

## Parâmetros Limnológicos de corpos hídricos utilizados para produção de Tambaqui na Amazônia

### *Limnological parameters of water bodies for the production of Tambaqui in the Amazon Region*

Thassiane Telles Conde<sup>1</sup>, Luciane da Cunha Codognoto<sup>2</sup>, Glaucia Amorim Faria<sup>3</sup>, Katia Luciene Maltoni<sup>4</sup>,  
Cristiéle da Silva Ribeiro<sup>5</sup>

**RESUMO:** O Tambaqui (*Colossoma macropomum*) é atualmente a espécie nativa mais cultivada no Brasil, ocorrendo predominantemente na região Norte do país que possui recente desenvolvimento territorial, necessitando de estudos técnicos para compreender a dinâmica da produção. Assim, o estudo avaliou a influência do sistema de cultivo e sazonalidade nos parâmetros limnológicos dos corpos hídricos utilizados para criação de tambaqui (*C. macropomum*) no município de Ariquemes (RO). Para tal, foram escolhidas aleatoriamente 15 propriedades rurais, separadas em 3 sistemas de produção (extensiva, semi-intensiva e intensiva). Nessas propriedades foram realizadas coletas de água em 3 pontos distintos (corpo abastecedor, viveiro e corpo receptor) em dois períodos (verão/seca e inverno amazônico/chuva), totalizando 90 observações. Não foi detectada diferença significativa entre as variáveis de temperatura e oxigênio dissolvido. Os resultados para pH, coliformes totais e coliformes fecais diferiram significativamente entre os períodos de coleta, em que o aumento da precipitação reduziu o pH e favoreceu a proliferação de microrganismos. Cor e turbidez apresentaram maiores valores no sistema de produção intensivo demonstrando que o aumento da densidade de produção comprometeu os parâmetros de transparência da água. Foram encontrados resultados superiores nos viveiros para as variáveis: condutividade elétrica, dureza, amônia, nitrito e fósforo, sendo que cor e fósforo são superiores ao definido na Resolução Conama nº 357/2005. Os resultados demonstram a necessidade de adoção de boas práticas de manejo, para melhorar alguns parâmetros que estão intrinsecamente relacionados à qualidade hídrica, para colaborar com desenvolvimento sustentável da atividade piscícola.

**Palavras-chave:** Aquicultura. *Colossoma macropomum*. Piscicultura. Qualidade da água.

**ABSTRACT:** Tambaqui (*Colossoma macropomum*) is currently the most cultivated native fish species in Brazil. Predominantly bred in the northern region of the country, it has recent territorial development and requires technical studies for production dynamics. The influence of the cultivation system and seasonality on the limnological parameters of the water bodies for tambaqui (*C. macropomum*) breeding in Ariquemes RO Brazil, are evaluated. Fifteen fish farms were randomly chosen, characterized by three production systems (extensive, semi-intensive and intensive). Water samples were collected at 3 different sites (supply, nursery and receiving bodies) at two periods (summer/drought and Amazonian winter/rain), totaling 90 observations. No significant difference was detected between the temperature and dissolved oxygen variables. Results for pH, total coliforms and fecal coliforms differed significantly between the collection periods, where rainfall increased reduced pH and favored the proliferation of microorganisms. Higher rates in color and turbidity were reported in intensive production system and demonstrated that the increase in production compromised the parameters of water transparency. Higher results in the nurseries for variables electrical conductivity, hardness, ammonia, nitrite and phosphorus were detected, whereas color and phosphorus rates were higher than those defined by Conama Resolution 357/2005. Results show the need of good management practices to improve several parameters closely related to water quality for the sustainable development of fishing activities.

**Keywords:** Aquaculture. *Colosome macropomum*. Fish farming. Water quality.

#### Autor correspondente:

Thassiane Telles Conde - [thassiane.conde@ifro.edu.br](mailto:thassiane.conde@ifro.edu.br)

Recebido em: 16/10/2019

Aceito em: 28/04/2020

## INTRODUÇÃO

A carne de peixe é a proteína animal mais utilizada mundialmente na alimentação humana, correspondendo a 17%, valor superior às carnes bovinas (11%), suínas (14,5%) e galináceas (16,1%) (FAO, 2018). Diante do aumento do consumo desse alimento e redução dos estoques em ambiente natural, a produção em cativeiro vem sendo impulsionada em todo o mundo e a expectativa é que em breve a piscicultura supere a captura de pescados.

<sup>1</sup> Doutora em Agronomia, docente do Instituto Federal de Rondônia (IFRO), Ariquemes (RO), Brasil.

<sup>2</sup> Doutora em Agronomia, agrônoma do Instituto Federal de Rondônia (IFRO), Ariquemes (RO), Brasil.

<sup>3</sup> Doutora em Agronomia, docente da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira (SP), Brasil.

<sup>4</sup> Doutora em Agronomia, docente da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira (SP), Brasil.

<sup>5</sup> Doutora em Fisiologia, docente da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira (SP), Brasil.

