UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
***CAMPUS* DE JI-PARANÁ**
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

MARIANA CAMBRUZZI PAIVA

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE UM SISTEMA DE PISCICULTURA: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ / RO – BRASIL

Ji-Paraná

2014

MARIANA CAMBRUZZI PAIVA

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE UM SISTEMA DE PISCICULTURA: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ / RO – BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Nara Luísa Reis de Andrade

Ji-Paraná

2014

P149a
2014

Paiva, Mariana Cambruzzi

Análise da qualidade da água de um sistema de psicultura: estudo de caso no município de Ji-Paraná-RO-Brasil / Mariana Cambruzzi Paiva; orientador, Nara Luísa Reis de Andrade. -- Ji-Paraná, 2014
93 f. : 30cm

Trabalho de conclusão de Curso Bacharel em Engenharia Ambiental. – Universidade Federal de Rondônia, 2014

Inclui referências

1. Criação de peixes. 2. Desenvolvimento Sustentável.3. Impacto Ambiental. I. Andrade, Nara Luisa Reis de. II. Universidade Federal de Rondônia. III. Título

CDU 639.311:556.114.7

Bibliotecário: Alex Almeida CRB 11/ 853

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
***CAMPUS* DE JI-PARANÁ**
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

TÍTULO: ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE UM SISTEMA DE PISCICULTURA: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ / RO – BRASIL

AUTOR: MARIANA CAMBRUZZI PAIVA

O presente Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e aprovado pelo Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná, no dia 04 de julho de 2014.

Margarita María Dueñas Orozco (Membro)
Profa. Me. do Departamento de Engenharia Ambiental
Universidade Federal de Rondônia

João Gilberto de Souza Ribeiro (Membro)
Prof. Dr. do Departamento de Engenharia Ambiental
Universidade Federal de Rondônia

Profa. Dra. Nara Luísa Reis de Andrade (Orientadora)
Professora do Departamento de Engenharia Ambiental
Universidade Federal de Rondônia

Ji-Paraná, 17 de julho de 2014

Escolho não nomear as pessoas pelas quais muito devo a concretização de mais um ciclo vitorioso que se encerra na minha vida, pois correria o risco do esquecimento e faltaria espaço para todos os nomes. Fica esse singelo poema dedicado com muito amor a todas essas "Mãos'' que contribuíram para a conquista desse sonho:

Caminhante, são teus rastos
o caminho, e nada mais;
caminhante, não há caminho,
faz-se caminho ao andar.
Ao andar faz-se o caminho,
e ao olhar-se para trás
vê-se a senda que jamais
se há-de voltar a pisar.
Caminhante, não há caminho,
somente sulcos no mar.

Antônio Machado (1875- 1939), poeta espanhol

AGRADECIMENTOS

À Deus, por tudo.

À Universidade Federal de Rondônia – UNIR pela oportunidade de estudo.

À minha orientadora Prof. Dr. Nara Luísa Reis de Andrade pela orientação, por todo ensinamento, confiança e apoio em todas as minhas dificuldades.

À Profa. Dra. Beatriz Machado Gomes, pela disponibilização dos equipamentos para a realização das análises *in loco*.

À Profa. Dra. Renata Gonçalves Aguiar pelo auxílio e sugestões em todas as análises estatísticas.

Aos colegas da Engenharia Ambiental, em especial agradeço à Ronei da Silva.

Ao piscicultor Edson Ancilieiro, que gentilmente permitiu a utilização da sua propriedade para realização desse trabalho.

Aos funcionários e amigos da Qualittá, José Carlos, Gabriela, Igor e Wilque pelo apoio e profissionalismo nas análises laboratoriais, que contribuiu para o bom desenvolvimento deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora Prof. Dr. João Gilberto de Souza Ribeiro e a Profa. Me. Margarita María Dueñas Orozco, pelas importantes contribuições para o trabalho.

À minha família pelo carinho e motivação.

Finalmente, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução do trabalho, recebam o meu mais sincero: MUITO OBRIGADA!

“A vida é aquilo que você deseja diariamente.’’

-André Luiz.

RESUMO

A atividade piscícola pode provocar impactos nos ambientes aquáticos, pois o lançamento de efluentes não tratados são grandes responsáveis pela contaminação dos corpos hídricos. Dessa forma, torna-se necessário o conhecimento da qualidade dos efluentes destinados aos corpos hídricos, principalmente em locais onde não existe o tratamento do efluente gerado pela atividade. Por tais motivos, este estudo objetivou analisar a qualidade da água de um sistema de piscicultura em uma propriedade rural no município de Ji-Paraná. Foram coletadas amostras de água de abastecimento, dos viveiros, do efluente e no corpo receptor, estendendo-se por períodos de seca, transição entre as estações de seca e chuva e chuva durante agosto de 2013 a janeiro de 2014. Abrangeu-se 7 pontos amostrais nos quais foram analisados as variáveis físico-químicas e microbiológicas: temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica (CE), turbidez, nitrogênio amoniacal, fósforo total, DBO5, sólidos dissolvidos totais e coliformes termotolerantes em cada etapa do ciclo. Os parâmetros OD, temperatura, CE e pH foram medidos *in situ* por meio de sondas. Posteriormente os resultados obtidos foram comparados com a legislação ambiental CONAMA 357/ 2005 que estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Os resultados obtidos permitiram concluir que ocorreram diferenças significativas da temperatura, turbidez e oxigênio dissolvido entre a água de abastecimento e os efluentes dos viveiros, revelando que os efluentes da produção de peixes não se adequam à legislação para serem lançados no corpo receptor. Dentro desse contexto, os resultados evidenciam a necessidade de adoção de boas práticas de manejo, bem como o tratamento dos efluentes de forma a minimizar possíveis impactos negativos decorrentes dessa atividade.

Palavras-chave: Aquicultura, efluentes, impacto ambiental.

ABSTRACT

The piscicola activity can cause impacts on aquatic environments, since the release of untreated effluents are largely responsible for the contamination of water bodies. Thus, it is necessary to know the quality of the effluent for water bodies, particularly in places that no treatment of the effluent generated by the activity. For these reasons, this study aimed to analyze the water quality of a system of fish farming on a farm in the municipality of Ji - Paraná. Samples of drinking water, the ponds, the effluent and receiving water were collected, extending over periods of drought, the transition between the dry and rainy seasons and rainfall during August 2013 to January 2014. Pervaded by 7 sampling points analyzing the physicochemical and microbiological variables: temperature, hydrogen potential (pH), dissolved oxygen (DO), electrical conductivity (EC), turbidity, ammonia nitrogen, total phosphorus, BOD_5, total dissolved solids and fecal coliforms in each stage cycle, according to the methods described in APHA (2005). The OD parameters, temperature, pH and EC were measured in situ by means of probes. Subsequently the results were compared with environmental legislation CONAMA 357/2005 laying down the conditions and standards for effluent discharge. The results showed that there were significant differences in temperature, turbidity and dissolved between water supply and effluent ponds of oxygen , revealing that the effluent of fish production are not suitable legislation to be launched in the receiving body. Within this context, the results highlight the need to adopt best management practices as well as the treatment of effluents to minimize possible negative impacts of this activity.

Keywords: aquaculture, water quality, wastewater, environmental impact.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Distribuição das principais espécies nas pisciculturas nas diferentes regiões do país. 20
FIGURA 2 - Ciclo do nitrogênio em tanques de criação de peixes (DURBOROW et al., 1997 apud PEREIRA e MERCANTE, 2005, p. 83). 25
FIGURA 3 - Localização do município de Ji-Paraná e da Bacia Hidrográfica do Rio Ji-Paraná. 35
FIGURA 4 - Mapa de localização da área de estudo: Sistema de piscicultura em uma propriedade rural do munícipio de Ji-Paraná/ RO. 37
FIGURA 5 - Mapa de localização dos pontos de coleta de água da propriedade piscicultora nos pontos afluentes ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7). 38
FIGURA 6 - Valores da temperatura nos pontos afluente ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7); durante o período de agosto de 2013 a janeiro de 2014. 43
FIGURA 7 - Box-plot representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de Temperatura. 44
FIGURA 8 - Valores da turbidez nos pontos afluentes ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7); durante o período de agosto de 2013 a janeiro de 2014. 45
FIGURA 9 - Box-plot representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de turbidez. Obs: pontos representados com * são outliers. 47
FIGURA 10 - Valores da Condutividade Elétrica nos pontos afluente ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7); durante o período de agosto de 2013 a janeiro de 2014. 49

FIGURA 11 - Box-plot representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de condutividade elétrica. 50
FIGURA 12 - Valores dos Sólidos Dissolvidos Totais nos pontos afluente ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7); durante o período de agosto de 2013 a janeiro de 2014. 52
FIGURA 13 - Box-plot representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de sólidos dissolvidos totais. 53
FIGURA 14 - Valores de pH nos pontos afluentes ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7); durante o período de agosto de 2013 a janeiro de 2014. 54
FIGURA 15 - Box-plot representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de pH. 55
FIGURA 16 - Valores do Oxigênio Dissolvido nos pontos afluente ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7); durante o período de agosto de 2013 a janeiro de 2014. 57
FIGURA 17 - Box-plot representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de oxigênio dissolvido (OD). 58
FIGURA 18 - Aerador mecânico no viveiro P7. 59
FIGURA 19 - Valores de demanda bioquímica de oxigênio nos pontos afluente ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7); durante o período de agosto de 2013 a janeiro de 2014. 61
FIGURA 20 - Box-plot representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de demanda bioquímica de oxigênio (DBO). 62
FIGURA 21 - Sobra de alimento observado no ponto de descarga no P5 (efluente). 63
FIGURA 22 - Valores do fósforo total nos pontos afluente ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7); durante o período de agosto de 2013 a janeiro de 2014. 64
FIGURA 23 - Box-plot representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de fósforo total. 66
FIGURA 24 - Presença de macrófitas aquáticas na represa (P3). 67
FIGURA 25 - Valores do nitrogênio amoniacal nos pontos afluente ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7); durante o período de agosto de 2013 a janeiro de 2014. 69

FIGURA 26 - Box-plot representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de nitrogênio amoniacal. Obs: pontos representados com * são outliers. .70
FIGURA 27 - Valores de coliformes fecais nos pontos afluente ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7); durante o período de agosto de 2013 a janeiro de 2014. 72
FIGURA 28 - Box-plot representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de coliformes Fecais. 73
FIGURA 29 - Gansos ao redor dos viveiros.....74

LISTA DE QUADROS E TABELAS

TABELA 1 - Condições de qualidade da água de acordo com a classe. 32
TABELA 2 - Data da coleta e período abrangido.....39
TABELA 3 - Parâmetros, métodos, referências e unidade utilizadas para análise das águas. 39
TABELA 4 - Valores médios e desvio- padrão de variáveis limnológicas avaliadas nos sete pontos amostrais. 41

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 14

1 REFERENCIAL TEÓRICO 16
1.1 USO DA ÁGUA 16
1.2 PANORAMA DA PISCICULTURA 17
1.3 FORMAS DE CULTIVO 21
1.4 IMPACTOS DOS EFLUENTES DE PISCICULTURA 22
1.5 PISCICULTURA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 28
1.6 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL 30

2. MATERIAL E MÉTODOS 35
2.1 ÁREA DE ESTUDO 35
2.1.2 Clima 36
2.1.3 Solos e relevo 36
2.2 AMOSTRAGEM E ANÁLISE DOS DADOS 36
2.2.1 Pontos de coleta 36
2.2.2 Determinações dos Parâmetros 39
2.2.3 Análise Estatística 40
2.2.4 Mapeamento dos pontos de coleta 40
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 41
3.1 VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS 41
3.1.1 Temperatura 41
3.1.2 Turbidez 45
3.1.3 Condutividade Elétrica 48
3.1.4 Sólidos dissolvidos totais 51
3.1.5 Potencial Hidrogeniônico (pH) 53
3.1.6 Oxigênio Dissolvido 56
3.1.7 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) 60
3.1.8 Fósforo Total 63
3.1.9 Nitrogênio Amoniacal 68
3.2 VARIÁVEIS MICROBIOLÓGICOS 71
3.2.1 Coliformes Termotolerantes/ Fecais 71
3.3 GESTÃO SUSTENTÁVEL DO SISTEMA DE PISCICULTURA 75

CONSIDERAÇÕES FINAIS 77

REFERÊNCIAS 79

INTRODUÇÃO

A água é uma substância essencial para a vida, indispensável ao desenvolvimento da humanidade em diversos aspectos, como a saúde, o social e o econômico, tendo importância estratégica para os setores produtivos (OLIVEIRA, 2012).

A piscicultura constitui um dos setores produtivos que mais cresce no Brasil, é uma possibilidade de fonte de riquezas, pois além de ser uma opção de geração de emprego e renda ao mesmo tempo pode auxiliar na redução da pressão sobre os estoques pesqueiros naturais e apresenta grande desenvolvimento no país pela enorme disponibilidade hídrica existente (ROTTA e QUEIROZ, 2003; PAGGI, 2006; PEZZATO et al., 2009).

Conforme o Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura, a atividade apresentou significativo crescimento nos últimos anos, passando de 278 mil toneladas em 2003 para 628.704,3 mil toneladas no ano de 2011, colocando o Brasil na 17° posição no ranking mundial de produção de pescado (MPA, 2011).

No Estado de Rondônia a piscicultura encontra-se em pleno desenvolvimento. A riqueza hídrica do Estado aliada às altas temperaturas durante todo o ano, os solos argilosos, a excelente conformação topográfica, associados à boa logística de escoamento, são pontos favoráveis que potencializam a região para o desenvolvimento dessa atividade produtiva (MPA, 2013).

Segundo estatísticas da Secretaria de Desenvolvimento Ambiental - SEDAM (2014), o Estado de Rondônia produz 64.833 toneladas de pescados por ano, sendo o primeiro lugar na produção nacional de Tambaqui em cativeiro, destacando- se como o maior produtor de peixes em água doce do país (DECOM, 2014).

Diante deste cenário promissor, o significativo crescimento tem colocado para o setor algumas questões relacionadas à sustentabilidade, pois um dos fatores de fundamental importância em sistemas de criação de peixes é a qualidade da água. Apesar do cultivo de

peixe ser totalmente dependente dessa qualidade, a atividade vem sendo enfocada e tratada por alguns setores governamentais e não governamentais como uma atividade impactante, pois gera efluentes com características que podem comprometer o meio ambiente receptor (ROTA e QUEIROZ, 2003; CASTELLANI e BARELLA, 2006; LIMA, 2010; PIVETTA, 2011).

Como a atividade depende da utilização de significativas quantidades de água durante todo o seu processo produtivo, e na maioria dos cultivos, as descargas ocorrem diretamente nos rios, sem tratamento prévio, o grande aporte de matéria orgânica e acúmulo de substâncias contidas nos efluentes da piscicultura são tidos como um dos principais problemas ambientais encontrados nos ecossistemas aquáticos e tem gerado uma preocupação crescente com o alto grau de poluição e contaminação em que se encontram atualmente (ROTA e QUEIROZ, 2003; TUNDISI, 2003; TAVARES, 2004; LIMA, 2010).

Sendo assim, no atual estágio em que se encontram inseridas as atividades piscícolas, é possível afirmar que paralelo ao desenvolvimento e à intensificação da atividade, cresce a necessidade de monitoramento dos recursos hídricos, visando melhoria nos processos de gestão e acompanhamento dos procedimentos efetivados, o que se traduziria ainda em contribuição ao processo de licenciamento e adequação ambiental (SAMPAIO et al., 2013).

Diante disso, revela-se de grande importância a realização de estudos para a obtenção de informações das condições existentes em tais sistemas ao longo de um ciclo sazonal, tanto para se entender o funcionamento do ecossistema em relação à qualidade dos efluentes gerados e seus reflexos nos ambientes aquáticos existentes, até mesmo pela necessidade de monitoramento de condições adequadas para uma boa produtividade desses sistemas ao longo do tempo, como para recuperação de ambientes (TUCCI, 2002; LOUREIRO et al., 2011).

Dessa forma, a presente pesquisa teve o objetivo de analisar a qualidade da água de um sistema de piscicultura em uma propriedade rural no município de Ji-Paraná-RO, visando verificar possíveis alterações na qualidade da água em cada etapa do sistema e a influência dessas alterações no corpo receptor. Como objetivos específicos, buscou-se: a) analisar os aspectos físico-químicos e microbiológicos da água em pontos: i) afluente aos tanques ii) no viveiro iii) efluente final e iv) ao longo do corpo receptor, de acordo com a sazonalidade da região e b) comparar os resultados obtidos nos diferentes pontos do sistema aos padrões de qualidade estabelecidos pela legislação vigente.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 USO DA ÁGUA

Dentre os recursos naturais, a água é o que possui maior destaque, pois sua disponibilidade é necessária a todo tipo de vida no planeta, bem como para a maioria dos meios de produção. Trata-se de bem precioso, de valor inestimável, que deve ser, a qualquer custo, conservado e protegido (SETTI et al., 2001; SARDINHA et al., 2008).

Segundo Setti et al., (2001), a água presta-se para múltiplos usos, destacando-se a geração de energia elétrica, abastecimento doméstico e industrial, irrigação de culturas agrícolas, navegação, recreação, aquicultura, piscicultura e pesca.

Em relação à disponibilidade de recursos hídricos, o Brasil possui posição privilegiada. Estima-se que aproximadamente 13% da disponibilidade hídrica existente no planeta, estão presentes no território nacional (RODRIGUES e BATISTELA, 2013), constatação essa que só faz aumentar a necessidade de utilização responsável desse recurso.

Contudo, apesar dessa significativa parcela, não se pode perder de perspectiva a advertência feita por Santos et al., (2011) quando destaca que a problemática da água não está relacionada somente com a quantidade de água existente, mas, sim, com a desigualdade na distribuição nas diversas regiões e com a sua qualidade, e essa questão se torna ainda mais grave quando é admitida a crescente degradação dos recursos hídricos.

O acelerado crescimento populacional tem conduzido a um aumento da demanda de produção de alimentos o que eleva a pressão sobre os recursos hídricos. A título de exemplo basta considerar a atividade agrícola, que é responsável pelo consumo de aproximadamente 70% da disponibilidade mundial de água (SETTI et al., 2000; TUNDISI, 2008).

Nesse contexto, cabe considerar que de acordo com Tiago e Gianesella (2003), a aquicultura é um empreendimento produtivo que tem tido grande desenvolvimento nas últimas décadas, revelando-se mais uma atividade antrópica a competir com inúmeras outras pela disponibilidade da água. Consequência inevitável desse crescimento é a presença cada vez maior de riscos de deterioração da qualidade e quantidade da água, o que contribui com o declínio da qualidade ambiental, social e econômica.

A referida atividade tem as suas implicações. ‘‘ Dados comparativos demostram que a água requerida por sistemas de produção de tanques de bagres é de 6.470m^3/TM, enquanto

que a criação de gado é de 42m^3/TM'' (PHILLIPS et al., 1991 apud TIAGO e GIANESELLA, 2003).

No particular, é necessário evidenciar que a utilização dos recursos hídricos pode ser classificada como consuntiva e não consuntiva, nesse contexto, o uso consuntivo trata-se da parcela consumida durante seu uso, como abastecimento e irrigação, e o não consuntivo é quando a água não é consumida, a exemplo da pesca e recreação (CARVALHO e SILVA, 2006).

Ao avaliar as características de consumo de água pela atividade aquícola, Christofidis (2002) destaca que a atividade tem sido considerada como uma atividade não consuntiva. Entretanto, ao se introduzir a questão da qualidade no conceito de consuntivo, a aquicultura pode passar a ser consuntiva, sendo que o efluente não pode ser utilizado diretamente para abastecimento e pode gerar problemas ambientais.

1.2 PANORAMA DA PISCICULTURA

A piscicultura é uma modalidade da aquicultura, que consiste na criação de peixes em ambientes artificiais (ONO e KUBTIZA, 2003). A prática da piscicultura tem ultrapassado os séculos. Para se ter ideia, algumas referências demonstram a existência do cultivo controlado ou semi-controlado de animais aquáticos pelo homem na China, há mais de 4.000 anos, com o monocultivo da carpa (CAMARGO e POUEY, 2005).

''Do Oriente, a piscicultura expandiu-se por toda Europa através da Grécia e Itália. No continente europeu os peixes eram criados, inicialmente, em tanques para abastecimento dos refeitórios dos mosteiros. Somente no século passado esta atividade começou a ser praticada com fins comerciais no Japão, e pesquisas relacionadas com a nutrição de peixes tiveram início nos Estados Unidos da América, na década de 40'' (CASTAGNOLLI, 1992 apud CASTELLANI e BARRELLA, 2005, p 169).

Ostrensky et al., (2008) informa que no Brasil os primeiros relatos da introdução da piscicultura conduzem à época da ocupação holandesa no nordeste, ocorrida no século XVIII, quando foram construídos os primeiros viveiros para aprisionar os peixes vindos com a maré, que eram coletados quando atingiam o tamanho desejado.

Desde a sua inclusão no cenário brasileiro, a piscicultura passou por sucessivas e intensas transformações, tanto no que diz respeito às técnicas de produção, que foram

ampliadas e modernizadas, quanto no que concerne à importância dessa prática produtiva no contexto econômico do país.

Demonstrando essa nova conjuntura, Macedo e Sipaúba-Tavares (2010) evidenciam que o crescimento mais efetivo ocorreu como reflexo do declínio da pesca extrativista e de simultâneo aumento na demanda de pescado, além do incentivo do governo, estimulando a adoção desse modelo produtivo.

Além disso, corroborando a crescente importância da piscicultura no cenário econômico nacional, dados do Ministério da Pesca e Aquicultura (2011) elegem como fatores determinantes o crescimento populacional, as mudanças no padrão de consumo, a crescente preocupação com hábitos alimentares saudáveis e a elevação do poder de compra, fatores esses que somados têm gerado uma significativa pressão sobre a demanda por alimentos de melhor qualidade.

Diante desse novo paradigma, o peixe apresenta-se em posição de grande destaque, por ser considerado um alimento facilmente digerível, rico em proteína e de baixo valor calórico, revelando-se ainda uma excelente fonte de vitaminas e minerais (LOPES, 2012). Sendo assim, pode-se dizer que o cultivo de peixes em pisciculturas torna-se uma possível solução para atender a demanda atual e futura de peixes (RASGUIDO et al., 2012).

Nesse cenário, as condições climáticas favoráveis, o grande potencial hídrico, espécies de peixes que apresentam aptidão para a piscicultura, a topografia, a facilidade de adaptação de tecnologias estrangeiras e de possibilidade de fácil importação de insumos e equipamentos, além de ótimas condições para colocação de seus produtos, tanto no mercado interno como externo potencializam a atividade. Aliado a estas vantagens, é preciso destacar que o Brasil é um país essencialmente agrícola, apresentando uma grande disponibilidade de produtos e subprodutos que podem ser utilizados na formulação de rações a um custo relativamente baixo (CAMARGO e POUEY, 2005; SCORVO FILHO, 2007).

Mediante esse cenário essencialmente agrário, a piscicultura é uma atividade zootécnica e integra mais um segmento do setor primário (MELO e STIPP, 2001). Conforme o Ministério da Pesca e aquicultura (2011), o país produz aproximadamente 1,25 milhões de toneladas de pescado, sendo 38% cultivados. A atividade gera um PIB pesqueiro de R$ 5 bilhões, mobilizando 800 mil profissionais entre pescadores e aquicultores e proporciona 3,5 milhões de empregos diretos e indiretos. O potencial brasileiro é enorme e o país pode se tornar um dos maiores produtores mundiais de pescado.

O ritmo de crescimento da piscicultura no Brasil é de aproximadamente 30% ao ano. Esse índice é muito superior ao obtido pela grande maioria das atividades rurais mais

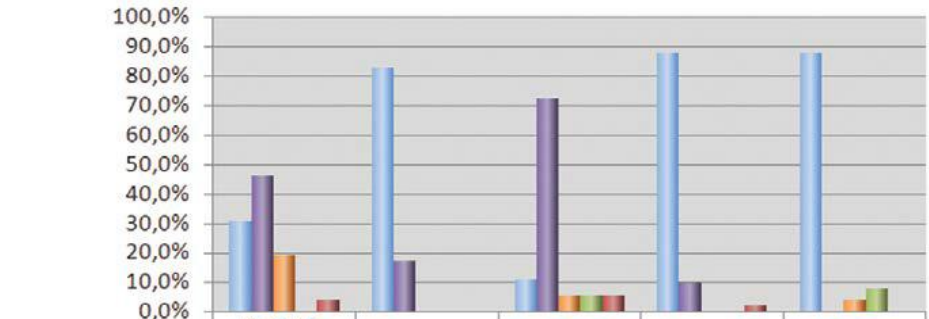
tradicionais, como por exemplo, a pecuária e a agricultura. O principal motivo do crescimento dessa atividade está relacionado com a possibilidade de se cultivar o maior estoque possível de peixes, numa menor área e volume de água disponível, a atividade fornece alimento o ano todo, tornando-se previsível e constante, diferenciando, por exemplo, da produção agrícola, que é mais sujeita à sazonalidade em função das condições climáticas. Além disso, a lucratividade é muito boa, pois proporciona ao produtor rural um rápido retorno do capital investido (OSTRENSKY et al., 1998; PAVANELLI et al., 1998; ONO e KUBTIZA, 2010).

Quanto ao desenvolvimento economicamente viável dos subprodutos da piscicultura pode-se destacar o aproveitamento do filé, do couro, para a fabricação de bolsas, cintos, carteiras e sapatos. Os restos, que acabam como componente das rações que vão alimentar outras espécies, e também na extração de óleos utilizados na indústria de cosméticos (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2006).

Tradicionalmente, o país exporta pescados para aproximadamente cinquenta países. Os importadores mais representativos são a Alemanha, a França, a Espanha, a Itália, a Holanda, os Estados Unidos da América, a Argentina, a Grécia, o Japão e Porto Rico (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2006).

Conforme pertinente estudo realizado pela Embrapa (2007), o consumo anual de pescado é bastante variado. Na região Norte, especificamente no Estado do Amazonas, o consumo per capita é de 54 kg/ano, já no Rio de Janeiro é de 16 kg /ano, enquanto que a média brasileira está em torno de 6 kg/ano, considerado bastante baixo quando comparado aos países europeus e americanos.

Segundo Scorvo Filho (2004), na piscicultura brasileira são comumente utilizadas mais de 30 espécies, com os mais variados hábitos alimentares e ambientes de vida. Vão desde espécies de clima tropical até espécies de clima temperado e frio. A tilápia é a espécie principal na maioria das pisciculturas das regiões Nordeste, Sudeste e Sul, enquanto os peixes redondos, notadamente o tambaqui e seus híbridos predominam como espécies principais no Norte do país (FIGURA 1).



