



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
AGROALIMENTAR

COMPOSIÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS DOS LIPÍDIOS DE
TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*), PEIXE NATIVO DA
AMAZÔNIA

Tatiana Soares dos Santos

Bacharela em Agroindústria

BANANEIRAS, PB

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
AGROALIMENTAR

COMPOSIÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS DOS LIPÍDIOS DE
TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*), PEIXE NATIVO DA
AMAZÔNIA

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências
Humanas, Sociais e Agrárias, Campus III da UFPB,
como parte das exigências para obtenção do Título
de Mestre em Tecnologia Agroalimentar.

Tatiana Soares dos Santos
Bacharela em Agroindústria

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Neiva Maria de Almeida
Comitê de Orientação: Prof^a. Dr^a. Neura Bragagnolo
Prof^a. Dr^a. Juliana Maria Leite Nobrega de Moura Bell
Prof. Dr. José Jordão Filho

BANANEIRAS, PB

2019

**Catálogo na publicação Seção de Catalogação
e Classificação**

S237c Santos, Tatiana Soares Dos.

COMPOSIÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS DOS LIPÍDIOS DE TAMBAQUI
(Colossoma macropomum), PEIXE NATIVO DA AMAZÔNIA /
Tatiana Soares Dos Santos. - Bananeiras, 2019.
80 f. : il.

Orientação: Neiva Maria De Almeida.

Coorientação: Neura Bragagnolo, Juliana Maria Leite
Nobrega de Moura Bell, José Jordão Filho.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCHSA.

1. Frações lipídicas. 2. Peixe de água doce. 3.
Piscicultura. 4. Resíduos. I. De Almeida, Neiva Maria.
II. Bragagnolo, Neura. III. Bell, Juliana Maria Leite
Nobrega de Moura. IV. Jordão Filho, José. V. Título.

UFPB/BC

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AGROALIMENTAR

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: Composição dos ácidos graxos dos lipídios de tambaqui (*Colossoma macropomum*), peixe nativo da Amazônia

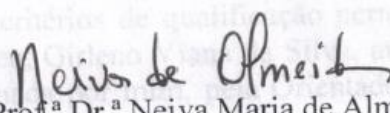
AUTOR: Tatiana Soares dos Santos

ORIENTADORA: Prof.^a Dr.^a Neiva Maria de Almeida

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

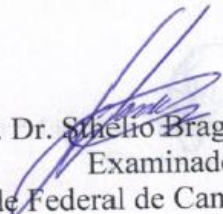
EXAMINADORES:


Prof.^a Dr.^a Neiva Maria de Almeida
Orientadora

Universidade Federal da Paraíba/UFPB


Prof.^a Dr.^a Janaine Juliana Vieira de Almeida
Examinadora

Instituto Federal do Sertão Pernambucano/IF Sertão-PE


Prof. Dr. Stelio Braga da Fonseca
Examinador
Universidade Federal de Campina Grande/UFCG

Bananeiras, 25 de fevereiro de 2019

INFORMAÇÕES CURRICULARES DO AUTOR

Tatiana Soares dos Santos (SANTOS, T. S) – Nascida em 30 de maio de 1993, brasileira, natural da cidade de Solânea – PB. Possui formação em Bacharelado em Agroindústria pela Universidade Federal da Paraíba, título obtido no ano de 2017. Foi monitória da disciplina de Matemática (período 2012.1 e 2012.2) trabalhando com a contribuição da monitoria de matemática na melhoria do ensino e aprendizagem no curso de agroindústria. Voluntária no Laboratório de Microbiologia de Alimentos do CCHSA/UFPB durante três meses. Participou como bolsista de iniciação científica na vigência 2013-2014 do projeto: Fracionamento por cromatografia em coluna clássica de lipídios totais em resíduos de tilápias (*Oreochromis niloticus*) cultivadas em açude e viveiro no Brejo Paraibano; na vigência 2014-2015 do projeto: Avaliação da qualidade nutricional em tambaqui (*Colossoma macropomum*); na vigência 2015-2016 do projeto: Teor de sódio em lanches consumidos por estudantes: Uma análise comparativa com a recomendação da Organização Mundial da Saúde. Atua na área de ciência e tecnologia de alimentos, com ênfase em análise e controle de qualidade de alimentos.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.

Madre Teresa de Calcutá

A Deus, a minha família, a minha orientadora Prof^a. Dr^a. Neiva Maria de Almeida, aos meus amigos e a todos que me apoiaram nesta etapa da minha vida. Obrigada pelo incentivo e por acreditarem em mim.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre a meu lado e por ter colocado pessoas boas no meu caminho durante esta jornada.

A minha família. Aos meus pais, Maria de Lourdes Santos e Ivanildo Santos, que sempre incentivaram a me dedicar aos estudos. Aos meus queridos irmãos, especialmente José Paulo Santos, obrigada por ser meu maior incentivador. A toda minha família pelo amor e carinho.

A Sérgio Lucena, por me incentivar a não desistir nos momentos de dificuldade. Obrigada por seu apoio.

Aos meus amigos: Regivânia Silva, Jailza Melo, Erinaldo Silva, Suzane Andrade, Thayse Dantas e Fernanda Andrade (*in memoriam*). Todos os momentos vividos e a nossa amizade estarão sempre comigo. Agradecimento especial a Regivânia Silva, por esclarecer algumas dúvidas e por me tranquilizar em momentos difíceis desta etapa da minha vida acadêmica e, a Erinaldo Santos pela ajuda na etapa inicial do meu experimento.

As amigas conquistadas durante este processo, Gyane Alves e Agda Macêdo. Obrigada pela amizade e por tantos momentos de descontração que me proporcionaram. Um elo foi construído e espero que possam permanecer fazendo parte da minha vida.

A todos que fazem parte do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Agroalimentar, sobretudo aos meus professores, obrigada pelo conhecimento adquirido e pela oportunidade de tê-los como professores.

A minha orientadora, Dr^a. Neiva Maria de Almeida, que está comigo desde a graduação, lhe agradeço imensamente por cada oportunidade dada e por me incentivar a ir sempre além. Obrigada por acreditar em mim e na minha capacidade.

A todos que fazem parte do meu comitê de orientação. Obrigada por aceitarem o convite.

A todos que fazem parte do Laboratório de Química de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas-SP, especialmente a professora Dr^a. Neura Bragagnolo e ao aluno de doutorado Ernane Souza que me apoiaram no desenvolvimento desta pesquisa.

Agradecimento especial a Ernane Souza, Yasmin Lima, Tânia Lima, Láisa Dias, Fabiane Petry e Lauane Nunes por me ajudarem a não me sentir só durante o meu período em Campinas-SP. Também agradeço a Luan Paixão pelo apoio neste período.

A CAPES pela concessão da bolsa que possibilita a muitos estudantes adquirirem experiências que serão levadas por toda a vida acadêmica e profissional.

A todos muito obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	v
LISTA DE TABELAS	vi
1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1. Panorama geral da produção aquícola	10
2.2. Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>), peixe nativo da Amazônia	11
2.3. Composição de ácidos graxos em peixes de água doce	13
2.4. Composição de ácidos graxos nos lipídios neutros (LN) e fosfolipídios (FL) em peixes de água doce	16
2.5. Ácidos graxos em resíduos de pescado	18
2.6. Importância dos ácidos graxos da família ômega 6 e 3 para a saúde	20
2.7. Qualidade nutricional dos ácidos graxos em peixes	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1. Amostragem.....	24
3.2. Determinação da composição química	24
3.3. Fracionamento dos lipídios totais em classes de lipídios neutros e fosfolipídios.....	25
3.4. Ésteres metílicos de ácidos graxos.....	25
3.5. Análise de ácidos graxos	26
3.6. Qualidade nutricional dos lipídios.....	26
3.7. Delineamento e análises estatísticas	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1 Composição química.....	28
4.2. Fracionamento dos lipídios totais em classes de lipídios neutros e fosfolipídios.....	29
4.3. Composição de ácidos graxos nos lipídios totais.....	31

4.4. Composição de ácidos graxos nos lipídios neutros (LN)	40
4.5. Composição de ácidos graxos nos fosfolipídios (FL)	45
4.6. Comparação dos resultados entre as partes analisadas, lipídios totais e frações de lipídios neutros e fosfolipídios	49
4.7. Concentração de EPA e DHA em tambaqui	54
5. CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS.....	57

COMPOSIÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS DOS LIPÍDIOS DE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*), PEIXE NATIVO DA AMAZÔNIA

RESUMO- O tambaqui é a espécie nativa de peixe mais cultivada no país, principalmente na Região Norte. Os peixes são um alimento que apresentam qualidade nutricional, principalmente na sua composição lipídica, pois podem fornecer ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa, como o ácido eicosapentaenoico (EPA) e docosaexaenoico (DHA). A composição de ácidos graxos dos peixes pode diferenciar conforme alguns fatores como as condições de cultivo, parte do corpo analisada e frações lipídicas. Objetivou-se determinar a composição de ácidos graxos de lipídios totais (LT) nos filés, cabeças e tecido adiposo da cavidade ocular do tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivado em Cantá e Boa Vista -Roraima BR, e a composição de ácidos graxos na fração de lipídios neutros (LN) e fosfolipídios (FL) no filé e na cabeça. Os tambaquis foram coletados em pisciculturas do município de Cantá-RR e Boa Vista-RR, foram separados o filé, a cabeça e o tecido adiposo da cavidade ocular para serem extraídos os lipídios totais. Posteriormente, realizou-se a separação das frações dos LN e FL. Nos LT foi determinado a composição de ácidos graxos e sua qualidade nutricional nas três partes analisadas e, nos LN e FL do filé e da cabeça. Os LN foram as frações lipídicas majoritárias extraídos dos lipídios totais. No filé e na cabeça as maiores concentrações de ácido linoleico e α -linolênico foi acumulado em maior quantidade nos LN e os ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa nos FL. Nos LT o ácido linoleico, α -linolênico e EPA apresentaram as maiores concentrações no tecido adiposo da cavidade ocular, enquanto que o araquidônico e DHA no filé. Nos LN o α -linolênico apresentou maior teor no filé enquanto que a cabeça apresentou maiores teores de linoleico, araquidônico, EPA e DHA. Na fração dos FL as maiores concentrações de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa foi observada no filé e o ácido linoleico e α -linolênico na cabeça. Os filés dos tambaquis podem ser classificados como semi-gordos e de baixo teor de gordura. O maior conteúdo de EPA e DHA em 100g foram observados no filé e nas cabeças dos peixes da propriedade C e no tecido adiposo da cavidade ocular dos peixes da propriedade B. O tecido adiposo da cavidade ocular apresentou a maior concentração de EPA e DHA em 100g, seguido do filé e posteriormente da cabeça.

