



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS DIANÓPOLIS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA

ADRIANO SILVA FIGUEREDO

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE TANQUES-REDE NO
RESERVATÓRIO DA PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA BOA SORTE**

DIANÓPOLIS
2018

ADRIANO SILVA FIGUEREDO

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE TANQUES-REDE NO
RESERVATÓRIO DA PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA BOA SORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do Título de Graduação do curso
superior de Engenharia Agrônômica do
Instituto Federal do Tocantins, *Campus*
Dianópolis.

Orientador: Prof. Msc. Ítalo Cordeiro Silva
Lima
Coorientador: Dr. Deusiano Florêncio dos
Reis

**DIANÓPOLIS
2018**

F475e Figueredo, Adriano Silva

Estudo da Viabilidade de Implantação de Tanques-rede no Reservatório da Pequena Central Hidrelétrica Boa Sorte / Adriano Silva Figueredo – Dianópolis - 2018.

58 f.

Orientador: Prof. Me. Ítalo Cordeiro Silva Lima

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Agrônômica – Instituto Federal de Educação do Tocantins, *Campus* Dianópolis, 2018.

1. Reservatório. 2. Tanques-rede. 3. Piscicultura. I. Lima, Ítalo Cordeiro Silva. II. Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Tocantins. III. Título.

CDD 630

ADRIANO SILVA FIGUEREDO

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE TANQUES-REDE NO
RESERVATÓRIO DA PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA BOA SORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do Título de Graduação do curso
superior de Engenharia Agrônômica do
Instituto Federal do Tocantins, *Campus*
Dianópolis.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA AVALIADORA

Me. Ítalo Cordeiro Silva Lima (Orientador)
IFTO – *Campus* Dianópolis

Dr. Otacílio Silveira Júnior
IFTO – *Campus* Dianópolis

B.ela Luana Siqueira Fiuza

Dedico,

a Deus, minha família, amigos e
professores.

A minha avó Maria (*in memoriam*).

*O êxito da vida não se mede pelo caminho
que conquistou, mas sim pelas
dificuldades que superou no caminho.*

Abraham Lincoln

RESUMO

A produção de peixes de forma intensiva em tanques-rede nos reservatórios vem despertando interesse de piscicultores, devido ao menor investimento necessário para implantação das estruturas produtivas em comparação a de viveiros escavados e pela qualidade dos recursos hídricos disponíveis, possuindo excelentes condições para o desenvolvimento da aquicultura. Esta atividade se não realizada de forma adequada pode provocar a deterioração da qualidade das águas. Para que ocorra o desenvolvimento sustentável da piscicultura intensiva em reservatórios é indispensável possuir informações sobre as características limnológicas do corpo hídrico, suas peculiaridades e capacidade de suporte. O estudo teve como objetivo verificar a viabilidade de implantação de piscicultura intensiva em tanques-rede no reservatório da PCH Boa Sorte, avaliando os locais favoráveis para instalação de tanques-rede, as características limnológicas e a capacidade de suporte do corpo hídrico. O reservatório está localizado no rio Palmeiras que pertence a bacia do rio Palma e integra a bacia do rio Paranã sendo este importante tributário da margem direita do rio Tocantins. Para identificação de áreas favoráveis à implantação do parque aquícola foi analisada toda a área do reservatório, perfazendo uma área de 232 hectares (ha) de lâmina d'água, onde 141 ha foram considerados favoráveis. Os parâmetros limnológicos analisados foram temperatura, pH, oxigênio dissolvido, transparência, clorofila-a, fósforo total, amônia, nitrito e nitrato. Todos os parâmetros, com exceção do fósforo total, atenderam os valores preconizados na resolução nº 357 do CONAMA (2005). A concentração média de fósforo total durante o período de estudo foi de 0,13 mg.L⁻¹, o que demonstra que a capacidade de suporte do reservatório da PCH Boa Sorte já foi ultrapassada. Diante dos dados apresentados neste estudo, concluiu-se que não é recomendado o cultivo de peixes em tanques-rede no reservatório da PCH Boa Sorte, pois tal atividade pode agravar o processo de eutrofização existente no corpo hídrico em estudo.

Palavras-chave: reservatório. tanques-rede. piscicultura. capacidade de suporte.

ABSTRACT

The intensive production of fish in fish cage in the reservoirs has aroused the interest of fish farmers, due to the lower investment necessary for the implantation of the productive structures in comparison to the nurseries excavated and the quality of the available water resources, possessing excellent conditions for the development of the aquaculture. This activity, if not carried out properly, may lead to deterioration of water quality. In order for the sustainable development of intensive fish farming in reservoirs to occur, it is essential to have information on the limnological characteristics of the water body, its peculiarities and its support capacity. The objective of this study was to verify the feasibility of implantation of intensive fishery in network tanks in the PCH Boa Sorte reservoir, evaluating the favorable sites for the installation of network tanks, limnological characteristics and the support capacity of the water body. The reservoir is located in the Palmeiras river that belongs to the basin of the river Palma and integrates the basin of the Paranã river being this important tributary of the right margin of the river Tocantins. To identify areas favorable to the implantation of the aquaculture park, the entire reservoir area was analyzed, covering an area of 232 hectares (ha) of water depth, where 141 ha were considered favorable. The limnological parameters analyzed were temperature, pH, dissolved oxygen, transparency, chlorophyll-a, total phosphorus, ammonia, nitrite and nitrate. All parameters, except for total phosphorus, met the values recommended in Resolution n°. 357 of CONAMA (2005). The average concentration of total phosphorus during the study period was 0.13 mg.L^{-1} , which shows that the support capacity of the PCH Boa Sorte reservoir has already been exceeded. Considering the data presented in this study, it was concluded that it is not recommended to fish in fish cage in the PCH Boa Sorte reservoir, since such an activity may aggravate the eutrophication process in the studied water body.

Keywords: reservoir. fish cage. pisciculture. supportability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do reservatório da PCH Boa Sorte. Coordenadas geográficas do barramento 11°53'26.83"S 46°46'12.50"O.....	23
Figura 2 - Produção de peixes em tanques-rede no reservatório da PCH Porto Franco.	24
Figura 3 - Produção de peixes em viveiros escavados.....	24
Figura 4 - Mapa de localização da Bacia do rio Palma no estado do Tocantins.	24
Figura 5 - Medições de profundidade realizadas no reservatório da PCH Boa Sorte.	26
Figura 6 - Exemplo de locais de levantamento das profundidades em áreas com potencial para instalação de tanques-rede no reservatório da PCH Boa Sorte.	26
Figura 7 - Pontos de coleta de água no reservatório da PCH Boa Sorte.	28
Figura 8 - Área com presença de paliteiros.	33
Figura 9 - Área com presença de paliteiros.	33
Figura 10 - Espécie de macrófita encontrada no reservatório da PCH Boa Sorte – <i>Brachiaria subquadripara</i>	33
Figura 11 - Espécie de macrófita encontrada no reservatório da PCH Boa Sorte – <i>Elioscharis calva</i>	33
Figura 12 - Espécie de macrófita encontrada no reservatório da PCH Boa Sorte – <i>Luziola fragilis</i>	34
Figura 13 - Espécie de macrófita encontrada no reservatório da PCH Boa Sorte – <i>Typha Domingesis</i>	34
Figura 14 - Mapa da classificação das áreas favoráveis e não favoráveis para o cultivo de peixes em tanques-rede no reservatório da PCH Boa Sorte.	36
Figura 15 - Variação de temperatura dos pontos amostrais nas campanhas dos períodos de seca e chuva durante os anos de 2013 a 2017, no reservatório da PCH Boa Sorte.....	39
Figura 16 - Variações da transparência da água dos pontos amostrais nas campanhas dos períodos de seca e chuva durante os anos de 2013 a 2017, no reservatório da PCH Boa Sorte.	40

Figura 17 - Variações de pH da água dos pontos amostrais nas campanhas dos períodos de seca e chuva durante os anos de 2013 a 2017, no reservatório da PCH Boa Sorte.....	41
Figura 18 - Variações de oxigênio dissolvido da água dos pontos amostrais nas campanhas dos períodos de seca e chuva durante os anos de 2013 a 2017, no reservatório da PCH Boa Sorte.....	42
Figura 19 - Variações de clorofila-a dos pontos amostrais nas campanhas dos períodos de seca e chuva durante os anos de 2013 a 2017, no reservatório da PCH Boa Sorte.....	43
Figura 20 - Variações de fósforo dos pontos amostrais nas campanhas dos períodos de seca e chuva durante os anos de 2013 a 2017, no reservatório da PCH Boa Sorte.	44
Figura 21 - Variações de Nitrogênio Amoniacal dos pontos amostrais nas campanhas dos períodos de seca e chuva durante os anos de 2013 a 2017, no reservatório da PCH Boa Sorte.	46
Figura 22 - Variações de Nitrito dos pontos amostrais nas campanhas dos períodos de seca e chuva durante os anos de 2013 a 2017, no reservatório da PCH Boa Sorte.	46
Figura 23 - Variações de Nitrato dos pontos amostrais nas campanhas dos períodos de seca e chuva durante os anos de 2013 a 2017, no reservatório da PCH Boa Sorte.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos pontos de coleta no reservatório da PCH Boa Sorte.	27
Tabela 2 - Parâmetros analisados nos pontos amostrais no reservatório da PCH Boa Sorte.	28
Tabela 3 - Volume de água (V), área da bacia hidráulica (A) e profundidade média (Z) na cota média, vazão média anual liberada (Q), descarga média anual (ρ) e tempo médio de residência da água ($1/\rho$) do reservatório da PCH Boa Sorte.	31
Tabela 4 - Valores dos parâmetros de qualidade da água nos diferentes anos, estações e pontos amostrais no reservatório da PCH Boa Sorte.	37
Tabela 5 - Correlação das variáveis abióticas (pH, Oxigênio Dissolvido, Transparência, Clorofila-a e Fósforo) amostradas nas águas do reservatório da PCH Boa Sorte. ...	48

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
1.1.	OBJETIVOS.....	13
1.1.1.	Objetivo geral	13
1.1.2.	Objetivos específicos.....	13
2.	REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1.	AQUICULTURA E TANQUES-REDE	15
2.2.	SELEÇÃO DE ÁREAS AQUÍCOLAS.....	17
2.3.	QUALIDADE DAS ÁGUAS E CAPACIDADE DE SUPORTE	19
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1.	ÁREA DE ESTUDO	23
3.2.	PRÉ-SELEÇÃO DE ÁREAS AQUÍCOLAS	25
3.3.	AMOSTRAGEM E ANÁLISES LIMNOLÓGICAS.....	27
3.4.	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	31
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1.	PRÉ SELEÇÃO DE ÁREAS AQUÍCOLAS	32
4.2.	CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO DA PCH BOA SORTE.....	37
4.2.1.	Temperatura (°C).....	38
4.2.2.	Transparência (M)	39
4.2.3.	pH (escala logarítmica).....	40
4.2.4.	Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	41
4.2.5.	Clorofila-a (µg.L ⁻¹).....	42
4.2.6.	Fósforo (mg.L ⁻¹).....	43
4.2.7.	Formas de Nitrogênio (mg.L ⁻¹).....	44
4.2.8.	Correlação das variáveis	47
4.2.9.	Capacidade de suporte.....	48
5.	CONCLUSÃO	50
6.	REFERÊNCIAS.....	51

1. INTRODUÇÃO

A piscicultura a cada dia vem se consolidando, através de uma cadeia produtiva que está se organizando. Os reservatórios e lagos disponíveis, despertam interesse de piscicultores para o cultivo em tanques-rede, devido ao menor investimento necessário para implantação das estruturas produtivas em comparação a de viveiros escavados e pela qualidade dos recursos hídricos disponíveis, possuindo excelentes condições para o desenvolvimento da aquicultura.

Atualmente o Brasil conta com mais de 3,5 milhões de hectares (ha) de lâmina d'água em reservatório de usinas hidrelétricas, conforme dados disponibilizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2002). O estado do Tocantins possui 159.800 ha de lâmina d'água em reservatórios de Usinas Hidrelétricas (UHE's) em operação; 12.196 ha de lâmina d'água em reservatórios de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's); e 51.716 ha em reservatórios de Projetos Hidroagrícolas (SEAGRO, 2017).

A implantação de parques aquícolas em lagos e reservatórios no estado do Tocantins, poderá impactar, através de suas atividades de produção, a qualidade das águas, seja pelo enriquecimento de nutrientes oriundos da ração não consumida ou não absorvidas pelos peixes, bem como pelas suas excretas, podendo provocar a eutrofização do ecossistema aquático. Os principais nutrientes provenientes das rações e das excretas dos peixes, são o fósforo e nitrogênio, que podem atuar como fator limitante na produção primária dos ecossistemas aquáticos (NAYLOR et al. 2000).

O sudeste do estado do Tocantins conta atualmente com diversos empreendimentos hidrelétricos, Pequenas Centrais Hidrelétricas, que formaram reservatórios, e tem despertado interesse para a produção de peixes em tanques-rede. Dentre as PCH's implantadas, podemos destacar as localizadas no rio Palmeiras.

O rio Palmeiras, localizado no estado do Tocantins, com suas nascentes nas encostas da Serra Geral que divide os estados do Tocantins e Bahia, deságua no rio Palma e integra a bacia do rio Paranã sendo este importante tributário da margem direita do rio Tocantins (SEPLAN, 2012). Seus afluentes mais importantes se localizam na margem esquerda, com destaque para o ribeirão do Inferno ou Bonito,

cujo encontro ocorre nas partes mais baixas de sua bacia. Pela margem direita, os afluentes se resumem a pequenos cursos d'água. No rio Palmeiras estão instaladas dez PCH's, dentre estas, as que possuem características para implantação de parques aquícolas, devido ao tamanho de seus reservatórios são: PCH Água Limpa, PCH Areia, PCH Porto Franco, PCH Boa Sorte e PCH Lagoa Grande. Nos reservatórios das PCH's Porto Franco e Lagoa Grande foram instalados tanques-redes, mas somente o projeto aquícola da PCH Porto Franco encontra-se em operação.

A produção de peixes em tanques-rede é a alternativa de investimento de menor custo e com rápida implantação, podendo possibilitar adequado aproveitamento do recurso hídrico e o rápido desenvolvimento da piscicultura nacional (KUBITZA, 1999). A piscicultura intensiva praticada em reservatórios, através da criação em tanques-rede, se não realizada de forma adequada, atendendo aos requisitos legais e ambientais, pode provocar a deterioração da qualidade das águas, o que demanda preocupações. Entretanto, a prática da atividade de produção de peixes pode ser realizada com sustentabilidade. Para que isso ocorra, é indispensável ter conhecimento das características limnológicas do corpo hídrico onde se pretende implantar projetos de piscicultura e ter dimensionado a sua capacidade de suporte.

Outro fator que deve ser levado em consideração, para que o empreendimento aquícola seja bem-sucedido e ambientalmente sustentável, é a escolha correta para instalação dos tanques-rede, levando em consideração aspectos técnicos, científicos e institucionais.

O conhecimento do uso e ocupação do entorno do reservatório no qual se pretende instalar áreas aquícolas é imprescindível, pois podemos identificar as regiões que possuem potenciais fontes poluidoras da água, como por exemplo: lançamento de efluentes, atividades agrícolas com uso de agrotóxicos e herbicidas, criação de animais com descarga de dejetos no corpo hídrico, dessedentação animal, mineração, dentre outras.