	Centro-Oeste	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul
Tilápia	30,8%	82,9%	11,1%	88,0%	88,0%
Peixes redondos	46,2%	17,1%	72,2%	10,0%	0,0%
Bagres	19,2%	0,0%	5,6%	0,0%	4,0%
Carpas	0,0%	0,0%	5,6%	0,0%	8,0%
Outras espécies	3,8%	0,0%	5,6%	2,0%	0,0%

FIGURA 1 - Distribuição das principais espécies nas pisciculturas nas diferentes regiões do país.
Fonte: Kubitza, et al., (2012).

Observa-se que a piscicultura na Região Amazônica é uma atividade ainda incipiente, mesmo se comparada com outras regiões do Brasil, cuja tradição é pequena em contraposição a outros países onde a criação de peixes é uma prática milenar, porém, a atividade vem ganhando proporções que necessitam de atenção especial em relação às práticas de manejo utilizadas (GUIMARÃES E FILHO, 2004; PAGGI, 2006).

Quando analisada sob o enfoque local, a piscicultura enquanto atividade produtiva é uma prática relativamente nova. A tal modalidade de produção, em Rondônia, teve início na década de 80, sendo Ji-Paraná o primeiro município a reproduzir artificialmente o Tambaqui[1].

De acordo com o Ministério da Pesca e aquicultura (MPA, 2013), nos anos de 2011 e 2012 a piscicultura no estado de Rondônia cresceu mais de 300%, mobilizou cerca de 2.600 produtores, se destacando entre as três principais atividades do agronegócio rondoniense. A produção de peixes saltou de 12 mil toneladas em 2011 para mais de 35 mil toneladas em 2013 (SEAGRI-RO). Segundo Kubitza et al., (2012) o principal pólo de produção no Estado é o município de Ariquemes.

Atualmente mais de 90% da produção de pescado em Rondônia é da espécie tambaqui (*Colossoma macropomum*), nativa da Amazônia que por ser uma espécie rústica se adapta facilmente às condições de cultivo da região.

[1] Fonte verbal: Em 2013, tais informações foram obtidas por intermédio do Sr. Bonfim, funcionário da EMATER do município de Ji-Paraná- RO.

Aproximadamente 80% da atual produção de Rondônia se destina ao estado do Amazonas, em especial à capital, Manaus, onde a população tem no pescado um dos seus principais ingredientes alimentares (MPA, 2013).

Aproximadamente oito mil propriedades rurais no estado têm criatórios de pescado. A atividade envolve desde cultivos mais simples até os altamente tecnificados. Além disso, mais de 80% dos cultivos são de pequena escala, com menos de três hectares de lâmina de água. Ao todo existem no estado mais de nove mil hectares de lâmina d'água em produção (MPA, 2013).

A piscicultura pode ser uma grande alavanca no desenvolvimento econômico e social, possibilitando o aproveitamento dos recursos naturais locais e a criação de empregos, porém, é uma atividade antrópica que requer o uso de recursos naturais, e que, portanto, interfere no equilíbrio dos ecossistemas e pode causar desequilíbrios ambientais quando realizada de forma inadequada, por isso, conhecer a piscicultura sob seus aspectos é importante, pois se trata de uma atividade em expansão, geradora de impactos ambientais (CASTELLANI e BARRELA, 2005; APOLLO, 2011).

1.3 FORMAS DE CULTIVO

O cultivo de peixes é constituído, basicamente, por três fases que se subdividem em: alevinagem, recria e engorda. Segundo Rasguido et al., (2012) a alevinagem refere-se à produção dos alevinos, que são os filhotes de peixes. Depois que os filhotes de cada espécie atingem o tamanho ideal para comercialização, eles serão cultivados em outra piscicultura, isto é, passarão para a segunda fase do processo, que é denominada 'recria' até se formarem peixes juvenis. Superada esta fase, inicia-se a prática da piscicultura de engorda, onde permanecerão até se tornarem peixes adultos, quando, então, serão comercializados para o mercado consumidor.

Outra variante que merece ser considerada diz respeito à classificação dos sistemas de produção. Segundo Barbosa et al., (2013), os sistemas de produção piscícola são classificados quanto ao grau de interferência no ambiente aquícola, densidade de animais por área, demanda de insumos ou volume do meio líquido.

Nesse sentido, de acordo com o art.3 da Resolução nº 413, de 26 de junho de 2009 e art.3 da Lei nº 1861, de 10 de janeiro de 2008**,** os sistemas de cultivo podem ser classificados em extensivo, semi-intensivo, intensivo e super-intensivo:

> Sistema de cultivo extensivo: praticado em represas, lagos e açudes onde não existem controle sobre o nível e vazão de água nos reservatórios, com produção de até 1 (uma) tonelada por hectare, as espécies cultivadas dependem principalmente de alimento natural disponível, podendo receber complementarmente alimento artificial e tendo como característica a média ou baixa densidade de espécies.
>
> Sistema de cultivo semi-intensivo: praticado em viveiros de barragens com controle sobre o nível de água e vazão dos reservatórios, com produção de 1 (uma) até 6 (seis) toneladas por hectare, sem renovação de água, as espécies cultivadas dependem principalmente da oferta de alimento artificial, podendo buscar suplementarmente o alimento natural disponível, e tendo como característica a média ou baixa densidade de espécies.
>
> Sistema de cultivo intensivo: praticado em viveiros de derivação escavados em terreno natural, com produção de 6 (seis) a 15 (quinze) toneladas por hectare e os espécimes cultivados dependem integralmente da oferta de alimento artificial, tendo como uma de suas características a alta densidade de espécimes, variando de acordo com a espécie utilizada.
>
> Sistema de cultivo super intensivo: praticado em tanques-rede e race-ways (tanques de concreto com alto fluxo de água)**,** com produção acima de 15 (quinze) toneladas por hectare.
>
> O sistema semi-intensivo é o mais adotado pelos piscicultores no Brasil. Nesses sistemas, ocorre interferência de alguns fatores de produtividade, caracterizando-se pela possibilidade de esvaziamento total do viveiro, possibilidade de despesca, controle na reprodução, presença de prática de adubação e calagem e a controle da densidade populacional durante o cultivo.

Além disso, a ração é a principal fonte nutricional dos organismos produzidos, sendo determinante para a qualidade da água nos viveiros de cultivo e opcionalmente, pode-se empregar uma alimentação artificial à base de subprodutos orgânicos (MINUCCI et al., 2005; SILVA, 2007).

1.4 IMPACTOS DOS EFLUENTES DE PISCICULTURA

Os viveiros e tanques de criação de peixes são ecossistemas dinâmicos que apresentam baixa profundidade e fluxo contínuo de água, revelando-se suscetíveis a influência de fatores internos (autóctone) como taxas biológicas e processos químicos, e fatores externos (alóctone) como temperatura, radiação solar, velocidade e fluxo de água.

Comportam- se como sistemas intermediários entre sistemas lênticos (lentos) e lóticos (de correnteza), afetando diretamente as variáveis limnológicas ao longo do dia, resultando em um balanço contínuo entre os processos fotossintéticos e respiratórios das comunidades aquáticas presentes no meio (AVAULT, 2003; SIPAÚBA-TAVARES et al., 1994; SIPAÚBA TAVARES, 1994).

Os viveiros de peixes abrigam uma comunidade biótica bem diversificada, desde produtores primários, produtores secundários e decompositores. Todas essas espécies são altamente dependentes da qualidade da água e do equilíbrio entre organismos planctônicos e o

meio ambiente, o que torna o monitoramento dos parâmetros limnológicos imprescindível para a produção de peixes (LACHI e SIPAÚBA-TAVARES, 2008; OSTI, 2009).

No ambiente aquático, a base da cadeia alimentar na água é o plâncton. A partir dos nutrientes, do CO_2 e da luz incidente, o fitoplâncton sintetiza matéria orgânica através da fotossíntese (CYRINO e KUBITZA, 1996). Nos viveiros, a alimentação natural dos peixes são: o plâncton, o necton, os benthos e as macrófitas aquáticas (SILVA, 2007).

Além disso, os ecossistemas aquícolas são caracterizados por variáveis físicas, químicas e biológicas que interagem individual ou coletivamente, influenciando no desempenho da produção. Dentre os fatores abióticos que interferem no ecossistema aquático, estão o pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, tempo de residência, alcalinidade, temperatura, transparência da água, nutrientes e clima, dentre os fatores bióticos as comunidades aquáticas. Sendo assim, o conhecimento dessas variáveis é de fundamental importância para a realização de um manejo eficiente, pois desta maneira proporcionam um ambiente adequado aos animais cultivados, além de exercer forte influência na qualidade dos efluentes que são lançados no corpo receptor (BARBIERI e OSTRENSKY, 2002; LACHI, 2005).

Conforme Lachi (2006), os fatores climáticos também atuam de forma significante na dinâmica dos viveiros de piscicultura e, por sua vez, são enquadrados na parcela destinada aos fatores externos. A análise de tais fatores se revela sobremodo importante, dadas as implicações diretas que exercem no plano interno, influindo sobre a produtividade primária dos ecossistemas aquáticos.

De acordo com Talamoni (1995) quando a produtividade primária é alta, existem maiores possibilidades de manutenção de abundância de consumidores primários e secundários, o que acelera o processo fotossintético, resultando na produção de altas concentrações de oxigênio beneficiando os produtores, os consumidores e os decompositores de matéria orgânica.

‘‘Dentre os fatores externos, a radiação solar tem maior importância em superfícies líquidas, sendo responsável pela distribuição de calor na massa da água, participando também nos processos de evaporação. A precipitação também tem forte influência sobre a dinâmica destes ambientes, pois ocasiona um aporte de nutrientes e material particulado, alterando as características ópticas, físicas e químicas da água’’ (HENRY e CURY, 1981 apud LACHI, 2006 p. 3).

De acordo com Kubtiza (2000), durante o processo de produção piscícola, é inevitável o acúmulo de resíduos orgânicos e metabólicos nos tanques e viveiros, situação que ocasiona uma natural alteração dos efluentes que são lançados no corpo receptor. Contudo, a qualidade do efluente gerado pelo sistema de criação de peixes pode ser muito variável.

Além do acúmulo residual e metabólico, dentre os principais fatores que levam a alteração da qualidade da água pode-se destacar a própria qualidade da fonte de abastecimento, o manejo (calagem, fertilização, limpeza), densidade, espécies cultivadas, quantidade e composição do alimento fornecido, assim como, o sistema de cultivo utilizado, profundidade, tecnologia empregada, fase de criação e as características do corpo d'água que recebe o efluente (MACEDO e SIPAÚBA-TAVARES, 2010; ZANIBONI FILHO, 1997).

Independente da fase de criação a qual se destina a instalação de unidades de piscicultura, tal prática é totalmente dependente da qualidade e quantidade de água disponível, podendo-se afirmar, a partir disso, que é uma atividade que se caracteriza por causar modificações na qualidade da água (ZANIBONI-FILHO, 1997).

Os corpos d'água utilizados na piscicultura são influenciados pelas características como produtividade primária, concentração de material orgânico, elementos químicos e presença de microrganismos, em especial coliformes, além de uma relação com a constituição do solo de origem e/ou percurso percorrido pela água. Desse modo, a água que entra em um viveiro tem suas próprias características físicas, químicas e biológicas, que podem ser mantidas ou modificadas ao longo do sistema (MINUCCI, 2005; SIPAÚBA-TAVARES et al., 2006).

Ainda, além da fonte de abastecimento, o manejo alimentar realizado em um sistema de piscicultura é um dos fatores mais importantes e determinantes na qualidade do efluente (OLIVEIRA, 2003).

As rações empregadas apresentam elevados teores de nutrientes e apenas uma fração do alimento disponível é digerida pelos organismos. A disgestibilidade da matéria seca das rações gira em torno de 70 a 75%, isto significa que de 25 a 30% do alimento fornecido entra nos sistemas aquaculturais como material fecal (KUBITZA, 2000). Além disso, a perda de alimento devida a uma má gestão da alimentação são fatores que influenciam significativamente o aumento dos dejetos piscícolas nos tanques e viveiros (SILVA, 2007).

Segundo Pereira e Mercadante (2005), o alimento (matéria orgânica) não aproveitado passa pelos processos de decomposição, assimilação e mineralização, e parte desses produtos poderá ser assimilado pelas algas, muitas vezes promovendo desenvolvimento descontrolado das algas e, possivelmente, o surgimento de florações (FIGURA 2).

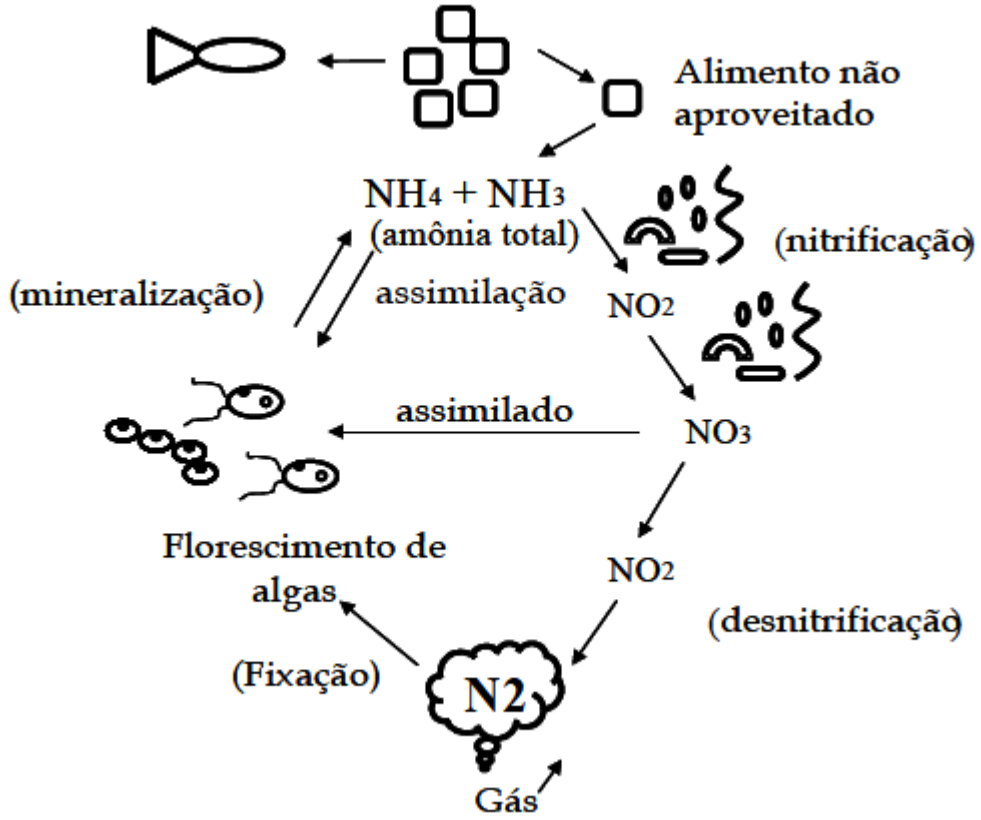


FIGURA 2 - Ciclo do nitrogênio em tanques de criação de peixes (DURBOROW et al., 1997 apud PEREIRA e MERCANTE, 2005, p. 83).

Os dejetos liberados pelos peixes modificam as características físicas, químicas e biológicas dos viveiros. Esses resíduos orgânicos, após ação microbiológica, fornecem nutrientes essenciais para o desenvolvimento de plâncton e de macrófitas aquáticas, podendo, quando em excesso, causar eutrofização do ambiente (PÁDUA, 2001).

Os nutrientes derivados da ração não consumida são convertidos em sólidos orgânicos em suspensão, dióxido de carbono, nitrogênio, amônia, fosfato e em outros compostos, que associados à excretas proporcionam um considerável aporte de matéria orgânica e inorgânica aos ecossistemas aquáticos, resultando no aumento da demanda bioquímica de oxigênio e na concentração de sólidos suspensos, redução do nível de oxigênio dissolvido, redução do potencial de oxirredução do sedimento do fundo em decorrência do acúmulo de ração depositada nesses ambientes e diminuição da biodiversidade (ROTTA e QUEIROZ, 2003; HUSSAR e BASTOS, 2008; KUBITZA, 1999).

Conforme afirma Hussar et al., (2005), o material orgânico proveniente da adição de fertilizantes, excreção dos peixes e restos de ração não consumidos pelos peixes, depositam-se

no fundo dos tanques, os metabólicos e os compostos nitrogenados e fosfatados, encontram-se diluídos no meio. Nos sistemas onde se adota a circulação intermitente, estes produtos encontram-se no efluente, o qual é geralmente disposto em um corpo receptor sem nenhum tipo de tratamento.

Segundo Matsuzaki et al., (2004), o manejo inadequado geralmente acelera o processo da eutrofização dos corpos d'água. O enriquecimento de um corpo d'água por nutrientes orgânicos, leva à proliferação da comunidade biológica e à baixa qualidade da água utilizada para diversos fins.

Diante desse contexto, é possível evidenciar que o manejo alimentar inadequado pode provocar uma série de alterações no equilíbrio ecológico dos reservatórios, na qualidade da água e também na área de influência do cultivo (ROTA e QUEIROZ, 2003).

Tal constatação se revela preocupante, uma vez que é comum em criações de peixes o uso de alimentos de má qualidade e estratégias inadequadas como volumes elevados de ração sem respeito à capacidade de suporte dos sistemas de criação (KUBITZA, 2000).

A fertilização da água é outra opção utilizada para incrementar a produção biológica, ou seja, aumentar a disponibilidade de alimento natural aos peixes. Pode ser orgânica, que utiliza adubo orgânico provindo de esterco de animais domésticos, geralmente de galinhas e suínos, além de farelo de arroz, milho, macaxeira e inorgânica. Nessa segunda categoria, entre os compostos mais utilizados, destacam-se os nitratos e fosfatos. Por fim, a fertilização pode ser mista que utiliza adubo orgânico e inorgânico (LOPES, 2012).

De acordo com Latona (2002 apud BARBOSA, 2013, p. 57) ‘‘a fertilização, sob condições controladas, é um procedimento importante na piscicultura, pois permite o aumento do potencial produtivo’’. Entretanto, esse enriquecimento artificial, principalmente com nitrogênio e fósforo, tem as suas implicações negativas, pois promove o crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas, muitas vezes ocasionando mortandade de peixes, devido ao déficit de oxigênio dissolvido na água (OSTI, 2009).

As relações entre o enriquecimento da água com fósforo e nitrogênio em um viveiro de piscicultura de crescimento e engorda de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, Linnaeus (Cichlidae) e florações de algas foram estudadas por Pinto e Mercante (2003), cujo diagnostico demonstrou que por meio da fertilização inorgânica e ração, houve um excessivo crescimento de euglenas.

Henry-Silva e Camargo (2006) relatam que o lançamento de efluentes da atividade de piscicultura, ricos em fósforo e nitrogênio, provocam a eutrofização do corpo receptor, além de reduzir e alterar a biodiversidade. O processo de eutrofização nos ecossistemas

aquáticos pode desencadear uma série de efeitos indesejáveis, que em sua maioria resultam em mudanças na qualidade da água como: depleção do oxigênio dissolvido, perdas na biodiversidade aquática, perdas das qualidades cênicas, morte intensiva de peixes, aumento no crescimento de macrófitas aquáticas e da incidência de florações de microalgas e de cianobactérias (TUNDISI, 2003).

Baccarin (2002), por meio de estudos avaliou o impacto ambiental da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Partindo da verificação de diferentes manejos alimentares evidenciou que os mesmos tiveram efeitos significativos sobre as variáveis de qualidade da água de cultivo, ocorrendo aumento dos valores de turbidez e de material em suspensão do efluente uma redução gradativa dos teores de oxigênio dissolvido, deixando clara a diferença das características da qualidade da água de abastecimento, evidenciando o impacto ambiental da piscicultura sobre os corpos d'água receptores.

Além das implicações decorrentes de todo esse amontoado de resíduos, a atividade piscícola também é responsável pelo lançamento de produtos químicos, os quais são utilizados na desinfecção, controles de pestes e predadores, tratamentos de doenças, hormônios para induzir a reprodução e a reversão sexual além dos anestésicos para transporte (ELER e MILLANI, 2007).

A calagem consiste na principal prática realizada nos viveiros e possui finalidades como: realizar assepsia contra ovos e larvas de predadores e parasitas; corrigir o pH do solo ou da água; corrigir a turbidez causada pela mineralização da matéria orgânica, melhorar a produtividade primária dos viveiros, elevando a alcalinidade para valores maiores que 20mg/L (PROENÇA e BITTENCOURT, 1996).

No que concerne ao lançamento de produtos químicos, chama a atenção o processo de intensificação dos sistemas de criação, uma vez que aumenta a produtividade aquícola, com tendência de utilização de menores áreas cultivadas e maior dependência do uso de rações, além da maior necessidade de renovação e aeração da água para a manutenção de sua qualidade em níveis aceitáveis para a criação dos organismos aquáticos (KUBITZA, 2000).

Se por um lado, sob o enfoque produtivo, o aumento na densidade de peixes pode ser visto de uma forma positiva, por outro, se mostra extremamente negativo, pois favorece a dependência de produtos químicos; em razão do aumento da susceptibilidade dos animais às doenças, aumenta-se igualmente o uso de antibióticos, composto esse que é posterior e consequentemente lançado nos corpos receptores.

Outro aspecto que importa diretamente para a avaliação dos impactos da piscicultura nos recursos hídricos está associado à retirada dos peixes e a drenagem do viveiro, por ser a fase onde ocorre a maior concentração de poluentes no efluente.

O método mais comum para a retirada dos peixes dos tanques de cultivo é através da passagem de rede de arrasto. Esse procedimento prejudica a qualidade da água durante a despesca uma vez que suspende os sedimentos do fundo, onde está acumulada a maior concentração de nutrientes e de matéria orgânica do tanque (ZANIBONI FILHO, 2005).

Consideradas todas essas circunstâncias, apesar do efluente de piscicultura apresentar grande volume com baixos teores de nutrientes (N e P), quando comparado com efluentes de origem doméstica, o seu lançamento direto e contínuo nos ambientes pode resultar em uma bioacumulação crônica e posteriormente a eutrofização, com consequências ecológicas negativas sobre o ambiente aquático (SILVA, 2007).

Além das implicações negativas ao meio ambiente, o lançamento de efluentes desse tipo de atividade pode acarretar efeitos negativos ao ser humano. Entre elas estão a floração de espécies de cianobactérias, que produzem e eliminam toxinas prejudiciais a saúde (CALIJURI et al., 2006).

Tundisi (2003) chama a atenção para o aumento dos custos referentes ao tratamento da água para o consumo, pois existe a necessidade da intensificação da tecnologia utilizada nas remoções de nutrientes, organismos patogênicos e matéria orgânica da água.

1.5 PISCICULTURA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Diante da expansão demográfica mundial e a inserção de novas camadas sociais ao sistema de consumo, a produção de alimentos de maneira sustentável é um dos grandes desafios do século XXI (OLIVEIRA, 2012).

A aquicultura é mais uma atividade que enfrenta o desafio de moldar-se ao conceito de sustentabilidade, o que implica em agregar novos valores à produção de conhecimento e às práticas do setor (ELLER e MILLANI, 2007).

Apollo (2011) em estudo realizado sobre o tema destaca que a piscicultura é uma atividade humana que requer o uso dos recursos naturais como água, solo, fauna e flora, portanto, quando realizada de forma inadequada, interfere no equilíbrio dos ecossistemas e pode causar desequilíbrios ambientais.

A atividade aquícola no Brasil ainda não é considerada sustentável. A maioria dos projetos não é concebida em harmonia com o meio ambiente, áreas naturais ainda são

degradadas e a atividade está baseada em monocultivos intensivamente arraçoados de espécies exóticas (VALENTI, 2008).

Kubtiza (2010) destaca que existe uma valorização desequilibrada dos aspectos econômicos em detrimento dos sociais e ambientais, onde o foco é maximizar a produção dentro das limitadas condições de espaço, de recurso hídrico e de capacidade biológica dos animais produzidos no empreendimento, comprometendo os resultados a médio e longo prazo. Isso porque, não se pode perder de perspectiva que os empreendimentos aquícolas são altamente dependentes da qualidade ambiental.

Alguns dos sinais que indicam a falta de sustentabilidade de um empreendimento aquícola são: inexistência de monitoramento da qualidade da água, episódios agudos de mortandade decorrentes de deterioração da qualidade da água, falta de percepção quanto à importância da implantação de boas práticas de produção e de reestruturação da produção dentro da capacidade das instalações e do meio ambiente em que o empreendimento está inserido (KUBTIZA, 2010).

Para Valenti (2002), embora seja impossível produzir sem provocar alterações no meio ambiente, pode-se diminuir o impacto no meio ambiente ao mínimo indispensável, para evitar redução da biodiversidade, esgotamento ou comprometimento negativo de qualquer recurso natural, bem como alterações significativas na estrutura e funcionamento dos ecossistemas.

O autor descreve também que a preservação ambiental é parte do processo produtivo, e que não se pode desenvolver técnicas de manejo visando aumentar a produtividade sem avaliar os impactos ambientais produzidos.

De acordo com Kubtiza (2010), uma atividade ou empreendimento sustentável é aquele que consegue atender aspectos sociais e econômicos (alimento, renda, serviços e bem estar geral) e ambientais, manejando, de maneira integrada os recursos naturais, de forma a preservar a qualidade do ambiente, conservando estes recursos para as gerações futuras.

Essa percepção corrobora o entendimento de Valenti (2002), quando afirma que a aquicultura moderna está baseada em três conceitos: a produção lucrativa, o desenvolvimento social e a preservação do meio ambiente, tendo os mesmos uma relação indissociável para que se tenha uma atividade inesgotável. Sob essa perspectiva, Fernandes (2011) destaca que estudos vêm mostrando que a atividade aquícola brasileira tem um enorme potencial para se desenvolver sem prejudicar o meio ambiente.

Conforme Tiago e Gianesella (2003) a gestão ambiental de sistemas aquaculturais deve estabelecer estratégias e ações para implementação de políticas que dispendam especial

atenção à proteção dos recursos hídricos, no sentido de direcionar a atividade produtiva para a utilização de tecnologias que prevejam utilização racional, proteção de poluição e reutilização.

Rota e Queiroz (2003) destacam que para a produção de peixes possa ser desenvolvida em bases sustentáveis, é necessário que sejam estabelecidas algumas diretrizes para conduzir essa atividade de acordo com Códigos de Conduta específicos para essa atividade, baseados nas Boas Práticas de Manejo (BPMs), à exemplo do que já vem sendo feito em outros países. Ainda conforme o autor, nos últimos anos tem sido proposto alguns métodos para melhorar o manejo dos sistemas de produção intensiva de peixes em viveiros, cujo objetivo é buscar o consenso entre o setor produtivo e os representantes dos órgãos ambientais.