Palavras-chave: frações lipídicas; peixe de água doce; piscicultura; resíduos

COMPOSITION OF FATTY ACIDS OF TAMBAQUI LIPIDS (*Colossoma macropomum*), NATIVE FISH IN THE AMAZON

ABSTRACT- Tambaqui is the most cultivated native species of fish in the country, mainly in the Northern Region. Fish are a food that present nutritional quality, mainly in their lipid composition, since they can supply polyunsaturated long chain fatty acids, such as eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA). The fatty acid composition of fish may differ according to some factors such as culture conditions, part of the body analyzed and lipid fractions. The objective of this work was to determine the composition of total lipid fatty acids (TL) in the fillets, heads and eye tissue of the tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivated in Cantá and Boa Vista - Roraima BR, and the composition of fatty acids in the fraction of neutral lipids (NL) and phospholipids (PL) in fillet and head. The tambaquis were collected in fish farms in the municipality of Cantá-RR and Boa Vista-RR, the fillet, head and adipose tissue of the ocular cavity were separated to extract the total lipids. Subsequently, the fractions of NL and PL were separated. In the TL, the composition of fatty acids and their nutritional quality were determined in the three analyzed parts and, in the NL and PL of fillet and head. NL were the majority lipid fractions extracted from total lipids. In the fillet and in the head the highest concentrations of linoleic and α -linolenic acid were accumulated in higher amounts in NL and the polyunsaturated fatty acids of long chain in PL. In the TL, linoleic acid, α -linolenic acid and EPA presented the highest concentrations in the adipose tissue of the ocular cavity, while the arachidonic and DHA in the fillet. In the NL the α -linolenic presented higher content in the fillet while the head showed higher levels of linoleic, arachidonic, EPA and DHA. In the fraction of PL, the highest concentrations of long-chain polyunsaturated fatty acids were observed in fillet and linoleic and α -linolenic acid in the head. Tambaquis can be classified as semi-fat and low-fat fish. The highest content of EPA and DHA in 100g were observed in the fillet and fish heads of the C property and in the adipose tissue of the ocular cavity of the fish of the B property. The adipose tissue of the ocular cavity showed the highest concentration of EPA and DHA in 100g, followed by the filet and then the head.

Keywords: lipid fractions; freshwater fish; fish farming; waste

LISTA DE ABREVIATURAS

AA – Ácido araquidônico.

AGMI - Ácidos graxos monoinsaturados.

AGPI - Ácidos graxos poliinsaturados.

AGS – Ácidos graxos saturados.

Ar sintético – Mistura de gases nitrogênio e oxigênio.

DHA – Ácido docosaexaenoico.

EPA – Ácido eicosapentaenoico.

FAO - Organização para Alimentação e Agricultura das Nações Unidas

FL – Fosfolipídios.

H/H – Razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos/hipercolesterolêmicos.

IA – Índice de aterogenicidade.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IT – Índice de trombogenicidade.

LN -Lipídios Neutros.

LT - Lipídios totais.

N₂ – Gás nitrogênio.

n-3 – Ácidos graxos da família ômega 3.

n-6 – Ácidos graxos da família ômega 6.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição centesimal do filé e da cabeça dos tambaquis (<i>C. macropomum</i>), teor de umidade e lipídios totais do tecido adiposo da cavidade ocular em função das propriedades	28
Tabela 2. Lipídios neutros (LN) e fosfolipídios (FL) do filé, cabeça e tecido adiposo da cavidade ocular dos tambaquis (<i>C. macropomum</i>) em função da propriedade ...	30
Tabela 3. Composição de ácidos graxos, somatório, razões e índices de qualidade nutricional dos lipídios totais (mg/g de lipídios) do filé de tambaqui (<i>C. macropomum</i>) em função da propriedade	31
Tabela 4. Composição de ácidos graxos, somatório, razões e índices de qualidade nutricional dos lipídios totais (mg/g de lipídios) da cabeça de tambaqui (<i>C. macropomum</i>) em função da propriedade	35
Tabela 5. Composição de ácidos graxos, somatório, razões e índices de qualidade nutricional dos lipídios totais (mg/g de lipídios) do tecido adiposo da cavidade ocular de tambaqui (<i>C. macropomum</i>) em função da propriedade	38
Tabela 6. Composição de ácidos graxos, somatório, razões e índices de qualidade nutricional dos lipídios neutros (mg/g de lipídios) do filé de tambaqui (<i>C. macropomum</i>) em função da propriedade	41
Tabela 7. Composição de ácidos graxos, somatório, razões e índices de qualidade nutricional dos lipídios neutros (mg/g de lipídios) da cabeça de tambaqui (<i>C. macropomum</i>) em função da propriedade	43
Tabela 8. Composição de ácidos graxos, somatório, razões e índices de qualidade nutricional dos fosfolipídios (mg/g de lipídios) filé de tambaqui (<i>C. macropomum</i>) em função da propriedade	45

Tabela 9. Composição de ácidos graxos, somatório, razões e índices de qualidade nutricional dos fosfolipídios (mg/g de lipídios) da cabeça do tambaqui (<i>C. macropomum</i>) em função da propriedade	47
Tabela 10. Comparação dos ácidos graxos de interesse entre as partes analisadas, lipídios totais e suas frações (mg/g de lipídios)	49
Tabela 11. Comparação dos somatórios e razões dos ácidos graxos entre as partes analisadas, lipídios totais e suas frações (mg/g de lipídios)	51
Tabela 12. Comparação dos índices de qualidade e razão dos ácidos graxos entre as partes analisadas, lipídios totais e suas frações.....	53
Tabela 13. Concentrações de EPA e DHA do filé, cabeça e tecido adiposo da cavidade ocular, somatório destes ácidos graxos em mg por 100g e a quantidade diária para suprir as necessidades de EPA e DHA do indivíduo nos lipídios totais de tambaqui.....	54

1. INTRODUÇÃO

A produção mundial de pescado vem aumentando a cada ano, reflexo principalmente do crescimento da produção aquícola que em 2016 atingiu 110,2 milhões de toneladas, sendo 41,26% maior do que a produção de 2010. Do total de pescado produzido em 2016, 54 milhões de toneladas corresponderam a produção de peixes (FAO, 2019).

No Brasil, em 2016 foram produzidos 581,23 mil toneladas de pescado pela aquicultura, e mais de 87% corresponderam a produção de peixes (FAO, 2019). Cada região brasileira é dedicada ao cultivo do peixe que possui maior aceitação pelos consumidores, por exemplo no Norte predominam peixes como o tambaqui (*Colossoma macropomum*) e o pirarucu (*Arapaima gigas*) (Brasil, 2014). O tambaqui é uma espécie nativa das bacias dos rios Amazonas e Orinoco. Em 2016 foi a espécie nativa mais produzida no país, principalmente na Região Norte, tendo como principais produtores o estado de Rondônia, Amazonas e Roraima (IBGE, 2017).

Os peixes são um alimento que apresentam qualidade nutricional, principalmente na sua composição lipídica, pois podem fornecer ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa, como o ácido eicosapentaenoico (EPA-C20:5) e o ácido docosaexaenoico (DHA-C22:6), da série ômega 3 (n-3), que são importantes para a saúde do sistema cardiovascular (Baum et al., 2012), atuando também no tratamento de diabetes (Djoussé et al., 2011), artrite (Calder, 2008), depressão (Wani et al., 2015) e câncer (Van der Meij et al., 2012), além de estarem ligados ao bom desenvolvimento da visão e do cérebro (Calder, 2008; San Giovanni, 2000).

A composição de ácidos graxos e nutricional dos peixes pode diferenciar conforme a espécie e, na mesma espécie, de acordo com a dieta, sexo, idade, época do ano, ambiente, temperatura, condições de cultivo, além da parte do corpo analisada (Arbeláez-Rojas et al., 2002; Silva et al., 2002). Também pode existir uma diferença na composição de ácidos graxos nas frações de lipídios neutros e fosfolipídios, pois os fosfolipídios (lipídios estruturais) possuem maiores concentrações de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa comparado aos lipídios neutros, que são lipídios de reserva energética (Ibeas et al., 1995).

Do peixe geralmente é aproveitado cerca de 49%, referente a porção comestível, os demais 51% constituem os resíduos: pele, vísceras, aparas de filetagem, cabeça e espinha dorsal (Rubio-Rodríguez et al., 2012). No entanto, esses resíduos podem conter ácidos graxos essenciais. EPA e DHA já foram detectados nas cabeças de carpas indianas (*Catla catla* e *Labeo rohita*) (Murthy et al., 2014) e também no tecido adiposo da cavidade ocular do matrinxã (*Brycon cephalus*) (Almeida e Franco, 2007). Devido a isso, conhecer a composição de ácidos graxos em resíduos de peixes pode ser útil para evitar o descarte de partes que podem ser uma fonte de baixo custo para a produção de ácidos graxos n-3 destinado ao consumo humano ou animal.

O conhecimento da composição de ácidos graxos na porção comestível e resíduos de peixe nativo de água doce pode ser importante para incentivar o seu consumo e o aproveitamento de partes que seriam descartadas, pois as pesquisas sobre ácidos graxos em peixes estão mais voltadas para a composição dos lipídios totais na porção comestível de peixes marinhos. Os peixes de água doce, como o tambaqui, também podem apresentar concentrações significativas de ácidos graxos poliinsaturados em sua porção comestível e em seus resíduos, podendo haver uma variação da composição e concentração dos ácidos graxos conforme o manejo de cultivo, a classe lipídica e o tecido analisado.

Diante desse contexto, objetivou-se determinar a composição de ácidos graxos de lipídios totais (LT) nos filés, cabeças e tecido adiposo da cavidade ocular do tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivado em Cantá- RR e Boa Vista-RR, bem como determinar a composição de ácidos graxos na fração de lipídios neutros (LN) e fosfolipídios (FL) no filé e na cabeça.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Panorama geral da produção aquícola

De acordo com a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2019), a produção aquícola mundial atingiu 110,2 milhões de toneladas em 2016, deste total, mais de 54 milhões de toneladas corresponderam a produção de peixes, 17,1 milhões de toneladas de moluscos, 7,8 milhões de toneladas de crustáceos e 9,3 milhões de toneladas de outros animais aquáticos.

Entre os grupos de pescado cultivados pela aquicultura, são produzidos cerca de 362 espécies de peixes. Dentro do setor, a produção de peixes, ou piscicultura, em escala continental é o tipo de atividade aquícola mais comum no mundo. No período de 2005-2014, a produção piscícola cresceu 5,8% ao ano e foi responsável por 65% do aumento da produção de peixes neste período (FAO, 2016). A piscicultura é uma atividade que se destaca entre os ramos da aquicultura devido a sua facilidade de execução, diversidade de sistemas de criação, produtividade, qualidade nutricional, valor de mercado dos peixes e demanda pelo consumo (França e Pimenta, 2012).

No Brasil, em 2016 a produção aquícola atingiu 581,23 mil toneladas de pescado, 87,2% corresponderam a produção de peixes e 8,98% a produção de camarões (FAO, 2019). A produção de peixes foi 4,4% maior com relação ao ano de 2015, que chegou a 483,24 mil toneladas (IBGE, 2016).

Em 2016, houve um aumento na produção de peixes em algumas regiões do país em relação a 2015: a Região Norte registrou um crescimento de 1,4%, o Sul 6,9% e Sudeste 43,1%. Nas Regiões Nordeste e Centro-Oeste a produção caiu 7,8% e 11,8%, respectivamente. Entre as unidades federativas brasileiras que mais produziram peixes, o Estado de Rondônia manteve a primeira posição com 90,64 mil toneladas de peixes, o Paraná continuou na segunda posição com 76,06 mil toneladas e o Estado de São Paulo subiu para a terceira posição produzindo 48,35 mil toneladas. O estado de Roraima ocupou o 14º lugar com uma produção de 10,47 mil toneladas (IBGE, 2017).

Existe uma diferença nas espécies cultivadas conforme as regiões do país. Na região Norte, predominam peixes como o tambaqui (*Colossoma macropomum*) e

o pirarucu (*Arapaima gigas*). No Centro-Oeste, os destaques são o tambaqui, o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e o pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*). No Nordeste e Sudeste, a preferência é pela tilápia (*Oreochromis niloticus*). No Sul predominam as carpas (*Cyprinus carpio*) e as tilápias (Brasil, 2014).