A presença de paliteiros (vegetação não retirada para formação de reservatório), comum em vários reservatórios, é considerada um entrave para instalação de tanques-redes, portanto a área escolhida deve ser isenta de paliteiros.

A profundidade do local para instalação dos tanques-redes é considerada um dos aspectos mais importante para seleção de áreas aquícolas, no qual permite identificar as faixas mais adequadas para instalação das estruturas.

Os parâmetros de qualidade das águas deverão estar adequados para a produção aquícola. De acordo com termo de referência para licenciamento ambiental de atividade de piscicultura em tanque-rede disponibilizado no site do Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS), os parâmetros físico-químicos da água que devem ser diagnosticados são: transparência, pH, oxigênio dissolvido, amônia, nitrito, nitrato e fósforo total.

Para que o empreendimento de aquicultura seja implantado em reservatórios de maneira sustentável e com retorno econômico, é importante ter o conhecimento do nível máximo de produção suportável pelo ambiente, dos locais que atendem aos aspectos técnicos para implantação dos tanques-rede e dos parâmetros físico-químicos da qualidade das águas exigidos para a prática da piscicultura. No entanto, muitos reservatórios são utilizados para a prática da piscicultura sem a informação da sua qualidade da água e capacidade de suporte.

Este estudo poderá contribuir para a gestão adequada das águas do reservatório, estabelecimento de diretrizes ambientais pelo órgão ambiental e para a tomada de decisão quanto a implantação de tanques-rede no reservatório da PCH Boa Sorte.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Verificar a viabilidade da implantação de projeto de piscicultura em tanques-rede no reservatório da PCH Boa Sorte.

1.1.2. Objetivos específicos

- Indicar locais que possam ser utilizados para implantação de parques aquícolas, com o intuito de orientar processo de análises mais complexas para seleção de áreas no reservatório da PCH Boa Sorte;

- Caracterizar a qualidade da água, sob o ponto de vista físico-químico do reservatório da PCH Boa Sorte;
- Estimar a capacidade de suporte do reservatório.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. AQUICULTURA E TANQUES-REDE

De acordo com a Associação Brasileira de Piscicultura, através da publicação da segunda edição do “Anuário Brasil BR”, versão 2018, a piscicultura brasileira produziu 691.700 toneladas de peixes de cultivo em 2017, sendo resultado superior ao ano de 2016 em 8%.

A tilápia é o peixe mais produzido no Brasil, representando 51,7% da piscicultura nacional, com produção de 357.639 toneladas em 2017. A segunda posição não é de uma espécie piscícola, mas de uma categoria de peixes, que são os nativos. Liderados pelo Tambaqui os peixes nativos representaram 43,7% da produção brasileira com produção de 302.235 toneladas (ANUÁRIO BRASILEIRO DA PISCICULTURA, 2018).

A piscicultura é o ramo da aquicultura, que trata especificamente do cultivo de peixes. A produção de peixes, bem como de outros organismos aquáticos, vem crescendo rapidamente nos últimos anos. Um exemplo de cultivo de peixes em alta densidade de estocagem é o sistema de cultivo em tanques-rede ou gaiolas. Trata-se de uma criação intensiva, cujo resultado final é uma alta produção numa área reduzida e curto espaço de tempo (SILVA e SIQUEIRA, 1997). O interesse por esse sistema de cultivo em tanques-rede vem a cada dia aumentando, principalmente pela disponibilidade dos recursos hídricos represados, oriundos da construção de empreendimentos hidrelétricos.

Os tanques-rede são equipamentos flutuantes, construídos de tela ou rede, de diversos tamanhos e formatos, com a função de reter os peixes permitindo um fluxo contínuo de água, o que contribui para a remoção de seus metabolitos e fornecimento de oxigênio (BORGHETTI e SILVA, 2008). Os peixes são submetidos a um sistema intensivo, confinados em altas densidades e são dependentes do fornecimento de rações, sendo a taxa de alimentação e a conversão alimentar importantes para suprir suas necessidades nutricionais e obter bom desempenho produtivo (KUBITZA, 2003).

Atualmente, os reservatórios artificiais vêm sendo utilizados para múltiplas finalidades, tendo destaque a produção de alimento por meio da piscicultura (TUNDISI, 2005). A piscicultura intensiva exige uma constante renovação de água e

gera uma grande quantidade de resíduos, provenientes de alimentos não consumidos e das excretas dos peixes, que são liberados diretamente no corpo hídrico, podendo aumentar as concentrações de fósforo e nitrogênio, acarretando em deterioração da qualidade da água onde o principal resultado pode ser a eutrofização (ATTAYDE e PANOSSO, 2011).

A produção de peixes, em sistemas de tanque-rede nos reservatórios de hidrelétricas, melhora o crescimento da produção de pescado, por ser mais um meio para expansão da piscicultura. Essa modalidade de criação requer menor capital investido, oferece grande flexibilidade de manejo e menor custo de produção em relação a piscicultura em viveiros escavados (HALWART et al. 2007). Os tanques-rede são estruturas de rede ou tela, que faz a contenção dos peixes e permite o fluxo de água, facilitando a sua troca e promovendo a remoção dos metabólitos e o fornecimento de oxigênio aos organismos confinados (BEVERIDGE, 1996).

As vantagens da piscicultura em tanques-rede em relação à produção em outros cativeiros, são a menor variação dos parâmetros físico-químicos da água durante a criação; maior facilidade de despesca; menor investimento inicial; agilidade no manejo e mudança de locais para criação dos peixes; aumento na produção; melhor visualização e acompanhamento dos peixes; diminuição do manuseio; e, menor custo com tratamento de doenças (CONTE, 2002).

Assim, tendência atual de desenvolvimento da aquicultura deve basear-se em sistemas de piscicultura intensivos, principalmente com a utilização de tanques-rede, altamente produtivos, sustentáveis e lucrativos que demandam a adoção de estratégias de produção (CYRINO et al. 2006).

Os reservatórios do estado do Tocantins oferecem condições e atratividade para a produção de peixes em sistema intensivo. A região sudeste do estado, conta com vários reservatórios oriundos da construção de hidroelétrica que podem ser utilizados para a prática da piscicultura. A gestão e o monitoramento da qualidade hídrica dos reservatórios tornam-se fundamentais para a determinação dos seus usos múltiplos e preservação da qualidade dos recursos hídricos (ECHANIZ e VIGNATTI, 2009).

2.2. SELEÇÃO DE ÁREAS AQUÍCOLAS

A escolha do local para implantação do parque aquícola nos limites de reservatórios, lagos e lagoas é imprescindível, para que a piscicultura tenha uma boa produção, pois quando confinados, os peixes não conseguirão explorar o alimento natural disponível, nem se deslocar para pontos de melhor oxigenação (SILVA e SIQUEIRA, 1997). Áreas com pouca profundidade, baixa circulação de água e próximas a lançamentos de efluentes, poderão apresentar baixa concentração de oxigênio dissolvido e colocar em risco toda a produção. As áreas tecnicamente mais favoráveis à instalação dos tanques-rede são aquelas não muito profundas (geralmente litorâneas), protegidas de ventos, ondas e correntes (BEVERIDGE, 2004). Além disso, também podem vir a ser afetados pela operação das usinas, especialmente em reservatórios com variação do nível de água.

A produção de peixes em tanques-rede em áreas represadas é bem mais vantajosa quando comparada a convencional (AYROSA et al. 2005), porém o local para implantação das estruturas deve passar por uma avaliação criteriosa, analisando as características limnológicas, a capacidade de suporte do reservatório para determinação da produção máxima de peixes no corpo hídrico, evitando prejuízos econômicos e ambientais (KUBITZA et al. 1999).

Dentre as características do corpo hídrico que devem ser analisadas para uma boa seleção de locais para implantação de projetos de piscicultura em tanques-rede em áreas represadas, podemos destacar a profundidade. A área a ser explorada deve ter profundidade capaz de suportar a quantidade de resíduos alimentares e excretas dos peixes que serão em parte depositadas no fundo do reservatório, sem interferir na qualidade da água para a produção (ZANIBONI FILHO et al. 2005). Outras características a serem avaliadas são os parâmetros de qualidade da água para verificação da viabilidade da piscicultura, tais como: pH, transparência, oxigênio dissolvido, temperatura, fósforo total, clorofila "a", compostos nitrogenados e coliformes fecais e totais que devem atender ao preconizado nas Resoluções CONAMA nº 357/2005 (WEBBER et al. 2015).

As áreas com presença de macrófitas no reservatório também devem ser evitadas para instalação de tanques-rede, pois podem indicar processo de eutrofização da água causado pelo excesso de nutrientes, principalmente fósforo e

nitrogênio (WEBBER et al. 2015). No reservatório da PCH Boa Sorte observou-se quatro táxons de macrófitas aquáticas: a primeira da família Poaceae do gênero *Brachiaria* da espécie *Subquadripara*; a segunda da família Cyperaceae do gênero *Elioscharis* da espécie *calva*; a terceira da família Poaceae do gênero *Luziola* da espécie *Fragilis*; e a quarta da família Typhaceae do gênero *Typha* da espécie *Domingesis*. Espacialmente estão distribuídas em áreas próximas ao início do reservatório, áreas estas que não apresentam características para implantação de tanques-rede.

Atenção especial deve ser dada a depleção do reservatório (diferença entre os níveis d'água máximo e mínimo operativo num reservatório) (WEBBER et al. 2015). O reservatório da PCH Boa Sorte não possui uma diferença significativa de seus níveis de água durante o ano, sendo comprovado através do histórico de níveis de sua estação de monitoramento hidrológico, instalada no barramento da referida PCH, registrada na Agência Nacional das Águas (ANA) sob o nº 21829000, que seu nível ao longo do ano se mantém na cota 396 (ANA, 2018).

As atividades realizadas no entorno do reservatório onde se pretende implantar projetos aquícolas deve ser conhecida, principalmente as atividades agrícolas que podem aportar substâncias químicas através da utilização de agrotóxicos e herbicidas para o corpo hídrico. Estas informações são importantes para que o produtor possa estabelecer estratégias para contenção destas substâncias caso cheguem ao corpo hídrico, evitando o comprometimento de sua produção (ANDREU-SÁNCHEZ et al. 2012 apud SAMPAIO et al. 2013).

A formação de reservatórios devido a construção de hidrelétricas pode criar novos habitats alterando as características ecológicas do corpo hídrico, dentre estas alterações podemos destacar a formação de paliteiros (árvores e galhadas submersas) e a proliferação de macrófitas aquáticas (AGOSTINHO et al. 2007). As áreas escolhidas nos reservatórios para implantação de tanques-rede devem estar isentas da presença de paliteiros que podem comprometer as estruturas dos tanques provocando fugas dos peixes; e de macrófitas que podem indicar excesso de nutrientes na água o que pode provocar ou indicar processos de eutrofização.

2.3. QUALIDADE DAS ÁGUAS E CAPACIDADE DE SUPORTE

Os ecossistemas aquáticos estão constantemente submetidos a impactos, que incluem contaminações provenientes de despejo de efluentes que possuem grande quantidade de resíduos sólidos (orgânicos e inorgânicos), remoção de matas ciliares, erosões e assoreamentos causados pela prática agrícola e mineral de seu entorno, pesca predatória, introdução de espécies exóticas, e atualmente, um novo impacto relacionado a aquicultura (SANTOS e FORMAGIO, 2000).

As condições de qualidade da água, determinadas por processos químicos, físicos e biológicos, interferem de forma individual ou coletiva na produção de peixes, podendo causar prejuízo no crescimento, na reprodução, na saúde, na sobrevivência e na qualidade, que compromete o sucesso dos sistemas piscícolas. A água é o principal componente dos ecossistemas aquáticos e seus parâmetros são muito importantes no cultivo de peixes (KUBITZA, 1998).

A qualidade da água do cultivo é fator limitante para o sucesso da aquicultura (VINATEA-ARANA, 2004), e nos sistemas de produção em tanques-rede ela está diretamente relacionada ao consumo de ração pelos peixes, à taxa conversão alimentar e ao tempo de retenção da água nos reservatórios (ROTTA e QUEIROZ, 2003). A Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005 determina a classificação dos corpos de água, as diretrizes ambientais para o seu enquadramento e as condições e os padrões de lançamento de efluentes.

O aumento do número de reservatórios é proporcional ao incremento de projetos de irrigação e abastecimento de água e à necessidade de energia elétrica. Parte desse volume de água estocado também pode ser utilizado para a produção aquícola. A elaboração dos projetos e a escolha do local de implantação desse tipo de atividade têm se baseado, principalmente, na facilidade de acesso ao mercado e na escolha de um ambiente favorável à produção. Pouco ainda tem sido considerado em relação à degradação que possa ser causada ao ambiente aquático, se sua capacidade de suporte for ultrapassada (ALVES e BACCARIN, 2005).

O crescimento na implantação de sistemas de piscicultura em tanques-rede nos reservatórios brasileiros vem sendo notado, sendo necessária a avaliação dos impactos gerados, dentre os quais se destacam o acúmulo de nutrientes dissolvidos, de sólidos em suspensão e de matéria orgânica (TOVAR et al. 2000). Entre as

alterações na qualidade da água promovidas pela produção em tanques-rede podemos destacar o pH ácido; o acréscimo no nível de nutrientes, turbidez e matéria orgânica no sedimento; diminuição da diversidade e densidade de organismos bentônicos; alteração na transparência da água, concentração de oxigênio dissolvido e na condutividade elétrica; e com menos frequência alterações na temperatura da água (CORNEL e WHORISKEY, 1993). Uma fonte considerável de resíduo orgânico aportado nas pisciculturas é proveniente das excretas da população de peixes. A digestibilidade da matéria seca das rações varia em torno de 70 a 75%. Isto significa que 25 a 30% do alimento fornecido entram nos sistemas aquaculturais como material fecal (KUBITZA, 1998). Estes resíduos podem provocar alterações no corpo hídrico local, como o aumento do grau de trofia da água (HENRY et al. 2006), sendo um dos aspectos mais preocupantes. Desta forma, um aspecto relevante é o processo de eutrofização (BEVERIDGE, 2004), pois o fósforo é um dos elementos responsáveis pela indução deste processo juntamente com o nitrogênio (PILLAY, 2004).

Estudos referentes a qualidade da água em pisciculturas com a utilização de tanques-rede tem sido frequentemente realizado. Zanatta (2007) em seus estudos na represa de Jurumirim (alto rio Paranapanema) e Carvalho et al. (2008) na represa de Chavantes evidenciaram não haver diferenças significativas nas condições físico-química da água e nutrientes entre trechos utilizados para pisciculturas em tanques-rede e trechos não utilizados para esta atividade. Filho e Maia (2017) em seu trabalho no reservatório da UHE Salto (rio Verdinho), concluiu que a piscicultura em tanques-rede provocou uma perturbação de baixa intensidade. O sistema de cultivo em tanques-rede não está alterando a qualidade da água, fato que pode ser atribuído à pequena área onde é realizado o cultivo em relação à vazão do reservatório. Mallasen et al. (2012) em seu trabalho no reservatório de Ilha Solteira, concluiu que a atividade de piscicultura em tanques-rede foi capaz de provocar perturbações de baixa intensidade na qualidade da água sem comprometer o ambiente aquático, pois o corpo hídrico onde está inserida a piscicultura foi eficiente na capacidade de assimilação destas perturbações nos parâmetros da qualidade da água provocadas pelo processo de produção atualmente empregado.