As principais práticas para reduzir o impacto ambiental segundo Valenti (2002) são: i: redução na taxa de renovação de água ao mínimo indispensável; ii: uso de ração balanceada, fornecida de forma controlado para evitar sobras; iii: controle rigoroso no programa de adubação dos viveiros para evitar excesso de fertilizantes; iv: povoamento dos viveiros com densidade moderada e compatível com a capacidade de carga do ambiente; v: uso dos efluentes como água de irrigação de plantações; vi: uso de tanques de decantação, vii: filtros mecânicos e/ou naturais (ex. vegetais), acoplados ao sistema de escoamento dos efluentes; iv: liberação de efluentes em corpos de água corrente com capacidade de diluição rápida (nunca em corpos de água lênticos); x: não aplicar produtos químicos nos viveiros ou misturá-los à ração; xi: uso de técnicas de manejo que aumentam a produtividade sem custo ambiental; xii: prática do policultivo ou consórcio para aproveitar melhor o espaço dos viveiros; xiii: aproveitamento dos resíduos disponíveis (ex. descartes da fruticultura, esterco) e dos resíduos gerados pelo processamento do pescado produzido.

Diante do exposto, o modelo adotado no Brasil precisa urgentemente romper com as velhas práticas e, consequentemente, moldar-se às diretrizes modernas que conduzem para o desenvolvimento sustentável.

O primeiro passo nesse sentido já foi dado por meio de disposições voltadas para a prática sustentável da aquicultura. Foi editada no Brasil a Lei nº 11. 959/ 2009, cuja principal finalidade é instituir diretrizes voltadas para o desenvolvimento sustentável da aquicultura e da pesca.

1.6 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

A questão ambiental e a preservação dos recursos naturais constitui preocupação que tem ocupado a pauta legislativa dos mais diversos países na atualidade. No caso brasileiro, a preocupação alcançou dignidade constitucional, principalmente em virtude da disposição conferida ao artigo 225 da Constituição Federal de 1988.

De acordo com o Artigo 225 da Constituição Federal, "todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações''.

Devido ao crescimento das atividades aquícolas no Brasil, as diretrizes produtivas relacionadas à piscicultura, semelhantemente aos demais processos econômicos diretamente relacionados à exploração ambiental, em tempos atuais, requer uma efetiva proteção legislativa, a fim de conciliar os aparentemente contrários conceitos de produtividade econômica e sustentabilidade ambiental.

Nesse contexto, um dos marcos mais importante foi a criação da Lei das Águas n.º 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e estabelece como um de seus instrumentos a Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos.

As disposições contidas na referida Lei afiguram-se de essencial relevância para os processos produtivos relacionados à piscicultura, sobretudo no artigo 11, que estabelece as diretrizes do regime de outorga, definindo que "O regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água".

E ainda, revela-se de grande importância o artigo 12 da mesma Lei, pois estabelece quais são os usos que devem se submeter ao regime de outorga, determinando que estão sujeitos a outorga os "usos de recursos hídricos usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água''.

Ainda no conjunto da legislação brasileira verifica-se a larga utilização de atos administrativos normativos regulamentadores (decretos, portarias, resoluções e deliberações), para a regulamentação da atividade aquícola brasileira (TIAGO, 2002).

Considerando que o controle da poluição da água está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), na Resolução nº 357 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos d'água, estabelecendo diretrizes ambientais para o enquadramento dos cursos d'água.

O enquadramento do corpo hídrico nas classes, segundo o art.2° inciso XX, da resolução supracitada, diz respeito ao estabelecimento de objetivos a serem alcançados ou mantidos para um determinado corpo de água de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo.

Contudo, de acordo com o Art. 42 da referida Resolução, enquanto o enquadramento do curso d'água não for estabelecido, as águas doces serão consideradas classe 2, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

Seguindo a classificação estabelecida na resolução em análise, a água destinada ao uso aquícola deve pertencer à classe 2, que são aquelas que podem ser destinadas, entre outros, à aquicultura e à atividade de pesca.

Ainda, segundo as prescrições nela estabelecidas, as águas doces de classe 2 deverão observar as condições e padrões descritos na Tabela 1.

TABELA 1 - Condições de qualidade da água de acordo com a classe.

Variáveis	**VALOR MÁXIMO**
Temperatura	40 (ºC)
pH	6,0 a 9,0
Oxigênio Dissolvido	>5 (mg/L)
Sólidos dissolvidos totais	500 (mg/L)
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Turbidez	<100 (UNT)
Fósforo Total (ambientes lóticos e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg/L
DBO5	5,0 (mg/L)
Coliformes Termotolerantes	1000/ 100 mL

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA 357/2005.

Com relação ao lançamento de efluentes em corpos de água naturais, a Resolução CONAMA 430 de 13 de maio de 2011, que alterou parcialmente e complementou a Resolução 357/2005, em seu artigo 3° determina que esses sejam obrigatoriamente tratados antes de seu lançamento. Dispondo no seguinte sentido "os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis".

Referindo-se ainda à questão do lançamento de efluentes a referida resolução, na seção II que trata especificamente (Das Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes),

em seu Art. 16, determina que: “os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam às condições e padrões previstos neste artigo”.

Por último, merece destaque a disposição contida no Capítulo III, (Diretrizes para Gestão de Efluentes) em seu Artigo 24 que impõem aos responsáveis pelas fontes poluidoras dos recursos hídricos o dever de realizar o automonitoramento para controle e acompanhamento periódico dos efluentes lançados nos corpos receptores, com base em amostragem representativa dos mesmos.

Ainda em matéria de piscicultura, considerando a necessidade de ordenamento e controle da atividade aquícola com base numa produção ambientalmente correta com todos os cuidados na proteção dos remanescentes florestais e da qualidade das águas, inclusive em empreendimentos já existentes, a Resolução CONAMA 413, de 26 de junho de 2009, que dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura e dá outras providências; define em seu artigo 18 “que os empreendimentos de aquicultura, quando necessário, deverão implantar mecanismos de controle e tratamento de efluentes que garantam o atendimento aos padrões estabelecidos na legislação ambiental vigente”.

Referindo-se ainda às condições de tratamento de efluentes, a disposição contida no parágrafo 2º do artigo 5º da Resolução mencionada utiliza tal parâmetro para fins de classificação dos empreendimentos aquícolas. Determinando expressamente que os empreendimentos que utilizam sistemas de tratamentos de efluentes, entre outros sistemas de controle, poderão ser enquadrados numa das classes de menor impacto.

Autores como Garutti (2003) afirmam que para a utilização de qualquer recurso natural é fundamental conhecer a legislação vigente do setor, evitando cometer infrações (crimes ambientais), assim como contribuir para a degradação da natureza.

No Estado de Rondônia a piscicultura está inserida na Lei nº 1.861, de 10 de janeiro de 2008 que Dispõe, define e disciplina a Piscicultura no Estado de Rondônia e dá outras providências.

Em seu artigo 16, a norma em questão considera poluído todo e qualquer reservatório de água que apresente alteração de suas propriedades físicas, químicas ou biológicas, que possam constituir prejuízo direto ou indireto ao ecossistema.

O Artigo 21 define infração ambiental como a alteração significativa da qualidade dos corpos de águas receptores dos efluentes oriundos das pisciculturas, e a responsabilização administrativa do empreendedor, pessoa física ou jurídica, que por ação ou omissão, degradar o meio ambiente, não exclui a sua obrigação de reparar o dano causado.

E ainda, em matéria de responsabilidade ambiental, segundo o artigo 35 da Lei estadual, constitui crime passível de multa de R$ 500,00 (quinhentos reais) a R$ 100.000,00 (cem mil reais) o ato de provocar, pela emissão de efluentes ou carreamento de materiais, o perecimento de espécimes da fauna aquática existentes em rios, lagos, açudes, lagoas, baías do Estado de Rondônia.

O que se percebe de toda normatização acima referida é que tanto no âmbito federal quanto no estadual existe a preocupação com a imposição de um modelo produtivo compromissado com a preservação ambiental.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Ji-Paraná está localizado na região centro-leste do estado de Rondônia e possui posição geográfica entre os paralelos 8°22'e 11°11' S e entre os meridianos 61°30' e 62°22' W, ocupando uma área de 6.922 km², que corresponde a 2,9% do território do estado. Possui 116.610 habitantes, desse total 89,9% reside em área urbana e aproximadamente 10% reside na área rural (IBGE, 2010).

A área em estudo está localizada na zona rural do município de Ji-paraná, em área pertencente à bacia hidrográfica do Rio Ji-Paraná (FIGURA 3). A extensão dessa bacia é de 80.630,566 km², sendo a maior, dentre as bacias totalmente inseridas no estado. Ela encontra-se situada na porção leste de Rondônia, banhando a maior parte dos municípios deste estado, servindo tal rio como meio de irrigação de áreas agrícolas e fonte de lazer e turismo (SILVA e ZUFFO, 2002).

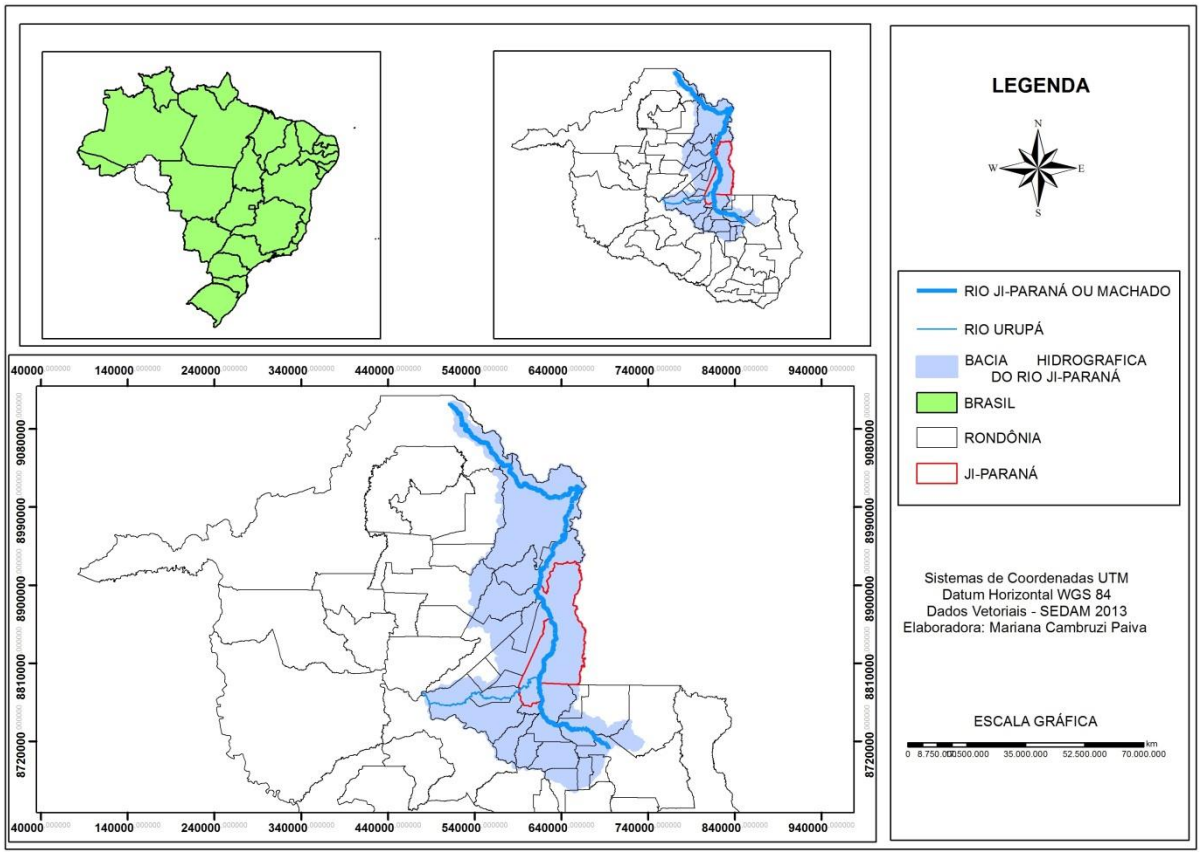


FIGURA 3 - Localização do município de Ji-Paraná e da Bacia Hidrográfica do Rio Ji-Paraná.

2.1.2 Clima

Segundo a classificação Köppen, o clima predominante do estado de Rondônia é do tipo Aw - Clima Tropical Chuvoso, com um período seco bem definido durante a estação de inverno. A média anual de temperatura do ar varia entre 24º C a 26º C, com temperatura máxima entre 30º C a 34º C (de junho a agosto) e, a mínima oscilando entre 17º C a 23º C (novembro a abril) (SEDAM, 2011).

Para a região a estação cheia abrange os meses de janeiro a março e a estação seca os meses de julho a setembro. Os períodos de transição entre as duas estações são denominados de período cheia/seca (meses de abril a junho) e seca/cheia (meses de outubro a dezembro) (GOMES, 2011).

2.1.3 Solos e relevo

De acordo com o Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentado (PESACRE, 2007), os solos encontrados no Território Central são, em grande parte, compostos por latossolos. São solos bem intemperizados e profundos (de um a dois metros) ou muito profundos (mais de dois metros), bem drenados, pouca diversificação de cor e textura, apresentam maiores resistências aos processos erosivos e, no geral, são solos com baixa fertilidade, sendo necessária correção e adubação.

O relevo é constituído predominantemente sobre rochas do embasamento cristalino, com altitude média variando entre os 200 a 300 metros, sendo que há pontos ondulados e fortemente ondulados.

2.2 AMOSTRAGEM E COLETA DOS DADOS

2.2.1 Pontos de coleta

A propriedade rural esta localizada na região sul de Ji-Paraná, sentido Ji-Paraná/ Nova Londrina e possui área total de 2,4860 hectares (FIGURA 4). A referida localidade foi identificada junto à Associação de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de

Rondônia (EMATER) do município de Ji-Paraná, detém licença ambiental e licença de Outorga expedida pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental-SEDAM.

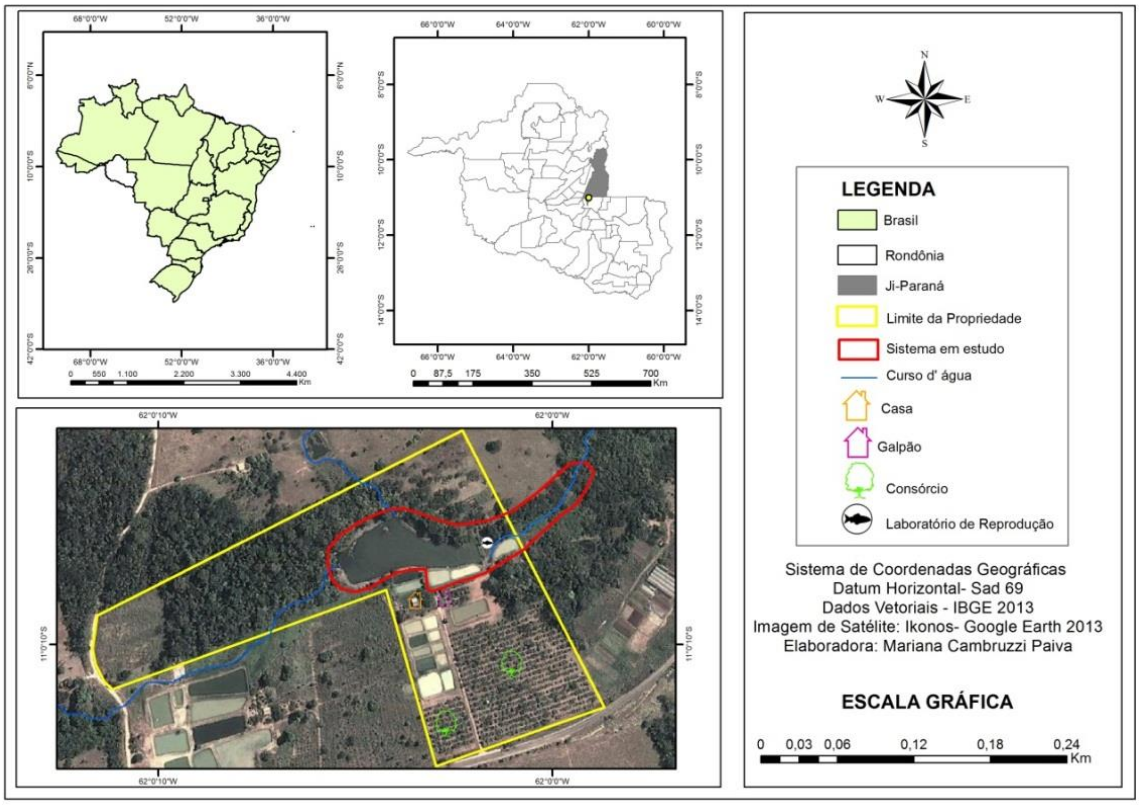


FIGURA 4 - Mapa de localização da área de estudo: Sistema de piscicultura em uma propriedade rural do munícipio de Ji-Paraná/ RO.

As principais espécies de peixes cultivadas neste sistema são tambaqui (*Colossoma macropomum*), pintado (*Leiarius marmoratus*) e pirarucu (*Arapaima gigas*). A base alimentar para as espécies existentes, durante o período da pesquisa, foi a ração extrusada[2]. Como parte estrutural do sistema, estão incluídos um galpão para armazenamento de ração e um laboratório de reprodução.

A instalação da piscicultura é do tipo viveiros de derivação, que são reservatórios escavados em terreno natural, dotados de sistemas de abastecimento (SILVA, 2007). O sistema utilizado na propriedade é o semi-intensivo, a categoria na qual se enquadra a piscicultura em estudo é do tipo sistema intermitente e a descarga dos efluentes dos viveiros é realizada diretamente no corpo receptor.

[2] A principal vantagem da ração extrusada são os grânulos que ao serem lançados na água flutuam, permitindo maior controle na quantidade da alimentação fornecida aos peixes (SILVA, 2007).

As coletas foram realizadas em sete pontos: dois a montante do sistema, três no sistema de piscicultura e dois no corpo receptor (FIGURA 5).

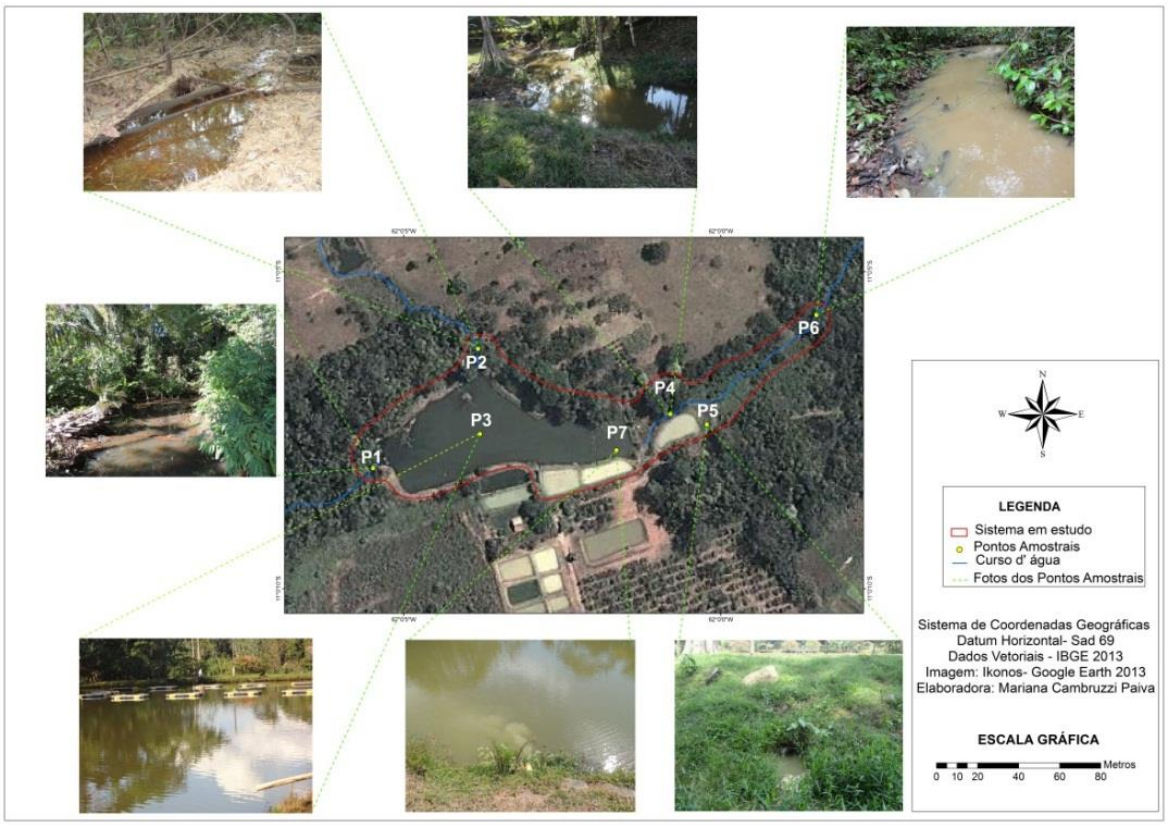


FIGURA 5 - Mapa de localização dos pontos de coleta de água da propriedade piscicultora nos pontos afluentes ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7).

O ponto 1 (P1) e o ponto 2 (P2) estão localizados à montante do sistema e caracterizam o canal de abastecimento afluente do lado esquerdo e direito, respectivamente e estão protegidos por mata ciliar. O ponto 3 (P3) consiste na lagoa represada com criação simultânea de pintado, tambaqui e pirarucu e possui tanques redes com criação de alevinos, sua profundidade máxima é de 2,80m e recebe os efluentes do P7. O ponto 4 (P4) está localizado no canal do rio e recebe efluentes da represa. O ponto 5 (P5) refere-se ao tanque destinado à criação de Pirarucu com profundidade máxima de 2m. O ponto 6 (P6) esta localizado no canal do rio a aproximadamente 75 metros do sistema. Os dois tanques com fluxo sequencial correspondentes ao ponto 7 (P7), criam alevino de tambaqui e juvenis de tambaqui e tem profundidade máxima de 1,40 e 1,20 respectivamente.

As coletas foram realizadas com o intuito de abranger a sazonalidade do ciclo hidrológico da região. A Tabela 2 apresenta os períodos de realização das coletas.

TABELA 2 - Data da coleta e período abrangido.

Data da coleta	Período do ciclo hidrológico
09/ Agosto/2013	Seca
11/ Setembro/2013	Seca
10/Outubro/2013	Transição de seca para o período de cheia
07/ Novembro/2013	Transição de seca para o período de cheia
07/ Dezembro/2013	Transição de seca para o período de cheia
09/Janeiro/2014	Cheia

2.2.2 Determinação dos Parâmetros

As amostras destinadas a avaliar os índices físico-químicos e bacteriológicos da água, foram coletadas conforme a metodologia proposta no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). Para a aferição dos parâmetros foram utilizados os métodos e referências listados na tabela 3.

TABELA 3 - Parâmetros, métodos, unidades e referências utilizadas para análise das águas.

Parâmetros	Métodos	Unidade	Referências
Temperatura	Oxímetro portátil da marca YSI, modelo 55-12	ºC	FINOTTI, 2009
Turbidez	Turbidímetro	UNT	APHA, 2005
Condutividade Elétrica	Condutivímetro/ Amber Science modelo 2052	µS/cm	FINOTTI, 2009
Sólidos Dissolvidos Totais	Gravimétrico após filtragem	mg/L	APHA, 2005
Ph	pHmetro /Orion, modelo 250A		FINOTTI, 2009
Oxigênio dissolvido	Oxímetro portátil da marca YSI, modelo 55-12	mg/L	FINOTTI, 2009
Demanda Bioquímica de Oxigênio	Método de Winkler	mg/L	APHA, 2005
Fósforo Total	Fotocolorímetro/ modelo AT 100P microprocessado da marca Alfakit	mg/L	Adaptado APHA, 2005
Nitrogênio Amoniacal	Fotocolorímetro/modelo AT 100P microprocessado da marca Alfakit	mg/L	Adaptado APHA, 2005
Coliformes Termotolerantes	Tubos múltiplos (NMP)	coliformes/ 100mL	APHA, 2005

Não foi possível medir o parâmetro oxigênio dissolvido na coleta referente ao período de cheia devido a problemas no equipamento.

2.2.3 Análise Estatística

Para cada variável, foram obtidos os valores das médias, mínima, máxima, amplitude e desvio padrão. Os valores obtidos foram plotados em gráficos no formato de box-plots. Em seguida, foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para verificação de diferenças significativas a um nível de significância de 5% entre as médias dos pontos. O princípio do método baseia-se em testar a hipótese nula de que todas as populações possuem distribuições iguais contra a hipótese alternativa de que ao menos duas das populações possuem distribuições diferentes (KRUSKAL e WALLIS, 1997).

2.2.4 Mapeamento dos pontos de coleta

O mapeamento da propriedade selecionada ocorreu com auxílio de Sistema de Posicionamento Global GPS marca Etrex modelo Garmin e a imagem orbital de alta resolução espacial foi obtida a partir do Google Earth. Todo o processamento foi realizado no Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING) versão 5.1.8, disponibilizado gratuitamente pelo instituto de pesquisa espacial - INPE do Brasil, através do sítio http://www.dpi.inpe.br/spring/ e MapWindow GIS, versão 4.8.6. Utilizou-se o Sistema de Projeção de Universal Transverso de Mercartor (UTM), Modelo da Terra *South American Datum* (SAD-69) e como base de dados o acervo disposto no sítio do IBGE (2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS

O nível de poluição gerado pela piscicultura pode ser entendido como consequência das reações ocorridas dentro dos viveiros, decorrentes das situações do manejo dos tanques, da alimentação e do sistema de processamento do pescado (PAGGI, 2006), gerando grande preocupação com relação às consequências da atividade sobre o meio ambiente.

Com base nos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas no sistema de piscicultura no presente estudo, a tabela 4 apresenta as características da água para os períodos de seca, transição seca/chuva e chuva.

Os resultados serão comparados com a Resolução CONAMA 357/2005, que 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.

TABELA 4 - Valores médios e desvio- padrão de variáveis limnológicas avaliadas nos sete pontos amostrais.

Variável	Estação Seca	Estação de Transição	Estação Chuvosa
	Média± DP	Média± DP	Média± DP
Temperatura (°C)	26,60 ±2,67	27,34±1,66	26,93±3,16
Turbidez (UNT)	44,10±50,26	64,94±76,40	50,52±65,74
Condutividade Elétrica (µS/cm)	109,10± 5,38	106,83±14,70	45,51±20,68
SDT (mg/L)	167,42±47,53	24,25±14,09	34,14±7,22
pH	6,48±0,50	6,12±0,32	6,50±0,12
OD (mg/L)	3,95±1,84	2,81±1,48	-
DBO (mg/L)	8,72±4,60	7,44±2,32	4,77±2,64
Fósforo Total (mg/L)	0,42±0,21	10,66±11,51	0,36 ±0,14
Nitrogênio Amonical (mg/L)	0,25±0,29	0,71±0,96	0,14±0,17
Coliformes Fecais (NMP/100mL)	1.273,43±1.919,87	1.483,19±1.754,22	2.192,86±739,61

3.1.1 Temperatura

A temperatura da água é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade (CETESB, 2009). É uma variável

importante, pois, a mesma influi em algumas propriedades da água (densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido), tendo reflexos sobre a vida aquática; sendo que esta variável pode ser alterada em função de fontes naturais como energia solar e fontes antropogênicas (HELBEL, 2011). Ressalta-se que o valor máximo de temperatura permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 para os corpos hídricos de classe 2 é de 40 ºC.