Entre os peixes cultivados no Brasil, o tambaqui é a espécie nativa mais cultivada, contribuindo com 27% do total de peixes produzidos em 2016, com uma produção de 136,99 mil toneladas. Esta espécie é a mais cultivada no Norte do País, onde foram produzidos 79,8% do total nacional de tambaqui em 2016. Entre os estados da região Norte, Rondônia é o principal produtor da espécie, seguido do estado do Amazonas e Roraima (IBGE, 2017).

Os produtos da pesca e aquicultura são importantes fontes de alimentos, contribuindo para a segurança alimentar e nutricional de milhares de pessoas em todo o mundo. Ao longo dos anos tem-se observado o aumento no consumo de pescado, por exemplo em 2013, foram consumidos mundialmente 19,7 kg de pescado/pessoa, já em 2014 este consumo foi de 20 kg. Este fato está associado principalmente ao intenso crescimento da aquicultura, que atualmente fornece metade de todos os peixes destinados ao consumo humano, contribuindo assim para a exploração da pesca a um nível sustentável ao reduzir sua pressão sobre os rios e oceanos (FAO, 2016).

No Brasil, também vem sendo observado aumento no consumo de pescado pela população brasileira. Em 2014, o consumo de pescado pelo brasileiro foi estimado em 10 kg/pessoa, um aumento de cerca de 250% com relação aos 4 kg consumidos nos anos de 2008 e 2009, no qual a população da região Norte consumia 17,5 kg de pescado, quatro vezes mais do que a média nacional (Brasil, 2014; IBGE, 2010). Pesquisas que demonstrem a qualidade nutricional dos peixes são importantes para contribuir para o aumento no consumo nacional de pescado.

2.2. Tambaqui (*Colossoma macropomum*), peixe nativo da Amazônia

O tambaqui, é um peixe nativo que apresenta potencial para a criação comercial, sendo a segunda espécies de peixe de água doce mais cultivada no Brasil (IBGE, 2016). É um peixe tropical nativo das bacias dos rios Amazonas e

Orinoco, pertencente a classe *Osteichthyes*, ordem dos *Characiformes* e a família *Serrasalminidae*. Na Bacia Amazônica já foram capturados exemplares de até 30 Kg. O tambaqui é a segunda maior espécie de peixe de escamas de águas interioranas do país (Menezes, 2005). Ele vem sendo difundido em diversas regiões do país e do continente sul-americano devido ao crescimento e desenvolvimento da piscicultura (Dairiki e Silva, 2011). De acordo com Izel et al. (2013), o tambaqui é cultivado em todos os estados do Brasil, exceto em Santa Catarina e Rio Grande do Sul, por necessitar de águas quentes para seu melhor desempenho zootécnico.

O tambaqui em seu *habitat* natural tem preferência por águas claras, podendo migrar para águas escuras em busca de alimento (Casanova, 2008), seu hábito alimentar é onívoro, com preferência por sementes e frutos (Dairiki e Silva, 2011). Possui dentes molariformes, adaptados para consumir sementes, e rastros branquiais para a retenção de zooplâncton utilizados na sua alimentação. Na fase juvenil se alimentam de frutas, sementes, zooplâncton e fitoplâncton. Na fase adulta sua alimentação é constituída principalmente de sementes. Em cativeiro, esta espécie aceita facilmente a ração comercial (Gomes et al., 2004).

Em 2016, a produção de tambaqui chegou a 136,99 mil toneladas, ultrapassando as 111,08 mil toneladas produzidos em 2011 (Brasil, 2011; IBGE, 2017). Este fato se deve às características zootécnicas e de adaptação da espécie que se destaca por: rusticidade, hábito alimentar onívoro-filtrador, possível de ser reproduzido em cativeiro, resistência a elevadas temperaturas, resistência ao manuseio e enfermidades, facilidade de comercialização, rápido ganho de peso quando bem manejado, chegando a pesar de 2 a 3 kg em um ano de cultivo. Além disso, apresenta elevado valor comercial e possui valor nutricional em sua carne (Mendonça et al., 2009; Pedrosa Filho et al., 2016).

O tambaqui é produzido em sistemas de criação que vão desde o cultivo em sistema semi-intensivo em viveiros escavados, comum nas regiões Norte, Centro-oeste, Nordeste e Sudeste, até o cultivo extensivo em grandes barragens, principalmente no Sudeste do Tocantins (Pedrosa Filho et al., 2016). Também existem relatos de pesquisas de cultivo de tambaqui em canais de irrigação (Silva et al., 2013). Seu ciclo de produção pode ser concluído de 10 a 12 meses, com densidade de estocagem de 10 juvenis/m² na fase de recria, com sobrevivência

média de 85%, densidade de engorda de 3.250-4000 peixes/hectare na fase de terminação com peso médio de venda de 1,8 kg em 10 meses e 3,1 kg em 12 meses, com rendimento de 10.075 kg/ hectare/ano (Dairiki e Silva, 2011; Melo et al., 2001).

Em Tocantins e Roraima, existe empresas que trabalham com seu cultivo em áreas superiores a 400 hectares de lâmina d'água, produzindo peixes com peso final de 2,5 kg. Piscicultores familiares produzem peixes de 0,8 a 2,5 kg. O crescimento da cadeia produtiva é impulsionado pela rusticidade da espécie, boa margem de lucro, aceitação pelo mercado consumidor e seu interesse por cortes de peixe mais elaborados, nos quais o tambaqui se destaca pela possibilidade de cortes como banda de tambaqui, filé sem espinhas, costela e lombo sem espinhas (Pedrosa Filho et al., 2016). Assim, as características biológicas, zootécnicas e mercado consumidor, fazem com que a espécie tenha grande importância para a piscicultura brasileira, que apresenta potencial para aumentar sua participação na produção de pescado nacional e com isso atender os mercados interno e externo (Barçante e Sousa, 2015).

2.3. Composição de ácidos graxos em peixes de água doce

Os peixes são fonte lipídica de elevada qualidade e possuem quantidades significativas de ácidos graxos essenciais. Alguns trabalhos demonstram o perfil de ácidos graxos dos peixes de água doce, evidenciando que esses peixes podem ser fontes de ácidos graxos, por exemplo em tambaqui (*Colossoma macropomum*), alguns pesquisadores utilizando metodologias diferentes já determinaram a sua composição de ácidos graxos.

Petenuci et al. (2016) observaram a presença de 26 ácidos graxos no período da cheia e no período da seca, apresentando os maiores índices de ácido graxo poliinsaturados entre as espécies estudadas, piau três pintas (*Leporinus friderici*), curimatã (*Prochilodus nigricans*), piraíba (*Brachyplatystoma filamentosum*) e dourada (*Brachyplatystoma flavicans*).

Maia (1992), detectou 42 ácidos graxos nos lipídios totais de tambaquis cultivados em Pirasununga-SP, apresentando como ácidos graxos principais: oleico (18:1n-9), palmítico (16:0), esteárico (18:0), linoleico (18:2n-5) e palmitoleico (16:1n-

7). O total de ácidos graxos saturados foi de 40,2%, os monoinsaturados 47,5% e os poliinsaturados 2,5%.

Em tambaqui cultivado no estado da Paraíba, Souza (2015) detectou 33 ácidos graxos nos lipídios totais do filé, tendo como ácidos graxos majoritários o oleico (18:1n9), palmítico (16:0), esteárico (18:0) e linoleico (18:2n6). O somatório dos ácidos graxos monoinsaturados foi superior em comparação com os saturados.

Em qualquer espécie de peixe a composição centesimal, o conteúdo de ácidos graxos e seu perfil pode variar conforme a dieta, sexo, idade, época do ano, ambiente, temperatura e a parte do corpo analisada (Arbeláez-Rojas et al., 2002; Silva et al., 2002). Nos peixes de água doce, assim como os peixes marinhos, a quantidade e a qualidade dos ácidos graxos está relacionada principalmente a fonte alimentar. Para os peixes de água doce cultivados em viveiros a fonte dietética é o principal fator que influencia na composição dos ácidos graxos dos lipídios totais (Jabben e Chaudhry, 2011).

Pereira et al. (2018), testando fontes lipídicas para a alimentação de tambaquis (*Colossoma macropomum*), encontraram 17 ácidos graxos nos peixes alimentados com os três tipos de óleo (milho, linhaça e peixe), em que a maior concentração de eicosapentaenoico (EPA) e docosaexaenoico (DHA) foi observada nos tambaquis alimentados com óleo de peixe, além da maior proporção de ácidos graxos ômega 3, monoinsaturados (AGMI) e poliinsaturados (AGPI).

Almeida et al. (2008), observaram que o tambaqui capturado no *habitat* natural no período da seca apresentou maior conteúdo de EPA e DHA e os peixes de cultivo foram inferiores aos peixes selvagens em relação a quantidade de AGPI e razão ômega 6/ômega 3.

Carbonera et al. (2014), analisando o perfil lipídico de peixes selvagens e de cultivo de diversas espécies disponíveis na literatura, observaram que os peixes selvagens apresentaram maior proporção de ácidos graxos poliinsaturados totais, um conteúdo de ômega 3 superior aos ômega 6, além de uma menor relação ômega 6/ômega 3. Essas características se referem ao tipo de alimento disponível para os peixes. Os peixes selvagens possuem uma dieta com maior disponibilidade de alimentos de origem vegetal, como sementes, o que favorece a maior proporção de ácidos graxos poliinsaturados.

Os peixes marinhos podem conter maiores concentrações de ácidos graxos poliinsaturados, principalmente da família ômega 3, reflexo principalmente da sua alimentação, porém os peixes de água doce possuem a capacidade de converter ácido linoleico em ácido araquidônico (AA) e o α -linolênico em eicosapentaenoico (EPA) e docosaexaenoico (DHA), isto se dá através da dessaturação e alongamento da cadeia a partir da atividade enzimática (Memon et al., 2011; Tocher, 2010). Inhamuns e Franco (2008), em seus estudos sugeriram que o alto teor de DHA e EPA em filé de tucunaré (*Cichla sp*) se deve à presença de D4-dessaturase que atua na conversão em EPA e DHA, resultando no acúmulo de tais ácidos graxos no tecido muscular deste peixe de água doce.

Segundo Li et al. (2011), algumas espécies de peixes de água doce de cultivo apresentam ácidos graxos de qualidade semelhante a espécies marinhas e superiores a espécies selvagens de água doce. Os autores observaram também que os peixes de água doce de cultivo apresentaram um maior percentual de ácido graxo poliinsaturado total, n-3, EPA e DHA em relação aos peixes selvagens de água doce. Entre os peixes de cultivo avaliados, duas espécies de carpas, a *Ctenopharyngodon idella* e *Cyprinus carpio* L., apresentaram teor de ácido graxo poli-insaturado n-3 semelhantes a espécies de peixes marinhas.

Rodrigues et al. (2017), ao avaliarem o perfil lipídico de matrinxã (*Brycon cephalus*), tucunaré (*Cichla ocellaris*), curimatá (*Prochilodus lineatus*), piau três pintas (*Leporinus friderici*) e pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) provenientes de pisciculturas do Brasil, observaram a predominância de ácido oleico (18:1n-9) em todas as espécies e um alto teor de ácidos graxos poliinsaturados. Os ácidos graxos ômega 3 representaram a maior proporção entre os ácidos graxos poliinsaturados totais, representados por 30,7 a 45% de DHA e 10,5 a 13,8% de EPA.

