according to the NSF, although some parameters compared in relation to the environmental legislation were in disagree with the standards established by the Resolution 357/2005 of the National Environment Council (CONAMA) for fresh water of class two. As for the concentration of the agrochemical glyphosate, it did not presented numbers above the limit allowed by the Resolution CONAMA 357/2005 which obtained an average of approximately 0,05 ug/L during the period of the study, but it is worth to point out that during the raining season the average went to the mark of 0,09 ug/L, which are values next to the allowed limit by the European Union, indicating the accumulation in the long term.

Keywords:

IQA

Glyphosate

River Basin

1 Introduction

Water is one of the main natural resources for the society, being indispensable for our survival. Approximately one billion people, or one in seven people in the world, do not have access to fresh drinking water. A large part of the world's population does not have access to basic sanitation services and about 20% of the world's hydric systems, which maintain the sustainable development of ecosystems and feed a large part of the human population, are under water scarcity conditions. Rivers, lakes and aquifers are reducing their volume and becoming too polluted for consumption (JACOBI, 2015).

Several authors state that the problems related to water quality are the result of the inadequate provisions of solid and liquid waste, whether of industrial or domestic origin, changes caused by agricultural practices, livestock and developments for the generation of energy, all of which having major impacts on the natural processes in the river basins. According to Bohner et al (2011), agricultural practices and the natural vulnerability of the aquifer may represent a high level of negative impacts, thus rendering water unfit for consumption.

The environmental index and indicators were established as a result of the growing concern with the social aspects of human development, a process that requires a greater number of information, in a complexity degree. On the other hand, indicators have become fundamental in the decision-making processes of public policies and in the monitoring of their effects (Sperling, 2005). The monitoring of the quality of a river basin area through sampling process has the goal of obtaining quantitative and qualitative information, with specific purposes, such as the physical-chemical, biological and ecological conditions, besides framing any given body of water in classes or for inspection and control effects.

The pollutants reach the water through precipitation, infiltration, drainage, erosion, among other forms. According to Carneiro et al. the data collected by the National Agency of Health Surveillance (ANVISA) and Agrochemical Industry Observatory of the Federal University of Paraná (UFPR), released during the II Seminar on Agrochemicals and Regulation Market, held in Brasília, Federal District, in April 2012, stated that, while in the last 10 years the world market for agrochemicals grew 93%, the Brazilian market grew 190%.

The correlation between water quality and sanitation is pretty close, because it has the function of promoting a better quality of life for the population. Anthropogenic activities associated with industrialization and agriculture have contributed greatly to the deterioration of the quality of both surface and groundwater used for public supply, resulting in a risk for human health and aquatic ecosystems (MUDIAM et al. al., 2012). In view of this reality, this study determined the water quality in the São João River basin through the Water Quality Index (IQA-NSF), and to detect concentrations of glyphosate agrochemical in the water reservoir for urban supply, in the municipality of Porto Nacional, State of Tocantins, from August 2017 to September 2018, and verifying if they meet the standards established by Resolutions 357/2005 of the National Environmental Council (CONAMA).

2 Materials and methods

2.1 Study Area

The study was performed in the São João River basin, which has a drainage area of approximately 81.97 km², presenting seven drainage channels with a total length of 35.5 km, with a length of 15.75 km as its main channel, basin length of 22 km, and with the watershed representing a perimeter of 46.26 km and an altimetric range of

323 meters (OLIVEIRA and FRANCE, 2014). It is located in the municipality of Porto Nacional (Figure 1), with an area of 4,464.11 km², corresponding to 1.61% of the total area of the state of Tocantins, and with an estimated population of 52,510 inhabitants (IBGE, 2018) and in a distance of 62 km from the capital Palmas.

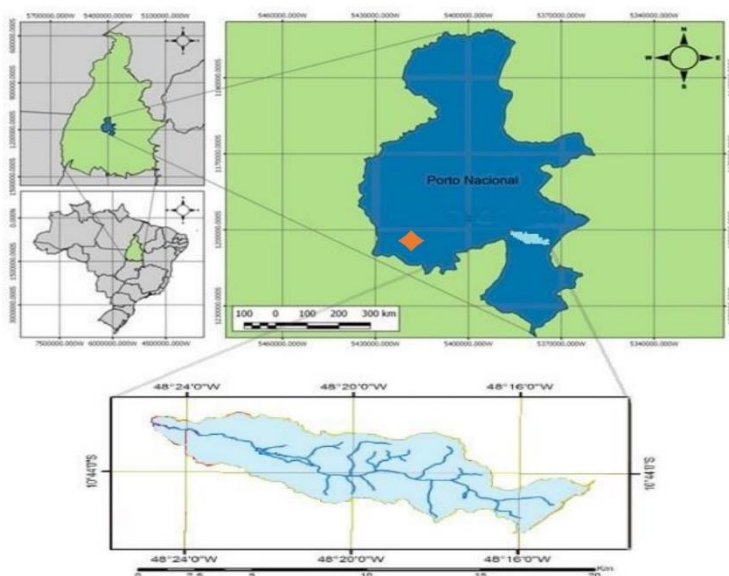


Fig. 1 River Basin of the São João River in the municipality of Porto Nacional – Tocantins.

According to Balduino et al. (2018), the climate of Porto Nacional is Sub-humid, with two well-defined seasons, rainy and dry, with the dry happening in the winter season in which it presents moderate and megahermic water deficiency, with high annual values of potential evapotranspiration, with 28.29% of this evapotranspiration concentrated in the summer season, and can be defined by the formula $C2wA'a'$, and in the last 20 years of analysis, the annual average precipitation and temperature were, respectively, 1563 mm and 27,28°C. The dominant natural vegetation in the basin area corresponds to the savanna.

The samples were collected at three main points (PI, PII and PIII), according to **Table 1**, distributed along the water body, according to Figure 2, during fourteen months, from August 2017 to September 2018, with the first months of August to September 2017, June to September 2018, which corresponded to the dry season, and from October 2017 to May 2018, which corresponded to the rainy season.

Table 1 Location of the points of water collection of the São João River in Porto Nacional, Tocantins, in the months of August 2017 to September 2018.

Point (P)	Latitude (S)	Longitude (W)	Place of Reference
I	10°44'16,34"	48°17'38,17"	Source (Pilão Farm);
II	10°44'14,22"	48°20'15,37"	Quilombola Community;
III	10°43'04,52"	48°22'19,77"	Water reservoir of urban supply

For the selection of water collecting points in the São João River basin, it was performed bibliographic studies related to the area and field visits to obtain information that could help the definition of collecting points and possible causes of water contamination.

2.2 Analysis of quality parameters of the water samples

In order to perform the study in the São João river basin, three water sampling points were established, and the collection, transport and analysis of the samples were followed by the Standard Methods methodologies (APHA, 2005). The water quality parameters evaluated in this work were: temperature, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, pH, total nitrogen, total phosphorus, turbidity, total coliform, total solids and glyphosate agrochemical concentration in the sediment.

It were analyzed 42 water samples for microbiological and physicochemical parameters and 14 sediment samples from the urban supply reservoir (capture dam), which were collected on fourteen occasions from August 2017 to September 2018, and in each sampling of the three points, the samples were collected and sent to the laboratory on the same day, in an period of approximately 30 days (monthly), with eight months in the rainy season, and six months in the dry season.

2.3 Field Methodology

The field samples were taken with a river collector according to the NBR-9897, in a superficial manner, with a depth of approximately 20 cm, collecting one liter of water, and for the analysis of the concentration of the agrochemical glyphosate it was collected the background sediment in the water reservoir, which were performed using the Pertesen type sampler, and in situ measurements were performed with portable devices specific to each parameter. The temperature of the water and the dissolved oxygen were determined in locu with oximeter model SL 520, according to the protocol of the apparatus.

2.4 Laboratory Methodology

The samples were collected in specific bottles for each parameter, packed in thermal boxes containing ice and sent to the Laboratory of Chemistry/Limnology of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins (IFTO), Porto Nacional, Tocantins campus.