O Brasil possui condições ambientais que proporcionam o cultivo de espécies aquáticas, como grande volume de água doce e condições climáticas propícias, dentre essas, 75% do território encontrar-se na zona tropical, que recebe energia solar abundante o ano todo (PAVANELLI *et al.*, 1998). A criação de peixe corresponde a cerca de 70% da produção aquícola brasileira, sendo esse o segmento de maior destaque do setor (IBGE, 2018).

Dentre as espécies mais cultivadas estão a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e o tambaqui (*Colossoma macropomum*), responsáveis por 57% e 38% da produção brasileira, respectivamente (PEIXE BR, 2020). A tilápia, no entanto, é uma espécie exótica, originária da África, que apresenta boa capacidade de reprodução e dispersão, podendo ocasionar diversos impactos ambientais e colocar em risco plantas e outros animais. Por isso, a busca por espécies nativas tem sido estimulada, com destaque para o tambaqui, oriundo da região amazônica, que possui características como porte, rápido crescimento, alta resistência e palatabilidade da carne, atendendo assim às exigências do mercado produtor e consumidor de pescados.

Apesar da representatividade produtiva do tambaqui, seu cultivo se intensificou a partir de 2013, predominantemente na região Norte (SIDONIO *et al.*, 2012; RODRIGUES, 2014). No entanto tem enfrentado dificuldades sanitárias e estruturais, apontando a necessidade de investimentos em infraestrutura, controle sanitário, logística e licenciamento ambiental (PEIXE BR, 2020).

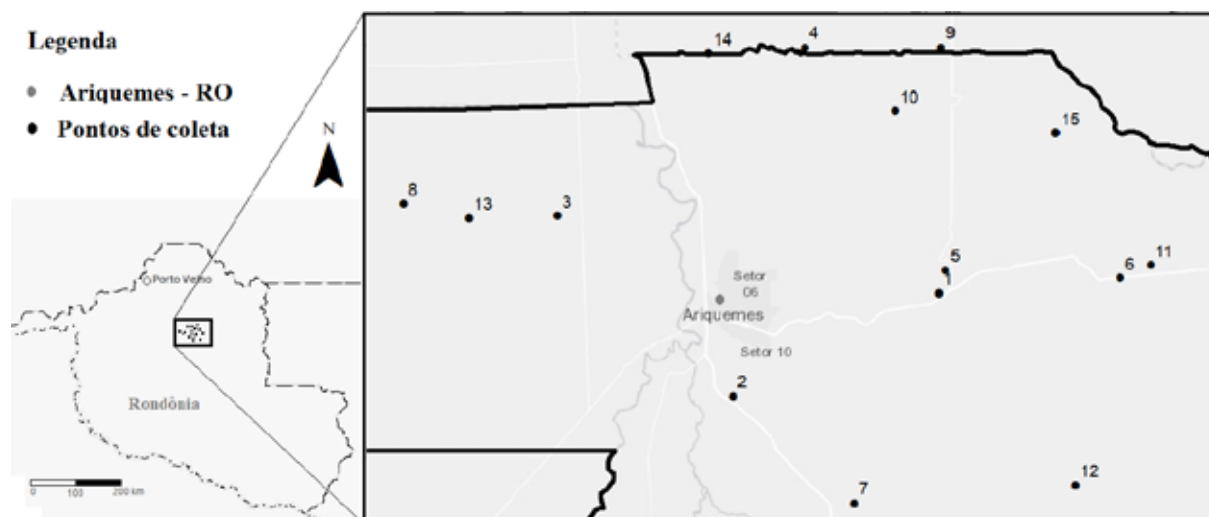
O acompanhamento das características limnológicas é fator decisivo para o sucesso dessa atividade, pois espera-se que o cultivo piscícola promova o incremento de nitrogênio, fósforo e metabólitos inerentes ao sistema de produção (MELO, 1999), podendo gerar impacto ambiental mais ou menos severo, de acordo com a intensidade do manejo (MONTE-LUNA *et al.*, 2004) e nível técnico adotado no regime de produção.

Condições inadequadas no sistema de criação podem alterar algumas variáveis como oxigênio dissolvido, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio, pH, transparência, compostos nitrogenados, coliformes fecais entre outros no corpo aquícola receptor, concentrações superiores ou inferiores ao estabelecido como ideal pela Resolução CONAMA nº 357/2005, além de acarretar processos de eutrofização e assoreamento, ameaçando usos mais nobres, como o abastecimento humano (PAIVA; ANDRADE, 2014).