Espécies da família *Cichlidae*, onde está inclusa a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), podem conter 50% de ácidos graxos poliinsaturados na sua composição total, com uma maior proporção de ácidos graxos ômega 3 em relação aos ômegas 6 (2:1). Entre os ômegas 3 pode ser observada a presença de ácido eicosatetraenoico, DHA e EPA. E entre os ômegas 6 destacam-se o ácido linoleico e o araquidônico (Ugoala e Ndukwe, 2016).

Em traíra (*Hoplias malabaricus*) e pintadinho (*Drymophila squamata*), espécies de peixes de água doce, Torres et al. (2012) observaram que o total de ácidos graxos insaturados foi superior ao total de ácidos graxos saturados. A traíra apresentou o maior conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados, ácido graxo linoleico (18:2n-6), linolênico (C18:3n-3), araquidônico (20:4) e menor proporção do ácido eicosapentaenoico (20:5n-3) e docosaexaenoico (C22:6n-3). O pintadinho apresentou alto conteúdo em ácidos graxos monoinsaturados, palmítico (16:0), esteárico (18:0) e docosaexaenoico.

2.4. Composição de ácidos graxos nos lipídios neutros (LN) e fosfolipídios (FL) em peixes de água doce

Nos lipídios totais de peixes pode existir uma variedade na composição de ácidos graxos, distribuídas em duas classes principais: lipídios neutros (LN) e fosfolipídios (FL). Nos estudos de Maia (1992), o primeiro pesquisador a trabalhar com fracionamento de lipídios em tambaqui (*Colossoma macropomum*), foi observado que os LN variaram de 88,7 a 92% e, os FL variaram de 7,5 a 10,1%. Na composição de ácidos graxos dos LN foram detectados 42 ácidos graxos, enquanto que nos FL foram detectados 33 ácidos graxos. Nas duas frações, o ácido graxo oleico, palmítico, esteárico e linoleico estavam presentes entre os ácidos graxos com maior percentual de área.

Almeida et al. (2008), na composição de ácidos graxos dos LN presentes no músculo de tambaqui de cultivo, encontraram entre os ácidos graxos principais o ácido graxo oleico (35,27%), palmítico (26,15%) e linoleico (8,77%). O somatório dos ácidos graxos saturados foi de 40,66%, os monoinsaturado 44,05% e os poliinsaturados de cadeia longa 12,84%. Nos FL foram encontrados entre os ácidos graxos principais, o ácido oleico (28,42%), palmítico (22,40%) e linoleico (8,47%). Nesta fração o somatório dos ácidos graxos saturados foi de 35,86%, os monoinsaturado 35,04% e os poliinsaturados de cadeia longa 24,51%.

Nos LN de filé e cabeça de tambaqui cultivado na Paraíba, os ácidos graxos principais foram o ácido oleico, palmítico e linoleico. O somatório dos ácidos graxos

monoinsaturados foi maior do que o somatório dos ácidos graxos saturados. Nos FL foram encontrados entre os ácidos graxos principais o ácido palmítico, oleico e esteárico. Nesta fração o somatório dos ácidos graxos poliinsaturados no filé foi maior do que o somatório dos ácidos graxos saturados. Na cabeça o somatório dos ácidos graxos monoinsaturados foi maior do que o somatório dos ácidos graxos saturados (Souza, 2015).

No músculo de matrinxã (*Brycon cephalus*) de cultivo, os ácidos graxos com maior percentual de área apresentados nos LN foram: oleico (39,14%), palmítico (26,70%) e araquidônico (11,84%). Nos FL os ácidos graxos com maior percentual foram o ácido palmítico (15,93%), araquidônico (11,84%) e oleico (10,48%). Foi observado uma maior predominância de ácidos graxos monoinsaturados nos LN e poliinsaturados de cadeia longa, EPA e DHA nos FL (Almeida e Franco, 2007).

Maia et al. (1994), em curimatã (*Prochilodus scrofa*) detectaram 58 ácidos graxos nos LN e 44 ácidos graxos nos FL. Nos LN os valores de EPA e DHA variaram de 2,3 a 3,1% e 1,2 a 1,8%, respectivamente. Os FL apresentaram um percentual de EPA e DHA maior que os LN, com percentual de área de 6,3 a 10,6% para o EPA e 11,7 a 12,9% para o DHA.

Os LN do músculo e tecido adiposo da cavidade ocular de mapará (*Hypophthalmus* sp.) foi caracterizado por altas proporções de ácidos graxos saturados, seguidos dos monoinsaturados e poliinsaturados no período chuvoso e no período da seca. Nos FL foi observado altas proporções de ácidos graxos saturados, seguidos dos poliinsaturados e monoinsaturados nos dois períodos avaliados. Os ácidos graxos principais nos LN e FL foram o ácido palmítico, oleico, esteárico e palmitoleico (Inhamuns e Franco, 2001).

No tecido muscular de tilápias (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com óleo de linhaça, Souza et al. (2008) detectaram 45 ácidos graxos nos LN e FL e o teor de ácido linoleico, araquidônico, EPA e DHA foi maior nos FL em relação aos LN. No estudo de Tonial et al. (2012) com tilápias alimentadas também com óleo de linhaça, foi observado maior percentual de ácidos graxos poliinsaturados na fração dos FL e alta porcentagem de ácidos graxos saturados e monoinsaturados nos LN.

Em truta (*Capoeta trutta*) capturada em rio, Satar et al. (2012) detectaram nos LN um percentual de ácidos graxos monoinsaturados acima dos saturados e um

somatório de ácidos graxos ômega 3 (n-3) superior aos de ácidos graxos ômega 6 (n-6). Nos FL os ácidos graxos poliinsaturados apresentaram um percentual superior aos saturados e o somatório de n-3 também foi superior aos n-6.

Gomes et al. (2010) analisando os ácidos graxos presentes na porção muscular, fígado e ovários das frações lipídicas de acará (*Geophagus brasiliensis*) de reservatório, encontraram a maior porcentagem de ácidos graxos saturados nos lipídios neutros do fígado, representados principalmente pelo ácido palmítico e esteárico. Os ácidos graxos monoinsaturados estavam mais presentes na porção muscular e ovários da fração neutra e os poliinsaturados se encontravam em maior proporção na fração fosfolipídica dos ovários.

2.5. Ácidos graxos em resíduos de pescado

Os peixes são um alimento com elevada qualidade nutricional, porém apresentam um rendimento baixo, com elevada produção de resíduos. De acordo com Rubio-Rodríguez et al. (2012), de modo geral, do peixe é aproveitado cerca de 49%, referente a porção comestível, os demais 51% constituem os resíduos, sendo 6% de pele, 7% de vísceras, 10% de aparas de filetagem, 18% de cabeça e 10% de espinha dorsal. Esses resíduos, quando descartados, podem gerar impacto ao meio ambiente, principalmente se forem liberados em corpos de água (Markande et al., 2016).

Em virtude do pouco percentual que é aproveitado pela indústria processadora de pescado, anualmente são gerados cerca de 63,6 milhões de toneladas de resíduos no processamento desta matéria-prima. Geralmente mais de 45% do peso vivo dos peixes são descartados como resíduos (FAO, 2014; Rai et al., 2013). Diante da vasta quantidade de resíduos gerados é importante o desenvolvimento de meios para o seu aproveitamento, contribuindo para o aproveitamento integral desta matéria-prima, evitando o descarte de grandes quantidades de resíduos.

A partir dos resíduos dos peixes, é possível realizar a extração de lipídios, que além da utilização para a produção de biocombustíveis e alimentação animal também podem ser utilizados na alimentação humana, tendo em vista que o óleo de

peixe é uma fonte de ácidos graxos de alto valor nutricional como o EPA e o DHA (Liu et al., 2015; Simopoulos, 2016).

Na cabeça de tambaquis (*Colossoma macropomum*) provenientes de pisciculturas do estado da Paraíba, Souza (2015) detectou 33 ácidos graxos nos lipídios totais, tendo como ácidos graxos majoritários o oleico (18:1n-9), palmítico (16:0), esteárico (18:0) e linoleico (18:2n-6). Nos lipídios das cabeças também estavam presentes os ácidos EPA e DHA e, apresentaram um somatório de ácidos graxos monoinsaturados de 42,17% e poliinsaturados de 17,98%.

No tecido adiposo da cavidade ocular e na gordura da cavidade abdominal de tambaquis (*Colossoma macropomum*) de cultivo e em tambaqui capturado no período da cheia e no período da seca, Almeida et al. (2008) encontraram 15 ácidos graxos principais nos lipídios totais, entre eles foram observados a presença do ácido palmítico, oleico, linoleico, EPA e DHA. Também foi observado que a razão entre os ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa e os ácidos graxos saturados foi de 0,31 a 1,13 para o tecido adiposo da cavidade ocular e 0,22 a 0,44 para a gordura da cavidade abdominal. Almeida e Franco (2007), observaram a presença de conteúdo de ácidos graxos monoinsaturados, poliinsaturados e poliinsaturados de cadeia longa no tecido adiposo da cavidade ocular do matrinxã (*Brycon cephalus*).

Na composição de ácidos graxos dos lipídios totais do tecido adiposo da cavidade ocular de tilápia (*Oreochromis niloticus*) cultivada na Paraíba, Sousa et al. (2017) detectaram a presença do ácido graxo linoleico, α -linolênico, araquidônico, EPA e DHA, além de encontrarem um valor acima de 0,45 para a relação de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa e ácidos graxos saturados (AGPI-CL/AGS). Em vísceras de tilápia também foram observados a presença do ácido graxo linoleico, EPA e DHA nos lipídios totais (Souza et al., 2005).

Murthy et al. (2014), observaram nas cabeças frescas de carpas indianas (*Catla catla* e *Labeo rohita*), a presença de 13 ácidos graxos principais, e entre eles estavam presentes em maior concentração o ácido palmítico, oleico e α -linolênico. Nas cabeças frescas também foram detectados o EPA e o DHA.

Avaliando a recuperação lipídica por hidrólise enzimática em vísceras de carpas indianas (*Catla catla* e *Labeo rohita*), Hathwar et al. (2011) detectaram 13

ácidos graxos principais nas vísceras frescas. Entre eles estavam presentes os ácidos graxos essenciais, linoleico e o α -linolênico, além do EPA e DHA.

O aproveitamento dos resíduos do processamento dos peixes pode ser uma alternativa para reduzir o descarte de uma elevada quantidade de resíduos, pois este material pode conter uma composição adequada de ácidos graxos de interesse.

2.6. Importância dos ácidos graxos da família ômega 6 e 3 para a saúde

O benefício à saúde atrelado ao consumo de peixes está associado a qualidade dos ácidos graxos presentes no seu conteúdo lipídico. Entre os ácidos graxos, o EPA (20:5n-3) e o DHA (22:6n-3) são os mais associados aos benefícios a saúde humana, pois estão relacionados à prevenção de doenças cardiovasculares (Baum et al., 2012). A associação do consumo de peixes com os benefícios da saúde cardiovascular está relacionada a menor concentração de gorduras saturadas e colesterol, ao maior teor de ácidos graxos poliinsaturados da família ômega 3 (n-3) e a sua ação antiagregante plaquetária e antiarrítmica (Santos et al., 2013).