Fecal coliforms (CF) were analyzed by the Colilert technique; Total nitrogen was analyzed by the micro Kjeldahl method; Total Phosphorus through the ascorbic acid method after digestion with ammonium persulfate; Biochemical Oxygen Demand (BOD) were determined by standard method A; Total Solids were analyzed by the porcelain capsule method; Glyphosate was detected by GC / MS (gas chromatograph with mass detector) using capillary columns containing several stationary phases and the use of selective detectors; according to the methodologies described in **Table 2**, established by the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

Table 2 Parameters and Techniques Used

Parameters	Analytical Technique	Unit
Turbidity	APHA (2005), Direct Measurement	NTU
pH	APHA (2005), Direct Measurement	Scale
DBO	APHA (2005), Differentiation	mg/L
Total Phosphorus	APHA (2005), Differentiation	mg/L
Total Waste	APHA (2005), Evaporation	mg/L
Total Nitrogen	APHA (2005), Differentiation	mg/L
Fecal Coliforms	APHA (2005), Colilert	NMP/100 ml
Glyphosate	APHA (2005), Detection	µg/L

2.5 Calculation of the Water Quality Index (IQA)

The IQA was calculated by the multiplicative weighted mathematical form of the water quality corresponding to the parameters: sample temperature, pH, dissolved oxygen saturation percentage, biochemical oxygen demand (5 days, 20 ° C), fecal coliforms, total nitrogen, phosphorus total solids and turbidity. Being exposed by the equation:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (\text{Equation 1})$$

Where:

IQA: Water Quality Index, a number between 0 and 100;

qi: quality of the ith parameter, a number between 0 and 100, obtained from the respective average curve of quality variation for each parameter, depending on its concentration or measurement;

wi: weight corresponding to the i-th parameter or sub-level, a number between 0 and 1 (**Table 3**), attributed as a function of its importance to the overall conformation of quality, where:

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1 \quad (\text{Equation 2})$$

In which:

n: number of parameters that are part of the IQA calculation

Table 3 Parameters and weights for the calculation of IQA – NSF

PARAMETERS	WEIGHT (WI)
Dissolved (OD)	0,17
Thermotolerant Coliforms (CTe)	0,16
Potential Hydrogenion (pH)	0,11
Biochemical Oxygen Demand (BOD)	0,11
Nitrates (NO ₃)	0,10
Phosphates (PO ₄)	0,10
Temperature (T)	0,10
Turbity (Turb)	0,08
Total Dissolved Solids (STDs)	0,07
Σ	1,0

The water quality classification for the river water was performed according to the levels specified in **Table 4**.

Table 4 Quality level or water classification according to IQA-NSF result

Quality Level	Range
Excellent	90 < IQA ≤ 100
Good	70 < IQA ≤ 90
Average	50 < IQA ≤ 70
Bad	25 < IQA ≤ 50
Very Bad	0 < IQA ≤ 25

3 Results and discussion

The results of the physical, chemical and bacteriological parameters of the surface waters of the São João River were used in the calculation of the IQA for the months of August 2017 to September 2018. The classification of the water quality of the São João River was performed according to the values recommended by the National Sanitation Foundation.

The IQA-NSF behavior presented a variation of 60.75 to 76.19 during the study period, as shown in **Figure 2**. The study demonstrated that according to the IQA values, the water quality of the river basin may be categorized as average for most of the period. The study showed that 64.29% can be classified in the "average" category and 35.71% can be classified in the "good" category.

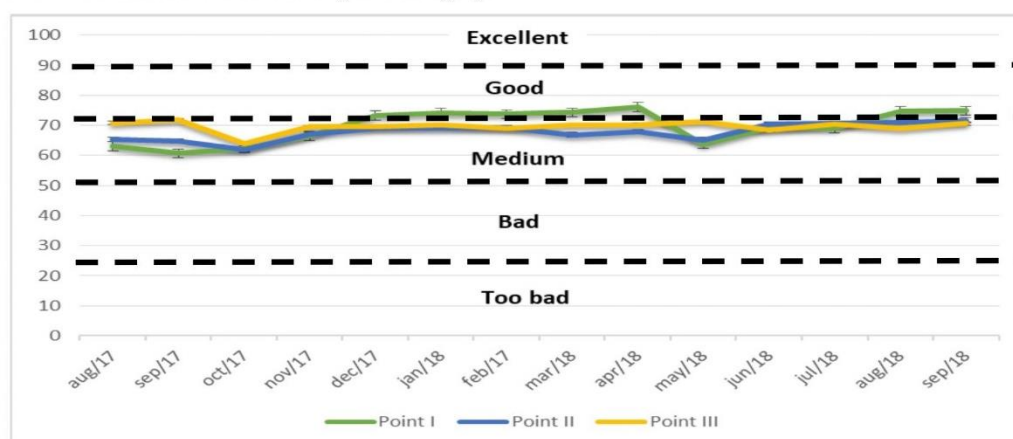


Fig. 2 Representation of the topography of the public supply reservoir located in Ribeirão São João, municipality of Porto Nacional – Tocantins State.

The factor that strongly influenced this behavior was the use of the soil due to the agricultural and urban expansion, as explained by Bernadelli (2017) in **Figure 3**, which shows the use and occupation of the soil, where two study points are in the rural area and one point is in transition, urban and rural, which is located in water dam for urban supply. A study performed by Carvalho et al (2016), the IQA in the rural area of the same hydrographic basin under study was classified as "good", which shows after the intense agricultural activities that the quality of this water is diminishing in level. In the urban area, the author categorized the water from average to bad in rainy and dry seasons, where he stated that in areas where urban activities predominate, they were responsible for low quality levels.

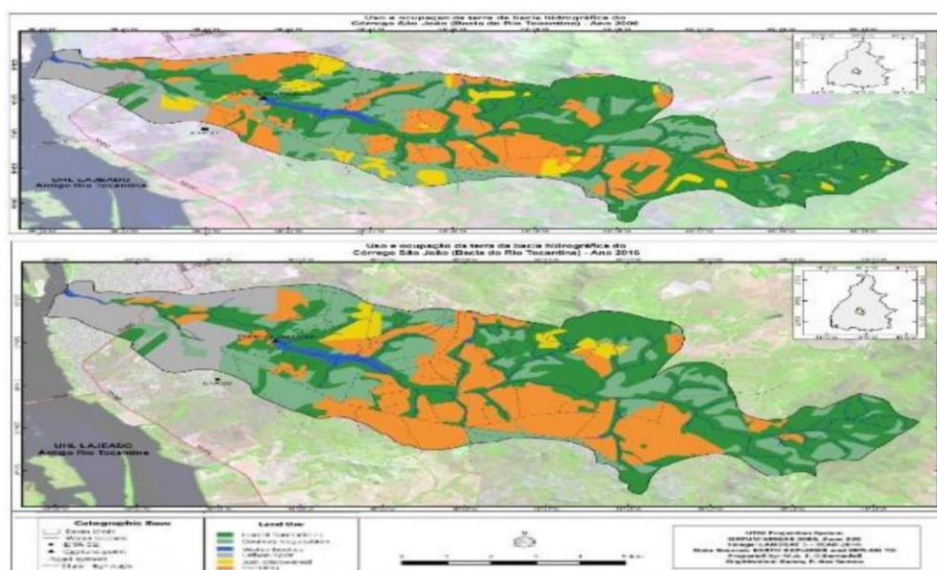


Fig. 3 Soil use and occupation in 2006, 2011 and 2016 in the river basin of São João River

3.1 Temperature

The temperature is categorized as one of the most important parameters, as it directly affects the physical and chemical processes performed in the body of water. In the study period, the average temperature was 25.6°C, and the point that maintained the highest temperature was point three (PIII) with 30.4°C and the minimum temperature was 23.3°C at point one (PI), showing an amplitude of 7.1°C, according to **Figure 4**. The lower temperatures at point one, located at the source of the basin, may be related to the preservation of the riparian forest in which there is an expressive presence of the vegetation.

In the dry season, it was observed that the water temperature was high in relation to the rainy season, due to the high temperature, and, consequently, to the low water level in the basin. Carvalho (1997), Dourados (2008), Balduino (2013), Pugas (2016) and Carvalho (2016) in similar studies found variations between 21.3°C and 32.4°C, which showed that the results obtained in this study are within the common range of the study area.