Como os peixes são animais aquáticos ectotérmicos e dependem, direta e indiretamente, do ambiente, sendo afetados pelas condições ambientais (CYRINO, 2010), torna-se necessário avaliar características físicas, químicas e biológicas da água utilizada para cultivo, possibilitando o emprego de ações preventivas e mitigadoras. Dessa forma, tal atividade deve pautar-se nos conceitos de sustentabilidade, demandando conhecimento técnico de diversas áreas, dentre essas a limnologia, especialmente a qualidade da água (PEREIRA *et al.*, 2016). Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar a influência do sistema de cultivo e sazonalidade nos parâmetros limnológicos dos corpos hídricos utilizados para criação de tambaqui (*C. macropomum*) no município de Ariquemes (RO).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no município de Ariquemes (RO) e conduzida em 15 propriedades rurais (Figura 1), que produzem tambaquis em viveiros semi-escavados e escavados, escolhidas aleatoriamente, por meio da lista de piscicultores fornecida pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Rondônia - EMATER. Essas propriedades foram separadas em 3 sistemas de produção (SP): extensiva, semi-intensiva e intensiva, de acordo com a densidade de estocagem. As coletas ocorreram entre os anos de 2018 e 2019, realizadas em períodos distintos (EP), que correspondem ao verão (estação seca) e inverno amazônico (estação chuvosa).



**Figura 1.** Localização das propriedades utilizadas para avaliação dos parâmetros limnológicos dos corpos hídricos utilizados em sistemas piscícolas de tambaqui em Ariquemes (RO).

As coletas de água ocorreram em 3 pontos distintos (L): corpo abastecedor, viveiro e corpo receptor. As medições de oxigênio dissolvido (OD) e temperatura ( $T^{\circ}$ ) foram realizadas *in loco* com o auxílio do oxímetro modelo YSI PRO20. Para a análise dos demais parâmetros coletou-se 1L de água em frascos de vidros devidamente esterilizados, alocados em caixa térmica com temperatura variando de 4 a 8 $^{\circ}$ C e encaminhadas para o laboratório do Instituto Federal de Rondônia (IFRO), *Campus* Ariquemes, onde procedeu-se às demais análises.

Os parâmetros de cor, turbidez e condutividade elétrica foram verificados por meio de aparelhos, modelos AquaColor, HI 93703 e DDS-11C, respectivamente. A dureza total foi determinada por titulação com EDTA. As aferições de amônia ( $\text{NH}_3$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e fósforo (P) seguiram o método espectrofotométrico. As análises microbiológicas, coliformes totais e termotolerantes foram realizadas pelo procedimento de membranas filtrantes (APHA, 2012).

Para análise dos dados foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 3 x 2, com 5 repetições, totalizando 90 observações. Os fatores sistemas de produção (extensivo, semi-intensivo e intensivo) e locais de coleta (corpo abastecedor, viveiro e corpo receptor) em 3 níveis, analisados na parcela, e o período em dois níveis (seca e chuva) analisados na subparcela. A hipótese da normalidade foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk, uma vez comprovada foi realizada a análise de variância (ANOVA) e as hipóteses foram testadas pelo teste F a 5%. Quando encontrada a diferença significativa entre os fatores e as interações entre eles, aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para comparação das médias. Os dados foram analisados utilizando o *software* SISVAR (FERREIRA, 2014).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A temperatura média da água foi de 29,43  $^{\circ}$ C. Houve variação de 9,9  $^{\circ}$ C entre o maior e menor registro, devido aos horários de aferição. Mas não diferiu significativamente para o sistema de produção (SP), local (L) e época de coleta (EP) (Tabela 1), indicando que o cultivo de tambaqui e a densidade de estocagem não alteraram tal variável (Tabela 2), estando mais relacionada com o ambiente natural, ou seja, temperatura ambiente e incidência de luz. A temperatura média anual de Ariquemes (RO) é de aproximadamente 30  $^{\circ}$ C, apresentando homogeneidade espacial e sazonal (CARVALHO *et al.*, 2016). Os valores amostrados são considerados adequados para o desenvolvimento de peixes tropicais em viveiros de engorda, cuja temperatura ideal varia de 25  $^{\circ}$ C a 32  $^{\circ}$ C (FARIA *et al.*, 2013). Hurtado *et al.* (2018) obtiveram resultados semelhantes ao estudar os parâmetros limnológicos em viveiros de tambaqui em

abastecimento sequencial, com valor médio registrado por volta de 29 °C, não encontrando diferença entre as medições realizadas na lagoa de abastecimento e viveiros.

O oxigênio dissolvido na água é um dos parâmetros determinantes para o sucesso no cultivo de organismos aquáticos, sendo valores superiores a 5 mg L<sup>-1</sup>, considerados adequados conforme Resolução CONAMA nº 357/2005. Porém, para o cultivo de peixes nativos o nível crítico está abaixo de 4 mg L<sup>-1</sup>, segundo Mallasen *et al.* (2012). Os fatores estudados (Tabela 1) não apresentaram diferenças significativas (Tabela 1) e os resultados mantiveram-se dentro do estabelecido como ideal para cultivo, independentemente do nível de produção adotado (extensivo, semi-intensivo e intensivo) (Tabela 2), corroborando os resultados apresentados por Silva *et al.* (2013), que não verificaram diferenças para OD durante o cultivo de tambaqui sob diferentes densidades populacionais.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância para as variáveis: temperatura (T), oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), cor, condutividade elétrica (CE), turbidez (TB), dureza (DZ), nitrato (NO<sub>3</sub>), nitrito (NO<sub>2</sub>), amônia (NH<sub>3</sub>), fósforo (P), coliformes totais (CT) e coliformes fecais (CF) dos corpos hídricos utilizados em sistemas piscícolas de tambaqui em Ariquemes (RO)