Conforme ilustra a Figura 6, no período seco, a temperatura teve mínimo de 22,2 ºC no P1 (afluente do lado esquerdo do sistema) e máximo de 29,8 ºC no P5 (efluente). No período entre a estação seca e chuvosa, teve mínimo de 23,4 ºC no P2, (afluente do lado direito do sistema) e máximo de 29,9 ºC no P3 (represa). Os valores mínimo e máximo para o período chuvoso foram 22,2 ºC no P1 e 29,03 ºC no P7 (efluente).

Ao analisar o conjunto de dados, observou-se que houve um aumento da temperatura na passagem do período seco para o período de transição, esse fato pode ser associado ao aumento da matéria orgânica lançada no sistema, que intensifica os processos químicos, físicos e microbiológicos, influenciando favoravelmente no aumento da temperatura. Bureau (2004) ressalta que a temperatura define a intensidade metabólica dos organismos, de forma que a elevação da temperatura resulta no aumento do consumo de alimentos, crescimento dos peixes, eliminação de resíduos nitrogenados e, consequentemente, crescimento do fitoplâncton.

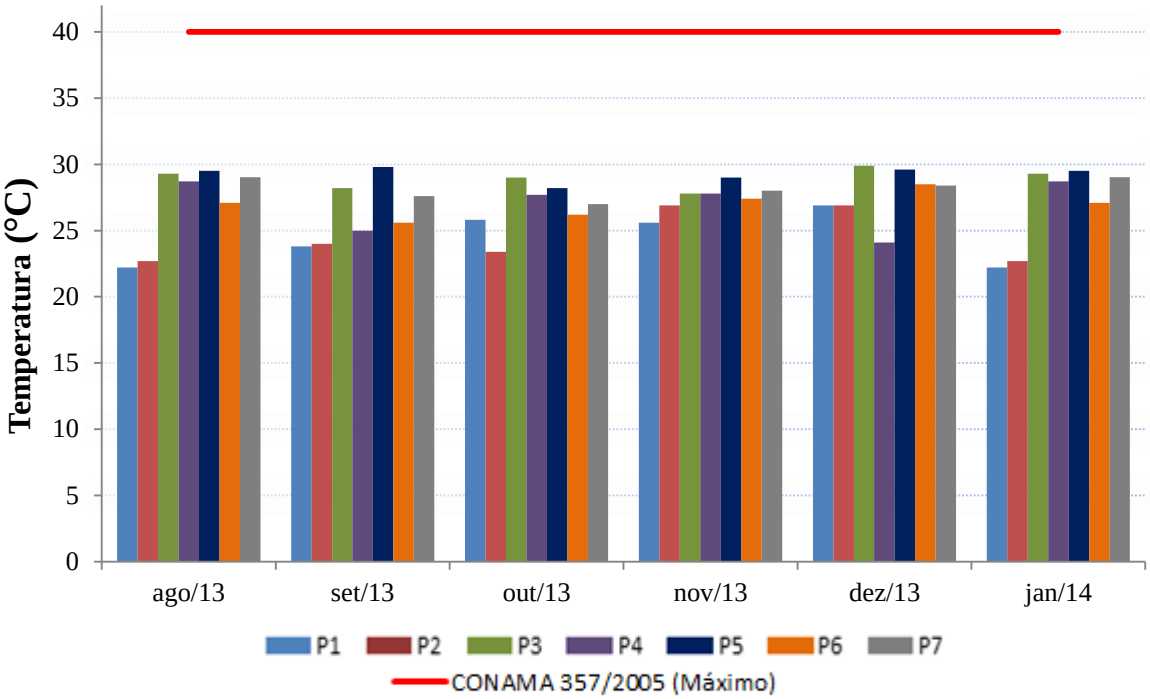


FIGURA 6 - Valores da temperatura nos pontos afluente ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7); durante o período de agosto de 2013 a janeiro de 2014.

A temperatura apresentou média geral de 27,02 ºC, sendo as menores médias registradas à montante do sistema, nos pontos P1 (24,4 ºC) e P2 (24,4 ºC), provavelmente influenciada pela proteção da mata ciliar existente na propriedade, colaborando para menores temperaturas, enquanto que as maiores médias registradas referem-se à represa (P3) e o efluente do (P5) (28,9 ºC e 29,2 ºC, respectivamente), possivelmente associado ao fato dos viveiros serem sistemas artificiais rasos e expostos a fatores como os raios solares (FIGURA 7).

Denota-se assim que a atividade piscicultora em questão produziu influência na elevação desta variável, pois constatou-se diferença estatística significativa entre a água de abastecimento (P1 e P2) e a água do viveiro P3 e o efluente do P5. Contudo, todos os valores estiveram abaixo de 40ºC, limite permitido pela Resolução CONAMA 357/2005.

Segundo Toledo et al., (2003) a água do corpo hídrico corrente e o leito coberto por vegetação contribui para as menores temperaturas, enquanto que os maiores valores de temperatura nos efluentes podem estar relacionados ao aquecimento pelos raios solares incidentes sobre o viveiro de criação (SILVA e CAMARGO, 2008).

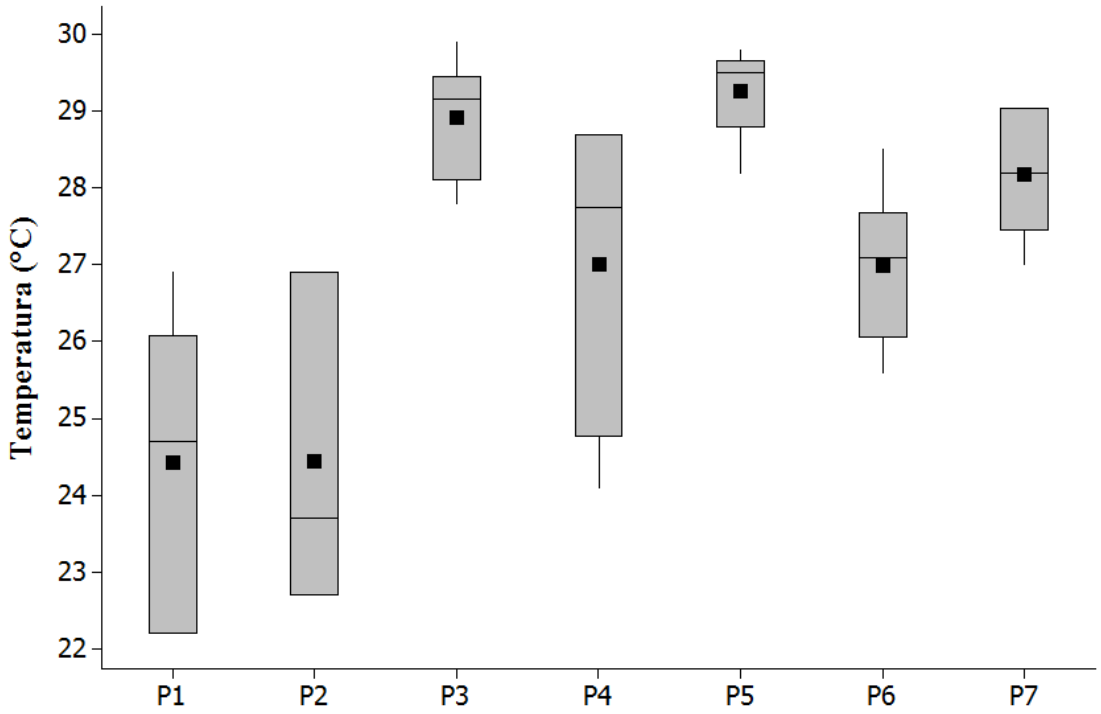


FIGURA 7 - Box-plot representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de Temperatura.

Osti (2009) afirma que esse processo pode estar relacionado com a dinâmica de ambientes lênticos e lóticos, onde a estabilidade do viveiro aumenta o conteúdo de calor e a turbulência da água dissipa boa parte da energia térmica, sendo os valores observados no presente estudo similares aos observados pelo autor ao avaliar os aspectos limnológicos da água na fase de engorda de tilápias no município de Pindamonhangaba/ São Paulo, onde observou valores de temperatura de (26,48 ± 2,24 ºC) para o afluente, (28,13 ± 2,24 ºC) no viveiro e (27,85 ± 2,17 ºC) no efluente.

Estudo realizado por Toledo et al., (2003), em que foram avaliados os impactos ambientais causados por efluentes de viveiros da estação de piscicultura de Alta Floresta/ Mato Grosso, encontraram valores de (27,17±0,90 ºC) no reservatório de abastecimento dos viveiros e (26,01±1,27 ºC e 27,70±1,43 ºC) nos efluentes de viveiros, no entanto, não se constatou influência da água dos efluentes dos viveiros sobre o corpo d'água receptor (25,00±1,27 ºC) não verificando alterações significativas causadas pelo manejo nos viveiros.

Segundo o autor, a descarga de efluentes com temperaturas mais elevadas diretamente no corpo d'água receptor pode conduzir a alterações na dinâmica do ambiente, pois a temperatura é um dos principais fatores limitantes numa grande variedade de processos biológicos.

Os valores de temperatura no sistema foram similares quando comparados ao estudo realizado por Baccarin (2002) ao avaliar o impacto do manejo alimentar nos efluentes de criação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no município de Pirassununga, São Paulo, onde durante todo o período experimental observou que a temperatura da água dos efluentes foi superior à água de abastecimento.

3.1.2 Turbidez

A turbidez é a medida da capacidade que a água tem de dispersar a radiação, dessa forma, está associada à presença de partículas sólidas em suspensão, à condutividade elétrica e também à grande quantidade de fitoplâncton (MERCANTE et al., 2011). A Resolução CONAMA 357/2005 determina que o padrão máximo de turbidez permitido para os corpos hídricos de classe 2 é de 100 UNT.

No período seco, a turbidez teve mínimo de 6,89 UNT no P4 (corpo receptor) e máximo de 157,42 UNT no P7 (efluente). No período entre a estação seca e chuvosa, teve mínimo de 12,30 UNT no P1 (afluente do lado esquerdo do sistema) e máximo de 284,42 UNT no P7 (efluente). Os valores mínimo e máximo para o período chuvoso foram 8,57 UNT no P2 (afluente do lado direito do sistema) e 155,40 UNT no P7 (FIGURA 8).

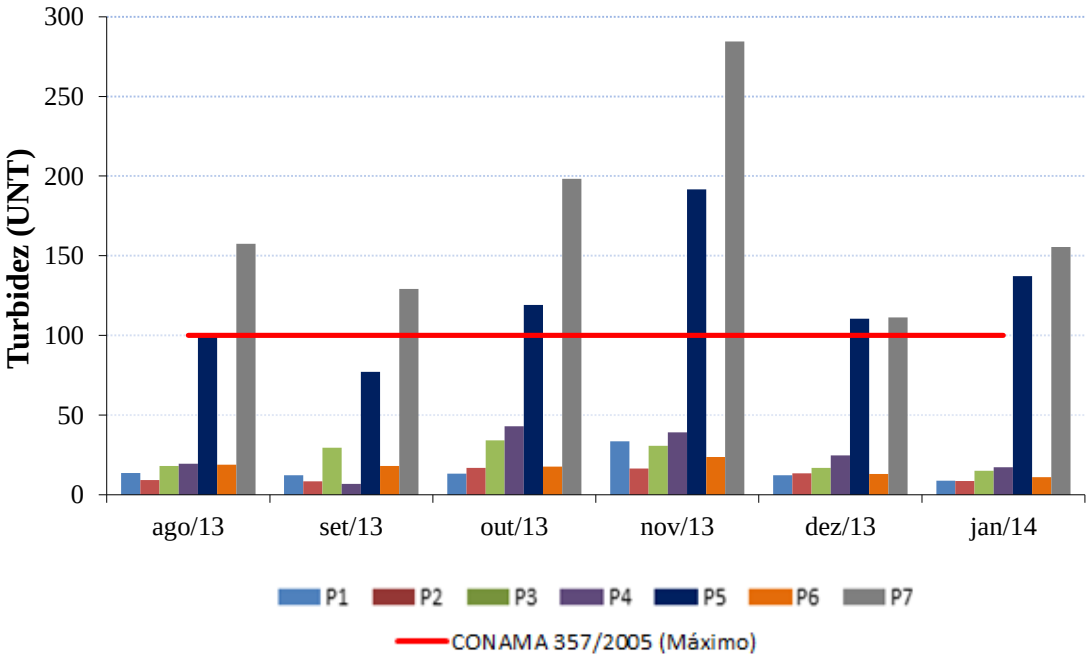


FIGURA 8 - Valores da turbidez nos pontos afluentes ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7); durante o período de agosto de 2013 a janeiro de 2014.

Ao analisar o conjunto de dados, observou-se que houve um aumento da turbidez na passagem do período seco para o período de transição, esse fato pode ser explicado devido à característica sazonal desta variável, pois há um substancial aumento em virtude do acréscimo de materiais advindos da bacia de drenagem, principalmente, em períodos chuvosos (FIGUEIREDO e BIANCHINI Jr., 2008; BOTINO, 2011).

Mercante et al., (2011) ao avaliar a qualidade dos efluentes dos pesqueiros na bacia hidrográfica do Alto Tietê, encontraram valores similares de turbidez nos efluentes de pesqueiros situados na sub-bacia do Guarapiranga na estação chuvosa, com média de 107,00 UNT, mínimo de 69 UNT e máximo de 150,00 UNT.

Observou-se que para os sete pontos amostrais, a média da turbidez foi de 55,59 UNT, oscilando entre os valores médios de 12,1 UNT à montante do sistema (P1) e 17 UNT no corpo receptor à jusante do lançamento de efluentes (P6) a 122,4 UNT e 172,6 UNT nos efluentes (P5 e P7 respectivamente), estando acima do estabelecido pela Resolução, conforme ilustra a figura 9. Pode pressupor que a elevação da variável nos viveiros pode ter sido provocada pelo enriquecimento orgânico e a partir da aeração realizada por agitadores mecânicos que suspende os sedimentos do fundo, tornando a água turva.

Vale ressaltar que houve diferenças estatisticamente significativas entre a água de abastecimento (P1 e P2) e os efluentes dos pontos (P5 e P7), evidenciando que a atividade piscicultora em questão produziu influência na qualidade da água entre os pontos analisados. Porém, mesmo a variável sendo significativa em ambos os pontos, não houve evidências de impactos na qualidade da água do corpo receptor (P6), estando todos os valores abaixo de 100 UNT, limite permitido pela Resolução CONAMA 357/2005.

Conforme Sipaúba-Tavares (1994), normalmente, viveiros de cultivo de peixes são túrbidos, devido ao fitoplâncton que cresce em resposta à adição de fertilizantes ou alimentos destinados aos peixes.

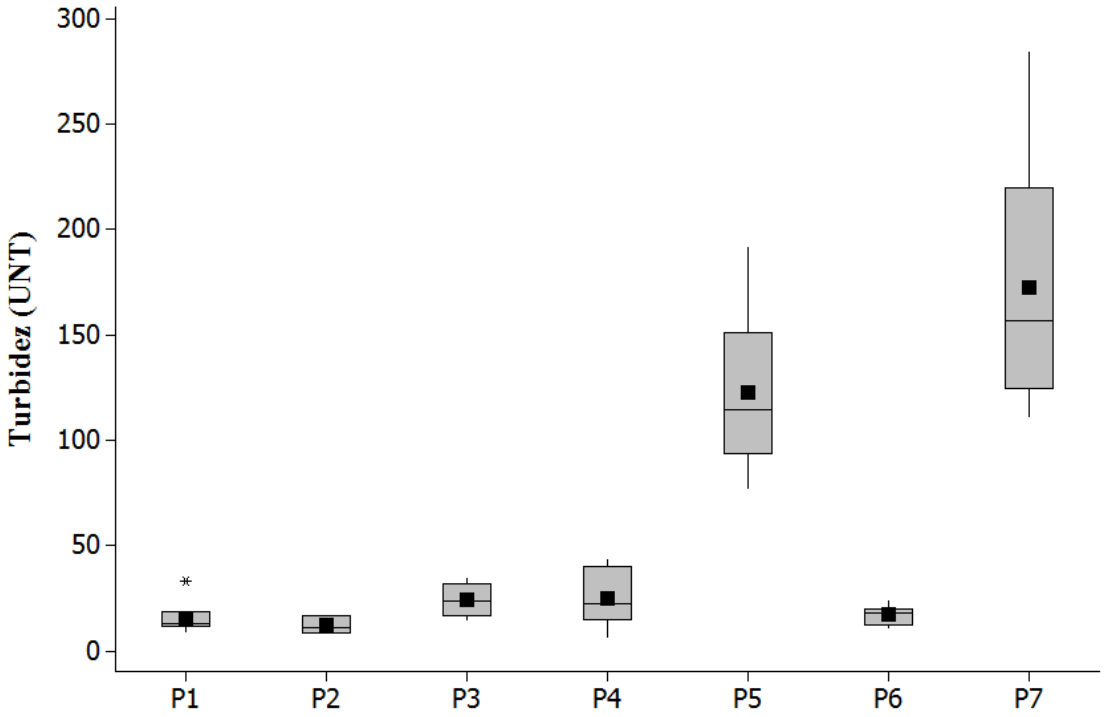


FIGURA 9 - Box-plot representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de turbidez. Obs: pontos representados com * são outliers.

Silva (2007) esclarece que a turbidez em águas de viveiros é resultado das partículas de solo em suspensão provenientes da erosão dos taludes, dos canais de abastecimento, erosão dentro do próprio viveiro e pode ser provocada pelo excesso de aeração, que revolve o fundo e não permite a decantação das partículas. Além disso, o incremento da turbidez no meio também pode ocorrer devido à decomposição da ração em excesso e adubos orgânicos presentes nos tanques.

Boyd (1993) afirma que a turbidez causada pela presença de altas densidades da comunidade planctônica é benéfica, pois resulta no fornecimento de alimento natural aos peixes e aumenta a produtividade do sistema, influenciando a cadeia alimentar. No entanto, a turbidez excessiva proveniente de partículas inorgânicas, reduz a penetração da luz para o crescimento do fitoplâncton, diminuindo a produção de oxigênio na água e afetando diretamente a biomassa, além de assorear os tanques e viveiros de criação de peixes.

Rotta e Queiroz (2003) salientam que o aumento da turbidez da água reduz a penetração da luz na coluna d'água e limita a profundidade onde ocorre a fotossíntese, com a redução da fotossíntese e o acúmulo de matéria orgânica no fundo desses ambientes aumenta a demanda bioquímica de oxigênio, causando a redução drástica e repentina na concentração de oxigênio dissolvido.

Nos resultados das análises efetuadas por Silva (2007), por meio do qual realizou a caracterização de impactos gerados pela piscicultura na qualidade da água no estudo de caso na Bacia do Rio Cuiabá (MT), o autor encontrou valores semelhantes de turbidez (278,2 UNT) para o efluente do viveiro, obtendo resultados acima do limite recomendado pela legislação.

Pesquisa realizada por Mercante et al., (2007) ao analisar o comportamento de variáveis físicas, químicas e biológicas da água de um viveiro de engorda de tilápias (*Oreochromisniloticus*, Linnaeus), no munícipio de Pindamonhangaba/São Paulo, encontraram medidas de turbidez constantemente no valor de 90 UNT, valores muito próximos ao limite (de 100 UNT). Os autores atribuíram aos elevados valores relação com o aporte de matéria orgânica advinda do arraçoamento, das comunidades fitoplanctônicas e zooplanctônicas e dos detritos inorgânicos, como areias e argilas presentes no solo.

3.1.3 Condutividade Elétrica

Este parâmetro consiste na expressão numérica da capacidade de uma água em conduzir corrente elétrica. É uma função da concentração iônica e da temperatura, indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Além disso, fornece uma boa indicação das modificações na composição mineral da água (CETESB, 2009).

A Resolução 357/2005 não define um padrão para a condutividade elétrica, desta forma utilizou-se como referência para comparação dos resultados obtidos os valores estabelecidos pela CETESB. Em geral, valores de condutividade elétrica maiores que 100μS.cm-1 indicam ambientes impactados (CETESB, 2009).

Conforme observado na Figura 10, no período seco, a condutividade elétrica teve mínimo de 66,7 $\mu S.cm^{-1}$ no P1 (afluente do lado esquerdo do sistema) e máximo de 157, 8 $\mu S.cm^{-1}$ no P2 (afluente do lado direito do sistema). No período entre a estação seca e chuvosa, teve mínimo de 81,6 $\mu S.cm^{-1}$ no P3 (represa) e máximo de 142,5 $\mu S.cm^{-1}$ no P7 (efluente). Os valores mínimo e máximo para o período chuvoso foram, 18 $\mu S.cm^{-1}$ no P5 (efluente) e 73 $\mu S.cm^{-1}$ no P4 (corpo receptor).

Enquanto na estação seca obteve-se elevados valores de condutividade elétrica, observa-se que houve um decréscimo da condutividade elétrica na passagem do período de transição para o período chuvoso. Conforme Mendes et al., (2008) no período seco, os elevados valores de condutividade elétrica são ocasionados pelo efeito da concentração de

sais decorrentes da diminuição das precipitações pluviométricas e do aumento da evaporação de água na região, enquanto que no período chuvoso, os valores de CE das águas são menores devido, provavelmente, ao efeito de diluição pelas águas das chuvas.

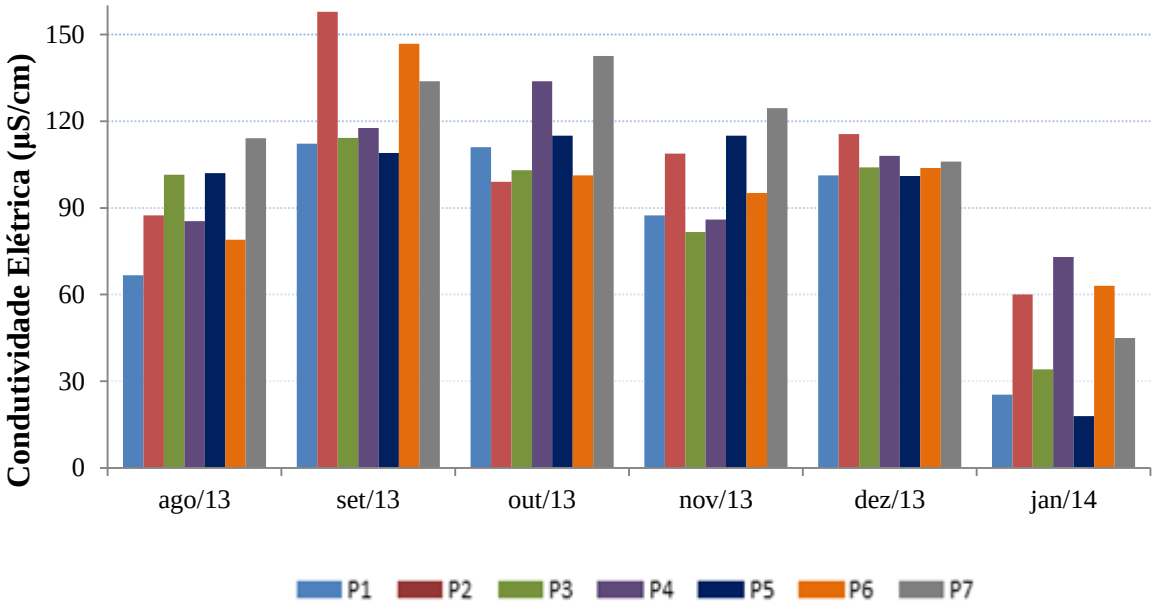


FIGURA 10 - Valores da Condutividade Elétrica nos pontos afluente ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7); durante o período de agosto de 2013 a janeiro de 2014.

Mercante et al., (2011) verificaram padrão similar de flutuação da condutividade elétrica em efluentes de piscicultura na sub-bacia Guarapiranga no período seco, variando de 109,00 $\mu S.cm^{-1}$ a 134,00 $\mu S.cm^{-1}$. Ainda conforme o autor, esse fato que pode estar relacionado à matéria orgânica em decomposição de origem antrópica devido a adubações e alimentos introduzidos em excesso e não utilizados pelos peixes.

Sipaúba-Tavares e Moreno (1994) também notaram tal comportamento ao analisar a condutividade elétrica em viveiros de piscicultura durante a estação seca e chuvosa encontrando valores que variaram de 40 $\mu S.cm^{-1}$ a 120 $\mu S.cm^{-1}$, sendo os maiores valores obtidos no período de seca.

A condutividade elétrica apresentou média geral de 97,36 $\mu S.cm^{-1}$. A menor média foi obtida à montante do sistema, no P1 (83,9 $\mu S.cm^{-1}$), enquanto que o maior valor médio constatado refere-se ao efluente do P7 (110,9 $\mu S.cm^{-1}$), o que pode ser um indicativo de elevada decomposição de matéria orgânica advinda do arraçoamento dentro do viveiro

(FIGURA 11). O teste não revelou diferenças estatisticamente significativas entre os pontos a montante (P1 e P2) e a jusante dos viveiros (P6).

De acordo com Sipaúba-Tavares et al., (2007) quando os valores de condutividade elétrica são altos, indicam grau de decomposição elevado, por outro lado, valores reduzidos indicam acentuada produção primária.