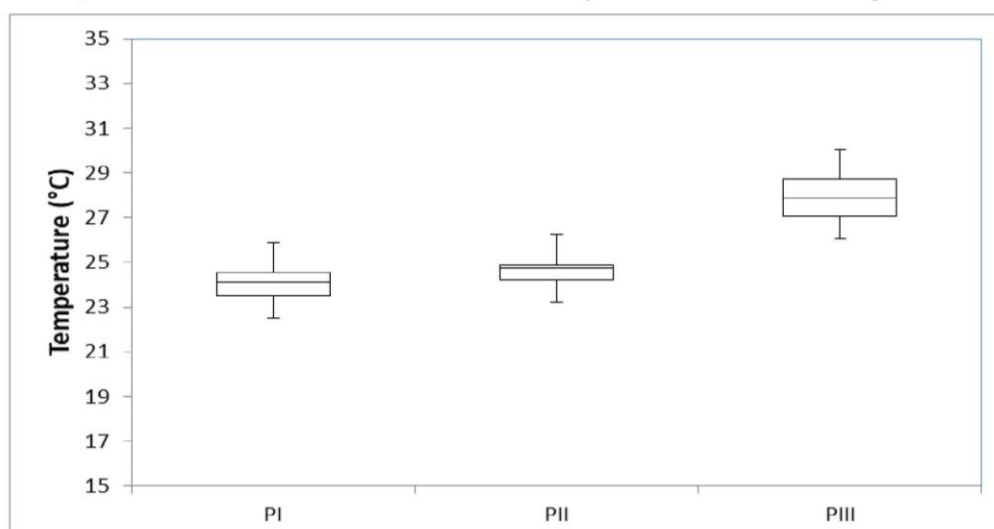


Fig. 4 Water temperature in the São João River on the period of August 2017 to September 2018

3.2 Hydrogen Potential

In relation to the pH, the values ranged from 5.89 to 6.69, with the minimum being recorded in September 2017 in the PI and the maximum also in the same month in the PIII. Ecosystems that have low pH values have high concentrations of dissolved organic acids of allochthonous and autochthonous origin. In these ecosystems, high concentrations of sulfuric, nitric, oxalic, acetic, as well as carbonic acid (VASCONCELOS; SOUZA, 2011).

Rivers that cross through wetlands also have waters with a very low pH, due to the presence of decaying organic matter. Mangrove rivers are also included in this category (Maier, 1987). In **Figure 5** it can be observed that the pH values were within the limit stipulated by CONAMA Resolution 357/2005 for class two, which fixes the pH range of 6 and 9, but with values closer to the minimum limit of 6, showing values slightly acidic, according to Derisio (1992) reference for pH values lower than 7.

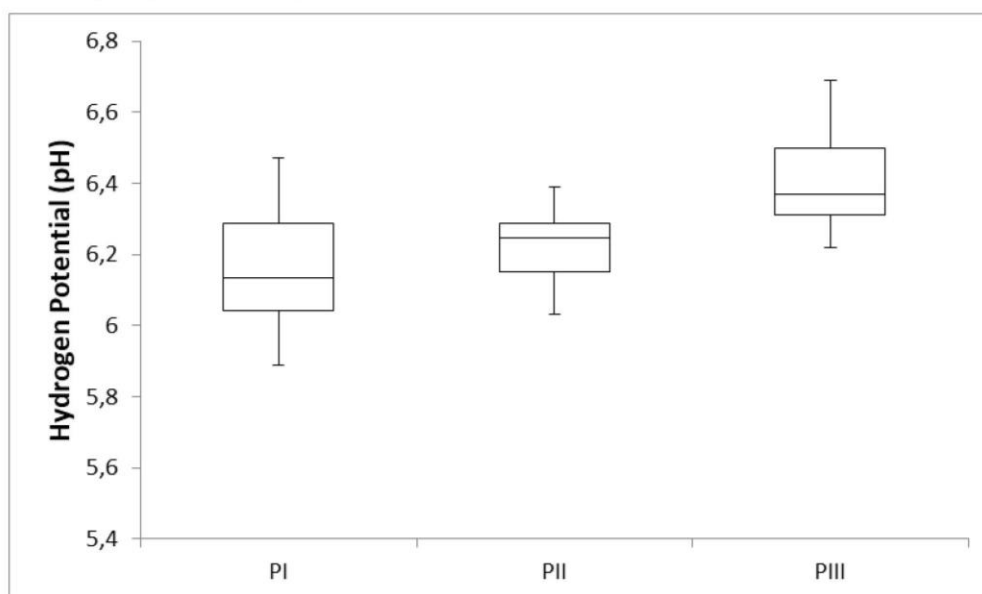


Fig. 5 pH along the São João River from August/2017 to September/2018

3.3 Dissolved Oxygen

Figure 6 shows the amount of dissolved oxygen in the water. The maximum value of 5.12 mg.L⁻¹ was obtained in August 2017 in the PIII and the minimum value of 3.87 mg.L⁻¹ occurred in October 2017 in the PI, with an average in the study period of 4.83 mg.L⁻¹ lower than the minimum value of 5 mg.L⁻¹ determined by the CONAMA Resolution 357/2005 for class two. The obtained data show that in 52.4% of the analyzes the levels of dissolved oxygen were below the established resolution limit.

The low values obtained are characteristic of environments with high organic load, since decomposing organisms consume high concentrations of oxygen in the stabilization of the organic matter. For Esteves (2011), dissolved oxygen is one of the most important gases in the dynamics and characterization of aquatic ecosystems, having as main sources the atmosphere and photosynthesis. According to Oliveira et al. (2010), this photosynthetic action is only expressive after much bacterial activity occurs in the decomposition of organic matter, and also with the development of protozoa that, in addition to decomposers, also consume bacteria by clarifying the water and allowing the penetration of light.

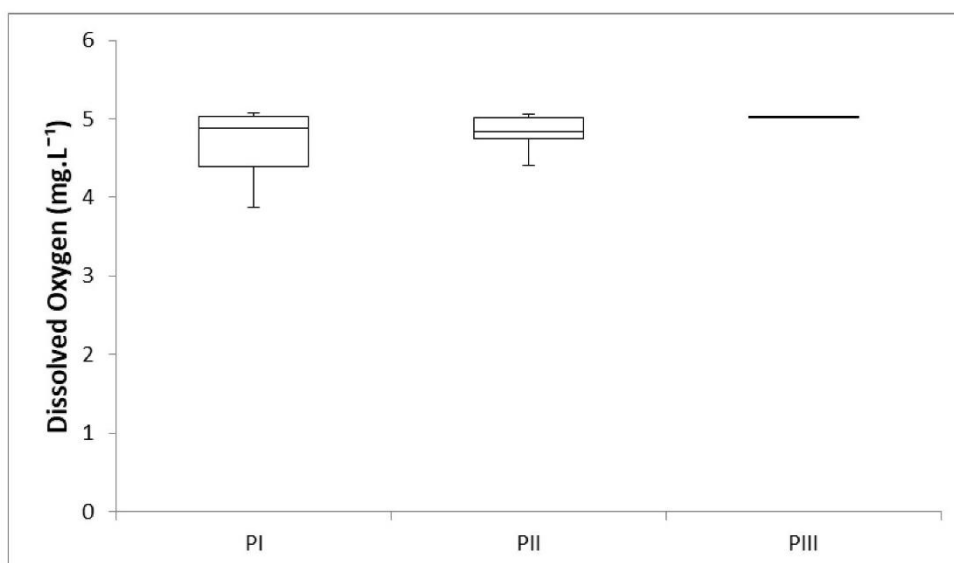


Fig. 6 Dissolved Oxygen along the São João River from August 2017 to September 2018

3.4 Total of Phosphorous

Phosphorous is present in suspended solids solute solids, and in the nature it comes from the dissolution of soils and decomposition of organic matter, since its anthropic occurrence can result from the use of fertilizers, domestic and industrial dumps, detergents and animal excrements (Danelon; Netto; Rodrigues, 2012). **Figure 7** shows the concentration values of total phosphorus in the three points of São João river during the fourteen-month period. It was found that the highest value was of 0.14 mg.L^{-1} in October and December 2017 in PIII and February 2018 in PII, and the lowest value was 0.01 mg.L^{-1} in the IP for the months of August and September 2017 and August and September 2018. The average of the study period was 0.05 mg.L^{-1} , exceeding the limit established by CONAMA Resolution 357/2005 which is 0.03 mg.L^{-1} for class two lentic environments.