Variáveis	SP	L	EP	SP x L	SP x EP	L x EP	SP x L x EP	Amplitude		Média Geral
								Mínimo	Máximo	
	----- (valor de F) -----									
T (°C)	3,56 <sup>ns</sup>	6,52 <sup>ns</sup>	4,01 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	24,80	34,70	29,42
OD (mg L <sup>-1</sup> )	0,14 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	5,66 <sup>ns</sup>	1,52 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	2,75 <sup>ns</sup>	1,22 <sup>ns</sup>	2,32	10,52	5,88
pH	0,22 <sup>ns</sup>	17,06 <sup>ns</sup>	55,19 <sup>**</sup>	1,55 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	3,99 <sup>ns</sup>	2,48 <sup>ns</sup>	5,68	7,91	6,70
Cor (u.C)	0,58 <sup>**</sup>	8,67 <sup>ns</sup>	1,66 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	1,90 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	15,00	146,00	73,69
CE (μScm <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> )	6,72 <sup>ns</sup>	5,64 <sup>**</sup>	5,50 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	1,32 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	10,07	43,95	25,24
TB (U. N. T)	6,57 <sup>**</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	2,69	21,96	11,37
DZ (mg L <sup>-1</sup> )	47,88 <sup>**</sup>	44,01 <sup>**</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	2,51 <sup>ns</sup>	12,49 <sup>ns</sup>	1,81 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>	6,00	45,40	22,14
NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	6,32 <sup>**</sup>	1,84 <sup>ns</sup>	6,71 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	18,57 <sup>**</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	ND	5,54	0,81
NO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	2,47 <sup>ns</sup>	6,97 <sup>**</sup>	1,58 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	7,43 <sup>**</sup>	1,27 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	ND	0,10	0,01
NH <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	1,36 <sup>ns</sup>	3,59 <sup>*</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	20,59 <sup>**</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,01	0,20	0,07
P (mg L <sup>-1</sup> )	2,69 <sup>ns</sup>	19,62 <sup>**</sup>	3,14 <sup>ns</sup>	1,26 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>	6,15 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	ND	4,90	1,54
CT (UFC)	0,47 <sup>ns</sup>	1,56 <sup>ns</sup>	90,31 <sup>**</sup>	1,38 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	1,40 <sup>ns</sup>	1,17 <sup>ns</sup>	200,00	6640,00	2308,64
CF (UFC)	0,22 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	10,26 <sup>*</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	20,00	920,00	308,93

\*\* , \* e ns, significativo a 1%, 5% e não-significativo, respectivamente, pelo Teste F.  
SP: Sistema de Produção; L: Local; EP: Época de Produção; ND: Não Detectado.

O pH variou de ácido a ligeiramente alcalino, com valores máximos e mínimos de 5,68 e 7,91, respectivamente. Resultados semelhantes foram descritos por Paiva *et al.* (2014) que encontraram valores entre 5,69 e 7,32, avaliando sistemas piscícolas na região amazônica. Os alimentos e excreções oriundas do cultivo piscícola podem ocasionar alterações no pH (NYANTI *et al.*, 2012), apesar do viveiro apresentar média superior aos demais locais, e o adensamento de cultivo ocasionar tendência de aumento nesse parâmetro, o teste de médias não revelou diferença significativa. De modo semelhante Figueiredo *et al.* (2018) também não encontraram variação de pH entre o reservatório de abastecimento e os viveiros de alevinos de tambaqui, porém os valores observados diferiram significativamente entre os períodos (Tabela 1). O período chuvoso apresentou pH mais ácido que na estiagem (Tabela 2), isso pode ter ocorrido devido à incorporação das águas de precipitação atmosférica que são mais ácidas (SANTI *et al.*, 2012),

consequentemente reduzindo o pH. Pontes *et al.* (2012) também observaram redução dos valores de pH em época de chuva.

Diferenças significativas foram encontradas para cor e turbidez entre os sistemas de produção (Tabela 1), apresentando maiores valores os cultivos que adotaram o sistema intensivo (Tabela 2). Nesse sistema a densidade de estocagem de animal por área é maior, disponibilizando mais ração, gerando maior volume de dejetos, e, por consequência, tornando a água mais turva. O sistema intensivo de cultivo apresentou 88,28 u.C, estando em desacordo com o valor máximo estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005, que é de 75 u.C. Mallasen *et al.* (2012) verificaram que esse parâmetro é mais afetado por compostos húmicos, oriundos de vegetação remanescente no fundo do lago, o que não ocorreu nesse estudo, pois os viveiros analisados são escavados.