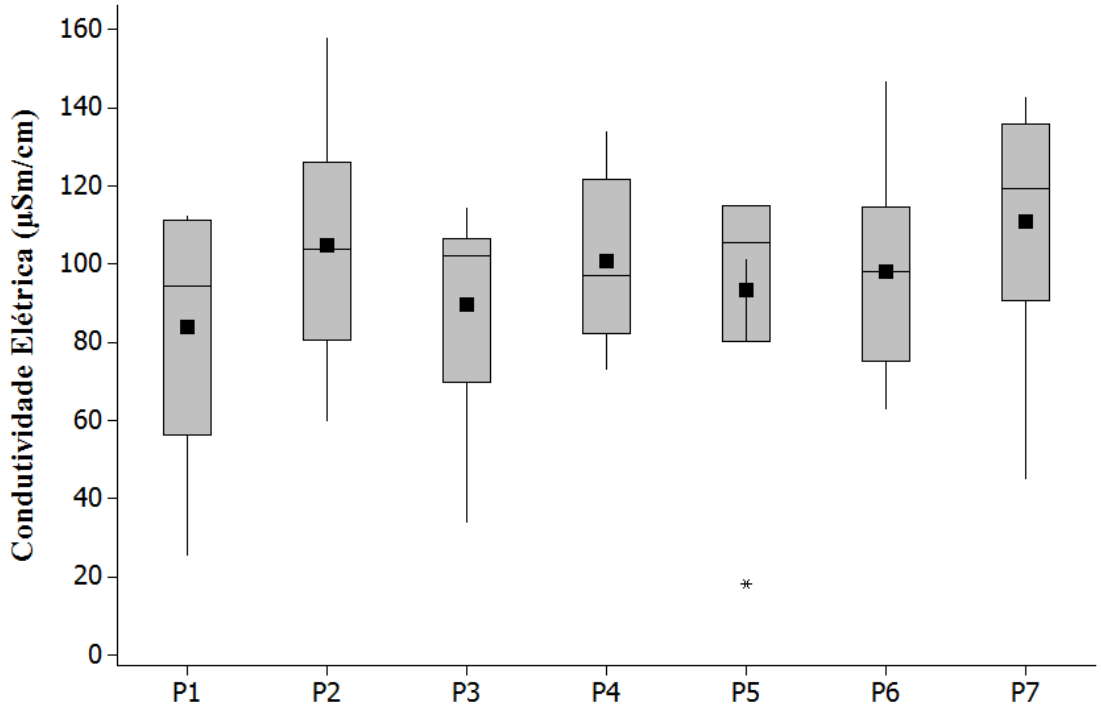


FIGURA 11 - Box-plot representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de condutividade elétrica.

Para Toledo et al., (2003) durante o trajeto da água dos efluentes até o corpo d'água haja retenção do excesso de matéria orgânica dissolvida, impedindo que os valores de condutividade elétrica da água no corpo receptor sejam elevados.

Osti (2009), ao avaliar os aspectos limnológicos da água na fase de engorda de tilápias, obteve valores de condutividade elétrica de (62,50 ± 9,78 $\mu S.cm^{-1}$) para o afluente, (68,88 ± 7,10 $\mu S.cm^{-1}$) no viveiro e (69,25 ± 6,82 $\mu S.cm^{-1}$) no efluente.

Mercante et al., (2007) ao analisar a qualidade da água de um viveiro de engorda de tilápias (*Oreochromisniloticus*, Linnaeus) encontraram mínimo de 79 $\mu S.cm^{-1}$ e máximo de 101 $\mu S.cm^{-1}$.

3.1.4 Sólidos dissolvidos totais

A determinação dos sólidos totais dissolvidos detém importância na qualidade estética da água e como um indicador agregado da presença de produtos químicos contaminantes. As fontes primárias destes sólidos em águas receptoras são agrícolas e residenciais, de lixiviados de contaminação do solo e de fontes pontuais de descarga de poluição das águas industriais ou estações de tratamento de esgoto (PARRON et al., 2011). No entanto, ao que concerne os índices de SDT, a Resolução CONAMA 357/2005 determina que o padrão máximo permitido para os corpos hídricos de classe 2 é de 500 mg/L.

Conforme exposto pela figura 12, no período seco, os SDT tiveram mínimo de 124 mg/L no P6 (corpo receptor à jusante do lançamento de efluentes) e máximo de 269 mg/L no P7 (efluente). No período entre a estação seca e chuvosa, teve mínimo de 10 mg/L no P1 (afluente do lado esquerdo do sistema) e máximo de 67 mg/L no P4 (corpo receptor). Os valores mínimo e máximo para o período chuvoso foram, 23 mg/L no P2 (afluente do lado direito do sistema) e 44 mg/L no P5 (efluente).

Verificou-se que os resultados obtidos nos diferentes pontos e durante todo o período amostrado, encontram-se em conformidade com a Resolução. Entretanto, mesmo os valores sendo favoráveis aos padrões da legislação isso não indica um fator necessariamente bom, pois como colocado por Silva (2007), as concentrações mesmo que baixas podem causar danos aos peixes e à vida aquática devido à sedimentação no leito dos viveiros e dos rios causando a morte de organismos que fornecem alimentos a outros organismos e também danificando os leitos de desova dos peixes no ambiente natural, além de reter bactérias e resíduos orgânicos nos fundos dos viveiros promovendo a decomposição anaeróbia.

No período correspondente a seca os valores obtidos foram superiores aos de transição e chuva. Segundo Padilha (2005) na seca, a ressuspensão de sedimentos pode ter influenciado nas concentrações dos sólidos totais dissolvidos, em função da menor profundidade dos corpos d’água mais susceptíveis à ação dos ventos.

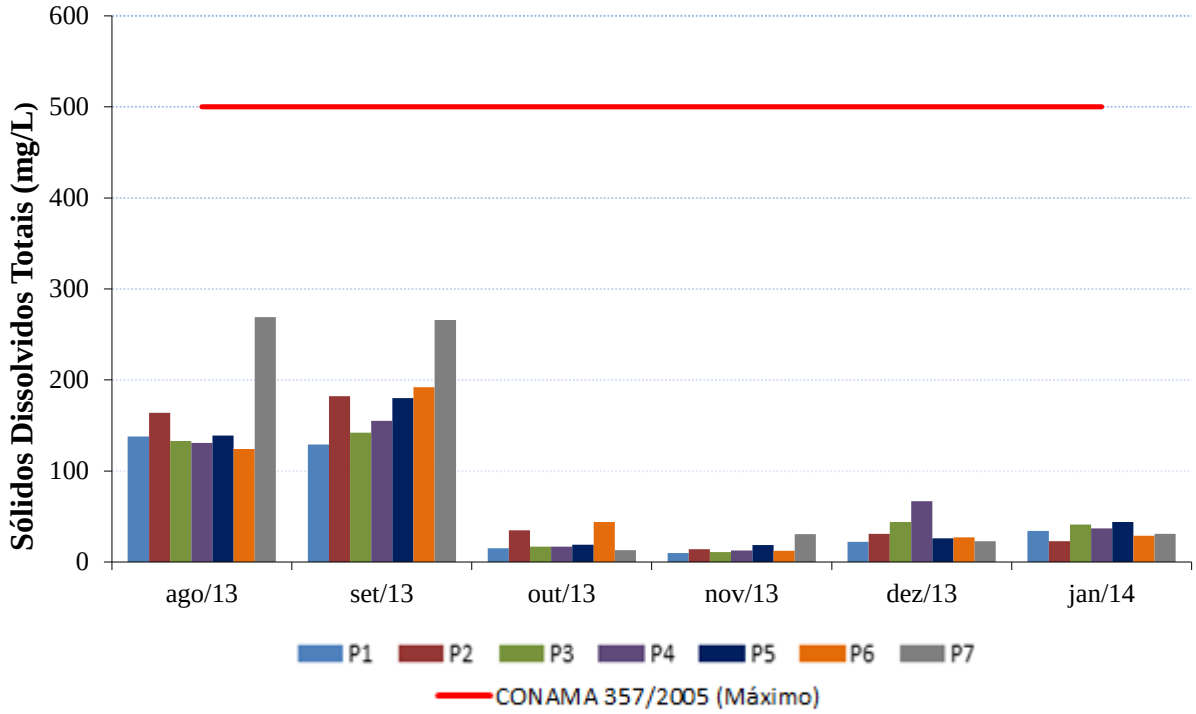


FIGURA 12 - Valores dos Sólidos Dissolvidos Totais nos pontos afluente ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7); durante o período de agosto de 2013 a janeiro de 2014.

Mercante et al., (2011) ao avaliarem a qualidade dos efluentes dos pesqueiros na sub-bacia do Tietê Cabeceiras obtiveram maiores valores na estação seca, com média de 58,33 mg/L, mínimo de 32 e máximo de 90 mg/L, enquanto que para o período chuvoso foram encontrados valores médios de 56 mg/L, mínimo de 24 e máximo de 81 mg/L.

Pillay (2004) relata que as grandes quantidades de sólidos totais dissolvidos aumentam a turbidez, que pode restringir a penetração da luz, diminuindo a temperatura e a transparência da água, por conseguinte, afetando as taxas de fotossíntese e de produção de oxigênio.

Os SDT apresentaram média geral de 73,62 mg/L, sendo a menor média constatada à montante do sistema, no P1 (57,98 mg/L), enquanto que o maior valor médio observado foi no efluente do P7, (105,45 mg/L). A elevação da concentração da variável no viveiro pode estar relacionada à decomposição das sobras de ração no viveiro e arraste de materiais para os viveiros (FIGURA 13). O teste não revelou diferenças estatisticamente significativas entre os pontos de montante (P1 e P2) e jusante dos viveiros (P6).

Barbosa (2013) enfatiza que os sólidos dissolvidos são encontrados naturalmente nas águas em baixas concentrações, enquanto que o aumento de sólidos no viveiro são atribuídos

aos resíduos de ração não convertidos e à maior biomassa de fitoplâncton no viveiro (FIGUEREDO et al., 2005).

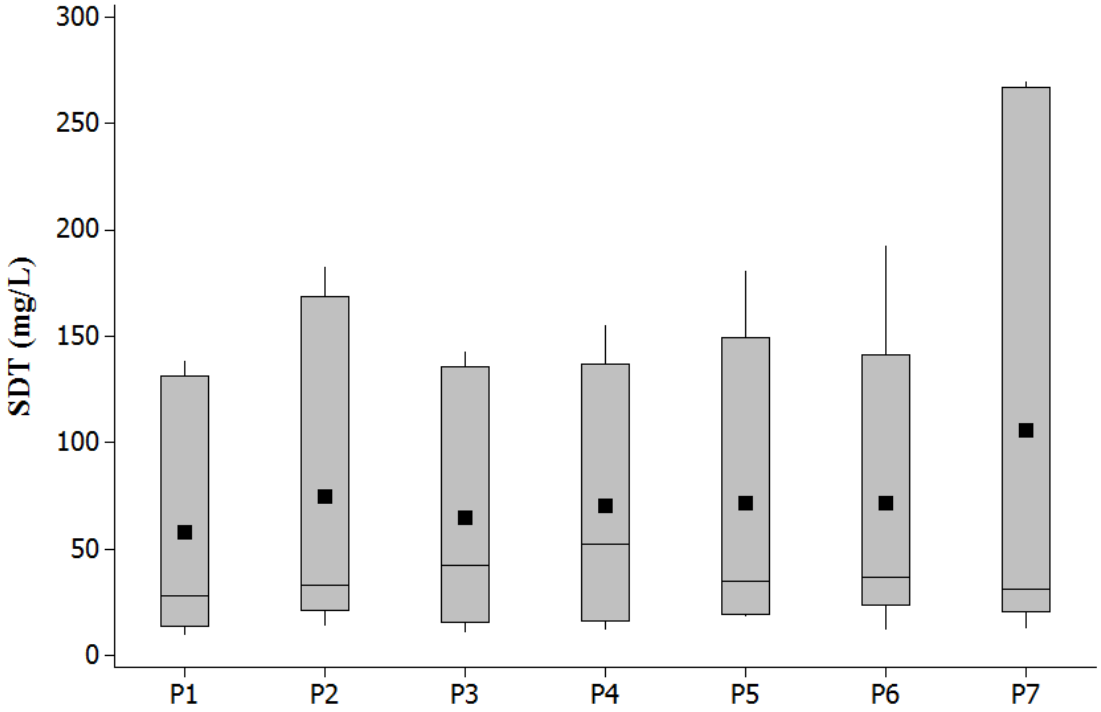


FIGURA 13 - Box-plot representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de sólidos dissolvidos totais.

3.1.5 Potencial Hidrogeniônico (pH)

De acordo com Von Sperling (1995) o pH representa a concentração de íons hidrogênio H+, indicando sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. A faixa de pH é de 0 a 14. O pH < 7,0 representa condições ácidas, pH = 7,0 representa situação de neutralidade e pH > 7,0 representa condições básicas.

No período seco, o pH teve mínimo de 5,92 no P1 (afluente do lado esquerdo do sistema) e máximo de 7,32 no P7 (efluente). No período entre a estação seca e chuvosa, teve mínimo de 5,69 no P3 (água da represa) e máximo de 6,80 no P2 (afluente do lado direito do sistema). Os valores mínimo e máximo para o período chuvoso foram, 6,27 no P1 e 6,61 no P4 (corpo receptor), conforme exposto pela figura 14.

De forma geral destaca-se que as amostras encontraram-se em consonância com a Resolução CONAMA 357/05 que determina uma faixa de 6 a 9 para todas as classes de água. No entanto, verificaram-se registros de teores ácidas tanto na seca na campanha

correspondente ao mês de setembro, quanto durante o período de transição. De acordo com Leite (2004) esse caráter ácido é típico da Bacia do Rio Ji-Paraná e está associado principalmente aos altos valores de Capacidade Efetiva de Troca de Cátions dos solos da região, o que reflete no aumento das concentrações de carbonatos e redução do pH.

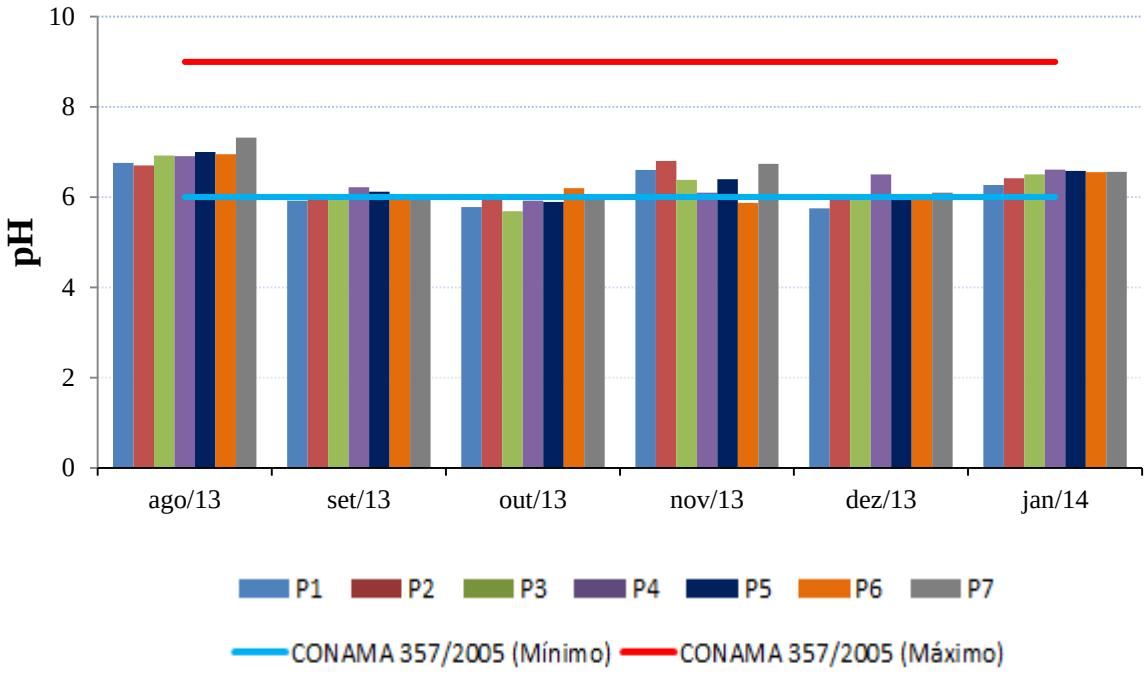


FIGURA 14 - Valores de pH nos pontos afluentes ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7); durante o período de agosto de 2013 a janeiro de 2014.

Mercante et al., (2011) ao avaliarem a qualidade dos efluentes dos pesqueiros na sub-bacia do Tietê Cabeceiras também obtiveram menores valores na estação seca, com média de 6,1, mínimo de 6 e máximo de 6,20, enquanto que para o período chuvoso foram encontrados valores médios de 6,53, mínimo de 6,20 e máximo de 6,97.

A média geral do pH foi de 6,3, sendo a menor média constatada à montante do sistema, no ponto P1 (6,18), enquanto que o maior valor médio foi obtido no efluente do P7 (6,45). A elevação da variável pode ser um indicativo de grande quantidade de fitoplâncton e elevadas temperaturas dentro do viveiro, o que resulta em uma intensa atividade fotossintética (FIGURA 15). Estatisticamente não houve diferenças significativas entre os pontos à montante (P1 e P2) e à jusante dos viveiros (P6).

Maier (1987) ressalta que a pequena diminuição no pH pode estar associado ao aumento no teor de matéria orgânica no corpo d'água, que leva a consequente queda na quantidade de oxigênio dissolvido disponível, enquanto que o aumento do pH em tanques de piscicultura são fortemente influenciados pela produção de oxigênio realizada pelo fitoplâncton no período do dia, consumindo o gás carbônico que é acidificante, provocando aumento do pH em função da respiração e decomposição do meio (SIPAÚBA-TAVARES, 1998).

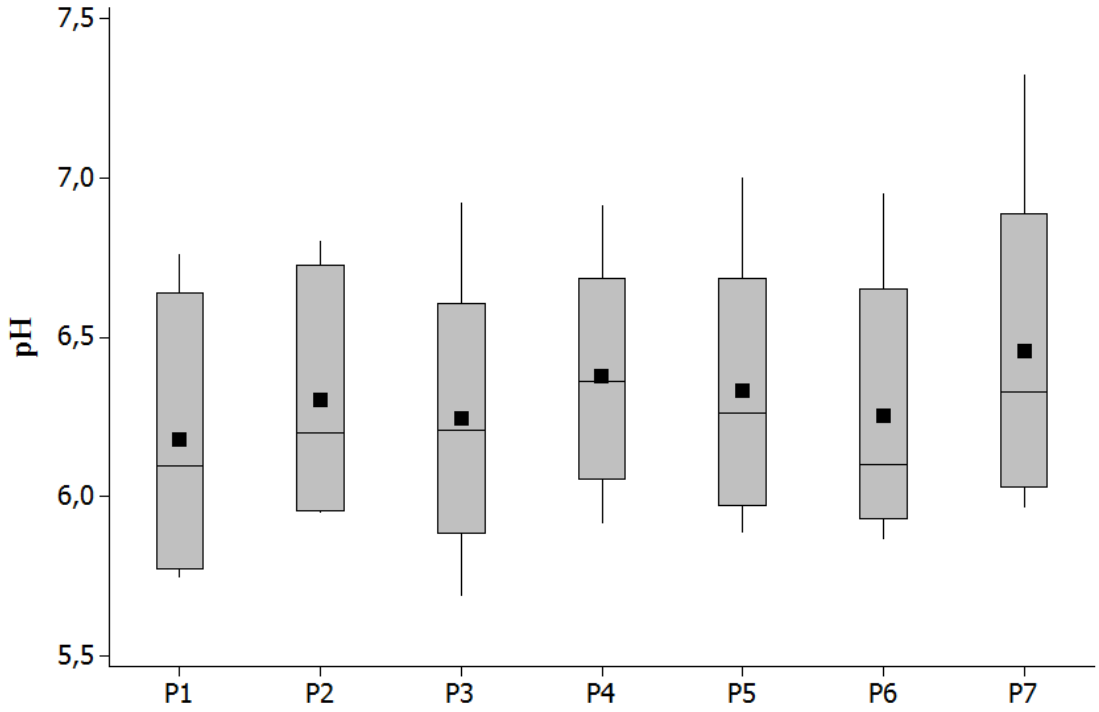


FIGURA 15 - Box-plot representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de pH.

A dinâmica do pH é explicada no trabalho de Silva (2007), o qual destaca que o pH costuma ser baixo quando há um aumento de ácidos orgânicos dissolvidos na água. Esse fato se dá pela influência do processo fotossintético das algas, que ao consumirem o dióxido de carbono dissolvido na massa líquida, originada da oxidação da matéria orgânica pelas bactérias, provocam a dissociação do íon bicarbonato (HCO_3^-) e consequentemente libera a hidroxila (OH^-) que é responsável pelo aumento do pH no meio.

Além disso, é importante destacar que, os organismos autotróficos, como as macrófitas aquáticas e algas presentes nos viveiros, podem elevar o pH por meio do processo de assimilação de CO_2 na fotossíntese. Os organismos heterotróficos, por outro lado, podem

reduzir o pH do meio através dos processos de decomposição e respiração, liberando CO_2, formando ácido carbônico e íons hidrogênio.

Mercante et al. (2007), em estudo da avaliação diurna de variáveis ambientais em viveiro de tilápias encontraram valores similares de pH que indicaram uma leve acidez nas primeiras horas da manhã (6h às 10h), variando entre 5,6 e 6,4.

Hussar et al. (2005), ao analisar a qualidade da água afluente e efluente provenientes de tanques de pisciculturas, encontraram valores de pH nas amostras afluentes inferiores aos das amostras do efluentes dos tanques. Segundo o autor, os baixos valores de pH são comumente encontrados em viveiros de criação nas primeiras horas da manhã, isto ocorre devido ao metabolismo do fitoplâncton o qual através da fotossíntese/respiração libera oxigênio no período diurno e gás carbônico ao entardecer acidificando o meio devido à formação de ácido carbônico.

Estudo realizado por Toledo et al. (2003), em que foram avaliados os impactos ambientais causados por efluentes de viveiros da estação de piscicultura de Alta Floresta/ Mato Grosso, encontraram valores de (5,77 ± 4,88) no reservatório de abastecimento dos viveiros e (6,33±0,12 e 6,66 ±0,14) nos efluentes de viveiros, no entanto, não se constatou influência da água dos efluentes dos viveiros sobre o corpo d'água receptor (6,61±8,99) não verificando alterações significativas causadas pelo manejo nos viveiros.

3.1.6 Oxigênio Dissolvido

Águas com baixos teores de oxigênio dissolvido podem ser indicativas de que estas receberam matéria orgânica. A decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias é, geralmente, acompanhada pelo consumo e redução do oxigênio dissolvido da água. Dependendo da capacidade de autodepuração do corpo d'água, o teor de oxigênio dissolvido pode alcançar valores muito baixos, ou até mesmo não estar presente (zero), extinguindo-se os organismos aquáticos aeróbios (NASCIMENTO et al., 2011).

No período seco o OD teve mínimo de 1,25 mg/L no P5 (efluente) e máximo de 7,55 mg/L no P7 (efluente). Os valores mínimo e máximo para o período de transição entre a estação seca e chuvosa foram, 0,5 mg/L no P5, e 5,5 mg/L no P7. A Figura 16 ilustra os valores de oxigênio dissolvido observados para cada ponto amostral, conforme a sazonalidade.

Os valores obtidos para este parâmetro em praticamente quase todos os pontos analisados e em todos os períodos estiveram abaixo de 5 mg/L, valor mínimo que estabelece a

Resolução 357/05. No período seco, os valores obtidos foram superiores aos de transição. Ayroza, (2012) afirma que as menores concentrações de oxigênio dissolvido podem ser associadas ao período mais quente, quando é menor a solubilidade do oxigênio dissolvido e mais intenso o metabolismo dos peixes. No período de transição foram observadas elevadas médias de DBO (7,44) indicando que houve alto consumo de OD.

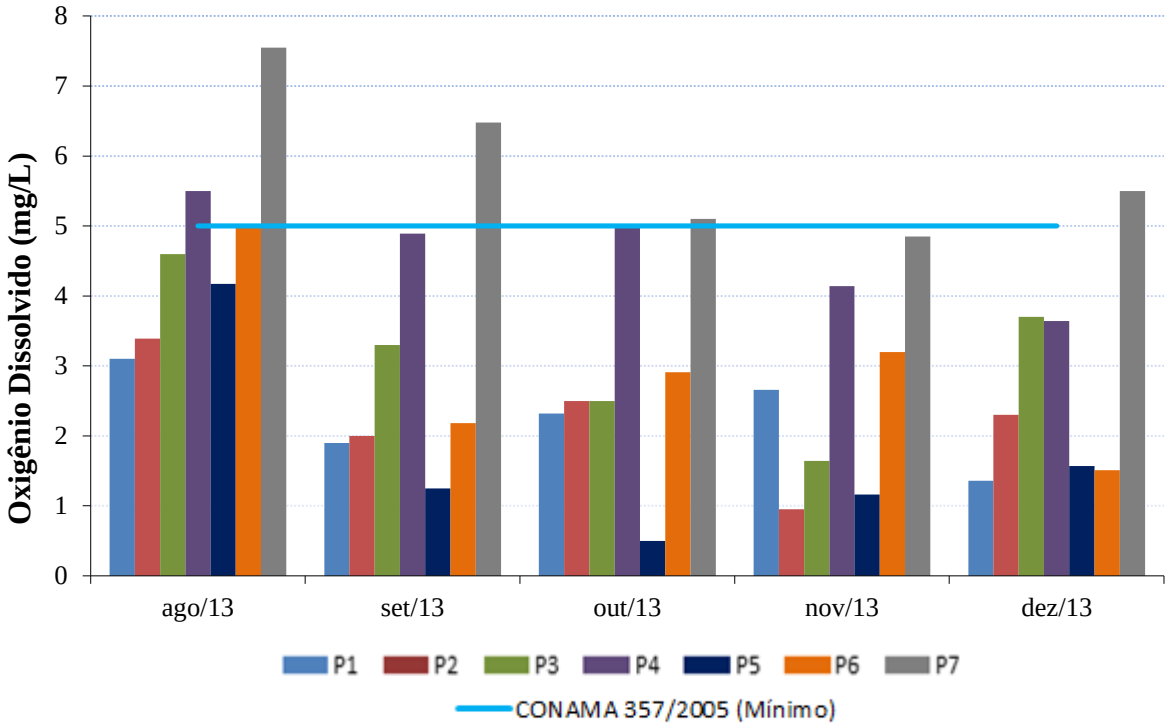


FIGURA 16 - Valores do Oxigênio Dissolvido nos pontos afluente ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7); durante o período de agosto de 2013 a janeiro de 2014.

Mercante et al., (2011) ao avaliar a qualidade dos efluentes dos pesqueiros na sub-bacia do Guarapiranga também obtiveram elevadas concentrações de oxigênio dissolvido na estação seca, com média de 8,87 mg/L, mínimo de 8,63 mg/L e máximo de 9,01 mg/L. Os autores relacionaram o aumento do consumo de oxigênio na água às grandes quantidades de matéria orgânica em decomposição, o que pode ser prejudicial a vida da maioria das espécies de peixes.

Referente à concentração de oxigênio dissolvido, a média geral obtida foi igual a 3,26 mg/L, sendo a menor média obtida no efluente do P5 (1,73 mg/L), conforme ilustra a figura 17, o que pode ser resultado do excesso de matéria orgânica, que causa grande produção bacteriana e conduz ao maior consumo de oxigênio e, ou uso pelos produtores primários, uma vez que, a redução da penetração da luz diminui o processo de fotossíntese,

sendo esta hipótese confirmada pelos valores de turbidez nesse sistema de cultivo, enquanto que o maior valor médio constatado refere-se ao efluente do P7 (5,89 mg/L), possivelmente associado ao processo de aeração realizado diariamente por agitadores mecânicos (FIGURA 18).