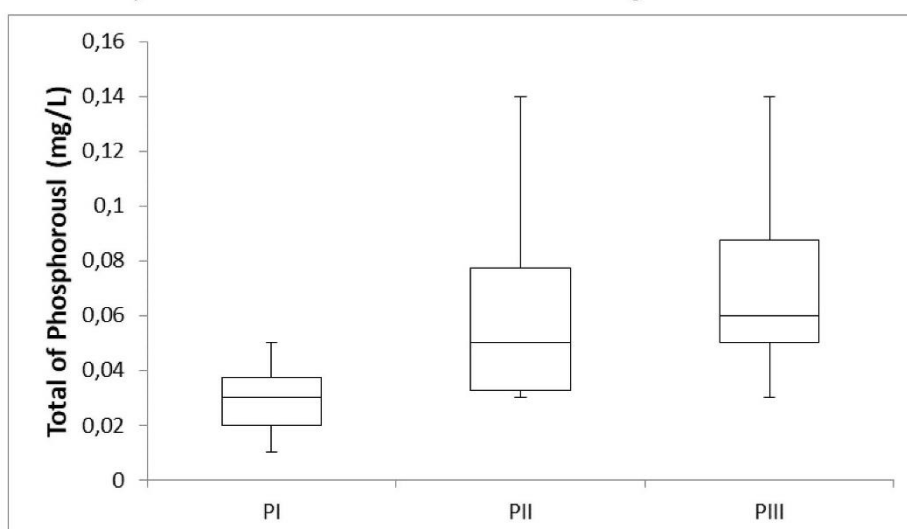


Fig. 7 Total of Phosphorous along the São João River on the period of August 2017 to September 2018

3.5 Total of Nitrogen

According to Esteves (2011), nitrogen is one of the most important elements in the metabolism of aquatic ecosystems, and this importance is mainly due to their participation in the formation of proteins, one of the basic components of biomass. Total nitrogen was present at high concentrations throughout the study period, with the average values observed being 4.77 mg.L^{-1} . **Figure 8** shows the variations of the total nitrogen concentration obtained at the three collection points where it was verified that the lowest value was 3.12 mg.L^{-1} obtained in the IIP in July 2018 and the highest was $6,715 \text{ mg.L}^{-1}$ in the IP in August 2017. Marques (2011) in the Taquaruçu Grande creek in Palmas, evaluated the water quality and obtained values ranging from 2.09 to 7.53 mg.L^{-1} , similar to those obtained in the present study.

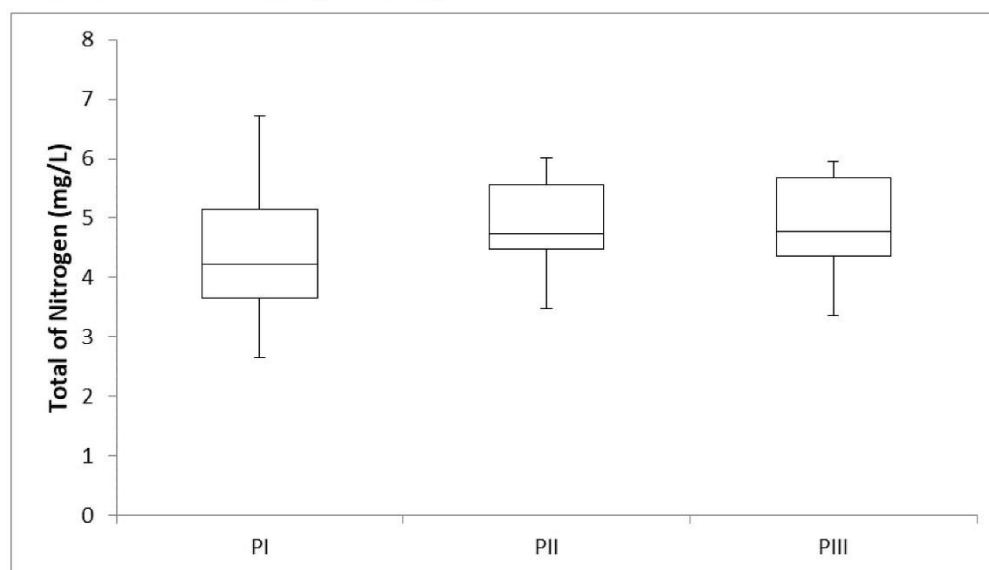


Fig. 8 Total of Nitrogen along the São João River from August 2017 to September 2018.

The results obtained in this work do not meet the standards of the CONAMA Resolution 357/2005, for water of class two, with $\text{pH} (\leq 7.5)$, since the values of total nitrogen cannot exceed 3.7 mg.L^{-1} . The high values of total nitrogen obtained during the study period reveal that the São João river is eutrophic, mainly due to the use of fertilizer agriculture, with sources like surface runoff, infiltration, decomposition of organic matter, agricultural residues, decomposition of organic matter and discharge of domestic sewage. According to Esteves (2011), to oxidize 1 mg of the ammonium ion (NH_3) it is necessary $4,3 \text{ mg}$ of oxygen, causing serious environmental implications, like high mortality values for fishes.

3.6 Biochemical Oxygen Demand

According to CETESB (2009), "The DBO of the water is the amount of oxygen necessary to oxidize the organic matter by aerobic microbial decomposition to a stable inorganic form". The index allowed by CONAMA Resolution 357/2005 for this parameter, class two water, should be less than 5 mg.L^{-1} . The biochemical oxygen demand concentration of the analyzed water ranged from 1.39 to 3.04 mg/L , with an average of 2.06 mg/L in the study period. As can be seen in **Figure 9**, during the study period all DOB values have always been below 5 mg/l , which is the maximum value established for class two rivers, according to the CONAMA Resolution 357/2005, something that points to the fact that there is no evidence of pollution by biodegradable organic matter

for the basin under study, in which, according to this resolution, the waters are considered clean and proper to ecological preservation.

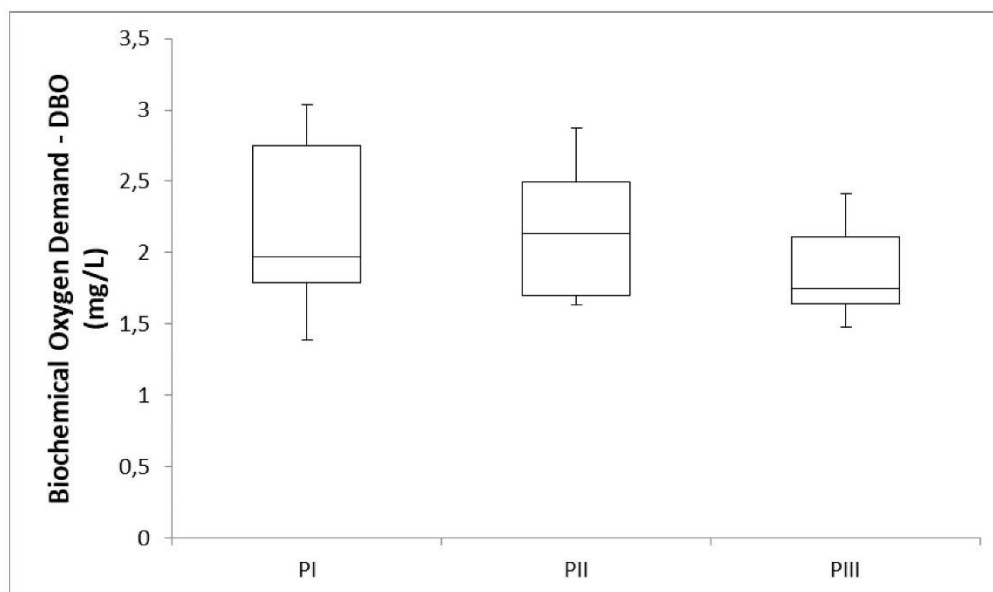


Fig. 9 Biochemical Oxygen Demand along the São João River from August/ 2017 to September/2018.