A redução do risco cardiovascular está associada principalmente ao consumo de ácidos graxos ômega 3. Os peixes são conhecidos por possuírem este tipo de ácidos graxos e o consumo da carne de peixe está relacionado com a redução da mortalidade e morbidade cardiovascular (Baum et al., 2012; Santos et al., 2013). Cada incremento de 20 g/dia no consumo de peixe pode contribuir para reduzir 7% das taxas de mortalidade por doenças coronarianas (He et al., 2004). De acordo com alguns estudos, 0,25 a 3 g de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa n-3 por dia pode ser suficiente para reduzir o risco da doença arterial coronariana (Mozaffarian e Rimm, 2006; Musa-Veloso et al., 2010).

Os ácidos graxos n-3 também estão associados a efeitos benéficos no metabolismo das lipoproteínas, coagulação e função das plaquetas, rigidez arterial e função no endotélio (Mozaffarian et al., 2003). O consumo de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 de cadeia longa estão associados a uma menor chance do desenvolvimento de diabetes e a melhora da sensibilidade a insulina (Djoussé et al., 2011). Também pode melhorar casos de artrite e está ligado ao bom desenvolvimento da visão e do cérebro (Calder, 2008; San Giovanni, 2000).

Nem todos os ácidos graxos trazem benefícios a saúde, quantidades elevadas de ácidos graxos ômega 6 podem causar distúrbios cardiovasculares, devido a formação de trombos e ateromas. Isto sugere que o consumo desses ácidos graxos deve ser em quantidades baixas para evitar complicações cardíacas (Mozaffarian e Wu, 2011; Liu et al., 2015). O ácido araquidônico (20:4n-6) por exemplo, produz mediadores lipídicos bioativos predominantemente inflamatórios, enquanto o EPA e DHA produzem metabólitos anti-inflamatórios (Mozaffarian e Wu, 2011). Apesar do ácido araquidônico ser pro inflamatório ele ainda é importante pois, juntamente com o DHA atua na melhora da acuidade visual em crianças (Birch et al., 2010; Drover et al., 2011).

Os ácidos graxos também estão relacionados com o tratamento da esquizofrenia e depressão. Em um estudo utilizando suplementação de 700 mg de EPA e 480 mg de DHA em um período superior a 12 meses, foi capaz de reduzir o risco de progressão da psicose em jovens com estados psicóticos subliminares (Amminger et al., 2010). Alguns pacientes com transtornos depressivos apresentam déficits de ácidos graxos n-3 no sangue comparado com indivíduos saudáveis (Wani et al., 2015). A suplementação com ômega 3 pode corrigir a sua falta no sangue e reduzir os sintomas da depressão. Isto se deve à necessidade de um balanço adequado entre os ácidos graxos ômega 3 e 6, essencial para o funcionamento neural normal (Barbosa et al., 2007).

Pesquisas demonstram os benefícios da ingestão de ácidos graxos n-3 para a prevenção e intensificação do tratamento de câncer. De acordo com o estudo de Gago-Dominguez et al. (2004), mulheres chinesas que possuíam dietas baseadas na ingestão de peixes ricos em ômega 3 apresentaram 30% menos risco para o desenvolvimento de câncer de mama. O consumo de peixe também favorece menores chances de risco metastático em pacientes com câncer de próstata (Massaro et al., 2006; Reese et al., 2009). A utilização da suplementação com 2,02 g de EPA e 0,92 g de DHA também foi capaz de ajudar a melhorar a qualidade de vida de pacientes com câncer de pulmão (Van der Meij et al., 2012).

É nítido que o consumo de ácidos graxos pode trazer benefícios a saúde como um todo, atuando na prevenção de doenças e auxiliando no seu tratamento, não apenas aquelas relacionadas ao sistema cardiovascular. Os ácidos graxos de

boa qualidade nutricional associados a hábitos de vida saudáveis favorecem a manutenção da saúde e da qualidade de vida.

2.7. Qualidade nutricional dos ácidos graxos em peixes

Os peixes se destacam nutricionalmente de outros alimentos de origem animal por conterem vitaminas lipossolúveis A e D, minerais como o cálcio, fósforo, ferro, cobre e selênio. As proteínas dos peixes contêm todos os aminoácidos essenciais para o ser humano com elevado valor biológico, são excelentes fontes de aminoácidos: lisina, metionina e cisteína. Na composição lipídica dos peixes se encontra elevada proporção de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa com cinco ou seis duplas ligações conhecidos por serem benéficos a saúde (Ababouch, 2015).

Para avaliar a qualidade dos ácidos graxos é útil determinar o índice de aterogenicidade, trombogenicidade e a relação entre os ácidos graxos hipocolesterolêmicos/hipercolesterolêmicos (H/H). Em relação aos índices de trombogenicidade (IT) e aterogenicidade (IA), quanto menor for o valor desses índices melhor será a qualidade dos lipídios. Estes índices não consideram apenas os grupos de ácidos graxos, mas o seu efeito no organismo (Ulbricht e Southgate, 1991). O IT relaciona o teor de ácidos graxos saturados protrombóticos (mirístico, palmítico e esteárico) com o conteúdo de monoinsaturados e poliinsaturados n-3 e n-6 que são antitrombóticos, indicando a potencialidade dos lipídios na formação de coágulos nos vasos sanguíneos (Senso et al, 2007). O IA é baseado nas informações sobre o efeito que os ácidos graxos possuem sobre o colesterol, principalmente na formação de LDL (*low density lipoprotein*) e HDL (*high density lipoprotein*) (Santos-Silva et al., 2002).

Na razão H/H, quanto maior o valor melhor será a qualidade dos lipídios, indicando maior potencial de prevenção do aumento do colesterol sérico, pois mostra a razão entre os ácidos graxos que reduzem o colesterol sérico (oleico, linoleico, α -linolênico, EPA, docosapentaenoico e DHA) e aqueles que contribuem para o seu aumento (mirístico e palmítico) (Ascherio e Willett, 1995; Santos-Silva et al., 2002).

Em filé de tambaqui (*Colossoma macropomum*), Petenuci et al. (2016) obtiveram valores para os IA de, 0,42 para o período da seca e 0,36 para o período da cheia, o IT de 0,65 para o período da seca e 0,51 para o período da cheia e, a razão H/H foram de 2,24 e 2,66 para o período da seca e cheia, respectivamente.

Em filé e cabeça de tambaqui (*Colossoma macropomum*), Souza (2015) encontrou valores próximos para os índices e razão. Nos lipídios totais do filé, o valor médio para o IA, IT e H/H foram de respectivamente, 0,51, 0,84 e 1,89. Na cabeça, o autor encontrou um valor médio de 0,52 para o IT, 0,84 para o IA e 1,89 para a razão H/H.

Nos lipídios totais de filé e fígado de tilápia (*Oreochromis niloticus*) cultivada na Paraíba, Sousa (2013) verificou que o IA variou respectivamente de 0,54 a 0,58 e 0,73 a 0,79; o IT foi de 0,67 a 0,72 e 1,06 a 1,15; a razão H/H variou de 1,83 a 1,78 e 1,38 a 1,83.

Sousa et al. (2017), no tecido adiposo da cavidade ocular de tilápia cultivada na Paraíba, verificaram que o IA variou de 0,49 a 0,58; o IT foi de 0,55 a 0,74 e a razão H/H variou de 1,92 a 2,18.

Os resultados para os índices de qualidade obtidos por Tonial et al. (2011), em tilápias alimentadas com óleo de soja foram de: 0,49 a 0,76 para o IA; 0,90 a 1,09 para o IT e 1,33 a 2,01 para a razão H/H. Os melhores valores para os índices e razão foram apresentados pela tilápias alimentadas com a ração durante o maior período avaliado, 90 dias.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Amostragem

Os tambaquis (*C. macropomum*) foram coletados no mês de fevereiro de 2018 em duas propriedades do município de Cantá-RR e uma propriedade do município de Boa Vista-RR com peso médio de $2,71 \pm 0,15$ kg e comprimento de $44,83 \pm 0,60$ cm. De cada piscicultura foram coletados três peixes que foram congelados e acondicionados em caixas isotérmicas com gelo. Os peixes foram transportados para o Laboratório de Ranicultura e Produtos da Aquicultura do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) para separação do filé, cabeça e tecido adiposo da cavidade ocular de cada exemplar. Este material foi triturado, liofilizado em liofilizador L101 (Liotop, São Paulo, Brasil) de acordo com o método de Pitombo (1989) e armazenado a -18 °C no Laboratório de Análise Físico-química de Alimentos do CCHSA/UFPB.

3.2. Determinação da composição química

Foi determinada a composição centesimal do filé sem pele e do resíduo cabeça. No tecido adiposo da cavidade ocular foram determinados o teor de umidade e lipídios totais. Todas as análises foram feitas em triplicata e os resultados foram expressos em base úmida.

O teor de umidade foi determinado no Laboratório de Físico-química de Alimentos do CCHSA/UFPB, obtido de acordo com o método de Pitombo (1989). O resíduo mineral fixo e teor de proteína total foram determinados no Laboratório de Nutrição Animal e Análise Avançada de Alimentos do CCHSA/UFPB de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

O teor de lipídios foi determinado no Laboratório de Química de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), utilizando o método de Folch et al. (1957). Os lipídios totais foram acondicionados em frascos âmbar, sob atmosfera de N_2 gasoso e estocado a -18 °C para análises posteriores. A fração *Nifext* (*nitrogen free extract*), que

compreende aos carboidratos, foi expressa subtraindo-se do valor de 100% o percentual das demais determinações conforme a equação 1:

$$Nifext (\%) = 100 - (\% \text{ umidade} - \% \text{ proteico} - \% \text{ lipídico} - \% \text{ mineral}) (Eq. 1)$$

3.3. Fracionamento dos lipídios totais em classes de lipídios neutros e fosfolipídios

Os lipídios totais (LT) foram fracionados em lipídios neutros (LN) e fosfolipídios (FL) no Laboratório de Química de Alimentos da FEA/UNICAMP. Para o fracionamento foi utilizado a cromatografia em coluna clássica de acordo com as especificações de Johnston et al. (1983), utilizando uma coluna de separação de 30 cm de comprimento por 2 cm de diâmetro interno, contendo 25 g de sílica gel 60 (70 – 230 mesh, Merck) como adsorvente.

As eluições dos LN e FL foram realizadas segundo o método descrito por Maia (1992) com modificações, utilizando como solventes: clorofórmio-acetona-metanol. A primeira fração constituída dos LN foi eluída com 100 mL de uma solução contendo 20% de acetona em clorofórmio. A segunda fração, correspondente aos FL foi eluída com 100 mL de metanol. Os solventes foram evaporados em evaporador rotativo com banho de água a temperatura de 45 °C sob vácuo e o solvente remanescente foi removido utilizando um fluxo de gás nitrogênio (N₂). Os LN e FL foram acondicionadas em frascos âmbar, sob atmosfera de N₂ gasoso e estocado a -18 °C para posteriores análises da composição de ácidos graxos. O fracionamento foi realizado em duplicata.

3.4. Ésteres metílicos de ácidos graxos

O preparo dos ésteres metílicos de ácidos graxos para a análise de ácidos graxos foi realizado conforme o método de Joseph e Ackman (1992), utilizando BF₃/metanol como agente esterificante. As etapas finais de cada processo foram realizadas sob atmosfera de N₂ gasoso. Este procedimento foi realizado em triplicata no Laboratório de Química de Alimentos da FEA/UNICAMP.