**Tabela 2.** Valores médios para temperatura (T), oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), cor, condutividade elétrica (CE), turbidez (TB), dureza (DZ), nitrato ( $\text{NO}_3$ ), nitrito ( $\text{NO}_2$ ), amônia ( $\text{NH}_3$ ), fósforo (P), coliformes totais (CT) e coliformes fecais (CF) em função do local de coleta e sistemas de produção piscícolas de tambaqui, em Ariquemes (RO)

Variável	Sistemas			Local			Época	
	Extensivo	Semi-intensivo	Intensivo	Corpo Abastecedor	Viveiro	Corpo Receptor	Seca	Chuva
T (°C)	29,05 a	30,01 a	29,22 a	28,91 a	29,12 a	30,24 a	28,61 a	30,24 a
OD (mg L <sup>-1</sup> )	5,76 a	5,94 a	5,95 a	5,80 a	6,03 a	5,80 a	6,48 a	5,29 a
pH	6,68 a	6,73 a	6,70 a	6,55 a	6,96 a	6,60 a	7,07 a	6,34 b
Cor (u.C)	62,88 b	69,91 b	88,28 a	80,30 a	69,94 a	70,82 a	68,53 a	78,85 a
CE ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ )	21,24 b	27,68 a	26,81 a	22,59 b	28,80 a	24,33 ab	27,49 a	22,99 a
TB (U.N.T)	11,32 ab	9,32 b	13,47 a	11,21 a	12,21 a	10,69 a	11,85 a	10,89 a
DZ (mg L <sup>-1</sup> )	14,60 b	26,51 a	25,32 a	17,61 b	29,33 a	19,49 b	20,80 a	23,49 a
$\text{NH}_3$ (mg L <sup>-1</sup> )*	0,02	0,01	0,02	0,01 b	0,02 a	0,01 b	0,07	0,07
$\text{NO}_3$ (mg L <sup>-1</sup> )*	0,08	0,06	0,06	0,06 a	0,09 a	0,06 a	1,41	0,20
$\text{NO}_2$ (mg L <sup>-1</sup> )*	1,07	1,06	0,28	0,75 b	1,07 a	0,60 b	0,02	0,01
P (mg L <sup>-1</sup> )	1,31 a	1,48 a	1,82 a	0,95 b	2,30 a	1,36 b	1,21 a	1,87 a
CT (UFC)	2389,00 a	2379,60 a	2157,33 a	2149,60 a	2583,13 a	2193,20 a	1237,55 b	3379,73a
CF (UFC)	323,33 a	288,80 a	314,66 a	305,93 a	305,26 a	315,60 a	206,44 b	411,42 a

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\* interação SP x EP.

A condutividade elétrica variou de 10,07 a 43,95  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (Tabela 1). Costa (2013) encontrou resultados com maior amplitude, variando de 6,4 a 155,4  $\mu\text{S cm}^{-1}$  em investigações dos parâmetros limnológicos em viveiros escavados de piscicultura de tambaqui. A avaliação estatística revelou diferença significativa entre locais e os sistemas de produção. Nos tanques de cultivo de tambaqui houve elevação em aproximadamente 21,5% na condutividade elétrica quando comparada a água de origem. O sistema de produção extensivo diferiu dos demais, com CE de aproximadamente 23% inferior aos sistemas semi-intensivo e intensivo. Os resultados estão relacionados com as adubações realizadas nessas localidades e aumento da matéria orgânica na água, proveniente das excretas e alimentação, pois esse parâmetro avalia a concentração de íons dissolvidos no ambiente.

Nos viveiros de criação de tambaqui foi detectada dureza da água superior às fontes de abastecimento e recepção (Tabela 2). O cultivo extensivo diferiu estatisticamente dos demais sistemas de produção, com média de 14,60 mg L<sup>-1</sup>, enquanto no semi-intensivo e intensivo observou-se aumento, com médias de 26,52 e 25,33 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, estando em acordo com o recomendado para cultivo de peixes em viveiros, isto é, acima de 20 mg L<sup>-1</sup> (BOYD; EGNA, 1997). Como essa variável é determinada pela concentração dos íons de carbonato de cálcio e magnésio, a intensificação do cultivo e a calagem acarretam aumento de concentração catiônica, prática adotada na região por

propriedades com maior nível de tecnificação, que normalmente adotam sistemas de cultivo com maior número de peixes por área.

Os compostos nitrogenados avaliados apresentaram interação entre o sistema de produção e a época (Tabela 1). Essas substâncias têm o ciclo iniciado nos sistemas piscícolas, pois a proteína presente na alimentação não aproveitada pelo animal é excretada na forma de amônia ( $\text{NH}_3$ ). Posteriormente, as bactérias oxidantes transformam a amônia em nitrito ( $\text{NO}_2$ ), e, em seguida, o nitrito é convertido em nitrato ( $\text{NO}_3$ ) (YILDIZ *et al.*, 2017). Altas concentrações de compostos nitrogenados podem levar à eutrofização e, conseqüentemente, à mudança no ecossistema aquático (JAHAN *et al.*, 2003), evidenciando a importância de monitorar esses parâmetros.