3.7 Turbidity

The quality standard for class two river waters, established by the CONAMA Resolution 357/2005, is of a turbidity level lower than 100 NTU (Turbidity Units). The turbidity of water is related to the amount of dissolved organic matter and suspended solids, which vary in size, from colloids to larger particles, which are deposited with a size larger than $1\mu\text{m}$ (APHA, 2005). From a sanitary point of view, when elevated, it can aesthetically affect water bodies or even increase the treatment for various uses.

The turbidity values (**Figure 10**) at the sampling points were below 100 NTU during the series under analysis indicating that there is no pollution, with a minimum value of 2.59 NTU for the IP in September 2018 and a maximum value of 13,7 NTU for IIP in November 2017, with an average of approximately 9.5 NTU in the period under study, and the highest values occurred in the rainy season, which probably occurred due to the transport of solids to the riverbed, and, according to Sperling (2005), if this solid is of a natural origin it cannot bring direct inconveniences to water bodies, but can reduce the penetration of light, damaging the photosynthesis.

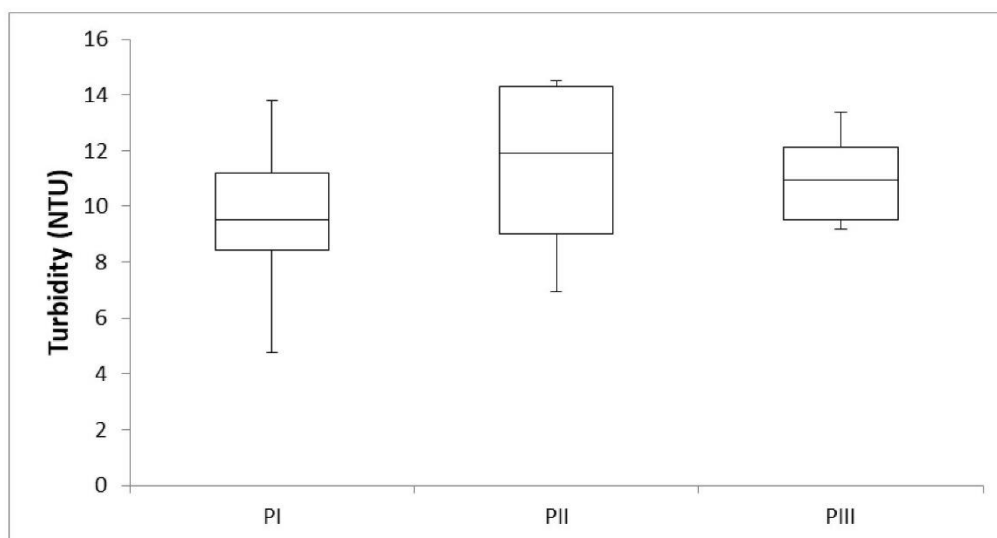


Fig. 10 Turbidity along the São João River from August/2017 to September/2018.

3.8 Thermotolerant Coliforms

Fecal coliforms are a bacteria group present in the feces of humans and animals, and can be found in soil or in water bodies that can be detected through laboratorial examination, and when detected they make the water unfit for human consumption (GIRARDI, 2012). CONAMA Resolution 357/2005 states that for class two waters the value should be less than 1000 NMP/100 mL⁻¹, while CONAMA Resolution 274/2000 referring to bathing this value should be less than 2000 NMP/100 mL⁻¹.

Fecal coliforms were practically present at all points in the analyzed series ranging from 6.5 to 119.1 NMP/100 mL⁻¹ for the PI, 23.7 to 95.7 NMP/100 mL⁻¹ for the PII and 25.9 to 92.3 NMP/100 mL⁻¹ in PIII, with mean values ranging from 45.47 NMP/100 mL⁻¹ in the rainy season and 50.96 NMP / 100 mL⁻¹ in the period of drought in the three study points, according to **Figure 11**. The increase of coliforms in the points under study was possibly due to the contribution of feces from animals (cattle, chickens, etc.) and human feces along the banks of the basin, which carry out animal husbandry and private pits.

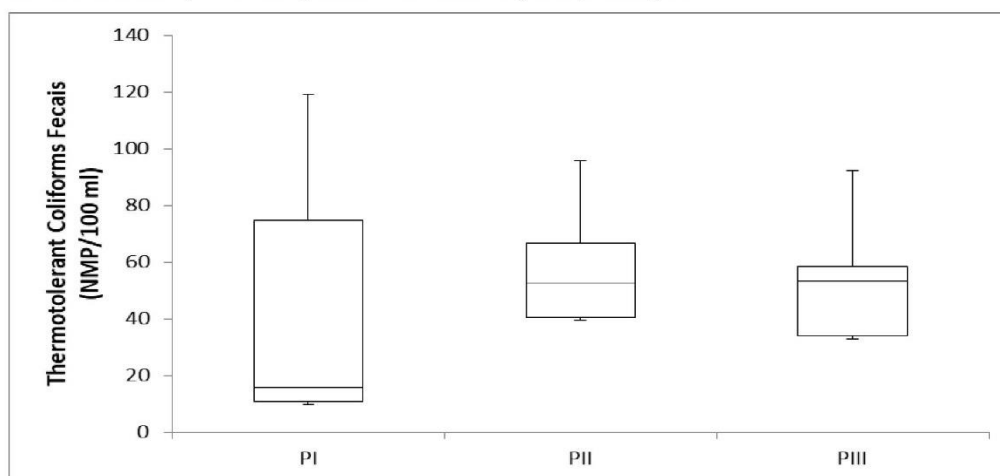


Fig. 11 Fecal Coliforms along São João River from August/2017 to September/2018.

3.9 Total Residues

With the exception of dissolved gases, all water contaminants contribute to the solid loading. According to Resolution 357/2005 of the National Environmental Council (CONAMA), the maximum value allowed for Class Two waters is 500 mg.L^{-1} . The total waste can have as its main sources human wastes, sediments, vegetation, stones, among others, generated by the energy of the precipitation through the erosion and the transport by the flow. (Carvalho et al., 2016).

The total dissolved solids concentrations in the studied period ranged from 2.18 mg.L^{-1} to 8.27 mg.L^{-1} , with an average for the study period of 6.22 mg.L^{-1} (Figure 12). As for class two waters, it was verified that this limit was not exceeded in the study period at all points, there being no restriction of the use of this water in relation to this parameter.

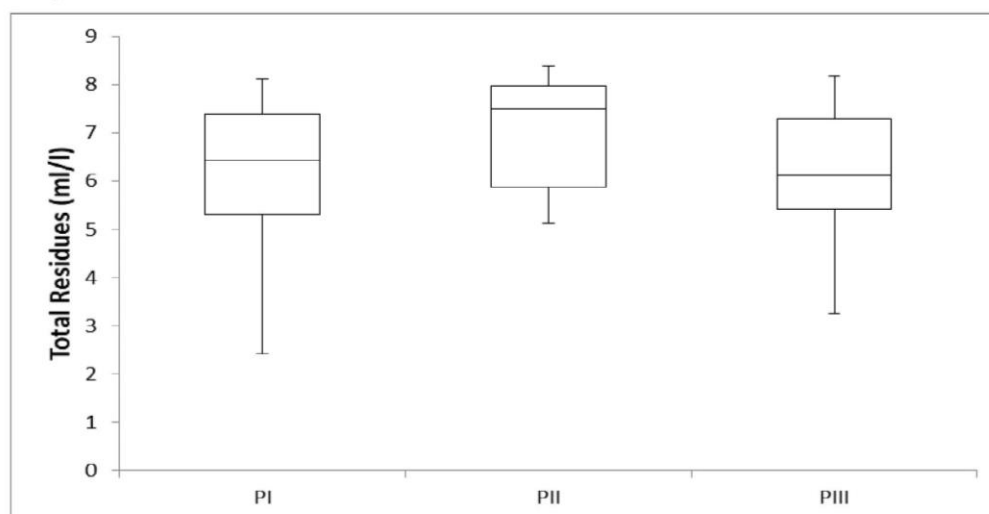


Fig. 12 Total Residues along the São João River from August/2017 to September/2018.