Conforme mencionado nos estudos acima, as características físico-químicas da água na piscicultura não foram significativamente alteradas, seja pela baixa ocupação de tanques-rede em relação a vazão dos reservatórios ou pela

capacidade de assimilação do corpo hídrico das perturbações provocadas pelo processo de produção. Em contrapartida em outros trabalhos são demonstradas as alterações nas comunidades planctônicas provocadas pela a atividade de piscicultura em tanques-rede. Cavalcante (2010), conclui em seus estudos realizados nas áreas de influência dos tanques-rede no reservatório da UHE, não propiciou alterações dos parâmetros físico-químicos da água do reservatório, mas que houve influência do cultivo sobre a comunidade zooplanctônica que foi mais abundante no entorno dos tanques-rede. Diaz et al. (2001), na represa de Alicura (Argentina), relata mudanças na abundância da comunidade fitoplanctônica na área utilizada para piscicultura em tanques-rede. Os estudos de Cavalcante e Diaz, demonstram que dependendo da escala de produção, os projetos piscícolas em tanques-rede em reservatórios, podem induzir a mudanças na comunidade planctônica, podendo acarretar alterações significativas na qualidade das águas destes corpos hídricos.

Diante do exposto, fica claro a importância da gestão de projetos aquícolas em reservatórios e a determinação da capacidade de suporte ambiental para garantir a qualidade das águas, seu estado trófico e consequentemente o sucesso nos cultivos de peixes em tanques-redes.

A estimativa da capacidade de suporte do reservatório para a atividade de piscicultura, nada mais é, que a avaliação da quantidade de produção máxima que é possível produzir na área sem prejudicar a qualidade ambiental. Portanto, a mensuração da carga máxima de nutrientes que o ecossistema aquático pode sustentar é fundamental para garantir o desenvolvimento e a sustentabilidade ambiental da atividade (ATTAYDE e PANOSSO, 2011).

A maioria dos reservatórios são utilizados com usos múltiplos, a atividade de piscicultura em tanques-rede não pode comprometer os padrões de qualidade das águas conforme a legislação (ATTAYDE e PANOSSO, 2011), se fazendo necessária a mensuração da produção máxima de pescados que o corpo hídrico pode sustentar sem comprometer os padrões de qualidade da água (ROCHA, 2008). Portanto, a mensuração da carga máxima de nutrientes que o ecossistema aquático pode suportar é importante para garantir o êxito da atividade (ROCHA, 2008).

Quando é realizada a implantação de um sistema de produção em tanques-rede, em um reservatório, deve-se levar em consideração que este ambiente já

apresenta uma população de peixes, que pode ou não estar sendo explorada. Esta população já representa parte da capacidade de suporte do corpo d'água considerado.

A Instrução Normativa Interministerial MMA/SEAP nº 7 de 28/04/2005, estabelece diretrizes para implantação dos parques e áreas aquícolas, reservando, a título precatório, para a prática da aquicultura, um limite máximo de capacidade de suporte de até 1% da área superficial dos corpos d'água, fechados ou semi-abertos (reservatórios, corpos d'água decorrentes de barramentos, lagos, lagoas e açudes).

Os modelos empíricos para estimar a capacidade suporte de ambientes aquáticos para a aquicultura têm sido propostos, sendo as de Dillon e Rigler (1974) os mais comumente empregado. O modelo proposto por estes autores baseia-se em características do reservatório e pressupõe algumas premissas relativas à dinâmica do fósforo no meio.

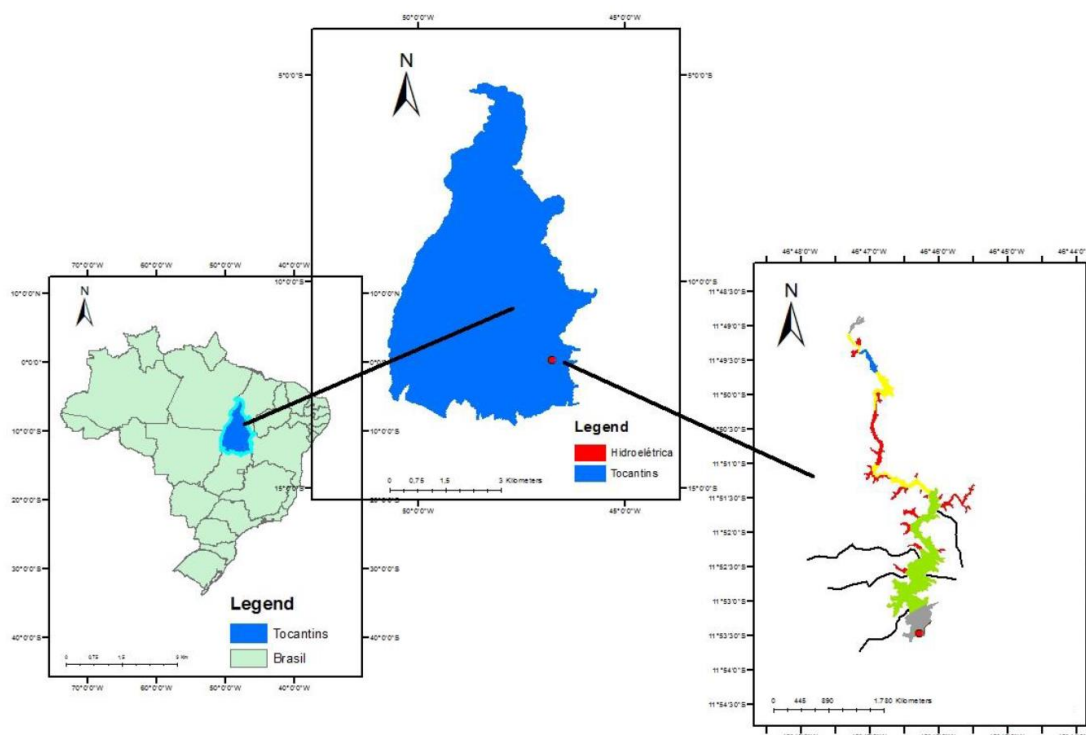
Caracterizar a qualidade da água e a capacidade de suporte do reservatório da PCH Boa Sorte deverá nortear o empreendedor da usina, piscicultores e o órgão ambiental licenciador para tomada de decisões e possíveis implantações de parque aquícolas nesta área.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

O reservatório da PCH Boa Sorte formado pelo barramento do rio Palmeiras, ocupa áreas pertencentes aos municípios de Dianópolis (margem direita) e Novo Jardim (margem esquerda) no estado do Tocantins, Brasil (**Figura 1**). Sua bacia hidráulica possui 232 hectares com capacidade acumulativa no nível máximo normal de 18.300.000 m³ e área de drenagem de 1.840 km² (VLB, 2006). Atualmente, o reservatório é utilizado para geração de energia elétrica e dessedentação de bovinos, sendo pouco utilizado para o lazer.

Figura 1 - Localização do reservatório da PCH Boa Sorte. Coordenadas geográficas do barramento 11°53'26.83"S 46°46'12.50"O.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A PCH Boa Sorte faz parte de um sistema de reservatórios instalados no rio Palmeiras. A montante da PCH Boa Sorte, temos as PCH's Palmeiras, Agro Trafo, Água Limpa, Areia, Doido, Diacal e Porto Franco. A PCH Porto Franco,

empreendimento localizado imediatamente a montante do reservatório da PCH Boa Sorte, possui em operação parque aquícola, com produção de peixes em tanques-rede (**Figura 2**) e viveiros escavados localizados as margens do reservatório da PCH Boa Sorte, conforme verificado *in loco* (**Figura 3**).

Figura 2 - Produção de peixes em tanques-rede no reservatório da PCH Porto Franco.



Fonte: Elaborado pelo autor.

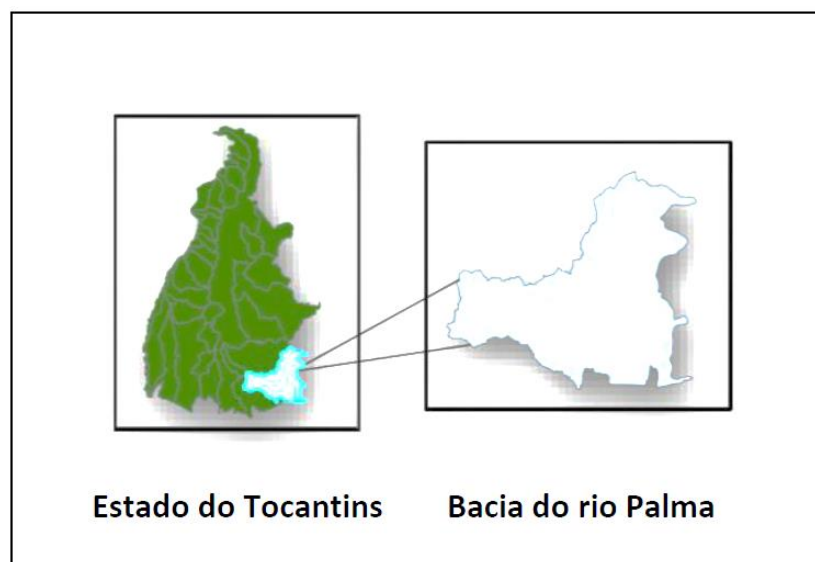
Figura 3 - Produção de peixes em viveiros escavados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O rio Palmeiras pertence a bacia do rio Palma que integra a bacia do rio Paranã sendo este importante tributário da margem direita do rio Tocantins (**Figura 4**). Seus afluentes mais importantes se localizam na margem esquerda, com destaque para o ribeirão do Inferno ou Bonito, cujo encontro ocorre nas partes mais baixas de sua bacia. Pela margem direita os afluentes se resumem a pequenos cursos d'água.

Figura 4 - Mapa de localização da Bacia do rio Palma no estado do Tocantins.



Fonte: elaborado pelo autor.

As margens do reservatório possuem uma área de preservação permanente de 100 metros de largura, sob os cuidados do empreendimento hidrelétrico.

O clima em toda a extensão da Bacia do rio Palma, de acordo com a classificação de Köppen é do tipo C2w2A´a` - Clima úmido subúmido com moderada deficiência hídrica, com duas estações bem definidas, com inverno seco e verão com chuvas (SEPLAN, 2012).

3.2. PRÉ-SELEÇÃO DE ÁREAS AQUÍCOLAS

A metodologia adotada para pré-seleção de áreas com potencial aquícola no reservatório da PCH Boa Sorte foi a coleta de dados de fatores restritivos e qualitativos para toda a represa (WEBBER et al. 2015).

Inicialmente foram levantadas informações através de análises de imagem de satélite (GOOGLE EARTH, 2018), foram observados os usos do solo do entorno do reservatório; a presença de acessos; e larguras de diversos locais do reservatório. Identificado estes fatores, foram coletados dados in loco, tais como: profundidade e dimensão dos locais propícios a implantação de parques aquícolas; presença de paliteiros; fontes de poluição; balneários de lazer; processos erosivos; captação de água; presença de macrófitas e degradação da Área de Preservação Permanente do reservatório. Foram plotados, com a utilização de navegador GPS (Garmin Etrex Legend), todos os pontos no reservatório que apresentaram estes fatores.

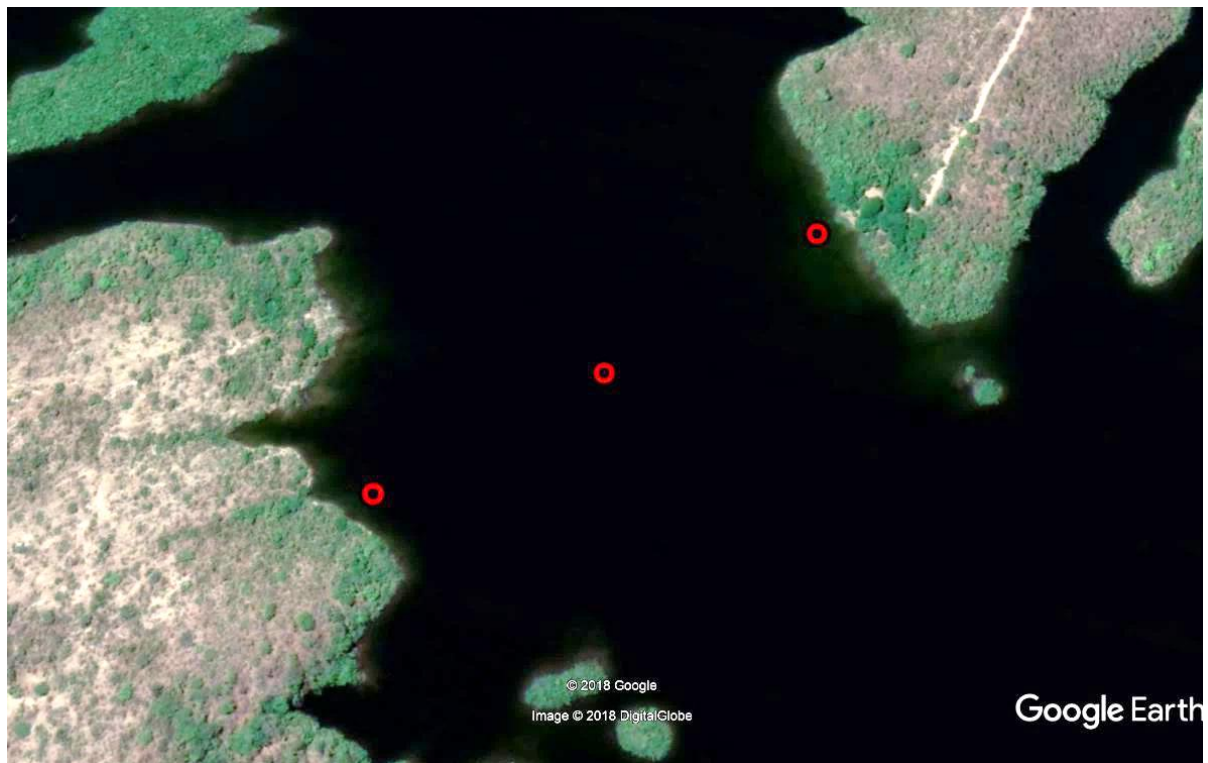
Para levantamento da profundidade (coleta de dados realizada em abril de 2018), das áreas com potencial para instalação de tanques-rede, foram realizadas medidas com a utilização de peso de 10 kg fixado a uma corda (**Figura 5**). As profundidades destas áreas foram coletadas a uma distância de quinze metros de cada margem e no centro do corpo hídrico (**Figura 6**).

Figura 5 - Medições de profundidade realizadas no reservatório da PCH Boa Sorte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6 - Exemplo de locais de levantamento das profundidades em áreas com potencial para instalação de tanques-rede no reservatório da PCH Boa Sorte.



Fonte: imagem modificada do Google Earth. Acesso em 26 de maio de 2018.