3.5. Análise de ácidos graxos

A composição de ácidos graxos dos ésteres metílicos foi determinada em triplicata no Laboratório de Química de Alimentos da FEA/UNICAMP utilizando cromatógrafo gasoso (Shimadzu, GC 2010, Kyoto, Japão) equipado com um injetor split (1/100) a 260 °C, detector de ionização em chama a 260 °C e coluna CPSIL 88 (100 m x 0,25 mm x 0,20 µm, Chromopack Middleburg, Netherlands). O volume injetado foi de 1,0 µL. A temperatura da coluna foi programada iniciando-se a 120 °C, mantida nesta temperatura por 8 min, aumentando para 160 °C, com taxa de 20 °C/min, mantendo-se essa temperatura por 4 min, aumentando novamente em seguida 3 °C/min até 195 °C, mantendo-se nesta temperatura por 10 min, aumentando 35 °C/min até 220 °C mantendo-se nesta temperatura por 3 min e finalmente aumentando 20 °C/min até 240 °C e mantendo-se nesta temperatura por 5 min, totalizando 46 min (Sancho et al., 2011). O gás de arraste utilizado foi o hidrogênio com velocidade linear de 20 cm/s. O nitrogênio foi utilizado como gás *make up* a 30 ml/min. A chama do detector foi produzida com 300mL/min de ar sintético. A identificação dos ésteres metílicos de ácidos graxos foi realizada por comparação dos tempos de retenção dos picos dos padrões (mistura de 37 ácidos graxos entre C4:0 - C24:0, Supelco, Bellefonte, PA, USA) com os tempos de retenção da amostra e co-cromatografia, utilizando o software *GC Solution*. A quantificação dos ácidos graxos foi determinada por comparação da área de cada éster metílico de ácido graxo com a área do padrão interno, utilizando 0,35 mg do éster metílico do ácido tricosanóico (C23:0) e os resultados foram expressos em mg/g de lipídios conforme método de Visentainer (2012).

3.6. Qualidade nutricional dos lipídios

A qualidade nutricional dos lipídios foi determinada pelo índice de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT), conforme Ulbrich e Southgate (1991), de acordo com as equações 2 e 3:

$$IA = \frac{C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0}{\Sigma AGMI + \Sigma n6 + \Sigma n3} \quad (Eq. 2)$$

$$IT = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{(0,5 \times \Sigma AGMI) + (0,5 \times \Sigma n6) + (3 \times \Sigma n3) + \left(\frac{\Sigma n3}{\Sigma n6} \right)} \quad (Eq. 3)$$

A razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos/hipercolesterolêmicos (H/H) foi calculado conforme Santos-Silva et al. (2002), de acordo com a equação 4:

$$H/H = \frac{C18:1n9 + C18:2n6 + C20:4n6 + C18:3n3 + C20:5n3 + C22:5n3 + C22:6n3}{C14:0 + C16:0} \quad (Eq. 4)$$

3.7. Delineamento e análises estatísticas

Para todas as análises foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos (propriedades) e três repetições para cada parte analisada. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), a nível de 5% de probabilidade, e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, utilizando o software *Statistical Analysis Systems-SAS®*(2012), licenciado para o CCHSA/UFPB. Para comparação entre as frações, o filé, cabeça e tecido adiposo da cavidade ocular foi utilizado a média obtida a partir dos resultados das propriedades.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição química

O teor de umidade no filé, cabeça e tecido adiposo da cavidade ocular não diferiram entre as propriedades (Tabela 1). Em tambaquis cultivados no estado da Paraíba, Souza (2015) obteve valores de 73,7 a 81,8% de umidade no filé e 54,16 a 65,39% de umidade na cabeça.

Tabela 1. Composição centesimal do filé e da cabeça dos tambaquis (*C. macropomum*), teor de umidade e lipídios totais do tecido adiposo da cavidade ocular em função das propriedades

Propriedade	Parte do corpo	Composição centesimal (%)				
		Umidade	Lipídios	Proteína	Minerais	Nifext
A	Filé	71,86±1,20 ^a	4,44±0,21 ^a	17,31±1,69 ^a	1,02±0,04 ^a	5,22±1,25 ^a
B		74,92±2,11 ^a	3,83±0,32 ^a	15,69±0,96 ^a	0,81±0,05 ^b	4,75±1,18 ^a
C		73,26±0,95 ^a	6,69±0,31 ^a	16,98±0,66 ^a	0,93±0,08 ^{ab}	3,14±1,86 ^a
A	Cabeça	60,28±1,64 ^a	7,29±0,98 ^b	10,12±0,85 ^a	7,34±1,81 ^b	14,95±1,19 ^a
B		48,28±1,39 ^a	6,47±0,42 ^b	12,15±2,91 ^a	13,46±3,11 ^a	19,63±3,47 ^a
C		60,57±2,8 ^a	9,46±0,47 ^a	9,68±1,56 ^a	7,96±1,05 ^b	12,31±2,42 ^a
A	Tecido ocular	56,10±2,75 ^a	16,05±1,33 ^b	nd	nd	nd
B		55,16±3,33 ^a	20,30±0,29 ^a	nd	nd	nd
C		55,64±2,41 ^a	18,98±0,28 ^a	nd	nd	nd

Resultados das médias e estimativas do desvio padrão. Propriedade A e B: município de Cantá-RR; Propriedade C: município de Boa Vista-RR. Nd= não determinado. Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna e em uma mesma parte do corpo indicam que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as propriedades pelo teste de Tukey.

Classificando os filés a partir do teor lipídico de acordo com a classificação de Ackman (1989), o filé dos tambaquis das propriedade A e C podem ser considerados “semi-gordo” (4-8% de gordura), enquanto que o filé dos peixes da propriedade B como de “baixo teor de gordura” (2-4% de gordura).

Com relação aos lipídios apresentados na cabeça, os peixes da propriedade C apresentaram o maior percentual de lipídios totais. Para o tecido adiposo da cavidade ocular, os peixes das propriedades B e C apresentaram os maiores percentuais. Podem ocorrer variações lipídicas entre indivíduos da mesma espécie e entre os tecidos e órgãos, pois a gordura não se distribui por igual em todo corpo do animal (Ordoñez et al, 2005).

O percentual proteico do filé e da cabeça não diferiram entre as propriedades. Valores superiores de proteína no filé foram encontrados por Lima et al. (2018), que obtiveram na porção comestível de tambaqui 18,3 a 19,2% de proteína. A composição centesimal dos peixes pode diferir entre espécies e até mesmo na mesma espécie, em função da dieta, fatores ambientais, idade, sexo, local de captura, estágio de maturação sexual, condições de cultivo e parte do corpo analisada (Arbeláez-Rojas et al., 2002; Li et al., 2013; Silva et al., 2002).

Em relação ao percentual de minerais do filé, os peixes da propriedade A apresentaram o maior percentual de resíduo mineral fixo, diferindo ($p < 0,05$) apenas dos peixes da propriedade B, que na cabeça apresentaram o maior percentual. Valores superiores aos encontrados no filé foram obtidos por Sales e Maia (2013) em tambaqui, obtendo valor médio de 2,7% de resíduo mineral fixo. Como explicado anteriormente, a composição centesimal pode diferir na mesma espécie conforme a alimentação, ambiente, idade, condições de cultivo, parte do corpo analisada, entre outros fatores.

O percentual proteico (9,68 a 12,15%) e de resíduo mineral fixo (7,34 a 13,46%) apresentados na cabeça do tambaqui demonstra que esse resíduo apresenta qualidade nutricional para o seu reaproveitamento. Stevanato et al. (2008) utilizou cabeças de tilápia (*Oreochromis niloticus*) para obtenção de farinha, que de acordo com os autores apresentou excelente valor nutritivo devido ao seu elevado teor proteico e de minerais. Esta farinha na forma de sopa apresentou aceitação por alunos do ensino fundamental e foi recomendada para merenda escolar.

Quanto a fração *nifext*, correspondente aos carboidratos, podemos observar que no filé e na cabeça os valores não diferiram entre as propriedades e se encontravam acima de 0,3 a 1,0% relatados por Ogawa e Maia (1999) para peixes em geral.

4.2. Fracionamento dos lipídios totais em classes de lipídios neutros e fosfolipídios

Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) para as frações de LN e FL entre as propriedades nas três partes analisadas (Tabela 2). Pode ser observado que os

lipídios neutros (LN) foram as frações lipídicas majoritárias extraídos dos lipídios totais de filés, cabeças e tecido adiposo da cavidade ocular dos tambaquis. Souza (2015) e Sales e Maia (2013) também obtiveram resultados semelhantes. Provavelmente isto se deve aos LN serem os lipídios de reserva energética e os FL serem geralmente considerados lipídios estruturais ou funcionais.

Tabela 2. Lipídios neutros (LN) e fosfolipídios (FL) do filé, cabeça e tecido adiposo da cavidade ocular dos tambaquis (*C. macropomum*) em função da propriedade

Propriedade	Parte do corpo	Classes de lipídios (%)		Recuperação (%)
		LN	FL	
A	Filé	78,32±1,76 ^a	10,76±1,49 ^a	89,07±0,26
B		65,74±2,07 ^a	10,31±0,99 ^a	76,04±3,07
C		79,49±1,86 ^a	11,95±2,11 ^a	91,44±1,74
A	Cabeça	80,33±1,22 ^a	6,78±1,94 ^a	87,11±0,72
B		79,07±4,63 ^a	11,69±1,06 ^a	90,76±5,68
C		74,72±2,91 ^a	15,22±3,18 ^a	89,94±0,28
A	Tecido ocular	80,74±2,80 ^a	11,85±2,39 ^a	92,60±5,20
B		66,78±1,63 ^a	11,97±0,18 ^a	78,75±1,81
C		78,36±1,18 ^a	10,83±2,41 ^a	89,19±1,22

Resultados das médias e estimativas do desvio padrão. Propriedade A e B: município de Cantá-RR; Propriedade C: município de Boa Vista-RR. Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna e em uma mesma parte do corpo indicam que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as propriedades pelo teste de Tukey.

Souza (2015), separando os LN e FL dos lipídios totais de tambaqui obteve no filé um percentual de LN que variou de 65,46 a 88,52% e, na cabeça a variação foi de 82,67 a 90,72%. Os valores de FL obtidos no presente estudo em filé e cabeça foram semelhantes aos obtidos por Souza (2015) que variou de 9,13 a 13,32% no filé e 3,66 a 9,76% na cabeça.

Sales e Maia (2013), observaram que os LN apresentaram média de 75,1% e os FL 23,3%. No presente estudo os valores da fração de LN do filé foram superiores aos obtidos por Sales e Maia (2013), enquanto que os FL foram inferiores.

A recuperação lipídica não chegou a 100%, havendo perdas durante o processo, essas perdas na separação cromatográfica estão associadas a retenção na coluna de produtos mais ácidos, de ácidos graxos livres e até alguns produtos

derivados da oxidação de lipídios (Lambertsen, 1972). O percentual de recuperação em média foi superior ao obtido por Souza (2015) e inferior ao apresentado por Sales e Maia (2013), que conseguiram uma recuperação de respectivamente 83,1% e 97,6%.

O fracionamento dos lipídios totais em classes de lipídios neutros e fosfolipídios é importante para o conhecimento dos ácidos graxos que constituem cada fração, contribuindo assim com informações que podem ser importantes para a indústria (Almeida, 2003).