3.10 Glyphosate Agrochemical

The detection of the pesticide was performed only in the PIII, where the water reservoir for public supply is located, in which the choice of the collection point of the bottom sediment, according to Balduino et al. (2018), it was determined after the bathymetric survey, according to the water flow and where there is the highest retention in the reservoir, since it will have a greater accumulation of sediment (Figure 13). Another important factor is the sediment characterization, because the clay soil has a greater capacity of retention by the the glyphosate agrochemical, which, in the author's study, the sediment was characterized as clay-silt, being 51.5% clay and 41% silt.

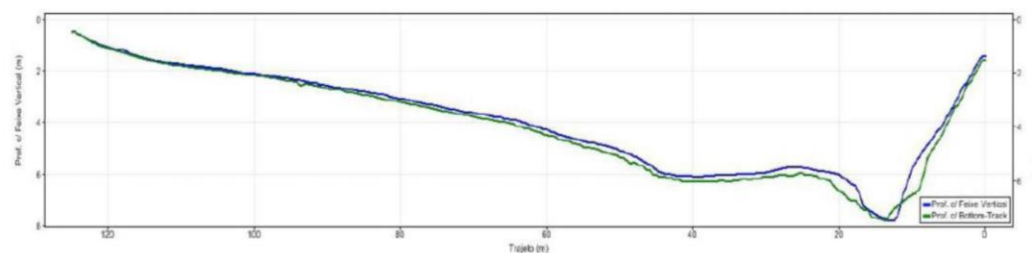


Fig. 13 Representation of the topography of the public supply reservoir located in São João River, municipality of Porto Nacional - Tocantins.

CONAMA Resolution 357/2005 states that for Class Two waters the value should be less than 65 µg/L, and for the Ministry of Health (Brazil 2012), it states that the limit amount is 500 µg/L, however the international parameters such as the United States protection Agency (USEPA) defines the limit of 700 µg/L as the maximum value of the substance in drinking water. In the European Union (EEC, 1980), the established value is 0,1 µg/L for any pesticide. The concentrations of glyphosate agrochemical for the period under study ranged from 0.02 to 0.09 µg/L, with an average of approximately 0.05 µg/L, according to **Figure 14**.



Fig. 14 Concentration of agrochemical glyphosate in the water catchment reservoir for urban supply in São João River, municipality of Porto Nacional - TO.

In the dry season, the average concentration found in the study period was of 0.035 µg/L, while in the rainy season the average concentration was of 0.067 µg/L. Queiroz et al. (2011) states that the substance is present about 60 days after its dispersion in surface waters, where the herbicide can be adsorbed on the sediment and is therefore a long term contamination factor. In addition, sediments are considered as the final reservoir of many classes of contaminants derived from human activity in the environment. It is this ability to accumulate contaminants that are worrying the researchers, precisely because the pesticides are retained in the sediment layer, such as glyphosate, compromising the water quality due to its specific weight (POSSAVATZ et al., 2014). Although ANVISA classifies glyphosate with low toxicity, there are negative effects for human health regarding the association of the formulations with the respective herbicide. Caldas & Souza (2000) reported that in the United States, it is estimated that 35% of all cancer in the population in the northern region originates in the diet, the main factor being the pesticides present in food. According to Korbes et al. (2010), chronic exposure to agrochemical glyphosate may develop symptoms of depression, cancer, teratogenic effects, reproductive toxicity and late peripheral neuropathy.

A case study reported the development of Parkinsonism in a 44-year-old woman exposed for three years to glyphosate in the time she worked in a factory in China. Another case reported the development of Parkinsonism in a man of 52 years after having accidentally spilled on his body glyphosate herbicide (COSTA et al., 2003). Studies with umbilical, placental and embryonic human cell lines showed that five formulations of the Roundup® brand herbicide present in the European market were able to induce necrosis and apoptosis due to

changes in cell permeability. The authors demonstrated the amplification of the cellular toxicity induced by glyphosate due to the presence of adjuvants in these formulations, which enabled the entry of the active principle into the cells, concluding that they are not inert (BENACHOUR & SÉRALINI, 2009).

The consequence of the use of agrochemical glyphosate, as well as its mixtures and damages to human health, mainly the insertion and excessive amount in the environment, its toxicity and accumulation in the supply reservoir only increases the concern with the population of the municipality of Porto Nacional. According to Rego and Barreto (2012), it is estimated that 25 to 33% of the global disease burden can be attributed to environmental risk factors.

4 Conclusions

The analysis of water quality was extremely important because it was able to detect oscillations in the IQA values at the three sampling points, where this factor is due to the dynamics of the use and occupation of the soil, and consequently, the water of each sampling point. Such a factor indicates that the IQA can be a tool for monitoring water quality and establishing trends, as well as clearly communicating to managers and the population about the quality of a river basin.

The results obtained during the study period, with respect to degradation, allowed us to perform a good analysis of the temporal space, which concluded that the waters of São João River did not meet all quality parameters determined by CONAMA Resolution 357/2005 for waters of class two. The NSF IQA calculation of the nine parameters (dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, pH, total nitrogen, total phosphorus, turbidity, total coliforms and total dissolved solids), four (pH, dissolved oxygen, total nitrogen and total phosphorus) disagreed. In the municipality of Porto Nacional, it was verified that the urban supply represents the highest water demand, followed in order of consumption, irrigation, animal and industrial watering. The results obtained with regard to the detection of glyphosate agrochemical did not present values higher than the limit allowed by CONAMA Resolution 357/2005. These results inform us that in the dry season, from April to September 2018, the values ranged from 0.03 to 0.04 µg/L, very different from April of the previous year, which was 0.01 µg/L, and in the rainy season, ranging from 0.06 to 0.09 µg/L, that is, values close to the permissible limit of the European Union, thus indicating the long term accumulation.

The data show that the oscillations of the parameters that were in disagreement were absorbed by others, a situation that could lead to unrealistic diagnoses of the conditions of the aquatic environment. Therefore, the use of the IQA (Water Quality Index) proposed by the NSF does not describe satisfactorily, as well as the limits allowed by the Brazilian legislation for glyphosate agrochemical, therefore, the results indicate that preventive and preservation measures should be adopted in the management of the water resources of this basin, avoiding that in a short time the IQA, currently classified as "regular", is not classified in another class of inferior quality.

ACKNOWLEDGMENTS

To the Federal University of Tocantins (UFT), through PROPESQ (Pro Rectory of Research and Graduate Studies) and Graduate Program in Environmental Sciences for the financial support granted for the publication of the scientific article..