3.3. AMOSTRAGEM E ANÁLISES LIMNOLÓGICAS

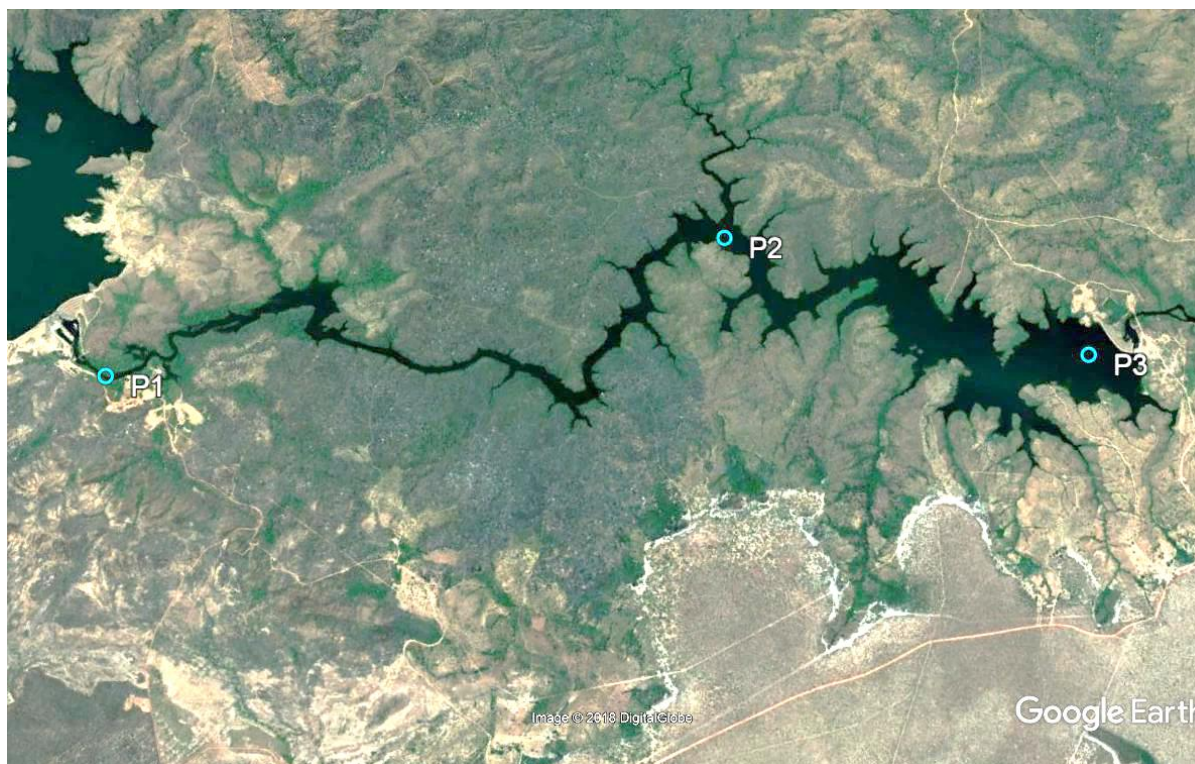
A região do Brasil Central possui uma variação sazonal muito bem definida com uma estação chuvosa no verão (outubro-março) e seca no inverno (abril-setembro) (NIMER, 1979). Para avaliação espacial e temporal das variáveis da água do reservatório da PCH Boa Sorte, foram realizadas amostragens semestrais, sendo uma no período de seca e outra no período de chuvas, entre os anos de 2013 e 2017. As amostras de água foram coletadas a superfície ($\approx 50\text{cm}$) em três pontos no reservatório, sendo o primeiro ponto amostral (P1) localizado no início do reservatório na interface lítica; o segundo ponto amostral (P2) localizado na região central do reservatório; e o terceiro ponto amostral (P3) localizado próximo ao barramento (**Tabela 1; Figura 7**).

Tabela 1 - Descrição dos pontos de coleta no reservatório da PCH Boa Sorte.

Pontos	Descrição	Coordenadas Geográficas
P1	Início do reservatório	11°49'8.23"S 46°47'18.76"O
P2	Região central do reservatório	11°51'37.08"S 46°46'5.87"O
P3	Próximo ao eixo do barramento	11°53'16.31"S 46°46'16.11"O

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7 - Pontos de coleta de água no reservatório da PCH Boa Sorte.



Fonte: imagem alterada do Google Earth. Acesso em 23 de maio de 2018.

Os parâmetros físico-químicos avaliados foram: Temperatura (°C); Potencial Hidrogeniônico (pH); Oxigênio Dissolvido (mg/L); Transparência da água (M), através da utilização do disco de Secchi; Clorofila “a” (µg/L); Fósforo Total (mg/L); Amônia (mg/L); Nitrito (mg/L); e Nitrato (mg/L).

Os parâmetros foram analisados de acordo com a metodologia proposta no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – APHA (2005), conforme demonstrado na **Tabela 2**.

Tabela 2 - Parâmetros analisados nos pontos amostrais no reservatório da PCH Boa Sorte.

PARÂMETROS		TÉCNICA	REFERÊNCIA
Temperatura (°C)		Medida Direta	APHA (2005)
Oxigênio Dissolvido (mg/L)		Medida Direta	APHA (2005)
pH (Escala)		Medida Direta	APHA (2005)
Transparência (M)		Medida Direta	APHA (2005)
Nitrogênio	Amônia (mg/L)	Espectrofotometria	APHA (2005)
	Nitrito (mg/L)	Espectrofotometria	APHA (2005)
	Nitrato (mg/L)	Espectrofotometria	APHA (2005)
Fósforo total (mg/L)		Espectrofotometria	APHA (2005)
Clorofila-a (µg/L)		Espectrofotometria	NUSCH (2005)

Fonte: APHA, 2005.

A estimativa da capacidade de suporte do reservatório da PCH Boa Sorte para fins de piscicultura intensiva, foi realizada utilizando o método desenvolvido por Dillon e Rigler (1974). O modelo considerou a concentração média anual de fósforo total ($\mu\text{g/L}$) durante o período de estudo. O limite de lançamento de fósforo total no ambiente é de $50 \mu\text{g/L}$ para águas Classe II pela Resolução 357/05.

O coeficiente de sedimentação do fósforo (R) foi determinado de acordo com a equação:

$$R = 1 / (1 + 0,614 \cdot \rho^{0,491})$$

em que:

ρ = taxa de renovação da água do ambiente em número de vezes por ano, calculada como descrito por Santos (2001).

Para o cálculo da capacidade de suporte (L), foi utilizada a expressão:

$$L = \Delta P \cdot (Z \cdot \rho) / (1 - R)$$

onde:

ΔP = limite máximo para lançamento de fósforo total para o ambiente obtido da fórmula:

$$\Delta P = PF - PI$$

onde:

PI = concentração de fósforo total médio mensurado durante o período de estudo (mg.L^{-1});

PF = concentração de fósforo limite estabelecida pelo órgão competente (mg.L^{-1});

Z = profundidade média do local (m).

Em seguida, calculou-se a carga de fósforo autorizável em todo o Reservatório (Lr), que estará em mg/ano , utilizando o L, que representa a máxima carga de fósforo autorizável por metro quadrado, multiplicando o valor obtido pela área da superfície do reservatório em m^2 :

$$Lr = L \cdot A$$

Concluído o cálculo da capacidade de suporte do reservatório da PCH Boa Sorte, foi possível estimar a quantidade máxima de peixes que poderão ser produzidos. Para realizar esta estimativa foi utilizada a tilápia do Nilo (*Oreochromis*

niloticus) como referência. A escolha se justificou por ser o peixe mais produzido no Brasil (ANUÁRIO BRASILEIRO DE PISCICULTURA, 2018). A proporção de fósforo que fica retida na carcaça da tilápia corresponde a 0,9% de seu peso úmido (DANTAS e ATTAYDE, 2007). Ou seja, em cada 1 tonelada de peixe produzida, 9 quilogramas de fósforo ficam retidas na carcaça do peixe. Neste trabalho, foi utilizada uma concentração de fósforo na ração (1%) e taxa de conversão alimentar (1,5:1,0) que seriam encontradas em condições ideais de produção.

Utilizando o modelo proposto por Beveridge (1984) em consórcio ao modelo Dillon e Rigler (1974), estima-se a carga de fósforo aportada no reservatório após produção de uma tonelada de peixe:

$$Pe = (Pr \cdot TCA) - Pd$$

onde:

Pe = Carga de fósforo gerada para produzir uma tonelada de peixe (kg/t de peixe);

Pr = Concentração de fósforo na ração (kg/t de ração);

Pd = Concentração de fósforo no peixe despescado (kg/t de peixe despescado); e

TCA = Taxa de conversão alimentar.

Por fim, para calcular a produção anual de peixes suportada pelo reservatório, respeitando o incremento de fósforo, utiliza-se a equação a seguir:

$$Cs = L \cdot A / Pe$$

onde:

Cs = Produção anual de peixe suportada pelo reservatório (toneladas/ano);

L = Carga de fósforo (kg/m²/ano);

A = Área do reservatório (m²); e

Pe = Carga de fósforo gerada para produzir uma tonelada de peixe (kg/t de peixe).

Os dados do reservatório da PCH Boa Sorte necessários para cálculo da capacidade de suporte, são apresentados na **Tabela 3** (VLB, 2006).

Tabela 3 - Volume de água (V), área da bacia hidráulica (A) e profundidade média (Z) na cota média, vazão média anual liberada (Q), descarga média anual (ρ) e tempo médio de residência da água ($1/\rho$) do reservatório da PCH Boa Sorte.

Reservatório	V (10^6m^3)	A (10^6m^2)	V/A = Z (m)	Q ($10^6\text{m}^3 \text{ano}^{-1}$)	$\rho = Q/V$ (ano^{-1})	$1/\rho$ (ano)
PCH Boa Sorte	18,3	2,32	7,89	1,26	0,069	14,49

Fonte: Projeto Básico PCH Boa Sorte, 2006.

3.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) foi aplicado o teste de Tukey a 5% de significância, utilizando-se o software *Statistical Analysis System* (SAS®).¹⁰⁶

As análises de componentes principais foram realizadas utilizando a matriz de correlação. Isto permite padronizar a variabilidade dos dados retirando o efeito das diferenças de magnitude entre as variáveis utilizadas. O critério de seleção de eixos utilizados foi Kaiser-Guttman (Guttman, 1954; Kaiser, 1958). As variáveis limnológicas consideradas para a PCA foram: nitrogênio inorgânico (amônia, nitrito e nitrato), fósforo total, pH, oxigênio dissolvido, temperatura da água, transparência e clorofila-a.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. PRÉ SELEÇÃO DE ÁREAS AQUÍCOLAS

Foi analisada toda a área do reservatório da PCH Boa Sorte, totalizando 232 hectares (ha) de lâmina d'água. Dentre as áreas avaliadas, 141 ha foram consideradas como viáveis para implantação de tanques-rede no reservatório da PCH Boa Sorte (**Figura 14**).

A profundidade média verificada nos pontos amostrados dentro da área favorável (141 ha) para implantação de tanques-rede no reservatório da PCH Boa Sorte foi de 10 metros nas margens (distância de 15 metros da borda do reservatório) e 17 metros no centro do corpo hídrico. Como a represa da PCH Boa Sorte não sofre depleções consideráveis (ANA, 2018) e as profundidades médias foram acima de 10 metros, estas medições foram realizadas somente no período de chuvas.

As áreas identificadas atendem a Instrução Normativa Interministerial (INI) nº 07/2005 (BRASIL, 2005) que indica que a profundidade da área onde será implantado o parque aquícola seja uma vez a altura dos tanques-rede utilizados entre a parte inferior do tanque e o fundo do reservatório. Como os tanques-rede geralmente utilizados em parques aquícolas possuem 3m x 3m x 2m, a profundidade da “área apta” do reservatório da PCH Boa Sorte atende este critério, facilitando desta maneira a diluição de dejetos e contribuindo para a qualidade das águas.

Os locais com presença de paliteiros (**Figuras 8 e 9**) foram indicadas como não favoráveis para instalação de tanques-rede, pois são considerados entraves para instalação dos tanques, podendo causar danos a sua estrutura, através do atrito, provocando a fuga de peixes.

Figura 8 - Área com presença de paliteiros.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 9 - Área com presença de paliteiros.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No reservatório da PCH Boa Sorte observou-se quatro táxons de macrófitas aquáticas: a primeira da família Poaceae do gênero *Brachiaria* da espécie *Subquadripara*; a segunda da família Cyperaceae do gênero *Elioscharis* da espécie *calva*; a terceira da família Poaceae do gênero *Luziola* da espécie *Fragilis*; e a quarta da família Typhaceae do gênero *Typha* da espécie *Domingesis* (**Figuras 10, 11, 12 e 13**). Espacialmente estão distribuídas em áreas próximas ao início do reservatório, áreas estas que não apresentam características para implantação de tanques-redes (**Figura 14**). Levando em consideração que macrófitas aquáticas podem ser indicadoras de processo de eutrofização da água, no qual é causado pelo excesso de nutrientes, sendo os principais, o fósforo e o nitrogênio, as áreas com presença destes organismos foram consideradas como não favoráveis a implantação de tanques-rede (WEBBER et al. 2015).

Figura 10 - Espécie de macrófita encontrada no reservatório da PCH Boa Sorte – *Brachiaria subquadripara*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 11 - Espécie de macrófita encontrada no reservatório da PCH Boa Sorte – *Elioscharis calva*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 12 - Espécie de macrófita encontrada no reservatório da PCH Boa Sorte – *Luziola fragilis*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 13 - Espécie de macrófita encontrada no reservatório da PCH Boa Sorte – *Typha Domingesis*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A vegetação da Área de Preservação Permanente (APP) do reservatório da PCH Boa Sorte não apresentou perturbações apontando para um bom estágio de conservação, o que contribui para uma boa qualidade da água.

Não foram encontrados processos erosivos nas margens do reservatório durante os levantamentos realizados para obtenção de dados para este estudo. Áreas com processos erosivos próximos ao corpo hídrico podem aportar sedimentos que interferem na qualidade da água, podem provocar assoreamento e dificultar o acesso ao parque aquícola.