Comparando os pontos a montante (P1 e P2) e o efluente do (P7) os resultados estatísticos mostraram que ocorrem diferenças estatisticamente significativas, porém não há evidências de alterações na qualidade da água do corpo receptor (P6).

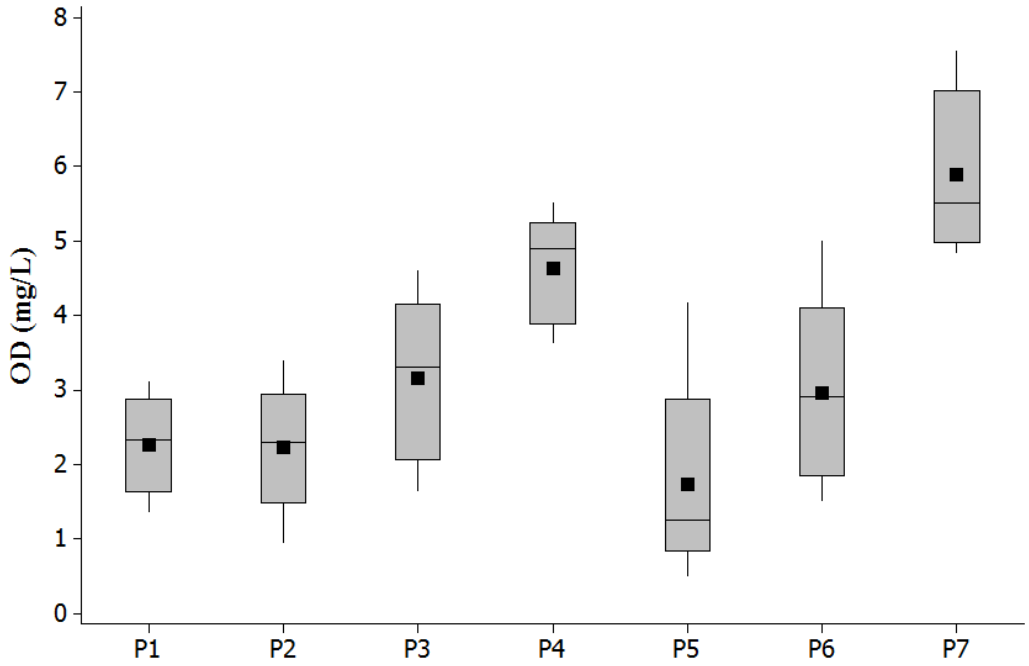


FIGURA 17 - Box-plot representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de oxigênio dissolvido (OD).

Conforme Sipaúba-Tavares et al., (1999) a criação de peixes enriquece com material orgânico e inorgânico a coluna de água, através da eliminação de fezes e excreção, alimento não ingerido, descamação, mucos, vitaminas e agentes terapêuticos. Por consequência, são frequentes os problemas em viveiros de peixes, com aumento na produção bacteriana, elevando a demanda de oxigênio dissolvido durante os processos de decomposição (TOLEDO et al., 2003).

Kubitza (1998) destaca que a aeração dos tanques e viveiros é fundamental para a manutenção de níveis adequados de oxigênio dissolvido, aumentando a sobrevivência e o desempenho produtivo dos peixes. Ainda conforme o autor, a decomposição e reciclagem do material orgânico fecal nos tanques e viveiros são feitas principalmente por ação

microbiológica, à custa de um significativo consumo de oxigênio, resultando no acúmulo paralelo de metabólitos tóxicos aos peixes, como a amônia, o nitrito e gás carbônico.

FIGURA 18 - Aerador mecânico no viveiro P7.
Fonte: Paiva, (2013).

Boyd (1982) afirma que o enriquecimento orgânico afeta diretamente as taxas de consumo de oxigênio e quando a demanda de oxigênio é maior que a disponível, o sistema pode se tornar anóxico, principalmente na interface água-sedimento, embora, muitas vezes, ocorra déficit de oxigênio dissolvido na coluna d'água, principalmente no período noturno.

Oliveira et al., (1992) correlacionam o OD com a constante adição diária de ração, que somada aos produtos de excreção dos peixes, criam um contínuo suprimento de nutrientes, aumentando os processos de fotossíntese/respiração e, consequentemente, levando a uma alta decomposição.

Para Kubtiza et al., (1998) a fotossíntese é a fonte primária de energia, gerando material orgânico que serve como alimento básico da cadeia alimentar nos ecossistemas aquaculturais. Através dela, o fitoplâncton produz de 50 a 95% do oxigênio nos sistemas aquaculturais, no entanto, o plâncton chega a consumir cerca de 50 a 80% do oxigênio dissolvido em processos respiratórios.

Sendo assim, o equilíbrio entre fotossíntese e respiração é pré-requisito para a manutenção de uma constante composição química da água. Pois, quando a fotossíntese

supera a respiração por períodos prolongados pode ocorrer uma sobrecarga de material orgânico no sistema, e quando a respiração excede a fotossíntese, ocorre um balanço negativo nos níveis de oxigênio dissolvido no sistema.

Além disso, deve-se considerar que nos viveiros, o funcionamento, além de regulado pelas variáveis físicas, químicas e biológicas, o fluxo de entrada e saída de água, pode ser também de fundamental importância na determinação das flutuações que ocorrem nas populações planctônicas (ELER, 2000).

Baccarin (2002), avaliando o impacto ambiental da produção de tilapias-do-nilo em diferentes manejos alimentares, constataram que com o aumento da biomassa dos peixes ocorreu a redução gradativa dos teores de oxigênio dissolvido, além do aumento dos valores de turbidez e de material em suspensão no efluente, sendo que para o intervalo observado no presente estudo correspondeu a valores similares observados pelo estudo do referido autor no tratamento com ração extrusada, o qual foi de 1,33 a 5,93 mg/L.

No mais Toledo et al., (2003) avaliando o impacto ambiental causado por efluentes de viveiros da estação de piscicultura gerado em Alta Floresta no Estado de Mato Grosso também registrou teores mais baixos de oxigênio dissolvido nos efluentes dos viveiros V1-2 (2,87±0,62 mg/L), V4 (3,44±0,88 mg/L) e V5 (3,54±0,86 mg/L).

3.1.7 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO é a medida da quantidade de oxigênio consumido no processo biológico de oxidação da matéria orgânica na água. Grandes quantidades de matéria orgânica utilizam grandes quantidades de oxigênio. Portanto, quanto maior o grau de poluição, maior será a DBO (SILVA, 2007). Ressalta-se que o valor máximo de DBO permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 para os corpos hídricos de classe 2 é de 5 mg/L.

No período seco, a DBO teve mínimo de 1,2 mg/L no P2 (afluente do lado direito do sistema) e máximo de 14,4 mg/L no P5 (efluente). No Período de transição entre a estação seca e chuvosa teve mínimo de 3 mg/L no P1 (afluente do lado esquerdo do sistema) e 12 mg/L no P4 (corpo receptor). Na estação chuvosa, os valores variaram entre de 1 mg/L no P7 (efluente) e 7,5 mg/L nos pontos P2 e P4 (FIGURA 19).

No período seco, os valores obtidos foram superiores aos de transição e chuva. Conforme Sipaúba-Tavares et al., (2003), o período seco apresenta baixa circulação de água e maior tempo de residência da água, neste caso, a matéria orgânica e inorgânica tendem a

permanecer mais tempo no sistema existindo maior interação entre os fatores bióticos e abióticos.

Lachi (2005) destaca que os fatores climáticos também atuam de forma significativa na dinâmica dos viveiros de piscicultura. Ainda afirma que no período seco, de engorda de peixes, a adição de ração é mais intensa e os fatores climáticos como temperatura e precipitação têm forte efeito na dinâmica destes sistemas.

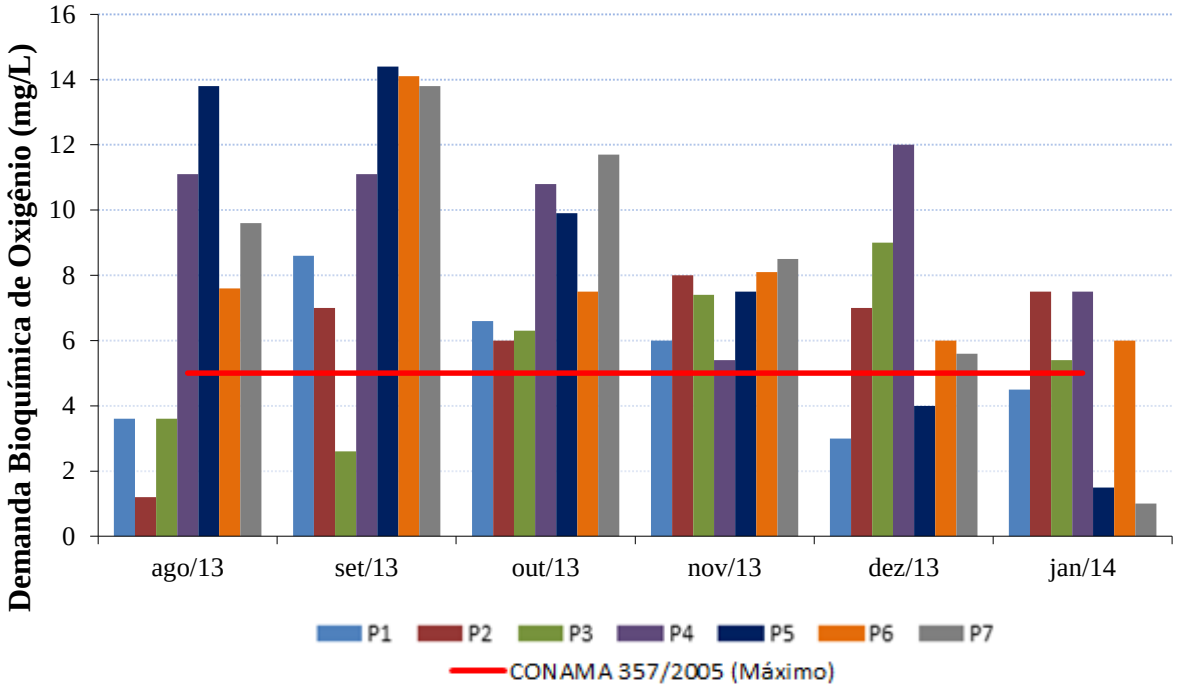


FIGURA 19 - Valores de demanda bioquímica de oxigênio nos pontos afluente ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7); durante o período de agosto de 2013 a janeiro de 2014.

Mercante et al., (2011) também encontraram maiores valores de DBO nos efluentes de pesqueiros situados na sub-bacia do Guarapiranga na estação seca, com média de 2,47 mg/L , mínimo de 1,99 e máximo de 2,94 mg/L, enquanto que para o período chuvoso foram obtidos valores médios de 1,93 mg/L, mínimo de 1,77 e máximo de 2,08 mg/L.

A média da DBO foi de 7,42 mg/l, sendo o menor valor médio obtido na represa P3 (5,71 mg/l), provavelmente em função da baixa densidade de estocagem de peixes e grande volume de água, enquanto que a maior média foi verificada no P4 (9,65 mg/L) provavelmente decorrente da baixa vazão do corpo hídrico (FIGURA 20).

Verifica-se que a água de abastecimento colaborou com uma quantidade considerável de matéria orgânica para os viveiros, o que pode ter contribuído com o aumento de DBO no corpo receptor à jusante do lançamento de efluentes (P6), onde foi observado o

valor médio de 8,21 mg/L, estando todos os valores acima de 5 mg/L, limite permitido pela Resolução CONAMA 357/2005. Além disso, houve evidências que a atividade produziu influência na elevação da variável, no entanto, o teste estatístico não revelou diferenças significativas entre os pontos.

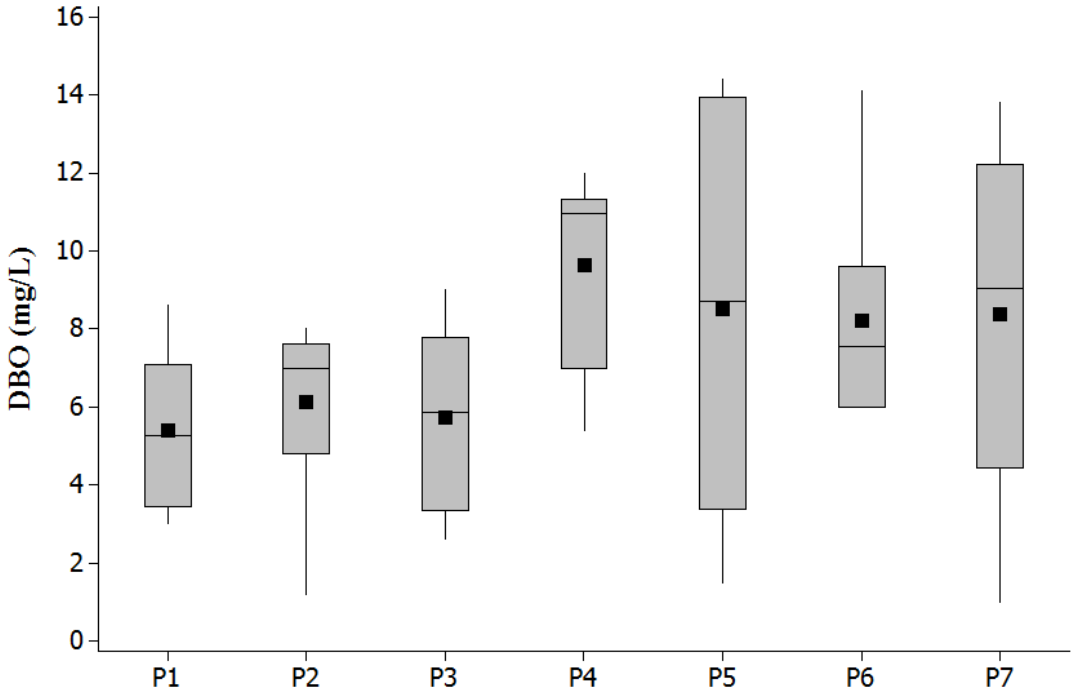


FIGURA 20 - Box-plot representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

Conforme Kubitza (2003), a água de abastecimento dos sistemas de piscicultura possuem características próprias e podem variar por diversos fatores, principalmente nos períodos chuvosos, onde a erosão dos solos deixa a água dos rios com maior quantidade de material em suspensão acelerando o assoreamento dos viveiros.

Como discutem Rotta e Queiroz (2003), a quantidade de matéria orgânica existente nos viveiros utilizados para a produção de peixes é proporcional ao aumento das taxas de alimentação. Além disso, o acúmulo de matéria orgânica decorrente da ração não consumida e dos metabólitos produzidos pelos peixes nesses ambientes pode provocar uma série de alterações na qualidade da água, no equilíbrio ecológico dos reservatórios e também na área de influência do cultivo, pois influi diretamente na densidade de fitoplâncton e na turbidez da água (FIGURA 21).

FIGURA 21 - Sobra de alimento observado no ponto de descarga no P5 (efluente).
Fonte: Paiva, (2013).

Silva (2007) salienta que o material orgânico deve-se as sobras de alimentação (ração), que são ricas em proteínas e que oferecem nutrientes para o crescimento e desenvolvimento das algas no processo da fotossíntese. Além disso, esse excesso de matéria orgânica nos viveiros de criação de peixes proporciona condições favoráveis para o desenvolvimento de microorganismos, principalmente bactérias (PILLAY, 2004).

Estudo realizado por silva (2007), em que foi realizada a caracterização de impactos gerados pela piscicultura na qualidade da água na bacia do rio Cuiabá/MT, também registrou valores mais baixos de DBO na água de abastecimento (1,4 mg/l) e elevação de DBO no efluente do viveiro (2,6 mg/l), no entanto, não se constatou alteração significativa à jusante do ponto de lançamento (1,7 mg/l). Segundo o autor, a vazão do corpo receptor aliada à característica do relevo contribuíram ao rio boa aeração, fazendo com que o despejo fosse depurado.

3.1.8 Fósforo Total

O fósforo como nutriente faz parte de alguns processos metabólicos importantes, tais como fotossíntese, respiração e síntese proteica; sendo, portanto, um elemento fundamental na cadeia alimentar dos ecossistemas aquáticos (SILVA, 2007).

Os valores obtidos para este parâmetro em praticamente quase todos os pontos analisados e em todos os períodos estiveram acima de 0,1 mg/L, valor máximo que estabelece a Resolução 357/05. Conforme exposto pela figura 22, no período seco, o fósforo total teve mínimo de 0,12 mg/L no P6 (corpo receptor) e máximo de 0,73 mg/L no P2 (afluente do lado direito do sistema). No período de transição entre a estação seca e chuvosa os valores de fósforo total estiveram entre 0,19 mg/L no P6 e 33,16 mg/L no P4 (corpo receptor). Os valores mínimo e máximo para o período chuvoso foram 0,35 no P4 e 0,57 mg/L no P7 (efluente).

Os maiores teores de fósforo total foram obtidos no período de transição seca-chuva. De acordo com Boyd e Gautier (2000), o aumento do fluxo de água acelera a liberação de fósforo do sedimento, resultando em maior disponibilização do nutriente para a coluna d'água. Além disso, os elevados valores encontrados para a água de abastecimento podem ser atribuídos à exploração da microbacia por parte da população, através de despejo de esgotos (PIVETTA, 2011).

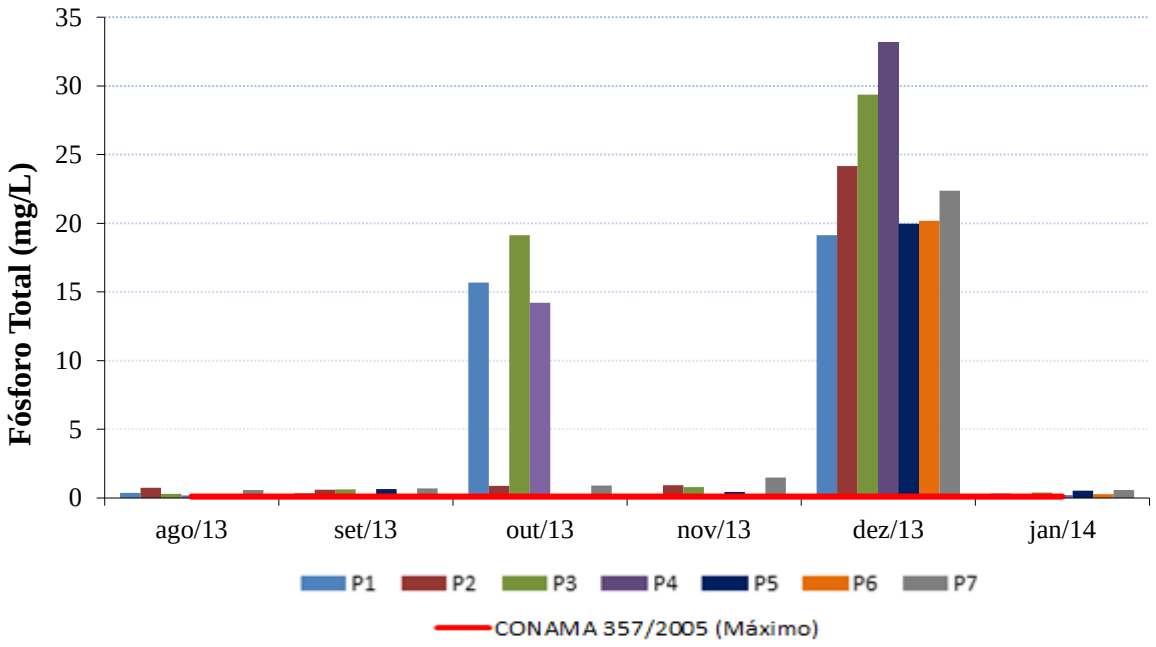


FIGURA 22 - Valores do fósforo total nos pontos afluente ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7); durante o período de agosto de 2013 a janeiro de 2014.

Mercante et al., (2011) encontraram altos valores de fósforo total nos efluentes de pesqueiros situados na sub-bacia do Guarapiranga na estação seca, com média de 124,00 mg/l, mínimo de 64,00 mg/l e máximo de 184,00 mg/l, enquanto que para o período chuvoso foram obtidos valores médios de 69,78 mg/l, mínimo de 54,08 mg/l e máximo de 87,32 mg/l.

O fósforo total apresentou média geral de 5,53 mg/l, sendo a menor média constatada no corpo receptor à jusante do lançamento de efluentes P6 (3,54 mg/l), enquanto que a maior média foi verificada na represa P3 (8,43 mg/L). A elevação da variável no viveiro provavelmente ocorreu em razão da ração, das fezes e da contribuição do efluente do viveiro (P7), (FIGURA 23).

Vale salientar que os valores a montante (P1 e P2) e a jusante (P6) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Portanto, Silva (2007) ressalta que mesmo não ocorrendo diferenças significativas nos pontos de montante e jusante, deve-se ter o cuidado no manejo do sistema, pois o fósforo é o principal elemento para se medir a capacidade suporte do corpo d'água, de eutrofização, de produtividade e danos ambientais.

Para Silva (2007) a elevação da concentração da variável nos viveiros pode estar relacionada principalmente com a ração não consumida, fezes e várias frações excretadas pelas brânquias e urina, fertilização química ou orgânica, enquanto que o menor valor no corpo receptor é explicado por Chernicharo (2001), o qual afirma que conforme a água flui pelo substrato, a vegetação age como uma barreira, diminuindo a velocidade em direção ao corpo receptor, fazendo com que os sedimentos e poluentes precipitem e, em seguida, capturados pela vegetação sejam metabolizados.

Esperavam-se maiores registros de fósforo total nos efluentes dos viveiros. No entanto, não foi observado tal comportamento, pois de acordo com Bastos (2003) à medida que a matéria orgânica é decomposta nos viveiros, o fósforo é liberado na forma mineral e assimilado por microrganismos, contribuindo assim, para as menores concentrações.

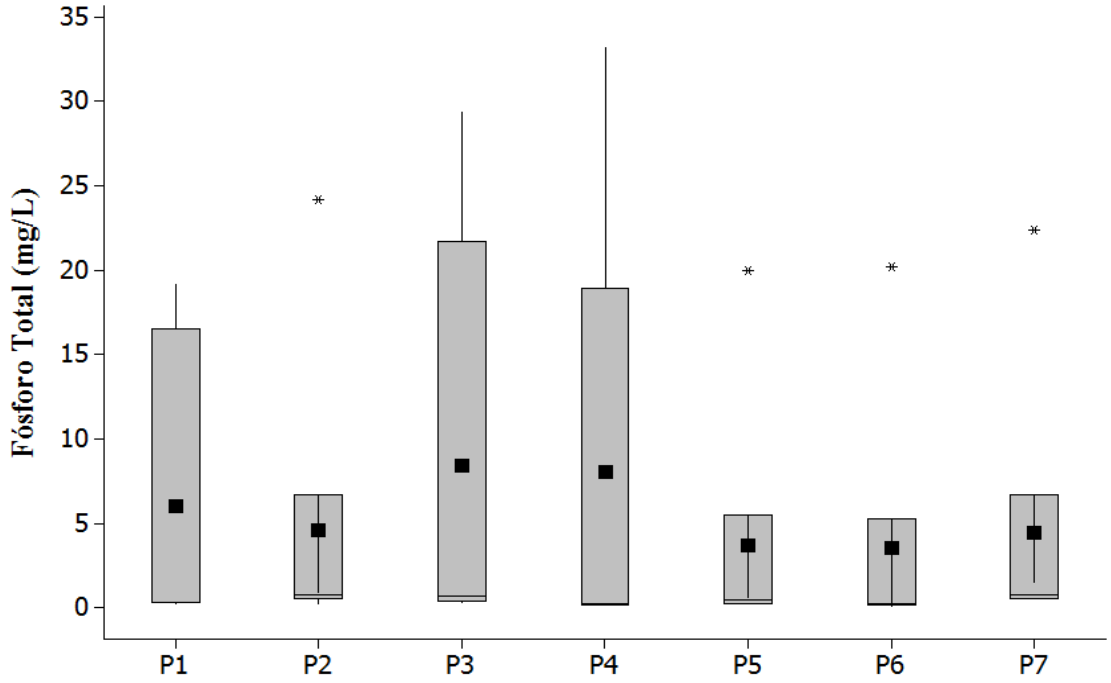


FIGURA 23 - Box-plot representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de fósforo total.

Queiroz e Silva (2006) apontam ainda, que a adição de nutrientes e especialmente de fósforo aos viveiros de piscicultura são responsáveis pelos *blooms* (crescimento repentino e excessivo) de fitoplâncton e pode ser associada com problemas de qualidade de água, pois o aumento da produção orgânica no sistema resulta em aumento do consumo de oxigênio (ELER e MILLANI, 2007).

Osti (2009) afirma que o enriquecimento artificial, principalmente com nitrogênio e fósforo, promove o crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas (FIGURA 24), muitas vezes ocasionando mortandade de peixes, devido ao déficit de oxigênio dissolvido na água. No entanto, autores como Sipaúba- Tavares et al., (2003) afirmam que as plantas aquáticas causam impacto positivo, devido a capacidade de redução do fósforo total e nitrato na coluna d' água.

Matsuzaki et al., (2004) ao analisar a comunidade fitoplanctônica de um pesqueiro na cidade de São Paulo observou a presença de algumas espécies tóxicas (*Microcystis paniformis*, *Cylindrospermopsis raciborskii* e espécies de *Anabaena*), evidenciando a necessidade de um monitoramento contínuo nesses ambientes e devendo ser evitados alterações físicas e químicas da água que proporcionem condições para o crescimento excessivo dessas espécies de cianofíceas.

FIGURA 24 - Presença de macrófitas aquáticas na represa (P3).
Fonte: Paiva, (2013).

Carvalho (2006) destaca que a concentração de fósforo total nos sistemas piscícolas sofre variações em função de fatores como teor de fósforo na ração, da taxa de conversão alimentar dos peixes e do percentual de assimilação do nutriente pela espécie cultivada e pelo ambiente e além disso, a renovação da água a partir da entrada e saída contínua (sistema contínuo), torna-se responsável pela remoção do excesso de fósforo no meio (KUBTIZA 1998; BOYD e HULCHER, 2002).

Rotta e Queiroz (2003) descrevem que a adoção de taxas de alimentação elevadas, associadas a uma ração de baixa qualidade, e baixa conversão alimentar causam um grande acúmulo de ração no fundo, a qual irá atuar como uma fonte potencial de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, dando origem a eutrofização evidenciada pelo crescimento excessivo de fitoplâncton.