References

- APHA – American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19 ed. Washington D.C.: APHA-AWWA-WPCF. (2005).
- BRAZILIAN ASSOCIATION OF TECHNICAL STANDARDS. NBR 9897: Planning of sampling of liquid effluents and receiving bodies. Rio de Janeiro. (1987).
- BALDUÍNO, A. R. Water quality of the São João river basin in the central-northern region of Brazil in the municipality of Porto Nacional - Tocantins. (2013) 103f. Dissertation (Master in Environmental Sciences) University of Taubaté. Department of Agrarian Sciences. Taubaté, SP. (2013).
- BALDUINO, A.R.; SANTOS, M.G.; SOUZA, L. B.; LIMA, D. P.; CARVALHO, A. P. Hydric balance and climatic classification of the city of Porto Nacional, state of Tocantins, inserted in the Legal Amazon, Brazil. Vol 5, Issue-3, Mar- (2018).
- BALDUINO, A.R.; LIMA, D. P.; CARVALHO, A. P.; MELO, M. A.; SOUZA, L. B.; SANTOS, M. G. Bathymetric survey and characterization of the bottom sediment in the public supply reservoir of the municipality of Porto Nacional, state of Tocantins, Brazil. Vol.12 (7), 120-125. (2018)
- BENACHOUR, SÉRALINI. Glyphosate Formulations Toxicity in Human Cells. Chem. Res. Toxicol, v. 22, n. 1, (2009).
- BERNADELI, M. A. F. D. São João River Stream Basin & Water supply security in the city of Porto Nacional - TO. (2017).
- BOHNER, Tanny Oliveira Lima et al. The Environmental Impact of the Use of Agrochemicals on the Environment and in the Health of Rural Workers. (2011). Electronic Journal of the Law Course of UFSM www.ufsm.br/redevistadireito
- BRAZIL. NATIONAL COUNCIL FOR THE ENVIRONMENT - CONAMA (2005). Resolution nº. 357 - March 17, (2005). Provides for the classification of water bodies and environmental guidelines for their classification, as well as establishing the conditions and standards for effluent discharge, and other measures.
- BRAZIL - Ministry of Health. 2914/2012. Ministry of Health, Secretary of Health Surveillance, General Coordination of Surveillance in Environmental Health. Brasília: Editor of the Ministry of Health, (2012).
- CALDAS ED, SOUZA LC. Chronical risk assessment of ingestion of pesticide residues in the Brazilian diet. Public Health Journal; São Paulo, v.34, n.5, p.529-537, (2000).
- CARNEIRO, F. F .; PIGNATI, W .; RIGOTTO, R. M. et al. ABRASCO Dossier - An alert on the impacts of pesticides on health. Rio de Janeiro: Polytechnic School of Health Joaquim Venâncio: São Paulo: Popular Expression, (2015).
- CARVALHO, A. P. Diagnosis of the influence of different uses (soil and water) on the water quality of Lajeando River. Palmas, (1997). TCC (Bachelor in Environmental Engineering) University of Tocantins Foundation.
- CARVALHO, A. P .; BALDUINO, A. R .; MACIEL, G. F .; PICANÇO, A. P. Pollution evaluation in rivers using water quality indexes: A case study in São João River in Porto Nacional - TO. Vol.35, n. (2016).
- CETESB - Environmental Company of the State of São Paulo, Quality of Inland Water in the State of São Paulo, Environmental and Health Significance of Water and Sediment Quality Variables and Analytical and Sampling Methodologies, (2009).
- COSTA, M.D.L. et al. Neuroimaging Changes in Parkinsonism: A Five-Case Study, (2003).

- DANELON, Jean Roger Bombonato; NETTO, Fausto Miguel da Luz; RODRIGUES, Silvio Carlos. Analysis of the level of total phosphorus, ammoniacal nitrogen and chlorides in the waters of the terra branca river stream in the municipality of Uberlândia (MG). *Geonorte, Uberlândia*, v. 1, n. 4, p.412-421, (2012).
- DERÍSIO, J. C. Introduction to the control of environmental pollution. 1st Edition. Sao Paulo. CETESB, (1992).
- DOURADO, J. C. ANALYSIS of the São João River Basin, TOCANTINS: a methodological contribution to environmental planning and management. RIO DE JANEIRO, (2008). Thesis (Doctorate in Geography). Institute of Geosciences. Federal University of Rio de Janeiro.
- ESTEVES, F. A. Fundamentals of limnology. Rio de Janeiro: Interscience, (2011). 601p.
- GIRARDI, Ana Paula. Evaluation of the bacteriological quality of water in educational institutions of the municipality of São Miguel do Oeste/SC. (2012). 39 f. (Doctorate) - Environmental Management Course, Western Santa Catarina University, São Miguel do Oeste, (2012).
- IBGE - Brazilian Institute of Geography and Statistics. Ministry of Planning, Budget and Management, Cities@, Brasília, (2016). Available at: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat>. Accessed in: 19/04/2018.
- JACOBI, P. R. Hydric Crisis, Water Scarcity and Human Rights - Environment & Society opens call for papers for special volume. Scielo in Human Perspectives. São Paulo, (2015).
- KORBES D, SILVEIRA AF, HYPPOLITO MA, MUNARO G. Changes in the Vestibulococlear System Due to Agrochemical Exposure: Literature Review. See. *Brazilian Society of Phonoaudiology*; (2010); 15 (1): 146-52.
- MAIER, M. H. (1987) Ecology of the Jacaré river basin-Pepira. Water quality of the Main River. *Science and Culture*, 39 (2): 164 – 185.
- MARQUES, A. K. Evaluation of the water quality of the Taquaruçu Grande River sub-basin and the area of influence in the reservoir of Luis Eduardo Magalhães Hydroelectric Plant -TO (2011). PhD thesis in Sciences in the area of Nuclear Technology - Materials, defended in the Ipen Graduate Program - Institute of Nuclear and Energy Research - USP - University of São Paulo.
- MERTEN, Gustavo H. ; MINELLA, Jean P. Water quality in rural watersheds: a current challenge for future survival. *Agroecology and sustainable rural development*, v. 3, n. 4, p. 33-38, (2002).
- MUDIAM, M. K. R. ; PATHAK, S. P. ; GOPAL, K. ; MURTHY R. C. Studies on urban drinking water quality in a tropical zone. In: *Environmental Monitoring and Assessment*. v. 184, p. 461-469, (2012).
- OLIVEIRA, Gustavo Henrique et al. Evaluation of the efficiency of the use of dissolved oxygen as the main indicator of surface water quality at the basin of the bom jardim river stream, Brasilândia/MS. *GEOMAE Magazine - Geography, Environment and Education*. Vol.01, Nº 01, 1ºEM / (2010). Campo Mourão, PR.
- OLIVEIRA, M. G. N. ; FRANÇA, W. B. Analysis and Evaluation of the São João river basin for distribution. Porto Nacional, (2014). TCC (Bachelor in Civil Engineering) President Antonio Carlos Tocantinense Institute.
- POSSAVATZ J.et al. PESTICIDES RESIDUES IN BOTTOM SEDIMENTS IN THE HYDROGRAPHIC BASIN OF THE CUIABÁ RIVER, MATO GROSSO, BRAZIL. Cuiabá-MT, (2014).
- PUGAS, A. B. Evaluation of the Water quality of the São João river basin in the municipality of Porto Nacional - Tocantins. 2016. Monograph (Bachelor of Civil Engineering) President Antonio Carlos Tocantinense Institute. National Harbor, TO, (2016).
- QUEIROZ, G.M.P. et al. Transport of glyphosate by surface runoff and by leaching in an agricultural soil. *New Chem*. vol.34 no.2 São Paulo, (2011).

SÁ, José A. C. A. ; CAMPOS, Luciana R. The Law and Management of Waters. In: CAMPOS, Nilson; STUDART, Ticiania M. C. (Eds.) Water Management: principles and practices. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, (2003). p. 216-237.

SPERLING, M. Von. Introduction to water quality and sewage treatment. 3rd Ed. DESA. UFMG, Belo Horizonte, (2005). p. 243.

VASCONCELOS, V. de M. M. ; SOUZA, C. F. Characterization of water quality parameters of the Utinga spring waters, Belém, PA, Brazil. *Ambi-Water*, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 305-324, (2011).

YISA, J.; JIMOH, T. O.; OYIBO, O. M. Underground Water Assessment using Water Quality Index. *Leonardo Journal of Sciences*, July-December, 33-42, (2012).