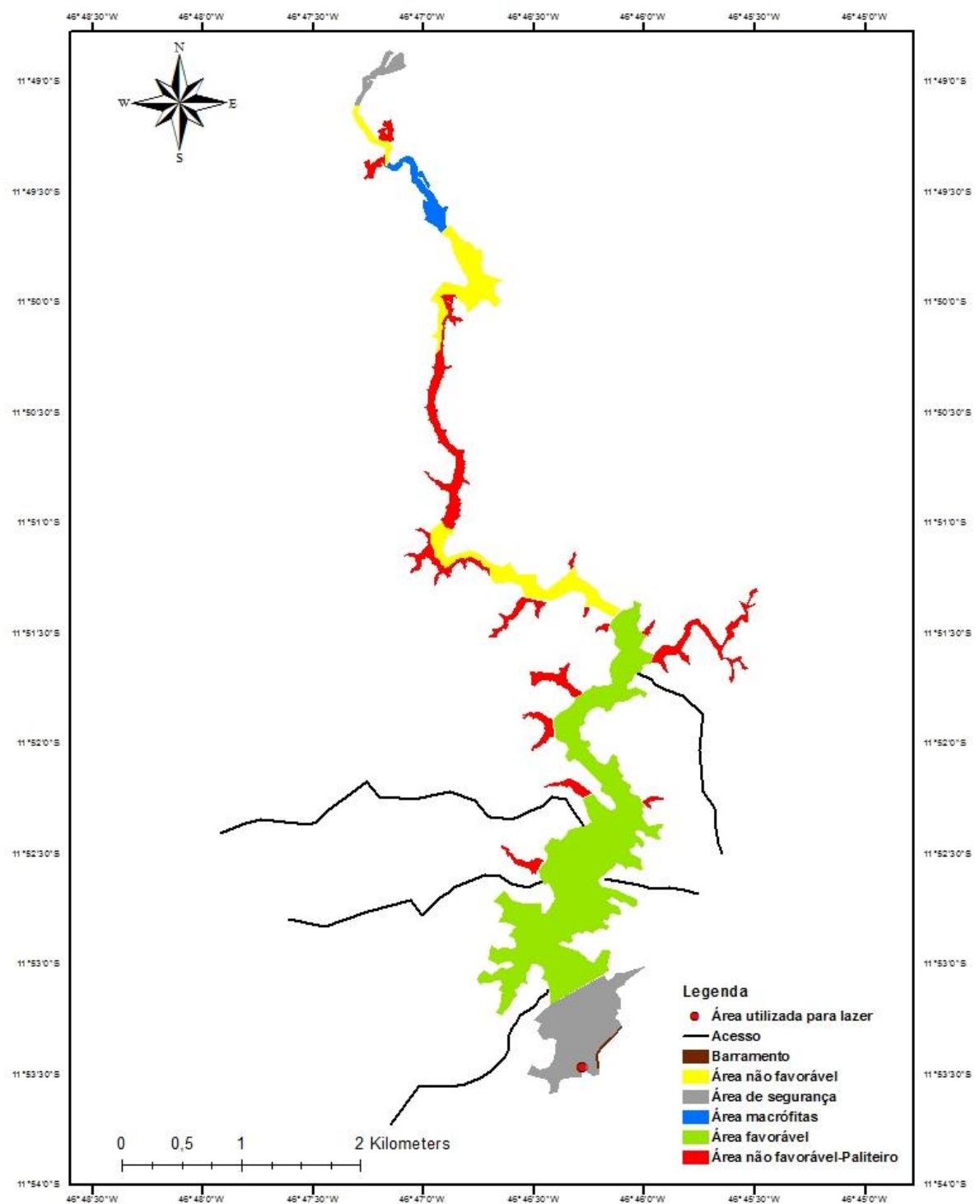
As margens do reservatório não possuem indústrias e atividades potencialmente poluidoras. Fontes poluidoras no entorno de reservatórios, podem aumentar o aporte de nutrientes e contribuir para a eutrofização dos corpos hídricos, além de exercer potencial perigo de contaminação de peixes (VIEIRA, 2009).

No entorno do reservatório possui produção de peixes em viveiros escavados. A captação de água para abastecimento destes viveiros é realizada no reservatório da PCH Porto Franco, empreendimento localizado a montante da PCH Boa Sorte. No reservatório da PCH Boa Sorte, não foram identificados pontos de captação de água. Reservatórios com captação de água, principalmente quando destinado a consumo humano, podem gerar conflitos com as atividades desenvolvidas, como a de piscicultura em tanques-rede (SUBASINGHE et al. 2009).

Quanto a áreas utilizadas para lazer, somente um ponto foi identificado. Este ponto fica próximo ao barramento, localizado nos limites da área de segurança da PCH Boa Sorte (**Figura 14**). O reservatório da PCH Boa Sorte, por ficar distante da

área urbana do município de Dianópolis (35 km), e por ser de difícil acesso, é pouco utilizado para atividades de lazer. Áreas onde existem balneários de lazer são consideradas como não favorável a implantação de tanques-rede, por se tratar de uso conflitante.

Figura 14 - Mapa da classificação das áreas favoráveis e não favoráveis para o cultivo de peixes em tanques-rede no reservatório da PCH Boa Sorte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2. CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO DA PCH BOA SORTE

Os valores dos parâmetros abióticos analisados durante o período de estudo (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, transparência, clorofila-a, fósforo, amônia, nitrito e nitrato) estão apresentados na **Tabela 4**.

Tabela 4 - Valores dos parâmetros de qualidade da água nos diferentes anos, estações e pontos amostrais no reservatório da PCH Boa Sorte.

Ano	Estação	Pontos Amostrais	Temp. (°C)	pH (E.L.)	O.D. (mg.L ⁻¹)	Transp. (m)	Cl-a (µg.L ⁻¹)	Fósforo (mg.L ⁻¹)	Amônia (mg.L ⁻¹)	Nitrito (mg.L ⁻¹)	Nitrato (mg.L ⁻¹)
2013	seca	P1	26.42	6.91	8.7	3.1	1.18	0.02	0.14	0	0.1
2013	seca	P2	28.42	7.21	8.18	3.28	2.17	0.09	0.02	0.001	0.1
2013	seca	P3	26.96	7.27	8.55	3.65	6.5	0.03	0.17	0.001	0
2013	chuva	P1	28.06	6.41	7.22	2.4	11.63	0.02	0.05	0.002	0.4
2013	chuva	P2	30.1	6.65	6.51	1.9	2.96	0.23	0.07	0.006	0.2
2013	chuva	P3	29.99	6.9	6.36	2.1	2.76	0.01	0.05	0.003	0.2
2014	seca	P1	27.17	6.2	5.7	3.2	8.47	0.38	0.08	0.005	1.3
2014	seca	P2	28.56	6.2	5.74	3.4	0.2	0.45	0.11	0.002	0.2
2014	seca	P3	28.63	6.1	5.67	3.4	3.35	0.44	0.08	0	2.1
2014	chuva	P1	27.84	6.7	5.82	3.4	7.29	0.24	0.06	0	0.4
2014	chuva	P2	29.76	7.2	5.5	2.35	10.44	0.22	0.03	0	0
2014	chuva	P3	29.87	6.7	5.37	2.25	3.74	0.18	0.03	0	0
2015	seca	P1	26.73	8	7	2.8	3.35	0.09	0.02	0.002	0
2015	seca	P2	26.74	7.8	7.01	3.8	0.59	0.03	0.04	0	0
2015	seca	P3	27.93	8	6.94	3.75	0.59	0.26	0.09	0	0
2015	chuva	P1	26.73	7.31	7	2.1	0.39	0.09	0.02	0.002	0
2015	chuva	P2	29.81	7.5	5.78	1.95	2.56	0	0	0.008	0
2015	chuva	P3	29.69	7.8	6.13	1.75	2.56	0	0	0	0.3
2016	seca	P1	25.76	6.02	7.35	3	3.15	0.16	0.07	0.002	0
2016	seca	P2	25.93	6.27	7.42	3.2	2.56	0.12	0.04	0.003	0
2016	seca	P3	26.3	6.06	7.66	3.4	2.76	0.07	0.03	0.003	0
2016	chuva	P1	25.21	6.32	7.12	2.5	4.12	0.09	0.06	0.003	0
2016	chuva	P2	25.34	6.47	7.28	2.6	3.44	0.1	0.05	0.003	0
2016	chuva	P3	25.3	6.26	6.98	2.5	3.21	0.06	0.07	0.004	0.5
2017	seca	P1	24.91	7.12	7.44	2.25	1.18	0.06	0.01	0.002	0
2017	seca	P2	24.89	6.98	7.32	2.9	0.59	0.08	0.01	0.002	0
2017	seca	P3	24.71	6.91	7.41	3.85	0.99	0.03	0.02	0.002	0
2017	chuva	P1	31.7	6.72	7.54	3.1	1.77	0.16	0.04	0	0
2017	chuva	P2	32.5	6.98	7.13	3.1	1.97	0.14	0.03	0	0
2017	chuva	P3	31.4	7.08	7.51	3.2	1.58	0.15	0.02	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.1. Temperatura (°C)

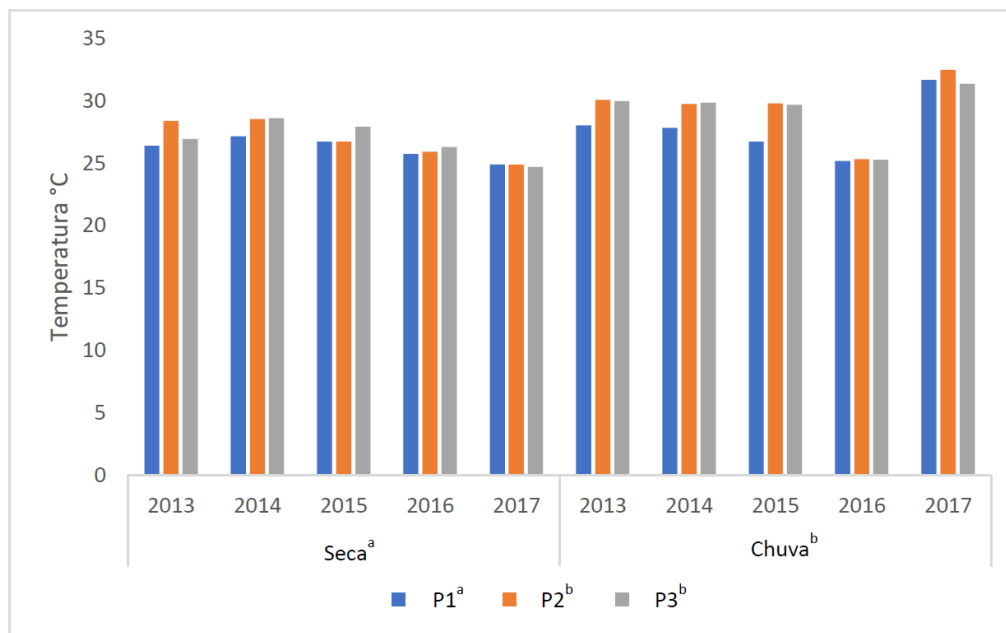
Os fenômenos biológicos e químicos existentes em um reservatório tem relação com a temperatura da água, inclusive as atividades fisiológicas dos peixes, como a reprodução, respiração, alimentação e digestão (SILVA et al, 2006).

Os peixes são animais pecilotérmicos, a dinâmica de crescimento muscular não é só determinada pela genética, mas também pelas condições ambientais, onde a temperatura da água influencia diretamente no crescimento destes animais (WEATHERLEY e GILL, 1987). Quanto mais alta a temperatura (dentro da faixa de conforto térmico de uma espécie de peixe), maior será o consumo de alimento e a atividade metabólica, proporcionando um crescimento rápido para o peixe (CARNEIRO et al, 1999). A faixa ideal para crescimento varia de acordo com a espécie.

Ocorreram variações muito significativas ($P < 0,0001$) de temperatura entre os períodos de coleta (seca e chuva), sendo que as maiores temperaturas da água foram encontradas no período chuvoso; e diferenças significativas entre os pontos amostrais (P1, P2 e P3), onde P1 diferiu dos demais pontos. Já entre os períodos de coleta e os pontos amostrais não ocorreram diferenças significativas ($P > 0,05$). Na área do reservatório da PCH Boa Sorte, a temperatura da água apresentou uma variação de 24,71°C (P3 julho/2017) a 32,5°C (P2 novembro/2017) (**Figura 15**).

A sazonalidade no estado do Tocantins é bem definida e torna-se determinante nos processos dos ecossistemas aquáticos. Landa (1999), descreve o resfriamento da água no outono (período seco) e aquecimento no verão (período de chuva), onde a alta umidade relativa do ar pode limitar a perda de calor da água, fato que esclarece a diferença de temperatura entre os períodos de coleta (seca e chuva). Já Damasceno (2008), atribui os maiores valores de temperatura da água no período chuvoso a contribuição pluviométrica e a baixa variação da temperatura média do ar ao longo do dia. A temperatura média no reservatório da PCH Boa Sorte durante o outono foi de 26,67°C e no verão 28,88°C.

Figura 15 - Variação de temperatura dos pontos amostrais nas campanhas dos períodos de seca e chuva durante os anos de 2013 a 2017, no reservatório da PCH Boa Sorte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.2. Transparência (M)

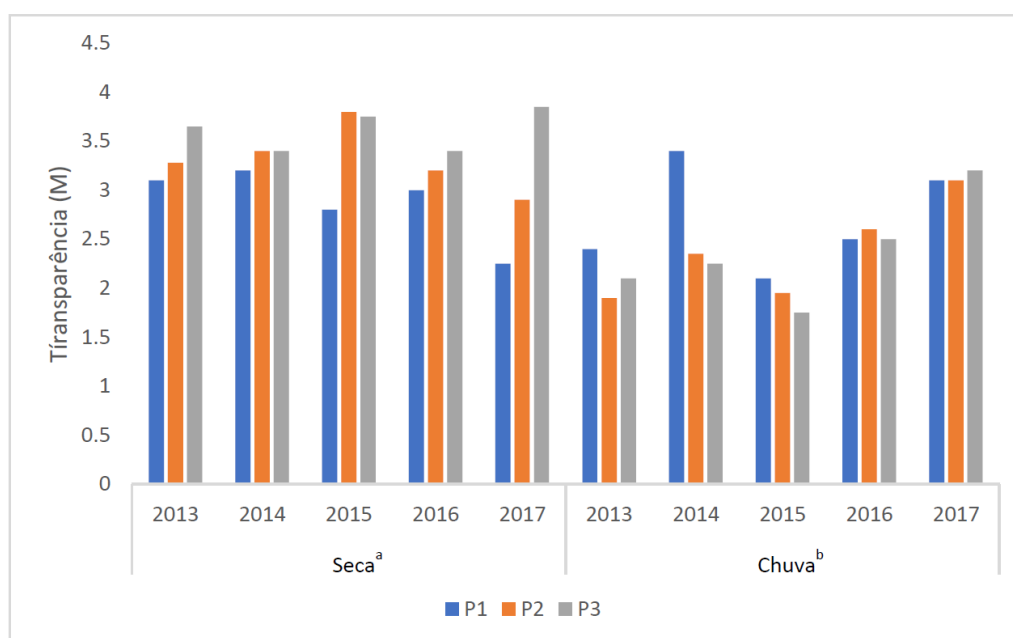
A produção primária está diretamente relacionada com a transparência da água, pois a penetração de luz na coluna d'água é essencial para o processo de fotossíntese dos vegetais clorofilados (WATANABE, 2012). Em águas com a transparência maior que dois metros a produtividade dos tanques-rede é elevada, acima de 200 kg/m³ (BOYD, 1990 apud CONTE, 2002), mais pode favorecer o desenvolvimento de plantas aquáticas.

No reservatório da PCH Boa Sorte, ocorreram diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os períodos de coleta (seca e chuva), sendo apresentada a maior transparência no período de seca; e entre os períodos e os pontos amostrais; e não houve diferença significativa entre os pontos amostrais ($P > 0,05$). Demonstrando que o período de chuvas exerce influência sobre a transparência da água, devido ao carreamento de materiais particulados para o reservatório o que provoca um aumento de material em suspensão na água (SOUZA e ROCHA, 1996).

As águas do reservatório da PCH Boa Sorte apresentam boa transparência com uma variação de 1,75 m (P3 dezembro/2015) a 3,85 m (P3 junho/2017) (**Figura 16**), o que aponta para um ambiente com boa penetração de luz solar na coluna

d'água, contribuindo para a fotossíntese de plantas aquáticas submersas e algas, aumentando a produção de alimentos (MÂMAR e CYRINO, 1986). Reservatórios com transparência da água acima de 2 metros proporcionam pouco enriquecimento em nutrientes, podendo ser desenvolvido a piscicultura em tanques-rede (SCHMITTOU, 1993 apud FEIDEN, 2012). O ponto amostral P3 apresentou maior valor médio de transparência da água durante o estudo.