Mercante et al., (2004) em uma análise da qualidade da água de viveiros de pesque-pague, na região metropolitana de São Paulo, verificaram que as concentrações de fósforo total encontravam-se dez vezes acima dos níveis recomendados pela Resolução.

Baccarin e Camargo (2005), ao avaliar diferentes tipos de manejo alimentar e a sua relação com a qualidade da água no efluente do viveiro de tilápias, constataram uma

correlação positiva entre o crescimento e a biomassa do peixe e o incremento da concentração de nitrogênio total e fósforo total na água.

Osti (2009) estudando os efeitos do manejo sobre a qualidade da água e a geração de efluentes em um viveiro de engorda de tilápias verificou que houve uma diferença de até 15 vezes entre as concentrações de fósforo total da água de abastecimento e do efluente, ao longo do cultivo variando de 106,28 mg/L a 381,96 mg/L. Conforme o autor, estes resultados estão relacionados ao manejo empregado, onde o aporte de matéria orgânica advindo do alimento não consumido foi a principal via de incremento de fósforo.

3.1.9 Nitrogênio Amoniacal

O nitrogênio é considerado um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, em razão de sua participação na formação de proteínas, podendo atuar como fator limitante da produção primária desses ecossistemas e, em determinadas condições, tornar-se tóxico para os organismos aquáticos (PEREIRA e MERCADANTE, 2005).

Silva (2007) salienta que baixos teores de pH nesses ambientes favorece a elevação das concentrações de nutrientes, entre eles o nitrogênio amoniacal, e a presença desse nutriente na água pode indicar matéria orgânica em decomposição e que o ambiente está pobre em oxigênio. Sendo assim, as análises dessas variáveis são importantes para avaliar o grau de eutrofização dos viveiros e do corpo hídrico receptor.

Para a estação seca, foram encontrados valores que variaram entre 0,02 mg/L no P4 (corpo receptor) e 1,03 mg/L no P5 (efluente). No período de transição entre a estação seca e chuvosa, os valores de nitrogênio amoniacal estiveram entre 0,06 mg/L no P6 (corpo receptor) e 3,97 mg/L no P4. Este dado foi também o único responsável por transgredir a Resolução Conama 357/05, que determina que os valores de nitrogênio amoniacal sejam de 3,7mg/L para pH $\leq$ 7,5 em água doce de classe II. Na estação chuvosa, variaram entre 0,03 mg/L no P3 (água da represa) e 0,52 mg/L no P5 (efluente).

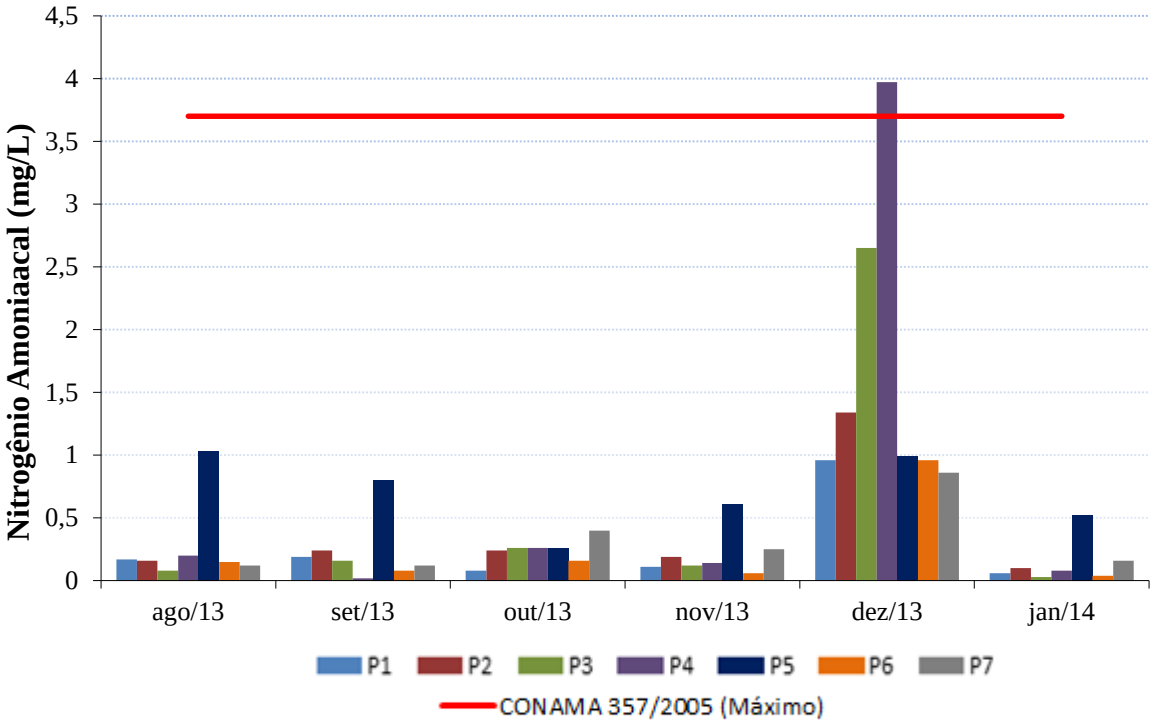


FIGURA 25 - Valores do nitrogênio amoniacal nos pontos afluente ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7); durante o período de agosto de 2013 a janeiro de 2014.

Santeiro (2005) destaca que a adição do alimento fornecido aos peixes é uma das principais formas de alteração da qualidade da água dos sistemas de criação de peixes, pois apenas parte dele é assimilado e o restante é liberado para o meio, principalmente na forma de nitrogênio. Ainda conforme o autor, o florescimento do fitoplâncton, principalmente espécies de Cyanobacteria pode liberar substâncias tóxicas e afetar diretamente ou indiretamente os consumidores primários e secundários do ambiente em que se encontra, sendo, por conseguinte nocivo à piscicultura.

Segundo Sipaúba-Tavares (1998) o acréscimo de nitrogênio no meio também pode ocorrer devido às excretas dos animais e à aplicação de fertilizantes nitrogenados amoniacais, e quando existe grande concentração de nitrogênio orgânico no substrato aquático, este é liberado para a água principalmente sob a forma de amônia, muito tóxica para os organismos aquáticos.

A média geral do nitrogênio amoniacal foi de 0,46 mg/L, sendo os menores valores médios observados nos pontos P1 (à montante) e P6 (à jusante) (0,26 mg/L e 0,24 mg/L, respectivamente), enquanto que a maior concentração média observada ocorreu no ponto P4,

(0,77 mg/L). A elevação da concentração da variável pode ter sido provocada a partir da decomposição da matéria orgânica e excreta dos peixes.

Observa-se assim que houve evidências que a atividade piscicultora em questão produziu influência na elevação do nitrogênio amoniacal, no entanto, o teste não revelou diferenças estatísticas entre os pontos a montante (P1 e P2) e a jusante dos viveiros (P6).

Contudo, o valores medidos ainda assim são preocupantes para Kubitza (1999), o qual relata que valores de amônia não ionizada acima de 0,20 mg/L já são suficientes para induzir toxicidade crônica e levar à diminuição do crescimento e da tolerância dos peixes a doenças, já níveis de amônia entre 0,70 e 2,40 mg/L podem ser letais para os peixes, quando expostos por curto período, enquanto exposição contínua ou frequente a concentrações de amônia tóxica acima de 0,02 mg/L pode causar intensa irritação e inflamação nas brânquias.

Paggi (2006) afirma que a elevação da concentração da variável pode estar relacionada ao aumento do arraçoamento, resultando na maior disponibilização deste nutriente originado das excretas e trocas gasosas.

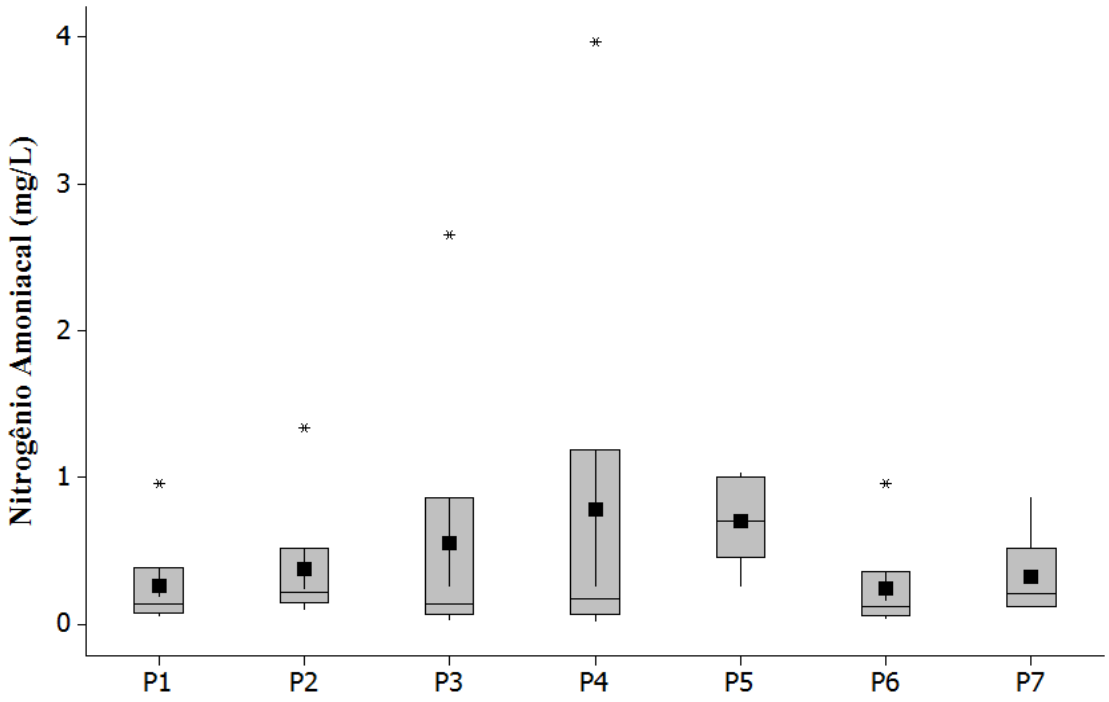


FIGURA 26 - Box-plot representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de nitrogênio amoniacal. Obs: pontos representados com * são outliers.

Esperava-se que o nitrogênio amoniacal atingisse maiores valores nos efluentes dos viveiros. No entanto, esse comportamento não foi observado, pois de acordo com Sipaúba-Tavares et al., (2008) o sistema de fluxo contínuo reduz os teores das formas nitrogenadas da

água, por diluição e carreamento e este processo causa ligeira agitação na coluna da água, favorecendo o processo de nitrificação, diminuindo assim, a concentração de nitrito e aumentando a de amônia e nitrato, que é assimilado por macrófitas e algas presentes nos viveiros.

Osti (2009) obteve concentrações de nitrogênio total significativamente baixas no viveiro no início do experimento (54,22 mg/L), atingindo o valor máximo 119 dias após o inicio do cultivo, sendo esse 46 vezes maior (2.539,07 mg/L) que o inicial. Dentro da sua pesquisa, os maiores valores médios da concentração de nitrogênio total foram observados no viveiro, com (1.032,71 mg/L), e no efluente, com (1.067,80 mg/L).

Ao analisar a qualidade do efluente produzido por uma estação de piscicultura contendo cerca de 150 tanques, Zaniboni Filho et al., (1997) constataram alteração na qualidade da água, pois, verificou-se aumento na concentração de nitrogênio amoniacal de 12,8 mg/L para 86,3 mg/L ao longo dos 27 meses.

3.2 VARIÁVEIS MICROBIOLÓGICAS

3.2.1 Coliformes Termotolerantes/ Fecais

O número de coliformes termotolerantes em um manancial é um ótimo indicador de contaminação recente, oriunda principalmente de despejo de esgoto doméstico, além da presença de animais próximos às margens do manancial, demonstrando condições higiênico-sanitárias insatisfatórias, sendo um risco para a saúde pública (RODRIGUES et al., 2009).

No entanto, Lorenzon (2009) revela que essas espécies bacterianas não são habitantes normais da microbiota intestinal dos peixes, esse fato indica que sua presença em ambientes piscicultores pode revelar condições sanitárias não adequadas.

A Resolução CONAMA 357/2005, estabelece que, para corpos d'água de classe 2 não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 ml em 80% ou mais de pelo menos seis amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

No período seco, os coliformes tiveram o menor valor registrado 29 coliformes/ 100 mL no P7 (efluente) e o maior valor 5700 coliformes/ 100 mL foi obtido no P5 (efluente). No período de transição entre a estação seca e chuvosa os valores de coliformes estiveram entre 10 coliformes/ 100 mL no P7 e 7800 coliformes/ 100 mL no P7. Na estação chuvosa, os

valores variaram entre 750 coliformes/ 100 mL no P3 e 2700 coliformes/ 100 mL nos pontos P1, P2, P5 e P6.

Os maiores valores observados correspondem ao período chuvoso. Conforme Ayroza (2012) o aumento do número de coliformes termotolerantes observado no período chuvoso é esperado, devido a entrada de resíduos do entorno e de tributários ocasionada pelas chuvas e pela intensificação das atividades metabólicas dos microorganismos com a elevação da temperatura.

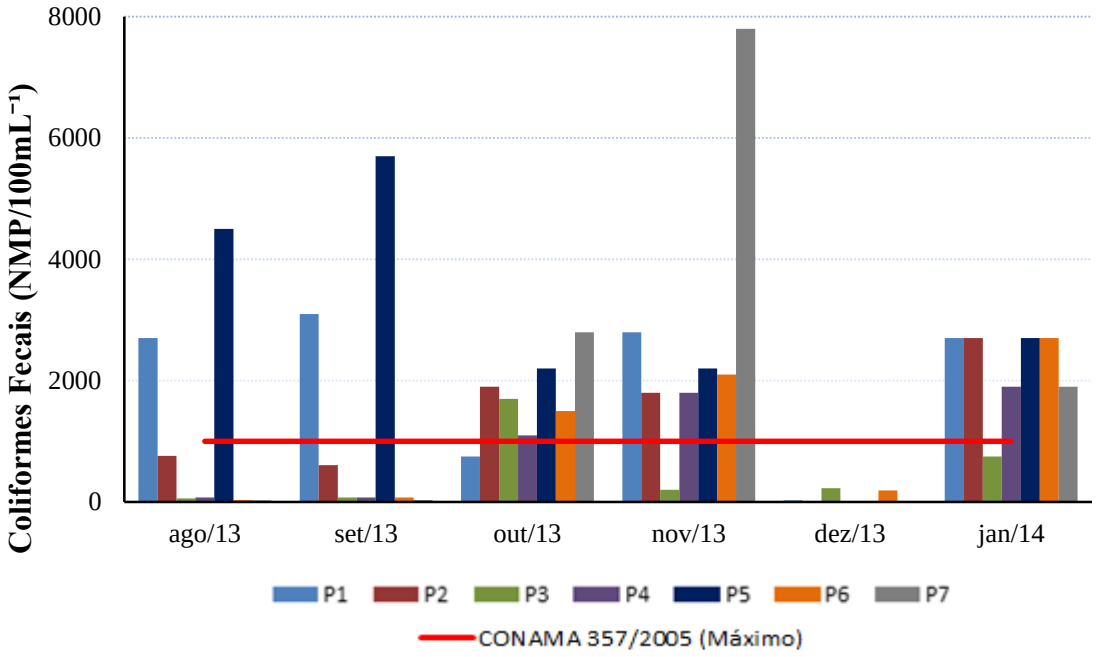


FIGURA 27 - Valores de coliformes fecais nos pontos afluente ao sistema (P1) e (P2); represa (P3); no corpo receptor (P4) e (P6) e nos efluentes (P5) e (P7); durante o período de agosto de 2013 a janeiro de 2014.

Pianetti et al., (2004) afirma existir correlação entre o elevado número de coliformes fecais nos meses mais chuvosos com o aporte de matéria orgânica alóctone e a ressuspensão de sedimentos do tanque carregados de coliformes fecais.

Morita (2005) em estudo realizado em 30 pesque-pagues localizado na região metropolitana de São Paulo detectou *E. coli* em cerca de 23% dos pesqueiros na época de seca e 7% na época chuvosa.

A média geral dos coliformes fecais foi de 1531,54/100 mL, sendo que os menores valores médios foram observados na represa (P3) (503/100mL), que pode ser reflexo da diluição, enquanto que as maiores densidades de coliformes fecais obtidas foram no P5 e P7 (efluente) (2.886/100 ml e 2.095/100 ml, respectivamente), que pode ser associado às

excreções intestinais de animais de sangue quente existentes na propriedade, como cabras, cães, gansos, garças e outras aves encontradas ao redor dos viveiros estudados (FIGURA 29).

Nota-se que a água de abastecimento contribuiu com uma quantidade considerável de coliformes fecais para os viveiros, o que pode ter influenciado diretamente na qualidade do corpo receptor (P6) onde foi observada média de 1.100/100 ml estando acima do limite recomendado pela Resolução 357/05. Além disso, houve evidências que a atividade piscicultora em estudo produziu influência na elevação da variável, no entanto, o teste não revelou diferenças estatisticamente significativas entre os pontos a montante (P1 e P2) e a jusante dos viveiros (P6).

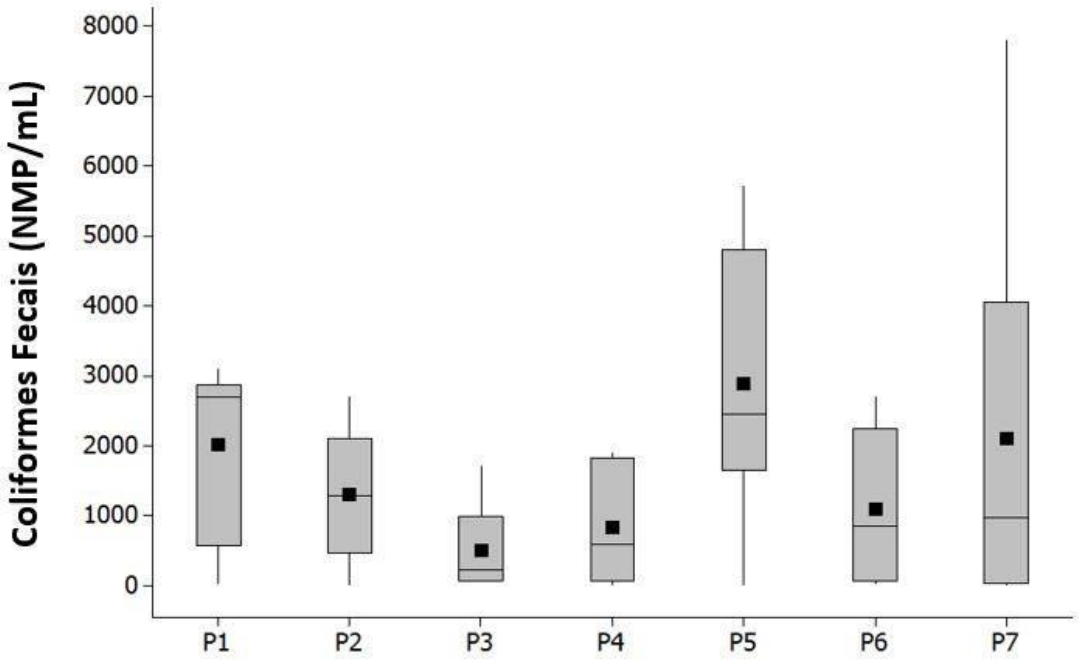


FIGURA 28 - Box-plot representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de coliformes Fecais.

Lima (2001) avaliando a evolução da concentração de coliformes fecais entre os anos de 1987 e 2000 no rio Cuiabá, diagnosticou uma curva crescente no aumento de coliformes fecais para o trecho urbano, indicando um processo de poluição, podendo ocasionar sérias implicações na saúde pública.

Boyd & Tanner (1998) ao analisar coliformes fecais em viveiros de catfish, observaram que naqueles sistemas de criação de peixes não existiam fontes de coliformes fecais humanos, sendo os coliformes provenientes de outros animais de sangue quente existentes, como cachorros, gatos e pássaros.

Al-Harbi (2003) observou que *Escherichia coli* presente nas fezes de pombos podem ser responsáveis pela contaminação da água, do sedimento e do sistema digestivo de tilápias em viveiros.

Macedo (2004) verificou maiores densidades de coliformes fecais em um ambiente aquático que recebia fluxo intenso de efluentes de aquicultura, e em virtude dos resultados obtidos sugeriu a necessidade do tratamento da água de origem e do efluente do sistema antes do lançamento no córrego receptor.

FIGURA 29 - Gansos ao redor dos viveiros.
Fonte: Paiva, (2013).

Assim, os resultados encontrados nesse estudo são um fato altamente preocupante para a saúde dos consumidores dos viveiros analisados, visto que a determinação da concentração dos coliformes é indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera (SILVEIRA et al., 2004).

3.3 GESTÃO SUSTENTÁVEL DO SISTEMA DE PISCICULTURA

Conforme observado neste estudo, o empreendimento não possui tratamento de efluentes, demandando a necessidade de se implantar mecanismos voltados para a adequação do sistema e que garantam o atendimento aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental vigente.

A inadequação do sistema reflete a realidade de outros sistemas, visto que, estudo realizado por Amaral e Fialho (2006) com objetivo de verificar se o Plano de Controle Ambiental (PCA) estava sendo seguido pelos piscicultores de Goiânia, constatou que 83% dos empreendimentos não fazem nenhum tipo de tratamento de efluente. Notou-se ainda não existir preocupação por parte dos piscicultores acerca da qualidade da água devolvida aos córregos e rios.

Filho (1997) afirma ser necessário minimizar o impacto causado pelos efluentes da atividade através de métodos de tratamentos. Ainda segundo o autor, existem várias alternativas para o tratamento do efluente da piscicultura, tais como: uso de lagoas aeradas, tratamento através de canteiros com macrófitas aquáticas, uso de lagoas de evaporação, uso da água para atividade agrícola e recirculação da água dentro do próprio sistema.

‘‘No contexto internacional, vários países têm se preocupado com o efluente dos sistemas de produção de organismos aquáticos, como por exemplo, os Estados Unidos, que a partir da intensificação do sistema, cada Estado definiu padrões de qualidade de água e sua destinação. No Reino Unido, a Agência Ambiental definiu que o uso de qualquer corpo de água deve objetivar o princípio de sustentabilidade. Já na Austrália, os novos empreendimentos aquícolas deverão destinar 30% de sua área para lagoas de tratamento de efluente’’ (O’BRYEN e LEE, 2003 apud PAGGI, 2006).

Rotta (2003) define a piscicultura como uma atividade cuja técnica é de difícil assimilação por parte do produtor rural. Ainda conforme o autor, em estudo para conhecer o perfil do produtor no Estado de Mato Grosso do Sul, foi constatado que 21% dos produtores pesquisados recebem de forma temporária assistência técnica, e, em geral, apresentam formação bastante precária, tanto no que se refere ao manejo e sistemas de produção, quanto nos aspectos ictiosanitários e de saúde pública.

Nesse sentido, Amaral et al., (2003) destaca que o desenvolvimento de um trabalho de educação sanitária para os produtores rurais, com adoção de medidas preventivas visando à preservação das fontes de água e o tratamento das águas já comprometidas aliadas às técnicas

de tratamento de dejetos, são ferramentas necessárias para diminuir ao máximo o risco de ocorrência de enfermidades de veiculação hídrica (AMARAL et al., 2003).

Pinto e Mercante (2003) afirmam que a compreensão da relação entre as interações dos fatores físicos, químicos e biológicos, juntamente com a aplicação das boas práticas de manejo, torna-se uma ferramenta acessível direcionada a sustentabilidade, podendo contribuir na elevação da produtividade.

Nesse sentido, foram observados às seguintes práticas visando a sustentabilidade por parte do piscicultor:

- ✓ O monitoramento contínuo da qualidade da água dos viveiros;
- ✓ Preocupação com a preservação das matas ciliares visando à proteção das fontes de água;
- ✓ Reutilização da água do viveiro P5 para renovação de outro sistema;
- ✓ Liberação dos efluentes do sistema no córrego de água corrente;
- ✓ Isolamento com cerca de algumas partes do sistema evitando a entrada de animais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos foi possível concluir que as alterações das variáveis limnológicas estiveram intimamente relacionadas com os fatores climáticos e o manejo empregado no sistema. Durante a estação seca, a menor pluviosidade contribuiu para menor profundidade dos corpos d'água, maior ação dos ventos e tempo de residência da matéria orgânica nos corpos d'água, propiciando maiores valores de condutividade elétrica, acréscimo de sólidos dissolvidos totais e aumento de DBO, enquanto que, em virtude do acréscimo de materiais advindos da bacia de drenagem durante o período de transição e chuva, os valores de temperatura, turbidez, nitrogênio amoniacal, fósforo total, pH e coliformes fecais foram mais elevados.

As águas de abastecimento (P1 e P2) contribuíram com valores consideráveis de matéria orgânica, coliformes fecais e fósforo total para os viveiros, o que pode ser atribuído à exploração da microbacia por parte da população. Além disso, o manejo alimentar, a criação de animais próximo aos viveiros e a tecnologia empregada provocaram elevação significativa das variáveis temperatura, turbidez e OD, interferindo diretamente na qualidade da água dos efluentes dos pontos P5 e P7, no entanto, não teve influência diretamente no corpo receptor a jusante do lançamento de efluente (P6), pelo fato da água percorrer um trecho coberto de vegetação que pode ter colaborado para a precipitação dos sedimentos e dissipação de energia térmica.

Mesmo não ocorrendo diferenças estatisticamente significativas entre os pontos de montante e jusante para todas as variáveis, o panorama encontrado aponta que o lançamento dos efluentes dos viveiros de peixes diretamente no corpo d'água receptor pode conduzir a alterações na dinâmica do ambiente como eutrofização, assoreamento e ameaça aos usos da água como abastecimento humano, uma vez que, a demanda bioquímica de oxigênio, os coliformes fecais, o fósforo total e o oxigênio dissolvido encontraram-se em desacordo com a legislação ambiental, influenciando diretamente na sua qualidade.

Diante disso, para o presente estudo recomenda-se que haja:

- ✓ O monitoramento contínuo da qualidade dos efluentes do sistema;
- ✓ O emprego de aerador no viveiro correspondente ao P5, com a finalidade de promover maior oxigenação do viveiro;
- ✓ O emprego de boas práticas de manejo como o uso de alimento de forma controlada para impedir sobras;
- ✓ Evitar a presença de animais próximos aos viveiros, devido aos aspectos sanitários não adequados para produção de peixes;
- ✓ A realização de estudos para a escolha do melhor método de tratamento de efluentes para o local, a fim de adequar aos padrões de lançamento para águas destinadas à piscicultura.

REFERÊNCIAS

AL-HARBI, A. H. Faecal coliforms in pond water, sediments and hybrid tilapia Oreochromis niloticus x Oreochromis aureus in Saudi Arabia. **Aquaculture Research**, v. 34, n 7, p. 517-524, 2003.