4.3. Composição de ácidos graxos nos lipídios totais

Foram detectados 27 ácidos graxos nos lipídios totais dos filés (Tabela 3). Petenuci et al. (2016), analisando peixes da bacia amazônica, utilizando outra metodologia, detectaram 26 ácidos graxos na porção comestível do tambaqui. Melo Filho et al. (2013), analisando tambaqui cultivado em Roraima detectaram 24 ácidos graxos nos lipídios totais do filé, a partir de metodologia diferente.

Os principais ácidos graxos encontrados nos filés dos peixes, em ordem decrescente de concentração, foram o palmítico (16:0), esteárico (18:0), linoleico (18:2n-6) e palmitoleico (16:1n-7). Resultados semelhantes para os principais ácidos graxos foram encontrados por Petenuci et al. (2016) em filé de tambaqui.

O ácido graxo linoleico (18:2n-6), α -linolênico (18:3n-3) e o ácido araquidônico (20:4n-6) apresentaram as maiores concentrações nos filés dos peixes da propriedade B. Essa diferença dos peixes entre as propriedades provavelmente está relacionada a alimentação. Satar et al. (2012) sugere que altos níveis de ácido linoleico e α -linolênico são provavelmente causados por condições de alimentação favoráveis e que o ácido araquidônico pode originar-se da alimentação e/ou ser sintetizado pelo próprio peixe.

Tabela 3. Composição de ácidos graxos, somatório, razões e índices de qualidade nutricional dos lipídios totais (mg/g de lipídios) do filé de tambaqui (*C. macropomum*) em função da propriedade

Ácidos graxos	Propriedade		
	A	B	C
12:0	0,15±0,01 ^a	0,11±0,01 ^b	0,14±0,01 ^a
13:0	0,03±0,013 ^a	0,02±0,01 ^a	0,02±0,01 ^a
14:0	8,88±0,42 ^{ab}	7,54±0,23 ^b	9,28±0,84 ^a

Continua.

Ácidos graxos	Propriedade			Conclusão.
	A	B	C	
15:0	0,98±0,01 ^a	0,76±0,01 ^b	0,91±0,07 ^a	
16:0	273,78±8,90 ^a	251,55±8,21 ^a	263,55±5,84 ^a	
17:0	2,33±0,26 ^a	1,78±0,09 ^a	2,01±0,26 ^a	
18:0	90,86±1,49 ^a	95,99±3,57 ^a	95,45±1,04 ^a	
20:0	1,14±0,03 ^a	1,24±0,04 ^a	1,22±0,18 ^a	
21:0	0,17±0,03 ^a	0,10±0,06 ^a	0,16±0,06 ^a	
22:0	0,55±0,02 ^a	0,51±0,03 ^a	0,51±0,08 ^a	
ΣAGS	378,89±1,43^a	359,65±3,17^a	373,27±2,32^a	
14:1n-5	0,65±0,01 ^a	0,45±0,02 ^b	0,62±0,13 ^{ab}	
16:1n-7	23,86±0,92 ^a	16,86±0,59 ^b	26,24±2,65 ^a	
17:1n-7	1,33±0,10 ^a	1,20±0,15 ^a	1,35±0,09 ^a	
18:1n-9	3,28±0,10 ^a	2,93±0,14 ^a	3,07±0,28 ^a	
20:1n-9	9,15±0,20 ^b	10,54±0,32 ^a	8,58±0,82 ^b	
22:1n-9	0,10±0,01 ^a	0,12±0,01 ^a	0,08±0,02 ^a	
24:1n-9	0,23±0,04 ^a	0,25±0,03 ^a	0,28±0,06 ^a	
ΣAGMI	38,63±1,29^a	32,36±0,89^b	40,24±3,96^a	
18:2n-6	50,42±2,16 ^b	60,50±2,58 ^a	49,44±5,37 ^b	
18:3n-6	0,65±0,03 ^a	0,59±0,01 ^{ab}	0,53±0,05 ^b	
18:3n-3	3,48±0,13 ^b	4,97±0,34 ^a	3,97±0,25 ^b	
20:2n-6	2,44±0,17 ^b	3,76±0,15 ^a	2,63±0,22 ^b	
20:3n-6	3,17±0,15 ^a	3,37±0,16 ^a	3,12±0,42 ^a	
20:3n-3	0,21±0,01 ^a	0,32±0,04 ^a	0,25±0,08 ^a	
20:4n-6	5,84±0,24 ^{ab}	6,59±0,22 ^a	4,96±0,54 ^b	
22:2n-6	0,12±0,06 ^a	0,12±0,02 ^a	0,10±0,02 ^a	
20:5n-3	1,32±0,07 ^a	1,15±0,02 ^a	1,38±0,15 ^a	
22:6n-3	4,76±0,17 ^a	4,38±0,31 ^a	4,08±0,68 ^a	
ΣAGPI	72,44±3,05^b	85,77±3,80^a	70,50±2,63^b	
Σn-6	62,65±2,80^b	74,94±3,13^a	60,80±1,57^b	
Σn-3	9,78±0,30^a	10,83±0,67^a	9,69±1,16^a	
n-6/n-3	6,40±0,16^b	6,92±0,14^a	6,27±0,16^b	
AGPI/AGS	0,19±0,01^b	0,24±0,01^a	0,19±0,01^b	
IA	2,78±0,01^a	2,38±0,02^b	2,71±0,04^a	
IT	4,66±0,06^a	4,11±0,05^b	6,22±0,04^a	
H/H	0,22±0,01^b	0,28±0,01^a	0,22±0,01^b	

Resultados das médias e estimativas do desvio padrão. Propriedade A e B: município de Cantá-RR; Propriedade C: município de Boa Vista-RR. ΣAGS total de ácidos graxos saturados, ΣAGMI total de ácidos graxos monoinsaturados, ΣAGPI total de ácidos graxos poliinsaturados, Σn-6 total de ácidos graxos ômega 6, Σn-3 total de ácidos graxos ômega 3, n-6/n-3 razão do total de ácido graxos n-6 e n-3, AGPI/AGS razão entre os ácidos graxos poliinsaturados e saturados. IA índice de aterogenicidade, IT índice de trombogenicidade, H/H razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam que houve diferença significativa (p<0,05) pelo teste de Tukey.

A concentração de EPA (20:5n-3) variou de 1,15 a 1,38 mg/g de lipídios e DHA (22:6n-3) foi de 4,08 a 4,76 mg/g de lipídios. No estudo de Petenuci et al. (2017) em tambaqui capturado no Rio Branco em Roraima, foi observado um teor de EPA de 11,02 mg/g de lipídios totais no período da seca e 11,08 mg/g de lipídios

totais no período da cheia, para o DHA a concentração foi de 20,08 e 26,13 mg/g de lipídios totais para o período da seca e cheia, respectivamente. Em tambaqui de cultivo, Almeida e Franco (2006) encontraram uma concentração de 5 mg/g de lipídios totais para o EPA e 25,1 mg/g de lipídios totais para o DHA. Estes valores comparados aos apresentados pelo filé de tambaqui do presente estudo evidenciam que as propriedades estudadas devem melhorar a ração fornecida aos peixes para favorecer melhores níveis de ácidos graxos ômega 3, principalmente EPA e DHA.

O consumo de ácidos graxos ômega 3 de cadeia longa é importante para a prevenção de doenças cardiovasculares (Baum et al., 2012) e diabetes (Djoussé et al., 2011), auxiliando no tratamento dessas doenças e de outras como, artrite (Calder, 2008), depressão (Wani et al., 2015) e câncer (Van der Meij et al., 2012).

O somatório dos ácidos graxos saturados (AGS) variou de 359,65 a 378,89 mg/g de lipídios, estes valores foram influenciados principalmente pelo teor dos ácidos palmítico (16:0) e esteárico (18:0). Pereira et al. (2018), no tambaqui também observaram que os ácidos graxos saturados em maior concentração foram o palmítico e o esteárico. De acordo com Henderson e Tocher (1987), os peixes de água tropical possuem alto teor de ácidos graxos saturados.

Com relação ao somatório dos ácidos graxos monoinsaturados (AGMI), os peixes da propriedade A e C apresentaram as maiores concentrações, sendo os que apresentaram a maiores concentrações de ácido palmitoleico (16:1n-7), o ácido graxo principal entre os AGMI. Estudos associaram o ácido palmitoleico a diminuição da produção de citocinas inflamatórias (Passos et al., 2016), redução do colesterol LDL (*Low Density Lipoprotein*) e aumento do HDL (*High Density Lipoproteins*) em pessoas com hipertrigliceridemia (Bernstein et al., 2014).

No somatório dos ácidos graxos poliinsaturados (AGPI), o maior teor foi observado nos peixes da propriedade B, que também continha a maior concentração de ácido linoleico (18:2n-6), α -linolênico (18:3n-6) e araquidônico (20:4n-6), os ácidos graxos principais entre os AGPI.

O somatório dos ácidos graxos n-6 foi superior para a família de ácidos graxos n-3 em todos os peixes das propriedades utilizadas no estudo. Isto também ocorreu em tambaqui nas pesquisas realizadas por Melo Filho et al. (2013), Pereira et al. (2018) e Paulino et al. (2018). De acordo com Suárez et al. (2002), em geral os

peixes de água doce cultivados contêm menor quantidade de ácidos graxos n-3 e maior quantidade de n-6, provavelmente devido a composição da ração e do consumo de fitoplâncton de água doce, crustáceos e larvas de insetos, que são ricos em ácido linoleico (n-6), α -linolênico e EPA (Farkas, 1970; Steffens, 1997).

Para a razão n-6/n-3, os valores obtidos foram de 6,27 a 6,92. Os peixes da propriedade B apresentaram a maior razão, diferindo dos peixes das demais propriedades. O *Department of Health* (1994) recomenda um valor para esta razão de no máximo 4 e Simopoulos et al. (1999) recomendam um intervalo de 5 a 10. Os valores apresentados nos filés estão dentro do intervalo recomendado por Simopoulos et al. (1999).

O filé apresentou valor para a razão de AGPI/AGS de 0,19 a 0,24, em que os peixes da propriedade B apresentaram a maior razão, diferindo dos peixes das demais propriedades. O *Department of Health and Social Security* (1984) descreveu que dietas que apresentam a razão de AGPI/AGS inferior a 0,45 são consideradas pouco saudáveis, valores maiores da razão AGPI/AGS indicam um alimento com valor nutricional superior.

Os índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT) apresentados no filé foram melhores nos peixes provenientes da propriedade B, pois apresentaram os menores valores. De acordo com Ulbricht e Southgate (1991), quanto menor for o valor dos índices de trombogenicidade e de aterogenicidade melhor será a qualidade dos lipídios do alimento. Estes índices indicam o potencial de estímulo à agregação plaquetária, em que quanto maior a quantidade e a concentração de ácidos graxos antiaterogênicos presentes e menor a de ácidos graxos aterogênicos, consequentemente, maior é o potencial de prevenção de doenças coronarianas (Tonial et al., 2010).

Os peixes da propriedade B também apresentaram a melhor razão entre os ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (H/H), pois apresentaram o maior valor para esta razão, que quanto maior a razão, mais ideal será a gordura para consumo humano. Para produtos cárneos é recomendado que este valor esteja próximo de 2 (Santos-Silva et al., 2002). Esta razão está relacionada ao potencial de prevenção do aumento do colesterol sérico e redução do risco de doenças cardiovasculares (Ascherio e Willett, 1995).