Figura 16 - Variações da transparência da água dos pontos amostrais nas campanhas dos períodos de seca e chuva durante os anos de 2013 a 2017, no reservatório da PCH Boa Sorte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

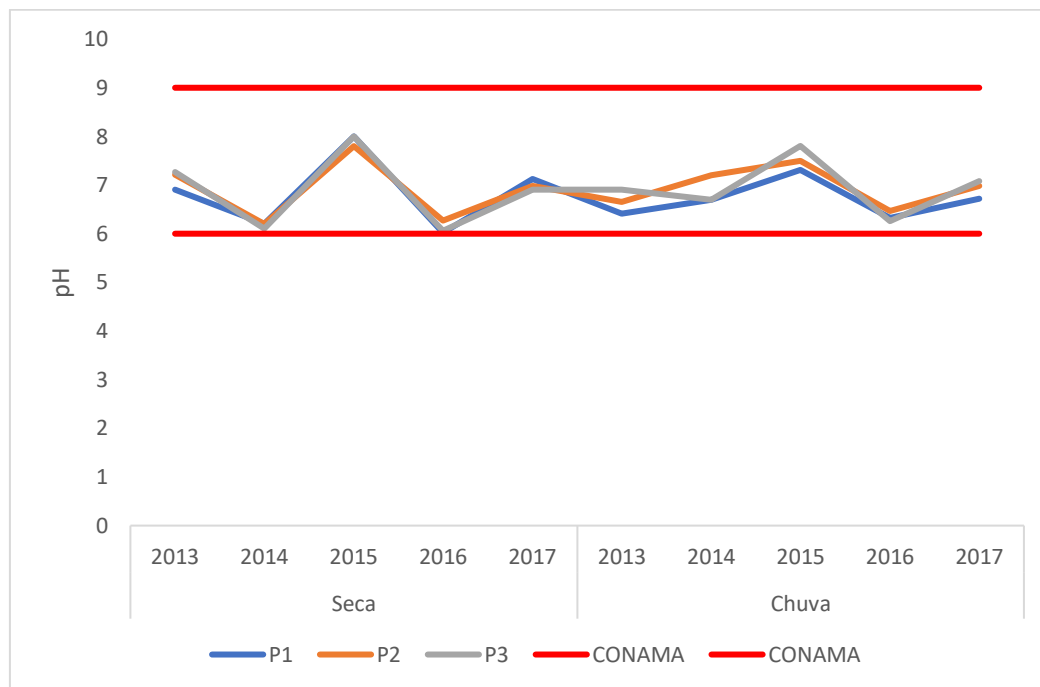
4.2.3. pH (escala logarítmica)

A maioria das espécies de peixes se desenvolvem melhor em uma faixa de pH entre 6,5 e 9,0 (BOYD, 1990 apud CONTE, 2002). As águas que apresentam valores de pH constantes oferecem melhores condições para desenvolvimento de peixes do que águas com variações consideráveis de pH, sendo os melhores valores entre 7 e 8 (BOYD, 1982 apud NASCIMENTO et al. 2007).

Os valores de pH, ao longo do período (seca e chuva) não diferiram significativamente ($P > 0,05$). Os valores obtidos no reservatório da PCH Boa Sorte durante o estudo, variou de 6,06 (P3 maio/2016) a 8,00 (P1 e P3 maio/2015),

permanecendo dentro dos limites aceitáveis pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas de Classe 2 (**Figura 17**).

Figura 17 - Variações de pH da água dos pontos amostrais nas campanhas dos períodos de seca e chuva durante os anos de 2013 a 2017, no reservatório da PCH Boa Sorte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

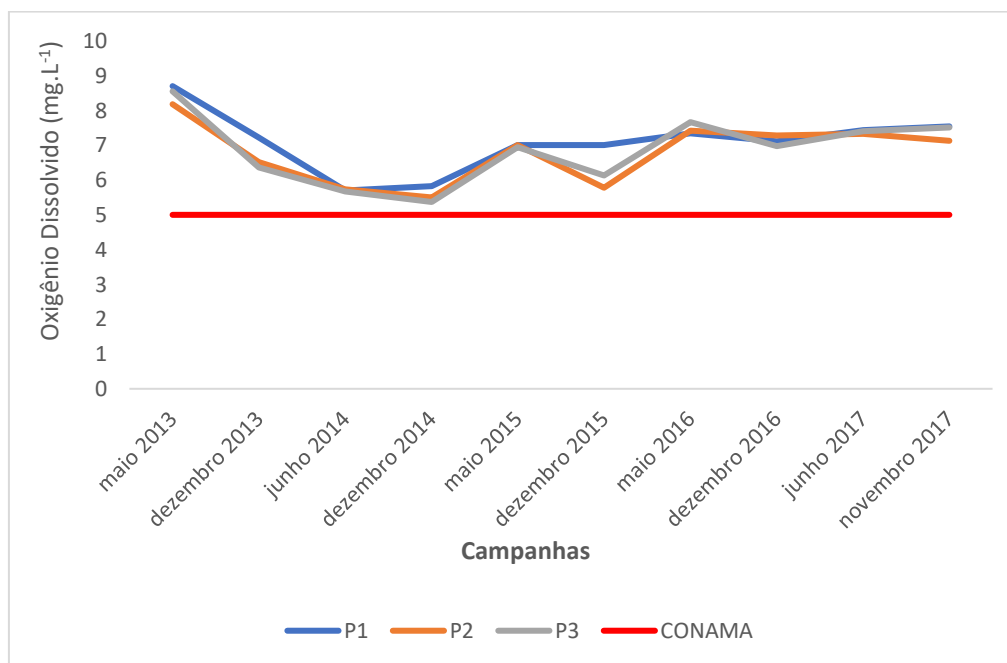
4.2.4. Oxigênio dissolvido (mg.L^{-1})

Dentre os fatores limitantes para a piscicultura podemos citar as baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água. A fotossíntese e a atmosfera são as principais fontes naturais de oxigênio da água, sendo que sua depleção está relacionada a respiração de organismos aquáticos, perdas para atmosfera e decomposição de matéria orgânica (ESTEVES, 1998).

Diferenças muito significativas ($P < 0,0001$) de oxigênio dissolvido foram verificadas entre os períodos de amostragem (seca e chuva), sendo que os maiores valores de oxigênio dissolvido foram encontrados no período de seca. Entre os pontos amostrais do reservatório houve diferença significativa ($P < 0,05$) nas concentrações de oxigênio dissolvido, o P1 apresentou os maiores valores de oxigênio, seguido por P2 e P3 respectivamente, podendo estar relacionado as características do ambiente amostrado, sendo P1 lótico, P2 interface lótico/lênticos e P3 lêntico. As concentrações

de oxigênio dissolvido obtidas nos pontos amostrais apresentaram valores bons de oxigenação, variando de $5,37 \text{ mg.L}^{-1}$ (P3 dezembro/2017) a $8,70 \text{ mg.L}^{-1}$ (P1 maio/2013) (**Figura 18**). Essas concentrações enquadram-se dentro do estabelecido na Resolução CONAMA Nº. 357/2005 (não inferior a $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$) para águas de Classe 2 e indicam a capacidade do ambiente em manter a vida aquática, bem como o qualificam como bem oxigenado.

Figura 18 - Variações de oxigênio dissolvido da água dos pontos amostrais nas campanhas dos períodos de seca e chuva durante os anos de 2013 a 2017, no reservatório da PCH Boa Sorte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

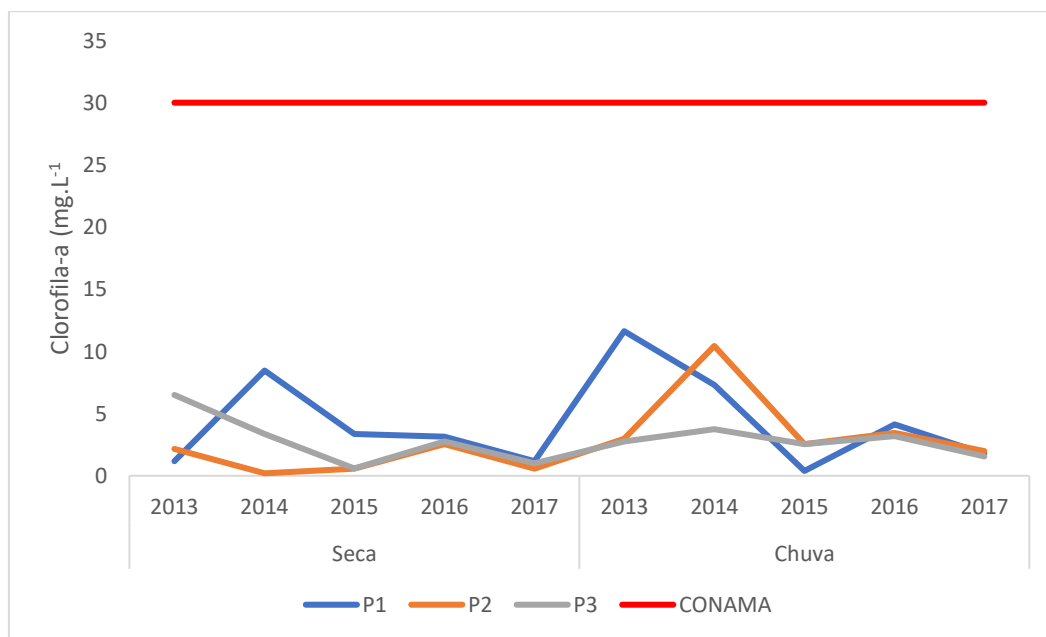
4.2.5. Clorofila-a ($\mu\text{g.L}^{-1}$)

A concentração de clorofila-a é a principal variável indicadora do processo de eutrofização, podendo ser utilizada como representação indireta das concentrações de algas.

Não ocorreram diferenças significativas ($P > 0,05$) entre as concentrações de clorofila-a, no período de coleta (seca e chuva) e entre pontos amostrais.

As concentrações de clorofila-a registradas no reservatório da PCH Boa Sorte durante o estudo, variaram de $0,2 \mu\text{g.L}^{-1}$ (P2 em junho de 2014) a $11,63 \mu\text{g.L}^{-1}$ (P1 em dezembro de 2013), sendo menores que $30 \mu\text{g.L}^{-1}$, como preconizado pela Resolução CONAMA Nº. 357/2005 (**Figura 19**).

Figura 19 - Variações de clorofila-a dos pontos amostrais nas campanhas dos períodos de seca e chuva durante os anos de 2013 a 2017, no reservatório da PCH Boa Sorte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

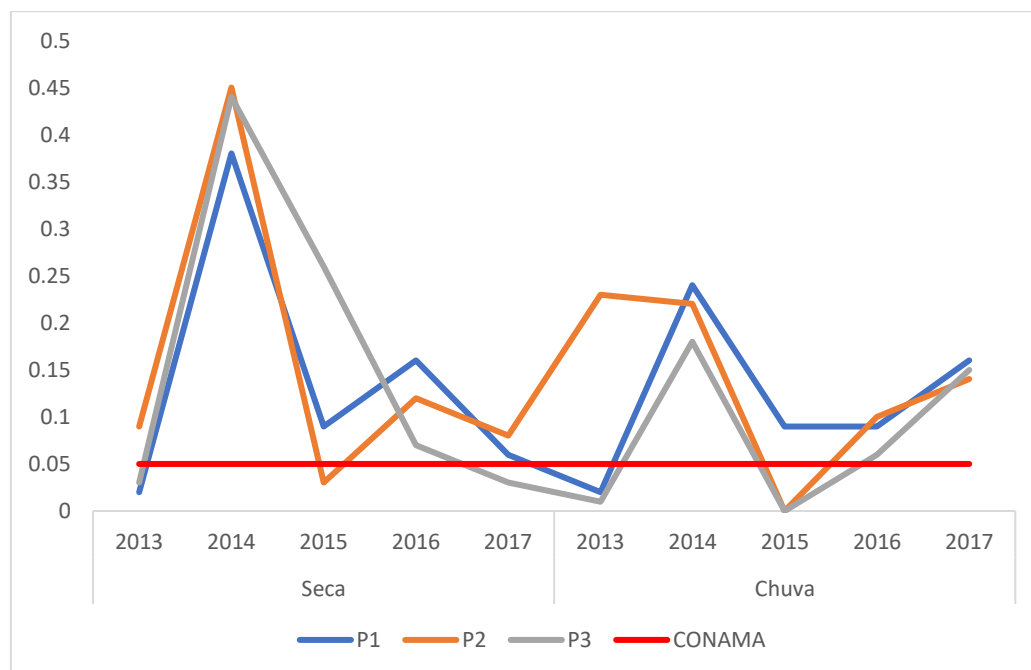
4.2.6. Fósforo Total (mg.L⁻¹)

O fósforo é, em geral, o principal elemento que pode limitar a produção primária dos ecossistemas aquáticos. O aumento da disponibilidade e da utilização desse nutriente acarreta o aumento do estado trófico. O fósforo é considerado o macro mineral essencial para o crescimento e a reprodução dos peixes (ROY e LALL, 2003).

Não ocorreram diferenças significativas ($P > 0,05$) entre as concentrações de fósforo total, no período de coleta (seca e chuva) e entre pontos amostrais.

Com exceção das amostras coletadas nos pontos e períodos seguintes, P1 e P3 (maio e dezembro de 2013); P2 (maio de 2015); e P3 (junho de 2017), os demais pontos amostrais levantados durante o estudo apresentaram valores acima do determinado pela Resolução 357/2005 do CONAMA para o elemento fósforo, sem aparente adição de poluição orgânica (**Figura 20**). Podemos supor que estes valores altos podem estar relacionados à decomposição da matéria orgânica advinda da vegetação submersa presente no reservatório, que não foi retirada completamente durante o desmatamento da área, podendo estar contribuindo para o aumento dos teores de fósforo nas águas. Quevedo e Paganini (2011), relataram que as fontes naturais estão relacionadas com as cargas difusas de fósforo nos corpos hídricos, como a decomposição dos organismos aquáticos e dos vegetais das matas ciliares.

Figura 20 - Variações de fósforo dos pontos amostrais nas campanhas dos períodos de seca e chuva durante os anos de 2013 a 2017, no reservatório da PCH Boa Sorte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Reservatórios considerados oligotróficos apresentam uma concentração de fósforo total inferior a $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$, já os oligomesotróficos são aqueles com concentrações entre $0,05$ e $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$. Diante das concentrações encontradas no reservatório da PCH Boa Sorte, podemos classificá-los como oligotrófico e oligomesotrófico, respectivamente, com tendência a eutrófico (ESTEVES,1998).