AMARAL, L. A. do; FILHO, A. N; JUNIOR, O. D. R.; FERREIRA, F. L. A; BARROS, L. S. S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista Saúde Pública**, v.37, n. 4, p.510-514, 2003.

APPOLO, C. B.; NISHIJIMA T. Educação ambiental voltada à piscicultura praticada por pequenos produtores rurais. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 214 - 224, 2011.

AVAULT, J. W. J. More on fertilization of pond waters. **Aquaculture Magazine**, p. 54-57, 2003.

AYROZA, D. M. M. R. **Características limnológicas em áreas sob influência de piscicultura em tanques-rede no reservatório da UHE Chavantes, rio Paranapanema, SE/S, Brasil**. Jaboticabal: UNESP, 2012. Tese (Doutorado), Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, 2012.

BACCARIN, A.E. **Impacto ambiental e parâmetros zootécnicos da produção de tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus) sob diferentes manejos alimentares**. Jaboticabal: UNESP, 2002. Tese (Doutorado em Aquicultura, área de concentração em Aquicultura em Águas Continentais), Centro de Aquicultura. Universidade Estadual Paulista, 2002.

BACCARIN, A. E.; CAMARGO, A. F. M. Characterization and evaluation of the feed management on the effluens of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.48, n.1, p.81-90, 2005.

BARBOSA, L. P.J. L; BARBOSA, F. H.F; FAUSTINO, S. M. M. Algas em tanques de piscicultura: uma análise crítica. **Arquivo Brasileiro de Microbiologia básica e aplicada**, v. 1, n 1, p. 51-74, 2013.

BARBIERI, R. C. J; OSTRENSKY, A. N. **Camarões marinhos– reprodução, maturação e larvicultura**. Viçosa: Ed. Aprenda Fácil, 255p. 2002.

BRASIL. Lei Federal n. 9433/97. Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 1997.

BRASIL, Ministério da Pesca e Aquicultura. Brasília, fevereiro de 2012. **Participação da aquicultura no setor pesqueiro nacional.** Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/>. Acesso em: 03 out. 2013.

BRASIL, Ministério da Pesca e Aquicultura. Brasília, julho de 2013. **Amazônia discute logística para abastecer de pescado o Brasil.** Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/>. Acesso em: 03 out. 2013.

BRASIL, Ministério da Pesca e Aquicultura. Brasília, maio de 2013. **Piscicultura em Rondônia vive "boom" de produção.** Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/>. Acesso em: 03 out. 2013.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2010.** Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/index.php/topicos/300-boletim-estatistico-da-pesca-eaquicultura- 2010> Acesso em: 24 jan. 2014.

BRASIL, Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011.** Disponível em: < http://www.mpa.gov.br/index.php/imprensa/noticias/2140-mpa-lanca-boletim-estatistico-da-pesca-e-aquicultura-2011> Acesso em: 5 jun. 2014.

BRASIL. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006 c. 212 p. – (Série B. Textos Básicos de Saúde).

BRASIL. Lei n° 9433, de 17 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, Senado, 1998.

BRASIL. Lei n° 11. 959, de junho de 2009. Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras, revoga a Lei no 7.679, de 23 de novembro de 1988, e dispositivos do Decreto-Lei no 221, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências.

BOYD, C. E.O. Water quality in Warmwater fish Culture. **Auburn University**, 359p, 1982.

BOYD, C.E. **Manejo de viveiros: Qualidade da água e condições do solo**. Panorama da Aquicultura, 3120 p, 1993.

BOYD, C.E; GUARTIER, D. Effluent composition & water quality standards: Implementing GAA'S Responsible Aquaculture Program. **Advocate**, v. 35, p. 61-66, 2000.

BOTTINO, F. **Diversidade, biomassa e decomposição de macrófitas aquáticas no reservatório Itupararanga, SP**. São Carlos: USP, 2011. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento), Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011.

BUREAU, D.P. Factors affecting metabolic waste outputs in fish. **Avances em Nutrición Acuícola**. In: Simposium Internacional de Nutricion Acuicola, p. 2-17, 2004.

CALIJURI, M.C.; ALVES, M.S.A.; DOS SANTOS, A.C.A. **Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais**. CNPq, 2006.

CAMARGO, S. G. O.; POUEY, J. O. F. Aquicultura - um mercado em expansão. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 11, n. 4, p. 393-396, 2005.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Hidrologia**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2006.

CARVALHO, E. D. Avaliação dos impactos da piscicultura em tanques-rede nas represas dos grandes tributários do Alto Paraná (Tietê e Paranapanema): o pescado, a ictiofauna agregada e as condições limnológicas. Relatório FAPESP. 2006.

CASTELLANI, D.; BARRELA, W. Caracterização da piscicultura na região do vale do Ribeira – SP. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 1, p. 168-176, 2005.

CASTELLANI, D.; BARRELA, W. Impactos da atividade de piscicultura na bacia do rio ribeira de Iguape, SP – Brasil. **Boletim do Instituto da Pesca,** São Paulo, v. 32, n. 2, p. 161-171, 2006.

CETESB. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2009.

CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

CONAMA. Resolução nº 413, de 26 de junho de 2009. Dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura, e dá outras providências.

CONAMA. Resolução n° 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.

CHERNICHARO, C. A. DE L. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. 2 ed.;Belo Horizonte, MG: UFMG: Projeto PROSAB; 544 p, 2001.

CHRISTOFIDIS, D. **Considerações sobre conflitos e uso sustentável em recursos hídricos**. In: THEODORO, S.H. (org.) Conflitos e Uso sustentável dos Recursos Naturais. Rio de Janeiro: Ed. Garamond. 336p. 2002.

DECOM (Departamento de comunicação social). **Rondônia é o primeiro produtor nacional de tambaqui**. Disponível em: <http://www.decom.ro.gov.br/index.asp>. Acesso em 02 abril 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades por Unidades Federativas**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 28 jan. 2014.

ELER, M. N.; MILLANI, T. J. Métodos de estudos de sustentabilidade aplicados a aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 33-44, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A aquicultura e a atividade pesqueira**, 2007. DISPONÍVEL EM: <http://www.cnpma.embrapa.br/>. Acesso em: 11 de out 2013.

FERNANDES, D. R. A.; NEU, D. H.; MORO, E. B.; BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A. Aquicultura x Meio Ambiente. **ENDICT**, n. 3, 2011.

FINOTTI, A. R.; FINKLER, R.; SILVA, M. D.; CEMIN, G. **Monitoramento de Recursos Hídricos em Áreas urbanas**. Universidade de Caxias do Sul. Ed. Educs, 2009.

FIGUEIREDO, D. M.; BIANCHINI JR., I. Limnological patterns of the filling and stabilization phases in the Manso multiple-use reservoir (MT). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 20, n. 4, p. 277-290, 2008.

FIGUEIREDO, M. C. B; ARAÚJO, L. F.P; GOMES, R. B; ROSA, M.F. PAULINO, W. D; MORAIS, L. F.S. Impactos ambientais do lançamento de efluentes da carcinicultura em águas interiores. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.10, n. 2, p. 167-174, 2006.

AMARAL, R. B. FIALHO, A. P. Aplicação das normas do plano de controle ambiental (PCA) em pisciculturas da região metropolitana de Goiânia e suas implicações ambientais. **Ciência Animal Brasileira**, v. 7, n. 1, p. 27-36, 2006.

GOMES, J. B**. Conversão de florestas tropicais em sistemas pecuários na Amazônia: quais são as implicações no microclima da região?.** Ji-Paraná: UNIR, 2011. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, 2011.

GARUTTI, V. **Piscicultura ecológica**. São Paulo/SP: Editora UNESP, 276 p., 2003.

GUIMARÃES, S. F.; FILHO, A. S. Produtos agrícolas e florestais como alimento suplementar na dieta de tambaqui em policultivo com Jaraqui. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 293-296, 2004.

HENRY-SILVA, G.G; CAMARGO, A. F. M. Eficiência de macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes de viveiro de tilápia do Nilo. **Revista Scientia Agricola Piracicaba**, v.63, n.5, p. 433-438, 2006.

SARDINHA, D.S.; CONCEIÇÃO, F.T.; SOUZA, A. D. G.; SILVEIRA, A.; JULIO, M., GONÇALVES, J.C.S.I. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP). **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 329-338, 2008.

HELBEL, A. F. **Análise da qualidade das águas subterrâneas no perímetro urbano de Ji-Paraná / RO – Brasil.** Ji-Paraná: UNIR, 2011. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, 2011.

HUSSAR, G. J; PARADELA, A. L; JONAS, T.C, GOMES, J. P. R. Tratamento da água de escoamento de tanque de piscicultura através de leitos cultivados de vazão subsuperficial: análise da qualidade física e química. **Engenharia Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 046-059, 2005.

HUSSAR, G. J; BASTOS, M. C. Tratamento de efluentes de piscicultura com macrófitas aquáticas flutuantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 5, n 3, p. 274-285. 2008.

KUBITZA, F. Os caminhos para uma piscicultura sustentável. **Revista Panorama da Aquicultura**, v. 20, n. 119, 2010.

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes - Parte II. **Revista panorama da aquicultura**, v. 8, n. 46, p 35-41, 1998.

KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes**. Ed. 3, Jundiaí: Degaspari. 97 p., 1999.

KUBITZA, F.; ONO, E. A., CIOBA, J. Desempenho zootécnico com rações de origem vegetal. **Revista Panorama da Aquicultura**, v. 20, n. 117, 2010.

KUBTIZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí. 285p. 2000.

KUBITZA, F.; CAMPOS, J. L.; ONO, E. A.; ISTCHUK, P. I. Criação da Garoupa: Um peixe indicado para a Região Nordeste. **Revista Panorama da Aquicultura,** v. 22, n. 132, 2012.

KUBITZA, F.; Campos, J. L.; Ono, E. A.; Istchuk, P. I. Salmão do Chile: Indústria reage e deixa crise pra trás. **Revista Panorama da Aquicultura,** v. 22, n. 133, 2012.

LACHI, G. B. **Qualidade da água e identificação da comunidade fitoplanctônica de um viveiro de piscicultura utilizado para irrigação**. Jaboticabal: UNESP, 2006. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária), Universidade Estadual Paulista, 2006.

LACHI, G. B.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Qualidade da água e composição fitoplanctônica de um viveiro de piscicultura utilizado para fins de pesca esportiva e irrigação. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 29 - 38, 2008.

LEITE, N. K. **A Biogeoquímica do rio Ji-Paraná**. São Paulo: USP, 2004. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecosssistemas), Universidade de São Paulo, 2004.

LIMA, E. L. R. **Qualidade da água e dos efluentes em viveiros de reprodução de Astyanax lacustris (Reinhardt, 1874) na Estação de Piscicultura de Paulo Afonso – BA**. Recife: UFRPE, 2010. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura), Departamento de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010.

LOPES, J. C. O. **Técnico em agropecuária: piscicultura.** Floriano: EDUFPI, 80p, 2012.

LOUREIRO, B. R.; COSTA, S. M.; MACEDO, C. F.; HUSZAR, V. L. M.; BRANCO, C. W. C. Comunidades zooplanctônicas em sistemas de criação de peixes. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 37, n. 1, p. 47 – 60, 2011.

LORENZON, C. S. **Perfil microbiológico de peixes e água de cultivo em pesque-pagues situados na região nordeste do Estado de São Paulo**. Jaboticabal: UNESP, 2009. Dissertação (Mestrado em Aquicultura), Centro de Aquicultura da UNESP, Universidade Estadual Paulista, 2009.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2010.

MACEDO, C.F. **Qualidade da água em viveiros de criação de peixes com sistema de fluxo contínuo**. Jaboticabal: UEP, 2004. Tese (Doutorado em Aquicultura), Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, 2004.

MAIER, M.H. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira (47º55’ – 48º55’W; 22º30’ – 21º55’S – Brasil): Qualidade da água do rio principal. **Ciência e Cultura**, v.39, n. 2, p. 164-185, 1987.

MAINARDES-PINTO, C.S.R.; MERCANTE, C.T.J. Avaliação de variáveis limnológicas e suas relações com uma floração de Euglenaceae pigmentada em viveiro povoado com Tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus Linnaeus), São Paulo, Brasil. **Acta Scientiarum**, v. 25, n. 2, p.323-328, 2003.

MATSUZAKI, M; MUCCI, J. L. N.; ROCHA, A. A Comunidade fitoplanctônica de um pesqueiro na cidade de São Paulo. **Revista Saúde Pública**, v. 38, n. 5, p. 679-686, 2004.

MELO, A. R. NILZA A. STIPP, F. A Piscicultura em Cativeiro como Alternativa Econômica para as Áreas Rurais. **Geografia**, v. 10, n. 2, p. 175-193, 2001.

MERCANTE, C. T. J.; CABIANCA, M. A.; SILVA, D.; COSTA, S. V.; ESTEVES, K. E. Water quality in fee-fishing ponds located in the metropolitan region of São Paulo city, Brazil: an analysis of the eutrophication process. **Acta. Limnologica Brasiliensia**, v. 16, n. 01, p. 95 – 102, 2004.

MERCANTE, C. T.J., PEREIRA; J.S.; MARUYAMA, L.S.; CASTRO, P. M. G de.; MENEZES, L.C.B de.; SENDACZ, S. GENARO, A.C.D. Qualidade da água de efluentes de pesqueiros situados na bacia do Alto Tietê. **Bioikos**, v. 25, n. 1, p 41-52, 2011.

MERCANTE, C. T. J.; Martins, Y. K.; CARMO, C. F do.; OSTI, J.S MAINARDES PINTO, C. S. R.; TUCCI, A. Qualidade da água em viveiro de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas, São Paulo, Brasil. **Bioikos**, v. 21, n. 2, p 79-88, 2007.

MINUCCI, L. V.; PINESE, J. F.; ESPÍNDOLA, E. L. G. Análise limnológica de sistema semi intendivo de criação de Leporinus Macrocephalus (Pisces, Anostomidae). **Biosci. J.**, v. 21, n. 1, p. 123-131, 2005.

MORITA, M. **Avaliação da qualidade sanitária e ocorrência de *Aeromonas spp.* Em lagoas de pesque-pague da Região Metropolitana de São Paulo.** São Paulo: USP**,** 2005. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Saúde Pública, 2005.

NASCIMENTO, R. K; SOUZA V. A. S.; FELISBERTO R. A.; ANDRADE, N. L. R. Análise dos impactos das atividades antropogênicas e sua influência na qualidade da água no igarapé pintado, Ji-paraná-RO. In: Reunião Anual da SBPC, 63, 2011, Goiânia. **Anais.** Goiânia: UFG, 2011.

OLIVEIRA, C. P. de. **Águas subterrâneas: fontes legais e seguras de abastecimento.** Caderno Técnico nº 5 ABAS (Associação Brasileira de Águas Subterrâneas). 112p. São Paulo, 2012.

OLIVEIRA, D.B.S.de; SIPAÚBA-TAVARES, LH; DURIGAN, JG. Estudo limnológico em tanques de piscicultura. Parte II: Variação semanal de fatores físicos, químicos e biológicos. **Acta Limnol. Brasil**. Vol Iv. p.123- 137. 1992.

OLIVEIRA, N.G.F. **Efeito da frequência alimentar sobre o desempenho de juvenis de tambaqui, Colossoma macropomum, em sistema de tanque-rede.** Manaus: INPA/UFAM, 2003. Dissertação (mestrado), 2003.

OLIVEIRA, A. S. **Caracterização Socioambiental da Piscicultura em tanques-rede no município de Guapé, MG, BRASIL**. Alfenas: UNIFENAS, 2012. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal), Universidade José do Rosário Vellano, 2012.

ONO, E. A.; KUBITZA, F. **Cultivo de Peixes em Tanques-rede**. Ed. 3, Jundiaí. 112p, 2003.

OSTI, J. A. S. **Caracterização da qualidade da água e avaliação do manejo e suas implicações sobre o cultivo de tilápias (Oreochromis niloticus)**. São Paulo: APTA, 2009. Dissertação (mestrado em Aquicultura e Pesca), Instituto de Pesca, 2009.

OSTRENSKY, A.; BOEGER, W. **Piscicultura: fundamentos e técnicas de manejo**. Guaíba: Agropecuária, p. 211, 1998.

OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R.; SOTO, D. **Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília: Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca/FAO, 2008.

PADILHA, J. B. D. **Aspectos ecológicos da comunidade fitoplanctônica de águas do alto trecho da bacia do rio Paranã, Goiás, em períodos de chuva e seca**. Brasília: UNB, 2005. Dissertação (Mestrado), Universidade de Brasília, 2005.

PÁDUA, H.B. Impacto ambiental: um impacto na aquicultura. **Revista Brasileira de Agropecuária**, V. 1, n.12, p. 1-66, 2001.

PAGGI, L. C. **Avaliação limnológica em um sistema de piscicultura na região de Paranaíta (MT, Brasil)**. Jaboticabal: UNESP, 2006. Dissertação (Mestrado em Aquicultura), centro de aquicultura da UNESP, Universidade Estadual Paulista, 2006.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. DE F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água.** Dados eletrônicos. Colombo: Embrapa Florestas, 2011.

PEREIRA, L. P. F.; MERCANTE, C. T. J. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água, uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 31, n. 1, p. 81-88, 2005.

PAVANELLI, G. C. Sanidade de peixes, rãs, crustáceos e moluscos. In: VALENTI, W.C, Poli, C.R, PEREIRA, J.A, BORGHETTI, J.R. **Aquicultura no Brasil: Para um desenvolvimento sustentável**, CNPQ: Brasília, p. 208-209, 1998.

PESACRE. Grupo de Pesquisa e Extensão em Sistemas Agroflorestais do Acre. **Plano territorial de desenvolvimento rural sustentado**. Secretaria de Desenvolvimento Territorial - Ministério do Desenvolvimento Agrário. Território central - Estado de Rondônia, 2007.

PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FURUYA, W. M. Valor nutritivo dos alimentos utilizados na formulação de rações para peixes tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.43-51, 2009.

PIANETTI, A.; BRUSCOLINI, F.; SABATINI, L.; COLANTONI, P. Microbial characteristics of marine sediments in bathing área along Pesaro-Gabicce coast (Italy): a preliminary study. **Journal of Applied Microbiology**, v. 97, p. 682-689, 2004.

PILLAY, T.V.R. **Aquaculture and the environment**. 2th. Oxford: Blackwell Publishing, 2004. 94p.

PIVETTA, J. R. **Avaliação da qualidade do uso da água em piscicultura de água doce. Florianópolis**: UFSC, 2011. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas), Centro de ciências agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

KRUSKAL, W. H; WALLIS, W. A**. Conteúdo Estatístico**. 1997. Disponível em: < http://www.portalaction.com.br/976-4-teste-de-kruskal-wallis>. Acesso em: 30 maio 2014.

QUEIROZ, J. F.; SILVA, M. P. **Recomendações práticas para melhorar a qualidade da água e dos efluentes dos viveiros de aquicultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.

RODRIGUES, J. R. D. D.; JORGE, A. O. C.; UENO, M. Avaliação da qualidade das águas de duas áreas utilizadas para recreação do Rio Piracuama- SP. **Revista Bociências,** UNITAU, Taubaté, v. 15, n.2, 2009.

RODRIGUES, S.A.; BATISTELA, G. C. Uma revisão sobre a disponibilidade hídrica Brasileira para geração de energia elétrica. **Revista Eletrônica do Curso de Geografia**. Campus Jataí GO. UFG. n. 21, 2013.

ROTTA, M. A.; QUEIROZ, J. F. **Boas práticas de manejo (BPMs) para a produção de peixes em tanques-redes**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 27p. 2003.

ROTTA, M. A. Situação da Piscicultura sul-mato-grossense e suas perspectivas no Pantanal. **Documentos**: Corumbá: Embrapa Pantanal, 43 p. 2003.

RONDÔNIA. Secretaria de Estado da Agricultura, pecuária e Regularização Fundiária (SEAGRI). **Agricultura transforma a economia de Rondônia.** Disponível em: <http://www.seagri.ro.gov.br/>. Acesso em: 03 out. 2013.

RONDÔNIA. Lei nº 1861, de 10 de janeiro de 2008. Dispõe, define e disciplina a Piscicultura no Estado de Rondônia e dá outras providências.

SAMPAIO, L. A., TESSER, M. B.; WASIELESKY JR., W. Avanços da maricultura na primeira década do século XXI: piscicultura e carcinocultura marinha. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p.102-111, 2010.

SARDINHA, D.S.; CONCEIÇÃO, F.T.; SOUZA, A. D. G.; SILVEIRA, A.; JULIO, M., GONÇALVES, J.C.S.I. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP). **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 329-338, 2008.

SAMPAIO, F. G; LOSEKANN, M. E; LUIZ, A. J.B; NEVES, M. C; FRASCÁ-SCORVO, C. M. D; RODRIGUES, G. S. Monitoramento e gestão ambiental da piscicultura em tanques-rede em reservatórios. **Informe Agropecuário**, v. 3 4, n. 2 7 2, p. 1-1, 2013.

SANTEIRO, R. M. **Impacto ambiental da piscicultura na qualidade da água e na comunidade planctônica**. Jaboticabal: UNESP, 2005. Tese (Doutorado), Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, 2005.

SANTOS, E.S.; MOTA, S.; SANTOS, A.B.; MONTEIRO, C.A.B.; FONTENELE, R.M.M. Avaliação da sustentabilidade Ambiental do uso de esgoto doméstico tratado na piscicultura. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.16, n.1, p. 45-54, 2011.

SARDINHA, D.S.; CONCEIÇÃO, F.T.; SOUZA, A. D. G.; SILVEIRA, A.; JULIO, M., GONÇALVES, J.C.S.I. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP). **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 329-338, 2008.

SCORVO FILHO, J. D. **O agronegócio da aquicultura: perspectivas e tendências**. Brasília, Disponível em: <http://www.pesca.sp.gov.br/arquivos/O agroneg%C3%B3cio da aquicultura.doc>. Acesso em: 11 Jan. 2014. Texto apresentado no Zootec 2004 – Zootecnia e o Agronegócio. Brasília, 28 a 31 de maio de 2004.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F.W.; CHAVES, A. G.M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Ed. 2. Brasília, 2001.

SEDAM (Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental). **Boletim Climatológico de Rondônia – 2008**. Porto Velho: SEDAM, 2009.

SEDAM (Secretaria de Estado do desenvolvimento ambiental). **O peixe de Rondônia surge com a força de um novo agronegócio**. Disponível em: <http://www.sedam.ro.gov.br/index.php>. Acesso em: 01 de abril 2014.

SILVA, L. P.; ZUFFO, C. Recursos hídricos em Rondônia: conservando para o futuro. **In: II Simpósio de Recursos Hídricos do Centro Oeste Campo Grande**, Campo Grande, ABRH, 2002.

SILVA, N. A. **Caracterização de impactos gerados pela piscicultura na qualidade da água: estudo de caso na bacia do rio Cuiabá/MT**. Cuiabá: **UFMT, 2007.** Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente), Departamento de Física**,** Universidade Federal do Mato Grosso, 2007.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Limnologia Aplicada à Aquicultura. **Boletim Técnico do CAUNESP**, n. 1, 1994.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; BACHION, M. A.; ROCHA, O. Estudo do crescimento populacional de três espécies zooplanctônicas em laboratório e o uso do plâncton na alimentação de alevinos de Oreochromis niloticus (tilápia) e Astyanax scabripinis paranae (lambari). **Revista Unimar**, v. 16, n. 3, p. 189-201, 1994.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; MORAES, M.A.G. DE; BRAGA, F.M DE S. Dynamics of some limnological characteristics in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) culture tanks as function of handling. **Revista Brasileira de Biologia**, v.59, n.4, p. 543 – 551, 1999.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; BARROS, A.F.de; BRAGA, F.M. de S. Effect of floating macrophyte cover on the water quality in fishpond. **Acta Scien Anim**, v. 25, n.1, p. 101-106, 2003.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H. Aspectos limnológicos de um viveiro utilizado como abastecimento de água para sistemas de aquicultura. **Boletim Técnico do CEPTA**, Pirassununga, n. 19, p. 59-64, 2006.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; BACCARIN, A.E.; BRAGA, F.M. de S. Limnological parameters and plankton community responses in Nile tilapia ponds under chicken dung and NPK (4-14-8) fertilizers. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, v. 18, n.3, p. 335-346, 2006.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; GUARIGLIA, C. S. T.; BRAGA, F. M. S. Effects of rainfall on water quality in six sequentially disposed fishponds with continuous water flow. **Brazilian Jounal of Biology**, v. 67, n. 4, p. 643-649, 2007.

TALAMONI, J.L. **Estudo comparativo das comunidades planctônicas de lagos de diferentes graus de trofia e uma análise de microcrustáceos**. São Carlos: UFSCAR, 1995. Tese (Doutorado). Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, 1995.

TAVARES, L. H. S. Qualidade da Água em Aquicultura. **Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola**, Pasto/Colômbia: Universidade de Nariño, Departamento de Recursos Hidrobiológicos, ano I, vol. 1, 2004.

TIAGO, G. G. **Construindo a Ciência Ambiental**. São Paulo: Fapesp, 438 p., 2002.

TIAGO, G.G.; GIANESELLA, S. M.F. O uso da água pela aquicultura: Estratégias e ferramentas de implementação de gestão. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v.29, n.1, p. 1-7, 2003.

TOLEDO, J.J.; CASTRO, J. G. D.; SANTOS, K.F.; FARIAS, R.A.; HACON, S., SMERMANN,W. Avaliação do impacto ambiental causado por efluentes de viveiros da estação de piscicultura de Alta Floresta, Mato Grosso. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais,** v.2, n.1, p.13-31, 2003.

TUNDISI, J. G. **A Crise da Água**: Eutrofização e suas Consequências. In. Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez. J. G. Tundisi (ed.) Rima, IIE, São Carlos. 247p. 2003.

TUNDISI, J.G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008.

TUCCI, A**. Sucessão da Comunidade Fitoplanctônica de um Reservatório Urbano e Eutrófico, São Paulo, SP, Brasil**. Rio Claro: UNESP, 2002. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2002.

VALENTI, W. C. A aquicultura Brasileira é sustentável? In: **Seminário Internacional de Aquicultura**, p. 13-15, 2008.

VALENTI, W. C. Aquicultura sustentável. In: **Congresso de Zootecnia**, 12. Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos p.111-118, 2002.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

ZANIBONI-FILHO, E. O desenvolvimento da piscicultura brasileira sem a deterioração da qualidade da água. **Revista Brasileira de Biologia,** v. 57, n. 1: p. 3-9, 1997.

ZANIBONI FILHO, E. Tratamento de efluentes da piscicultura. Anais do *ZOOTEC*`2005 – 24 à 27 de maio de 2005 – Campo Grande- MS.