Reference style of JES

Journal articles:

1. BALDUINO, A. R.; SANTOS, M.G. ; SOUZA, L. B. ; LIMA, D. P. ; CARVALHO, A. P. Hydric balance and climatic classification of the city of Porto Nacional, state of Tocantins, inserted in the Legal Amazon, Brazil. *Vol 5, Issue-3, Mar-* (2018).
2. BALDUINO, A.R.; LIMA, D. P.; CARVALHO, A. P.; MELO, M. A.; SOUZA, L. B.; SANTOS, M. G. Bathymetric survey and characterization of the bottom sediment in the public supply reservoir of the municipality of Porto Nacional, state of Tocantins, Brazil. *Vol.12 (7), 120-125*, (2018).
3. BENACHOUR, SÉRALINI. Glyphosate Formulations Toxicity in Human Cells. *Chem. Res. Toxicol*, v. 22, n. 1, (2009).
4. BOHNER, Tanny Oliveira Lima et al. The Environmental Impact of the Use of Agrochemicals on the Environment and in the Health of Rural Workers. (2011). *Electronic Journal of the Law Course of UFSM* www.ufsm.br/redevistadireito
5. CALDAS ED, SOUZA LC. Chronical risk assessment of ingestion of pesticide residues in the Brazilian diet. *Public Health Journal; São Paulo*, v.34, n.5, p.529-537, (2000).
6. CARVALHO, A. P. ; BALDUINO, A. R. ; MACIEL, G. F. ; PICANÇO, A. P. Pollution evaluation in rivers using water quality indexes: A case study in Ribeirão São João in Porto Nacional - TO. *Vol.35, n.* (2016).
7. COSTA, M.D.L. et al. Neuroimaging Changes in Parkinsonism: A Five-Case Study, (2003).
8. DANELON, Jean Roger Bombonato; NETTO, Fausto Miguel da Luz; RODRIGUES, Silvio Carlos. Analysis of the level of total phosphorus, ammoniacal nitrogen and chlorides in the waters of the terra branca river stream in the municipality of Uberlândia (MG). *Geonorte, Uberlândia*, v. 1, n. 4, p.412-421, (2012).
9. JACOBI, P. R. Hydric Crisis, Water Scarcity and Human Rights - Environment & Society opens call for papers for special volume. *Scielo in Human Perspectives*. São Paulo, (2015).
10. KORBES D, SILVEIRA AF, HYPPOLITO MA, MUNARO G. Changes in the Vestibulococlear System Due to Agrochemical Exposure: Literature Review. *See. Brazilian Society of Phonoaudiology*; (2010); 15 (1): 146-52.
11. MAIER, M. H. (1987) Ecology of the Jacaré river basin-Pepira. Water quality of the Main River. *Science and Culture*, 39 (2): 164 – 185.

12. MERTEN, Gustavo H. ; MINELLA, Jean P. Water quality in rural watersheds: a current challenge for future survival. *Agroecology and sustainable rural development*, v. 3, n. 4, p. 33-38, (2002).
13. MUDIAM, M. K. R. ; PATHAK, S. P. ; GOPAL, K. ; MURTHY R. C. Studies on urban drinking water quality in a tropical zone. In: *Environmental Monitoring and Assessment*. v. 184, p. 461-469, (2012).
14. OLIVEIRA, Gustavo Henrique et al. Evaluation of the efficiency of the use of dissolved oxygen as the main indicator of surface water quality at the basin of the bom jardim river stream, Brasilândia/MS. *GEOMAE Magazine - Geography, Environment and Education*. Vol.01, Nº 01, 1ºEM / (2010). Campo Mourão, PR.
15. QUEIROZ, G.M.P. et al. Transport of glyphosate by surface runoff and by leaching in an agricultural soil. *New Chem*. vol.34 no.2 São Paulo, (2011).
16. SÁ, José A. C. A. ; CAMPOS, Luciana R. The Law and Management of Waters. In: CAMPOS, Nilson; STUDART, Ticiania M. C. (Eds.) *Water Management: principles and practices*. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, (2003). p. 216-237.
17. VASCONCELOS, V. de M. M. ; SOUZA, C. F. Characterization of water quality parameters of the Utinga spring waters, Belém, PA, Brazil. *Ambi-Water, Taubaté*, v. 6, n. 2, p. 305-324, (2011).
18. YISA, J.; JIMOH, T. O.; OYIBO, O. M. Underground Water Assessment using Water Quality Index. *Leonardo Journal of Sciences*, July-December, 33-42, (2012).

Book with edition:

- APHA – American Public Health Association. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19 (ed.) Washington D.C.: APHA-AWWA-WPCF. (2005).
- BRAZILIAN ASSOCIATION OF TECHNICAL STANDARDS. NBR 9897: *Planning of sampling of liquid effluents and receiving bodies*. Rio de Janeiro, (1987).
- BRAZIL. NATIONAL COUNCIL FOR THE ENVIRONMENT - CONAMA (2005). Resolution nº. 357 - March 17, 2005. Provides for the classification of water bodies and environmental guidelines for their classification, as well as establishing the conditions and standards for effluent discharge, and other measures.
- BRAZIL - Ministry of Health. 2914/2012. Ministry of Health, Secretary of Health Surveillance, General Coordination of Surveillance in Environmental Health. Brasília: Editor of the Ministry of Health, (2012).
- CETESB - Environmental Company of the State of São Paulo, *Quality of Inland Water in the State of São Paulo, Environmental and Health Significance of Water and Sediment Quality Variables and Analytical and Sampling Methodologies*, (2009).
- COSTA, M.D.L. et al. *Neuroimaging Changes in Parkinsonism: A Five-Case Study*, (2003).
- DERÍSIO, J. C. *Introduction to the control of environmental pollution*. 1st Edition. Sao Paulo. CETESB, (1992).
- ESTEVEZ, F. A. *Fundamentals of limnology*. Rio de Janeiro: Interciência, (2011). 601p.
- SPERLING, M. Von. *Introduction to water quality and sewage treatment*. 3rd Ed. DESA. UFMG, Belo Horizonte, (2005). p. 243.

Thesis:

- BALDUÍNO, A. R. Water quality of the São João river basin in the central-northern region of Brazil in the municipality of Porto Nacional - Tocantins. (2013) 103f. Dissertation (Master in Environmental Sciences) University of Taubaté, Department of Agrarian Sciences. Taubaté, SP, (2013).
- BERNADELI, M. A. F. D. São João River Stream Basin & Water supply security in the city of Porto Nacional - TO. (2017).
- CARNEIRO, F. F. ; PIGNATI, W. ; RIGOTTO, R. M. et al. ABRASCO Dossier - An alert on the impacts of pesticides on health. Rio de Janeiro: Polytechnic School of Health Joaquim Venâncio: São Paulo: Popular Expression, (2015).
- CARVALHO, A. P. Diagnosis of the influence of different uses (soil and water) on the water quality of Lajeado River. Palmas, (1997). TCC (Bachelor in Environmental Engineering) University of Tocantins Foundation.
- DOURADO, J. C. ANALYSIS of the São João River Basin, TOCANTINS: a methodological contribution to environmental planning and management. RIO DE JANEIRO, (2008). Thesis (Doctorate in Geography). Institute of Geosciences. Federal University of Rio de Janeiro.
- GIRARDI, Ana Paula. Evaluation of the bacteriological quality of water in educational institutions of the municipality of São Miguel do OESTE/SC. (2012). 39 f. (Doctorate) - Environmental Management Course, Western Santa Catarina University, São Miguel do Oeste, (2012).
- MARQUES, A. K. Evaluation of the water quality of the Taquaruçu Grande River sub-basin and the area of influence in the reservoir of Luis Eduardo Magalhães Hydroelectric Plant -TO (2011). PhD thesis in Sciences in the area of Nuclear Technology - Materials, defended in the Ipen Graduate Program - Institute of Nuclear and Energy Research - USP - University of São Paulo.
- OLIVEIRA, M. G. N. ; FRANÇA, W. B. Analysis and Evaluation of the São João river basin for distribution. Porto Nacional, (2014). TCC (Bachelor in Civil Engineering) President Antonio Carlos Tocantinense Institute.
- POSSAVATZ J.et al. PESTICIDES RESIDUES IN BOTTOM SEDIMENTS IN THE HYDROGRAPHIC BASIN OF THE CUIABÁ RIVER, MATO GROSSO, BRAZIL. Cuiabá-MT, (2014).
- PUGAS, A. B. Evaluation of the Water quality of the São João river basin in the municipality of Porto Nacional - Tocantins. (2016). Monograph (Bachelor of Civil Engineering) President Antonio Carlos Tocantinense Institute. National Harbor, TO, (2016).

Website:

IBGE - Brazilian Institute of Geography and Statistics. Ministry of Planning, Budget and Management, Cities@, Brasília, (2016). Available at: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat>. Accessed in: 19/04/2018.