4.2.7. Formas de Nitrogênio (mg.L^{-1})

A importância do nitrogênio nos ecossistemas aquáticos deve-se principalmente à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Quando presente em baixas concentrações, este nutriente pode limitar a produção primária. Dentre as diferentes formas, o nitrato, juntamente com o íon amônio, assume grande importância nos ecossistemas aquáticos, representando as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários. Em águas bem oxigenadas, o nitrato (NO_3) é a forma de nitrogênio inorgânico dominante. Geralmente, a absorção preferencial de NH_4^+ pelas plantas contribui para as baixas concentrações dessa forma de nitrogênio. Elevadas concentrações de NH_4^+ na superfície de lagos e reservatórios (com baixas concentrações de substâncias húmicas) podem, portanto,

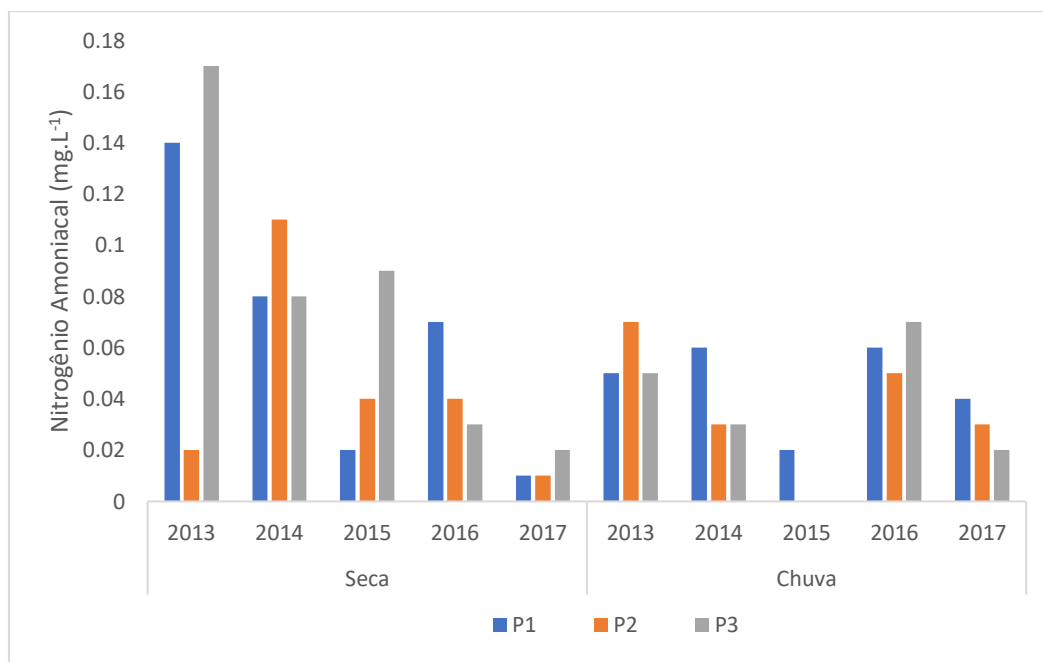
ser atribuídas à influência de fontes pontuais e/ou difusas. Elevadas concentrações de N-amoniaco nas regiões profundas de reservatórios que inundaram grande quantidade de biomassa vegetal podem ser resultantes do processo de decomposição. Por outro lado, em águas com baixa concentração de oxigênio, o nitrato é reduzido a nitrito. Assim, elevadas concentrações dessa forma de nitrogênio podem indicar lançamentos de efluentes domésticos (ESTEVES, 2011).

Na piscicultura intensiva, uma das principais fontes de compostos nitrogenados incorporados à água é a alimentação. No ambiente aquático o nitrogênio é encontrado sob a forma de amônia, nitrito e nitrato e pode determinar a produtividade do sistema (SIPAÚBA-TAVARES, 1998).

No reservatório da PCH Boa Sorte, foram avaliadas as formas de nitrogênio (Amônia, Nitrito, Nitrato) e concluiu-se que os parâmetros não variaram significativamente entre os períodos de amostragem e entre os pontos amostrais. Os parâmetros estão de acordo com o estabelecido pela Resolução Conama 357/2005 (Nitrogênio Amoniacal $3,87 \text{ mg.L}^{-1}$ de N; Nitrito 1 mg.L^{-1} de N; e Nitrato $10,0 \text{ mg.L}^{-1}$ de N).

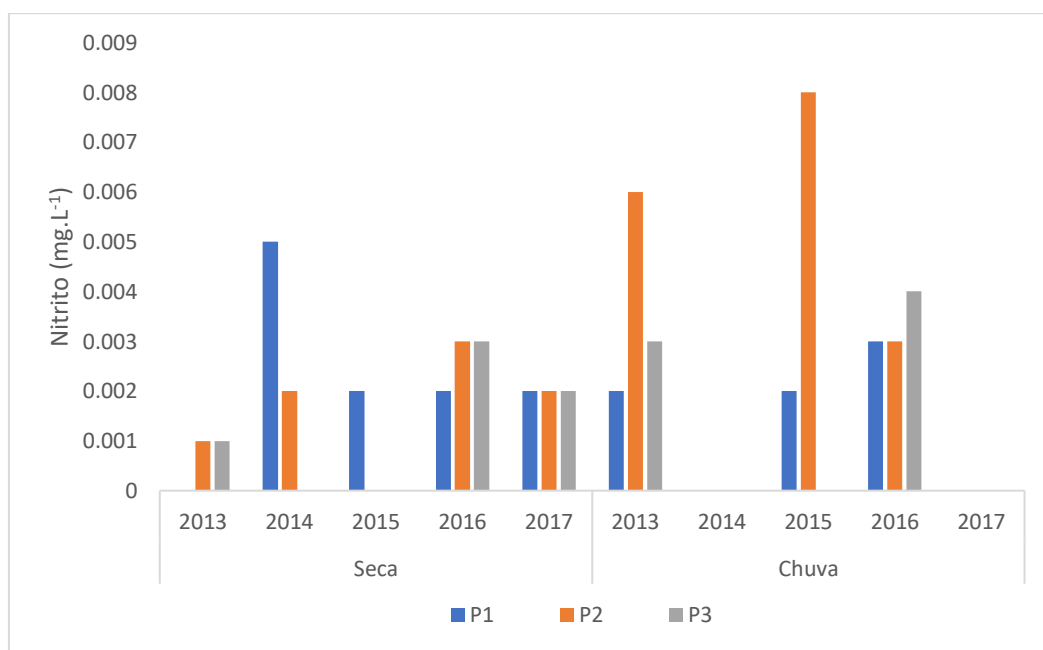
A concentração de Nitrogênio Amoniacal no reservatório da PCH Boa Sorte variou de $0,00 \text{ mg.L}^{-1}$ (P2 e P3 em dezembro de 2015) a $0,17 \text{ mg.L}^{-1}$ (P3 em maio de 2013). Já a concentração de Nitrito foi de $0,00 \text{ mg.L}^{-1}$ a $0,008 \text{ mg.L}^{-1}$ (P2 em dezembro de 2015). O Nitrato apresentou concentrações entre $0,00 \text{ mg.L}^{-1}$ e $2,10 \text{ mg.L}^{-1}$ (P3 em junho de 2014) (**Figuras 21, 22 e 23**).

Figura 21 - Variações de Nitrogênio Amoniacal dos pontos amostrais nas campanhas dos períodos de seca e chuva durante os anos de 2013 a 2017, no reservatório da PCH Boa Sorte.



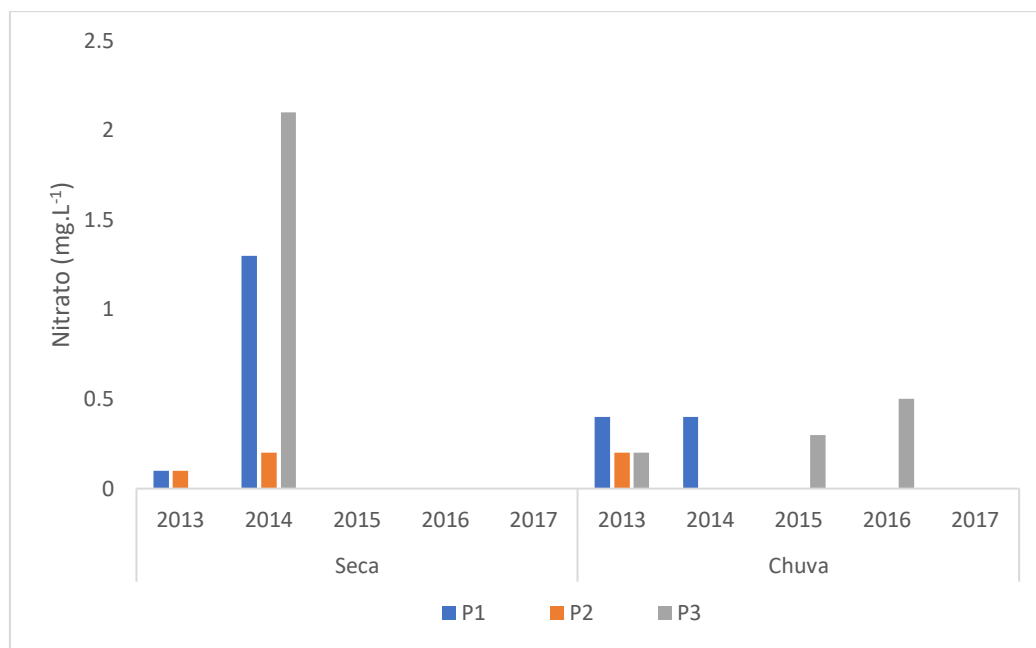
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 22 - Variações de Nitrito dos pontos amostrais nas campanhas dos períodos de seca e chuva durante os anos de 2013 a 2017, no reservatório da PCH Boa Sorte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 23 - Variações de Nitrato dos pontos amostrais nas campanhas dos períodos de seca e chuva durante os anos de 2013 a 2017, no reservatório da PCH Boa Sorte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.8. Correlação das variáveis

Na análise de correlação (**Tabela 5**) pode ser observado relação entre as variáveis pH e fósforo; pH e nitrogênio inorgânico; oxigênio dissolvido e fósforo; oxigênio dissolvido e nitrogênio inorgânico; e fósforo e nitrogênio inorgânico. A relação do pH com o fósforo e com o nitrogênio inorgânico é inversamente proporcional, com o aumento do pH diminui o fósforo e o nitrogênio inorgânico. O oxigênio dissolvido também apresenta relação inversamente proporcional em relação ao fósforo e ao nitrogênio inorgânico, evidenciando que o aumento do oxigênio dissolvido diminui a quantidade de fósforo e nitrogênio inorgânico no reservatório da PCH Boa Sorte. Quanto ao fósforo e o nitrogênio inorgânico podemos notar uma relação de interdependência diretamente proporcional, quando o fósforo aumenta o nitrogênio inorgânico também aumenta suas concentrações. Esta relação entre o nitrogênio e o fósforo no reservatório da PCH Boa Sorte é positiva, pois a medida que o fósforo aumenta o nitrogênio é diretamente proporcional, ou seja, o fósforo se torna o fator limitante no reservatório da PCH Boa Sorte, o que sugere que o processo de eutrofização tende a se estabilizar, pois de acordo com os parâmetros apresentados na **Tabela 4**, na maioria das amostras, atende a razão NT:PT de >10:1. De acordo

com Wetzel (1993), o conceito de nutrientes limitantes é baseado na Lei do Mínimo a qual estabelece que a produção de um organismo é determinada pela abundância da substância que estiver presente no ambiente na menor quantidade relativa à sua necessidade.

Tabela 5 - Correlação das variáveis abióticas (pH, Oxigênio Dissolvido, Transparência, Clorofila-a e Fósforo) amostradas nas águas do reservatório da PCH Boa Sorte.

	pH (E.L)	Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	Transparência (m)	Clorofila- a (µg.L ⁻¹)	Fósforo (mg.L ⁻¹)	N-Inorgânico (mg.L ⁻¹)
Temperatura (°C)	0.185 (0.326)	-0.347 (0.059)	-0.196 (0.298)	0.081 (0.668)	0.226 (0.228)	0.037 (0.884)
pH (E.L)	--	0.074 (0.695)	-0.68 (0.719)	-0.235 (0.210)	-0.377 (0.039)*	-0.391 (0.032)*
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)		--	0.335 (0.069)	-0.275 (0.140)	-0.542 (0.002)*	-0.360 (0.050)*
Transparência (m)			--	-0.150 (0.426)	0.285 (0.126)	0.114 (0.547)
Clorofila-a (µg.L ⁻¹)				--	0.112 (0.555)	0.253 (0.175)
Fósforo (mg.L ⁻¹)					--	0.573 (0.000)*
N-Inorgânico (mg.L ⁻¹)						--

*Significativo a 5% pelo teste t.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.9. Capacidade de suporte

A concentração média de fósforo total no reservatório da PCH Boa Sorte foi de 0,13 mg.L⁻¹, ou seja, não atende o limite preconizado pela Resolução 357 do CONAMA (2005) que é de no máximo 0,05 mg.L⁻¹ para águas de Classe 2, não sendo possível calcular a carga máxima de fósforo que poderia ser lançada no reservatório pela atividade de cultivo de peixes em tanques-rede. Portanto, o reservatório da PCH Boa Sorte não pode ser destinado a prática da piscicultura, pois pode acarretar um incremento das concentrações de nutrientes na água, podendo agravar o processo de eutrofização do reservatório.

Assumindo que a concentração média de fósforo durante o período de estudo (PI) é de 0,13 mg.L⁻¹ e que a concentração média desejada (PF) após a implantação da piscicultura é de 0,05 mg.L⁻¹, tem-se: $\Delta P = - 0,08 \text{ mg.L}^{-1}$. Este valor

de ΔP , demonstra que a capacidade de suporte do reservatório da PCH Boa Sorte já foi ultrapassada, tendo em vista que partiu de um valor negativo.

O fósforo é considerado um dos nutrientes mais importantes para a determinação da biomassa fitoplanctônica e da qualidade da água em lagos tropicais e subtropicais (ATTAYDE e BOZELLI, 1999). No entanto, os reservatórios são distintos de lagos naturais, onde a dinâmica limnológica pode não ser semelhante, e as respostas dos sistemas ao enriquecimento de nutrientes podem ser diferentes (WETZEL, 1990; TUNDISI et al. 1990).

O tempo de residência da água nos reservatórios pode contribuir de forma positiva para a minimização do processo de eutrofização, principalmente em reservatórios que possuem pequeno tempo de residência, ou seja, ocorre uma maior renovação da água. Mas esta minimização da eutrofização proveniente da renovação da água, não favorece todos os reservatórios, uma vez que outros fatores têm interferência direta nestes corpos hídricos, como a presença de afluentes que contribuem com uma carga de nutrientes nos períodos chuvosos e ou reservatórios que possuem baixa renovação de água. O reservatório da PCH Boa Sorte possui tempo médio de residência de 14,69 dias de acordo com os cálculos realizados neste estudo (**Tabela 3**), ou seja, neste período toda a água do reservatório é renovada, fato este, que ainda não foi capaz de contribuir para a diminuição das concentrações de fósforo no reservatório.

5. CONCLUSÃO

A implantação de parques aquícolas pode provocar, através da produção de peixes, impactos na qualidade da água. A seleção de áreas favoráveis para implantação de tanques-rede, a caracterização limnológica e a determinação da capacidade de suporte do reservatório no qual se pretende implantar a piscicultura, podem contribuir para a tomada de decisão quanto a implantação do parque aquícola e nortear o órgão ambiental durante o processo de licenciamento, diminuindo desta forma, os impactos ambientais que a atividade pode provocar ao corpo hídrico, aumentando a possibilidade de mitigação.