Os resultados de amônia variaram de 0,01 a 0,20  $\text{mg L}^{-1}$ , mantendo-se dentro dos níveis tolerados para a criação de tambaqui (CHAGAS *et al.*, 2007), e de acordo com o exigido na Resolução CONAMA nº 357/2005, de 2,18  $\text{mg L}^{-1}$  para corpos d'água utilizados para pesca ou criação intensiva de organismos aquáticos para fins de consumo. Diferenças significativas foram verificadas entre os sistemas de abastecimento (Tabela 2), e os viveiros apresentaram maiores teores de amônia (Tabela 2), devido à alimentação fornecida e às fezes liberadas (NYANTI *et al.*, 2012), que são as principais fontes de  $\text{NH}_3$  nos sistemas piscícolas. No período chuvoso o sistema intensivo apresenta maior concentração de  $\text{NH}_3$  (Tabela 3). A concentração de amônia é comumente mais elevada com a intensificação da densidade de produção aquícola (QUEIROZ; BOEIRA, 2007), pois eleva a quantidade de ração fornecida e fezes liberadas (KARNATK; KUMAR, 2014).

**Tabela 3.** Valores médios para amônia ( $\text{NH}_3$ ), nitrato ( $\text{NO}_3$ ) e nitrito ( $\text{NO}_2$ ) no desdobramento dos sistemas de produção piscícolas de tambaqui em função das épocas em Ariquemes (RO)

Época	Sistema de produção			Média
	Extensivo	Semi-intensivo	Intensivo	
----- Amônia ( $\text{mg L}^{-1}$ ) -----				
Seca	0,131 aA	0,055 bA	0,049 bB	0,079
Chuva	0,033 bB	0,073 bA	0,120 aA	0,075
Média	0,082	0,064	0,085	
----- Nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ ) -----				
Seca	2,138 aA	2,101 aA	ND aA	1,413
Chuva	0,019 aB	0,022 aB	0,578 aA	0,206
Média	1,079	1,062	0,289	
----- Nitrito ( $\text{mg L}^{-1}$ ) -----				
Seca	0,035 aA	0,011 bA	0,015 bA	0,079
Chuva	0,007 bB	0,011 bA	0,028 aA	0,075
Média	0,021	0,011	0,022	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula e maiúscula, respectivamente, para linha e coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para nitrato e nitrito as concentrações máximas foram de 5,54 e 0,11  $\text{mg L}^{-1}$ , respectivamente (Tabela 1), e encontram-se dentro do estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005, de 10 e 1  $\text{mg L}^{-1}$ , respectivamente. Mallasen *et al.* (2012) também encontraram baixos teores dessas variáveis no cultivo da tilápia. Esses compostos tendem a ter maior toxicidade em locais com baixa concentração de oxigênio (ANUSUYA DEVI *et al.*, 2017), o que não foi observado nesse estudo. Ambos compostos apresentaram concentrações superiores durante o período da seca no sistema de produção extensivo (Tabela 3). Já no período chuvoso, no sistema intensivo, que corresponde ao início da produção, a menor quantidade de indivíduos pode disponibilizar quantidade de alimento superior à necessidade de consumo.

Dessa forma, o resíduo alimentar depende do volume de criação, espécies de peixes, práticas de criação, manejo alimentar e características dos alimentos (MALLEKH *et al.*, 1999).

O fósforo atingiu concentração de 4,91 mg L<sup>-1</sup>, com média geral de 1,54 mg L<sup>-1</sup> (Tabela 1). Dessa forma, os pontos amostrados não se encontram de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, que determina o teor máximo de 0,05 mg L<sup>-1</sup> desse composto para águas destinadas ao cultivo aquícola. Assim, ocorre necessidade de melhorar o ciclo dessa substância no sistema de produção, pois segundo Pereira e Ribeiro (2004), altas concentrações favorecem processos de eutrofização do meio aquático. Diferenças significativas foram encontradas entre os locais, no viveiro a concentração atingiu 2,30 mg L<sup>-1</sup>; enquanto os corpos abastecedores e receptores apresentaram 0,96 e 1,37 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Nos sistemas de criação de peixes ocorre a entrada de materiais orgânicos e inorgânicos, como adubos, fertilizantes e rações, que apresentam níveis elevados de fósforo. Ainda, o acúmulo do nutriente é favorecido pela baixa velocidade da água (PEREIRA; MERCANTE, 2005), ou seja, locais represados.

Os coliformes totais e fecais apresentaram diferenças significativas entre as estações, com valores no intervalo de 200 a 6.640 e 20 a 920 UFC, respectivamente (Tabela 1). No período chuvoso houve aumento da concentração dos microrganismos, como registrado por Haddad e Magalhães Júnior (2010), ao constatarem que a elevação da precipitação possibilita a concentração de coliformes termotolerantes. Os viveiros apresentaram média de 3.583 UFC para coliformes totais, estando de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, que determina que sistemas aquícolas utilizados no cultivo de organismos não devem exceder 4.000 UFC, pois a condição microbiológica da água dos viveiros pode comprometer a qualidade do peixe e de seus produtos (PAL; DASGUPTA, 1992). Valores semelhantes foram descritos por Lorenzon *et al.* (2010) durante estudo do perfil microbiológico de peixes e água de cultivo em pesque-pagues situados na região Nordeste do Estado de São Paulo.