Foi identificado no reservatório da PCH Boa Sorte, 141 hectares de lâmina d'água com aspectos físicos e biológicos favoráveis a implantação de tanques-rede.

Com exceção do fósforo, os parâmetros limnológicos estão dentro do recomendado pela resolução CONAMA nº 357 de 2005, em todos os pontos amostrais. Devido ao fósforo estar acima do preconizado pela legislação e a capacidade de suporte do reservatório da PCH Boa Sorte já ter sido ultrapassada, não é recomendado o cultivo de peixes em tanques-rede no reservatório da PCH Boa Sorte.

A identificação das possíveis fontes que estão aportando concentrações de fósforo para o reservatório da PCH Boa Sorte e posterior implementações de medidas para mitigar estas concentrações, para os limites estabelecidos, é fundamental para que futuramente o reservatório possa ser explorado para a atividade de piscicultura.

6. REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A.A.; L.C. GOMES, E PELICE, F.M. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. EDUEM, Maringá, PR, Brasil, 2007.

ALVES, R.C.P. & BACCARIN, A.E. Efeito da produção de peixes em tanques-rede sobre a sedimentação de material em suspensão e de nutrientes no Córrego da Arribada (UHE Nova Avanhandava, Baixo Rio Tiête, SP). In: Marcos Gomes Nogueira, M.G., Henry, R., Jorcin, A. (org.) Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata. São Carlos, RiMa, 472 p, 2005.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL. Atlas de energia elétrica do Brasil. ANEEL: Brasília, DF, 153 p, 2002.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA PISCICULTURA BR 2018. São Paulo-SP: Associação Brasileira de Piscicultura, 139 p., 2018.

APHA/AWWA/WEF. EATON, A.D et al. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21^a ed. Washington: American Public Health Association. 1082 p, 2005.

ATTAYDE, J.L. and BOZELLI, R.L. Environmental heterogeneity patterns and predictive models of chlorophyll a in a Brazilian coastal lagoon. *Hydrobiol.*, vol. 390, no. 1-3, p. 129-139, 1999.

ATTAYDE, J. L.; PANOSSO, R. Capacidade de suporte de oito açudes do rio grande do norte para a piscicultura intensiva em tanques-rede. *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Porto Alegre: ABRH (2011): 18.*

AYROSA, D.M.M.R.; FURLANETO, F.P.B.; AYROSA, L.M.S. Regulamentação do acesso territorial a tanques-rede em área de preservação permanente (APP), no Estado de São Paulo. w.pesca.sp.gov.br, 2005.

BEVERIDGE, M.C.M. Cage and pen fish farming. Cairryng capacity models and environmental impact. FAO fisheries, 131 p., 1984.

BEVERIDGE, M. Cage aquaculture. 2^a ed. Oxford: Fishing News Books. 346p, 1996.

BEVERIDGE, M.C.M. Cage aquaculture. 3^a ed. Blackwell Publishing, Oxford, USA, 2004.

BORGHETTI, J. R.; SILVA, U. A. T. Principais sistemas produtivos empregados comercialmente. In: OSTRENSKY, A. et al. Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer. Brasília, p.73-94, 2008.

BRASIL – ANA. Série históricas de nível da PCH Boa Sorte. Estação 21829000, Barramento. Disponível em: <http://mapashidro.ana.gov.br/Usuario/Exportar.aspx?org=3&bac=2&sub=21&est=115346461>. Acesso em 12 de maio de 2018.

BRASIL - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA No. 357, de 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, 2005.

BRASIL. Instrução Normativa Interministerial nº 07 de 28 de abril de 2005. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2005/ini_mma_seap_07_2005_diretrizes_parques_areas_aquicolas.pdf. Acesso em 15 de maio de 2018.

CARNEIRO, P.C.F.; URBINATI, E.C. "Stress" e Crescimento de peixes em piscicultura intensiva. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 3., Campinas, Anais. Campinas: CBNA, p. 25-40, 1999.

CARVALHO, E.D.; R.J. SILVA, I.P. RAMOS, D.M.M. REZENDE-AYROZA, E L.M. AYROZA. Caracterização das condições limnológicas junto aos sistemas de tilapicultura em tanques-rede no reservatório da U.H.E. de Chavantes, médio rio Paranapanema. 45f. Relatório de pesquisa (FINEP) vol.1 - Instituto de Biociências. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, Brasil, 2008.

CAVALCANTE, D. P. Criação de peixes nativos em tanques-rede: influência sobre a qualidade de água e sobre as populações planctônicas do Reservatório da Usina Hidrelétrica Itá, Florianópolis-SC, 2010.

CONTE, L. Produtividade e economicidade da tilapicultura em gaiolas na região sudoeste do Estado de São Paulo : estudos de casos. Piracicaba, 59 p., 2002.

CORNEL, G.E.; WHORISKEY, F.G. The effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on the water quality, zooplankton, benthos and sediments of Lac du Passage, Aquaculture, n.109, p.101-107, 1993.

CYRINO, J.E.; CONTE, L. Tilapicultura em gaiolas: produção e economia. In: CYRINO, E.P. e URBINATI, E.C. (Org.). AquaCiência 2004: Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aquicultura. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2006, p.151- 171.

DAMASCENO, L. M. A. de C. Contribuição à caracterização limnológica da coluna d'água do reservatório da UHE – Luís Eduardo Magalhães em escala sazonal e diurna. 61 f. Monografia (TCC) – Universidade Federal do Tocantins, Curso de Engenharia Ambiental, Palmas, 2008.

DANTAS, M. C. e ATTAYDES, J. L. Nitrogen and phosphorus content of some temperate and tropical freshwater fishes. J. Fish Biol. 70, 100-108, 2007.

DIAZ, M.M.; P.F. TEMPORETTI, AND F.L. PEDROZO. Response of phytoplankton to enrichment from cage fish farm waste in Alicura reservoir (Patagonia, Argentina). Lakes & Reservoir: Research and Management 6: 151-158, 2001.

DILLON, P.J. e RIGLER, F.H. A test of a simple nutrient budget model predicting the phosphorous concentration in a lake water. J. Fish. Res. Bd. Can., v. 31, p. 1771-1778, 1974.

ECHANIZ, S. & VIGNATTI, A. Determinación del estado trófico y de la capacidad de carga de embalse casa de piedra. BioScriba, v. 2, n. 1, p. 41-51, 2009.

ESTEVEES, F. A. Fundamentos de Limnologia. Interciência, Rio de Janeiro, Brasil, 1998.

ESTEVEES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 826 p, 2011.

FEIDEN, I. F. Estudo da qualidade da água durante a criação de peixes em tanques-rede no reservatório de Salto Caxias - Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca: Aquicultura e Manejo. 2012. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2012.

FILHO, E. L. S.; MAIA, C.H. Qualidade da água em sistema de piscicultura em tanques-rede no reservatório da UHE Salto, Caçu-GO, 2017.

GOOGLE. Google Earth website. Disponível em : <http://earth.google.com>. Acesso em: mês de abril de 2018.

GUTTMAN, Louis. Some necessary conditions for common-factor analysis. Psychometrika, 19.2: 149-161, 1954.

HALWART, D. SOTO; J.R. ARTHUR (Org.). Cage aquaculture – Regional reviews and global overview. Roma: FAO Fisheries Technical Paper n. 498, p.18–48, 2007.

HENRY, R.; NOGUEIRA, M.G.; POMPEO, M.L.M. and V. MOSCHINI-CARLOS. Annual and short-term variability in primary productivity by phytoplankton and correlated abiotic factors in the Jurumirim reservoir (São Paulo, Brazil). Brazilian Journal Biology 66: 239-261, 2006.

KAISER, Henry F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. Psychometrika, 23.3: 187-200, 1958.

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes – Parte II. Panorama da Aquicultura, v.8, n.46, p.35-41,1998.

KUBITZA, F. Tanques-rede, rações e impacto ambiental. Revista panorama da aquicultura. 51:44-50, 1999.

KUBITZA, F. Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões. Jundiaí. SP: Jundiaí. 229 pp, 2003.

LANDA, G.G. Composição do Zooplâncton em quatro represas no Campus da Universidade Federal de Lavras: um subsídio à piscicultura. 227p. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1999.

MALLASEN, M.; CARMO, C.F.; TUCCI, A.; BARROS, H.P.; ROJAS, N.E.T.; FONSECA, F.S.; YAMASHITA, E.Y. Qualidade da água em sistema de piscicultura em tanques-rede no reservatório de Ilha Solteira, SP. Boletim do Instituto de Pesca, v.38, n.1, p.15-30, 2012.

MÃMAR, R.M.; CYRINO, J.E. Piscicultura. Campinas: CATI, 103p, 1986.

NASCIMENTO, T. S. R. ; BOIJINK, C. L. ; PÁDUA, D.M.C. . Efeito do pH da água na sobrevivência e crescimento de alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). in: reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, Jaboticabal. anais da 44ª reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. jaboticabal: sociedade brasileira de zootecnia, v. 36. p. 1-385, 2007.

NAYLOR, R. L.; GOLDBURG, R. J.; PRIMAVERA, J. H.; KAUSTSKY, N.; BEVERIDGE, M. C. M.; CLAY, J.; FOLKE, C.; LUBCHENCO, J.; MOONEY, H.; TROELL, M. Effect of aquaculture on word fish supplies. Nature.v.405, p.1017-1024, 2000.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. SUPREN/IBGE. Volume 4, 1979.

PILLAY, T.V.R. Aquaculture and the environment. 2ª ed. Blackwell Publishing, Oxford, USA, 2004.

QUEVEDO, C. M.; PAGANINI, W. S. Impactos das atividades humanas sobre a dinâmica do fósforo no meio ambiente e seus reflexos na saúde pública. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v.6, n.8, p. 3529-3539, 2011.

ROCHA, A. C. L. Caracterização limnológica e determinação da capacidade de suporte do reservatório Mendubim, (Rio Grande do Norte) para o cultivo de peixes em tanques-rede. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pp.64, 2008.

ROTTA, M. A.; QUEIROZ, J. F. Boas Práticas de Manejo (BPMs) para a Produção de Peixes em Tanques-redes. Corumbá: Embrapa Pantanal, 27 p, 2003.

ROY, P.K.; LALL, S.P. Dietary phosphorus requirement of juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.). Aquaculture, v. 221, p. 451-468, 2003.

SAMPAIO, F.G.; LOSEKANN, M.E.; LUIZ, A.J.B; NEVES, M.C.; FRASCÁ-SCORVO, C.M.D.; RODRIGUES, G.S., 2013. Monitoramento e gestão ambiental da piscicultura em tanques-rede em reservatórios. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 34, n.272, p. 1-11, jan/fev, 2013.

SANTOS, G.B.; FORMAGIO, P.S. Estrutura da ictiofauna das represas do rio Grande, com ênfase no estabelecimento de peixes piscívoros exóticos. Informe Agropecuário, v.21, n.203, p.98-106, 2000.

SANTOS, I. Hidrometria aplicada. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. 372 p., 2001.

SILVA, A. L. N.; SIQUEIRA, A. T. Piscicultura em tanques-rede: princípios Básicos. Recife: SUDENE, UFRPE, 72p, 1997.

SILVA, V. K.; FERREIRA, M. W.; LOGATO, P. V. R. Qualidade da água na Piscicultura. Tese de Graduação. UFLA – Departamento de Zootecnia. Lavras - Minas Gerais, 2006.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H. Limnologia dos sistemas de cultivo. In: Carcinicultura de água doce. São Paulo: FUNEP. p.47-75, 1998.

SOUZA, M. J. M.; ROCHA, A. J. A. Areias river (Goiás, Brasil): Assessment to the water with view to use in supplying the Federal District. Anais do Simpósio Sobre o Cerrado, 8: 223-225, 1996.

SUBASINGHE, R.; SOTO, D.; JIA, J. Global aquaculture and its role in sustainable development. Reviews in Aquaculture 1, 2–9. 2009.

TIAGO, G.G.; GIANESELLA, S.M.F. Recursos hídricos para a aquicultura: reflexões temáticas. In: encontro da associação nacional de pós-graduação e pesquisa em ambiente e sociedade, Indaiatuba. Anais. Belém: ANPPAS, 2002.

TOCANTINS SEPLAN - TO. ATLAS DO TOCANTINS: Subsídios ao Planejamento da Gestão Territorial. Edição 2012. Disponível em: <http://www.seplan.to.gov.br>. Acesso em 20 de maio de 2018.

TOCANTINS – Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS). Termo de Referência para licenciamento de aquicultura em tanque-rede. Disponível em: <http://www.naturatins.to.gov.br>. Acesso em 02 de maio de 2018.

TOCANTINS - Secretaria da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SEAGRO). Situação atual da aquicultura tocaninense, 2017. Disponível em: www.seagro.to.gov.br. Acesso em 02 de maio de 2018.

TOVAR, A.; MORENO, C.; MANUEL-VEZ, M.P.; GARCIA-VARGAS, M. Environmental implicatios of intensive marine aquaculture in earthen ponds. Marine Pollution Bulletin, 40(11): 981-988, 2000.

TUNDISI, J.G. Gerenciamento integrado de bacias hidrográficas e reservatórios estudos de caso e perspectivas. In: NOGUEIRA, M.G.; HENRY, R.; JORCIN, A. Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata. São Carlos: Rima, p.1-21, 2005.

TUNDISI, J.G. et al. Limnology and management of reservoirs in Brazil. Kluwer Academic Publisher, 1990.

VIEIRA, E. M. Contribuição metodológica para a pré-identificação de áreas adequadas à implantação de parques aquícolas no reservatório de nova ponte – Minas Gerais. 2009. 147 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

VINATEA-ARANA, L. Fundamentos de aquicultura. Florianópolis: Editora UFSC, 349p., 2004.

VLB ENGENHARIA. Projeto básico consolidado - PCH Boa Sorte. Dianópolis, 134 p., 2006.

WATANABE, Fernanda Sayuri Yoshino. Estudo da influência da coluna d'água na resposta espectral da vegetação aquática submersa em condições controladas. 2012. 132 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2012.

WEATHERLEY, A.H.; GILL, H. S. The biology of fish growth. Orlando: Academic Press, 443p, 1987.

WEBBER, D. C. et al. Manual Técnico para Seleção de Áreas Aquícolas em Águas da União. Palmas, TO : Embrapa Pesca e Aquicultura, 2015.

WETZEL, R. G. Reservoir Ecosystems: Conclusions and Speculations: In THORNTON, K. W., KIMMEL, B. L., PAYNE, F. E. Reservoir Limnology: Ecological Perspectives. Interscience, 1990.

WETZEL, R.G. Limnologia. Fundação Calouste Gulbenkian. 1011 p., 1993.

WOYNAROVICH, E. Manual de Piscicultura – Tradução Marcelo José de Melo. CODEVASF/MINTER. Brasília, DF. 71 p., 1985.

ZANATTA, A.S. Tilapicultura em ecossistemas aquáticos: Desenvolvimento sustentável ou degradação, ambiental? Estudo de caso em represa oligotrófica. 94f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

ZANIBONI FILHO, E.; NUÑER, A. P. O.; GUERESCHI, R. M.; SILVA, S.H. Cultivo de peixes em tanques-rede e impactos ambientais. In: Cultivo de peixes em tanques-rede: desafios e oportunidades para um desenvolvimento sustentável. EPAMIG. Belo Horizonte, 104p, 2005.