Os resultados comprovam que o cultivo do tambaqui pode afetar os parâmetros de qualidade dos corpos hídricos utilizados para os sistemas de cultivo, demonstrando a necessidade de adoção, por parte do produtor, de boas práticas de manejo, além de acompanhar as características limnológicas (TAVARES; SANTEIRO, 2013), para consolidar a atividade piscícola na região.

#### 4 CONCLUSÕES

Os períodos climáticos afetaram os parâmetros pH, coliformes totais e coliformes fecais. No período de chuva (inverno amazônico) houve redução do pH e aumento da proliferação de coliformes totais e fecais.

As variáveis cor, dureza, amônia, nitrito e fósforo apresentaram maior concentração nos viveiros utilizados para cultivo de tambaqui em comparação aos corpos abastecedores e receptores.

Sistemas de cultivo afetaram os parâmetros de cor e fósforo da água, especialmente no cultivo intensivo, elevando os valores devido a maior densidade populacional.

#### 5 AGRADECIMENTOS

À Fundação Rondônia de Amparo ao Desenvolvimento das Ações Científicas e Tecnológicas e à Pesquisa do Estado de Rondônia (FAPERÓ), pelo financiamento por meio do Programa de Apoio à Pesquisa (PAP/UNIVERSAL - 04/2018).

#### REFERÊNCIAS

ANUSUYA DEVI, P.; PADMAVATHY, P.; AANAND, S.; ARULJOTHI, K. Review on water quality parameters in freshwater cage fish culture. *International Journal of Applied Research*, v. 3, n. 5, p. 114-120, 2017.

APHA. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association. Washington: American Water Works Association, 2012.

BOYD, C. E.; EGNA, H. I. **Dynamics of pond aquaculture**. Boca Raton, New York: Ed. CRC Press, 1997.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 10 out. 2019.

CARVALHO, R. L. S.; NASCIMENTO, B. I. S.; QUERINO, C. A. S.; SILVA, M. J. G.; DELGADO, A. R. S. Comportamento das séries temporais de temperatura do ar, umidade e precipitação pluviométrica no município de Ariquemes (Rondônia-Brasil). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, n. 12, 2016.

CHAGAS, E. C.; GOMES, L. C.; MARTINS JÚNIOR, H.; ROUBACH, R. Produtividade de tambaqui criado em tanque-rede com diferentes taxas de alimentação. **Ciência Rural**, v. 37, p. 1109-1115, 2007.

COSTA, J. I. **Avaliação econômica e participação do plâncton no cultivo de tambaqui em viveiros com diferentes densidades de estocagem**. 2013. 80f. Dissertação (Mestrado), Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista.

CYRINO, J. E. P. **Condicionamento alimentar e exigências nutricionais de espécies carnívoras: desenvolvimento de uma linha de pesquisa Piracicaba**. 2010. 200f. Tese (Doutorado), Piracicaba, Universidade de São Paulo.

174

FAO. **Fishery and Aquaculture Statistics 2016/FAO annuaire**. Rome, 2018. Disponível em: [http://www.fao.org/fishery/static/Yearbook/YB2016\\_USBcard/index.htm](http://www.fao.org/fishery/static/Yearbook/YB2016_USBcard/index.htm). Acesso em: 20 fev. 2019.

FARIA, R. H. S.; MORAES, M.; SORANNA, M. R. G. S.; SALLUM, W. B. **Manual de criação de peixes em viveiro**. Brasília: Codevasf, 2013. 136p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência Agropecuária**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FIGUEIREDO, F. M.; BONFIM, S. C.; LIMA, R. A.; PONTES, W. P.; PONTUSCHKA, R. R.; HURTADO, F. B. Exploratory study of limnological parameters during the cycle of tambaqui fingerlings. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 22, p. 1-14, 2018.

HADDAD, E. A.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Influência antrópica na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio São Miguel, carste do alto São Francisco, Minas Gerais. **Geosul**, v. 25, n. 49, p. 79-102, 2010.

HURTADO, F. B.; FIGUEIREDO, F. M.; COSTA, R. L.; BOMFIM, S. C.; QUEIROZ, C. B.; PONTES, W. P. Parâmetros limnológicos em viveiros de piscicultura semi-intensiva de tambaqui com abastecimento em disposição sequencial. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 1, p. 9-30, 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da pecuária municipal**. SIDRA. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3940>>. Acesso em: 21 jan. 2020.

JAHAN, P.; WATANABE, T.; KIRON, I.; SATOH, S. H. Improved carp diets based on plant protein sources reduce environmental phosphorus loading. **Fisheries Science**, v. 69, p. 219-225, 2003.

KARNATAK, G.; KUMAR, V. Potential of cage aquaculture in Indian reservoirs. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies - IJFAS**, v. 1, n. 6, p. 108-112, 2014.



- LORENZON, C. S.; GATTI JUNIOR, P.; NUNES, A. P.; PINTO, F. R.; SCHOLTEN, C.; HONDA, S. N.; AMARAL, L. A. Perfil microbiológico de peixes e água de cultivo em pesque-pagues situados na região nordeste do estado de São Paulo. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 77, n. 4, p. 617-624, 2010.
- MALLASEN, M.; BARROS, H. P.; TRAFICANTE, D. P.; CAMARGO, A. L. S. Influence of a net cage tilapia culture on the water quality of the Nova Avanhandava reservoir, Sao Paulo state, Brazil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 34, n. 3, p. 289-296, 2012.
- MALLEKH, R.; BOUJARD, T.; LAGARDÈRE, J. P. Evaluation of retention and environmental discharge of nitrogen and phosphorus by farmed turbot (*Scophthalmus maximus*). **North American Journal of Aquaculture**, v. 61, p. 141-145, 1999.
- MELO, J. S. C. Água e Construção de Viveiros na Piscicultura. 1999. 102p.
- MONTE-LUNA, P.; BROOK, B. W.; ZETINA-RENÓN, M. J.; VICTOR, H.; CRUZ ESCALONA, V. H. The carrying capacity of ecosystems. **Global Ecology and Biogeography**, v. 13, n. 6, p. 485-495, 2004.
- NYANTI, L.; HII, K. M.; SOW, A.; NORHADI, I.; LING, T. Y. Impacts of Aquaculture at different Depths and Distances from cage culture sited in Batang Ai Hydroelectric Dam Reservoir Sarawak, Malaysia. **World Applied Sciences Journal**, v. 19, n. 4, p. 451-456, 2012.
- PAIVA, M. C.; ANDRADE, N. L. R. Análise da qualidade da água de um sistema de piscicultura: estudo de caso no município de Ji-Paraná/RO. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 12, 2014, Natal/RN. **Resumos...** Rio Grande do Norte: SRHN, 2014.
- PAL, D.; DASGUPTA, C. Microbial pollution in water and its effect on fish. **Journal of Aquatic Animal Health**, v. 4, p. 32-39, 1992.
- PAVANELLI, G. C.; EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M. **Doenças de peixes: profilaxia, manejo e tratamento**. Maringá: EDUEM, 1998. 264p.
- PEIXE BR. **Anuário Peixe BR da Piscicultura 2020**. Disponível em: <<https://www.peixebr.com.br/anuario-2020/>>. Acesso em: 28 mar. 2020.
- PEREIRA, D. A. S.; QUEROL, M. V. M.; GRALHA, T. S.; MACHADO, M. M.; PESSANO, E. F. C.; OLIVEIRA, L. F. S. Programa Proext/Mec (Fase 3) de Capacitação de Pescadores e Produtores Rurais Água na Qualidade do Cultivo. **Anais... Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 7, n. 3, 2016.
- PEREIRA, J. M. A.; RIBEIRO FILHO, R. A. Efeitos da excreção de tilápias (*Tilapia rendalli* e *Oreochromis niloticus*) em reservatórios e viveiros de Piscicultura. In: ESPÍNDOLA, E. L. G.; SCHALCH, V. (org.). **Bacias Hidrográficas: diversas abordagens em pesquisa**. São Carlos: RIMA, 2004. p. 99-110.
- 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.
- PONTES, P. P.; MARQUES, A. R.; MARQUES, G. F. Efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água na micro-bacia do Córrego Banguelo - Contagem. **Revista Água & Ambiente**, v. 7, n. 3, p. 183-194, 2012.
- QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C. **Boas Práticas de Manejo (BPMs) para Reduzir o Acúmulo de Amônia em Viveiros de Aqüicultura**. Embrapa, 2007.
- RODRIGUES, A. P. O. Nutrição e alimentação do tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, p. 135-145, 2014.

SANTI, G. M.; FURTADO, C. M.; MENEZES, R. S. A.; KEPPELER, E. C. Variabilidade espacial de parâmetros e indicadores de qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do igarapé São Francisco, Rio Branco, Acre, Brasil. **Ecologia Aplicada**, v. 11, n. 1, p. 23-31, 2012.

SIDONIO, L.; CAVALCANTI, I.; CAPANEMA, L.; MORCH, R.; MAGALHÃES, G.; LIMA, J.; BURNS, V.; ALVES JÚNIOR, A. J.; MUNGIOLI, R. Panorama da aquacultura no Brasil: desafios e oportunidades. **Agroindústria**, v. 35, p. 421-463, 2012.

SILVA, A. D. R.; SANTOS, R. B.; BRUNO, A. M. S. S.; SOARES, E. C. Cultivo de tambaqui em canais de abastecimento sob diferentes densidades de peixes. **Acta Amazônica**, v. 43, n. 4, p. 517-524, 2013.

TAVARES, L. H. S.; SANTEIRO, R. M. Fish farm and water quality management. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 1, p. 21-27, 2013.

YILDIZ, H. Y.; ROBAINA, L.; PIRHONEN, J.; MENTE, E.; DOMÍNGUEZ, D.; PARISI, G. Fish Welfare in Aquaponic Systems: Its Relation to Water Quality with an Emphasis on Feed and Faeces - A Review. **Water**, v. 9, n. 13, 2017.