Foram detectados 27 ácidos graxos nos lipídios totais na cabeça do tambaqui (Tabela 4). Souza (2015), analisando tambaquis cultivados no estado da Paraíba, a partir de outra metodologia, detectou 33 ácidos graxos na cabeça do tambaqui.

Tabela 4. Composição de ácidos graxos, somatório, razões e índices de qualidade nutricional dos lipídios totais (mg/g de lipídios) da cabeça de tambaqui (*C. macropomum*) em função da propriedade

Ácidos graxos	Propriedade		
	A	B	C
12:0	0,14±0,01 ^b	0,12±0,01 ^c	0,17±0,01 ^a
13:0	0,02±0,01 ^a	0,03±0,01 ^a	0,04±0,01 ^a
14:0	8,90±0,19 ^a	8,48±0,16 ^b	9,01±0,12 ^a
15:0	1,31±0,12 ^a	1,12±0,05 ^a	1,26±0,10 ^a
16:0	281,10±4,96 ^a	279,35±5,61 ^a	283,14±4,75 ^a
17:0	3,41±0,20 ^a	2,95±0,05 ^b	3,44±0,20 ^a
18:0	97,49±1,25 ^a	100,91±1,91 ^a	83,71±1,85 ^b
20:0	1,16±0,06 ^{ab}	1,12±0,05 ^b	1,27±0,01 ^a
21:0	0,22±0,02 ^a	0,15±0,01 ^a	0,20±0,06 ^a
22:0	0,59±0,01 ^a	0,46±0,05 ^b	0,47±0,01 ^b
ΣAGS	394,38±6,61^a	394,71±7,72^a	382,74±7,04^a
14:1n-5	0,61±0,08 ^a	0,53±0,01 ^a	0,56±0,02 ^a
16:1n-7	23,00±1,21 ^b	20,47±0,44 ^c	28,59±0,35 ^a
17:1n-7	1,28±0,06 ^b	1,16±0,01 ^c	1,54±0,04 ^a
18:1n-9	3,80±0,06 ^c	291,91±4,92 ^b	307,97±3,65 ^a
20:1n-9	9,62±0,18 ^b	12,05±0,15 ^a	8,47±0,14 ^c
22:1n-9	0,09±0,01 ^a	0,09±0,01 ^a	0,05±0,02 ^a
24:1n-9	0,23±0,06 ^a	0,57±0,22 ^a	0,51±0,07 ^a
ΣAGMI	38,65±1,47^c	326,80±5,43^b	347,71±4,22^a
18:2n-6	57,53±2,19 ^c	69,78±1,26 ^b	74,76±0,61 ^a
18:3n-6	0,63±0,05 ^b	0,57±0,01 ^b	0,71±0,01 ^a
18:3n-3	4,44±0,27 ^c	5,29±0,18 ^b	7,73±0,16 ^a
20:2n-6	2,74±0,10 ^c	3,99±0,10 ^a	3,24±0,04 ^b
20:3n-6	2,58±0,10 ^c	2,88±0,06 ^b	3,08±0,03 ^a
20:3n-3	0,25±0,06 ^b	0,29±0,06 ^b	0,52±0,12 ^a
20:4n-6	3,18±0,14 ^a	2,83±0,27 ^a	3,10±0,33 ^a
22:2n-6	0,12±0,05 ^a	0,15±0,02 ^a	0,12±0,06 ^a
20:5n-3	1,02±0,03 ^b	0,72±0,01 ^c	1,18±0,08 ^a
22:6n-3	2,02±0,03 ^b	1,20±0,04 ^c	2,54±0,17 ^a
ΣAGPI	74,54±2,69^c	87,73±1,90^b	97,02±1,46^a
Σn-6	66,80±2,53^c	80,21±1,62^b	85,03±1,06^a
Σn-3	7,74±0,16^b	7,52±0,28^b	11,99±0,44^a
n-6/n-3	8,62±0,15^b	10,67±0,20^a	7,09±0,19^c
AGPI/AGS	0,18±0,01^c	0,22±0,01^b	0,25±0,01^a
IA	2,80±0,06^a	0,75±0,01^b	0,72±0,01^b
IT	5,09±0,09^a	1,71±0,01^b	1,49±0,01^c
H/H	0,23±0,01^c	1,28±0,01^b	1,34±0,01^a

Resultados das médias e estimativas do desvio padrão. Propriedade A e B: município de Cantá-RR; Propriedade C: município de Boa Vista-RR. ΣAGS total de ácidos graxos saturados, ΣAGMI total de ácidos graxos monoinsaturados, ΣAGPI total de ácidos graxos poliinsaturados, Σn-6 total de ácidos graxos ômega 6, Σn-3 total de ácidos graxos ômega 3, n-6/n-3 razão do total de ácido graxos n-6 e n-3, AGPI/AGS razão entre os ácidos graxos poliinsaturados e saturados. IA índice de aterogenicidade, IT índice de trombogenicidade, H/H razão entre

ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam que houve diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os principais ácidos graxos encontrados nas cabeças dos tambaquis, em ordem decrescente de concentração, foram o palmítico (16:0), esteárico (18:0), linoleico (18:2n-6) e palmitoleico (16:1n-7). Os ácidos palmítico, esteárico e linoleico também estavam entre os principais ácidos graxos na pesquisa de Souza (2015) em cabeça de tambaqui de cultivo.

O ácido linoleico (18:2n-6) e α -linolênico (18:3n-3) apresentaram os maiores teores nas cabeças dos peixes da propriedade C. Em estudo realizado por Betancor et al. (2014), Mjaavatten et al. (1998) e Elbeas et al. (1996) foi verificada variação na composição de ácidos graxos nas brânquias dos peixes conforme a alimentação de acordo com a composição e a quantidade dos ácidos graxos da dieta. Pagliarani et al. (1986) observaram que a alimentação também influenciou na composição do cérebro. Como no presente estudo foi analisado a cabeça do tambaqui integralmente, sendo removido apenas o tecido adiposo da cavidade ocular, provavelmente a dieta pode ter influenciado na sua composição.

O ácido araquidônico (AA-20:4n-6) não deferiu nas cabeças dos peixes entre as propriedades. Já o EPA e o DHA apresentaram as maiores concentrações nas cabeças dos peixes da propriedade C. O cérebro do peixe é caracteristicamente enriquecido em DHA (Bell e Tocher, 1989; Nieminen et al., 2014) e a sua composição de ácidos graxos pode ser influenciada pela alimentação (Pagliarani et al., 1986).

Não houve diferença ($p > 0,05$) para o somatório dos AGS das cabeças dos peixes entre as propriedades. O valor apresentado nesse somatório (382,74 a 394,71 mg/g de lipídios) foi influenciado principalmente pelos teores de ácido palmítico (16:0) e esteárico (18:0). No estudo de Souza (2015), em cabeça de tambaqui, os ácidos graxos palmítico e esteárico também apresentaram os maiores valores entre os AGS.

O somatório dos ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) e poliinsaturados (AGPI) das cabeças dos tambaquis foi maior nos peixes da propriedade C, o primeiro foi influenciado principalmente pela maior concentração de ácido oleico (18:1n-9) e o segundo pelo linoleico (18:2n-6) e α -linolênico (18:3n-6).

O somatório dos ácidos graxos n-6 nas cabeças dos tambaquis, foi superior aos n-3. Isto também foi verificado na cabeça de tambaqui no estudo de Souza (2015). Em geral os peixes de água doce cultivados contêm menor quantidade de ácidos graxos n-3 e maior quantidade de n-6 (Suárez et al., 2002).

Para a razão n-6/n-3, os valores obtidos foram de 8,62 a 10,67. As cabeças dos peixes da propriedade B apresentaram a maior razão, diferindo das demais. Todos os valores se encontram acima de 4, valor recomendado pelo *Department of Health* (1994). Porém, estão próximos do intervalo de 5 a 10 recomendado por Simopoulos et al. (1999).

A razão de AGPI/AGS nas cabeças variou de 0,18 a 0,25, em que os peixes da propriedade C apresentaram a maior razão, diferindo dos peixes das demais propriedades. A razão AGPI/AGS das cabeças dos tambaquis se encontra abaixo do valor de 0,45, que segundo o *Department of Health and Social Security* (1984), dietas abaixo deste valor são consideradas pouco saudáveis.

O IA apresentou os melhores valores na cabeça dos peixes das propriedades B e C, pois apresentou os menores valores. Para o IT o melhor resultado foi apresentado pela cabeça do peixe da propriedade C, que também apresentou a melhor razão H/H. O IT pode ter sido influenciado pela concentração de ácido esteárico (18:0), que estava em menor concentração nas cabeças dos peixes da propriedade C, além do maior conteúdo de ácidos graxos monoinsaturados, ômega 6 e 3. Já a razão H/H foi influenciada pelo maior conteúdo de ácido oleico (18:1n-9), linoleico (18:2n-6), α -linolênico (18:3n-6), EPA (20:5n-3) e DHA (22:6n-6) presente nas cabeças dos peixes da propriedade C.

Em cabeça de tambaqui, Souza (2015) encontrou um valor médio nos lipídios totais para o IA, IT e H/H de respectivamente, 0,52, 0,84 e 1,89.

Foram detectados 25 ácidos graxos nos lipídios totais do tecido adiposo da cavidade ocular dos tambaquis (Tabela 5). O ácido 13-docosenoico(22:1n-9) e 13,16-docosadienoico (22:2n-6), presentes no filé e cabeça do presente estudo, não foram detectados no tecido adiposo da cavidade ocular. A variação no perfil de ácidos graxos nos tecidos provavelmente reflete as suas funções, diferentes tecidos podem expressar um perfil de ácidos graxos específico (Yu e Sinnhuber, 1972; Viga e Grahl-Nielsen, 1990; Xu et al, 1996).

Tabela 5. Composição de ácidos graxos, somatório, razões e índices de qualidade nutricional dos lipídios totais (mg/g de lipídios) do tecido adiposo da cavidade ocular de tambaqui (*C. macropomum*) em função da propriedade

Ácidos graxos	Propriedade		
	A	B	C
12:0	0,22±0,01 ^a	0,21±0,01 ^a	0,23±0,01 ^a
13:0	0,06±0,01 ^b	0,19±0,01 ^a	0,07±0,01 ^b
14:0	10,65±0,37 ^a	10,18±0,14 ^a	10,86±0,39 ^a
15:0	1,74±0,12 ^b	2,45±0,03 ^a	1,77±0,13 ^b
16:0	280,44±10,47 ^a	279,19±6,34 ^a	286,01±10,73 ^a
17:0	4,89±0,15 ^b	5,50±0,15 ^a	4,99±0,15 ^b
18:0	79,34±2,82 ^a	78,79±2,01 ^a	80,92±2,92 ^a
20:0	1,42±0,03 ^a	1,34±0,03 ^b	1,45±0,02 ^a
21:0	0,15±0,01 ^a	0,19±0,03 ^a	0,16±0,01 ^a
22:0	0,51±0,07 ^b	0,72±0,08 ^a	0,51±0,08 ^b
ΣAGS	379,46±13,95^a	378,85±8,65^a	387,00±14,35^a
14:1n-5	0,65±0,04 ^a	0,64±0,01 ^a	0,66±0,03 ^a
16:1n-7	29,86±1,14 ^{ab}	27,91±0,49 ^b	30,46±1,62 ^a
17:1n-7	1,64±0,10 ^b	2,01±0,08 ^a	1,67±0,11 ^b
18:1n-9	284,64±11,11 ^a	266,45±5,38 ^a	290,29±11,53 ^a
20:1n-9	7,36±0,30 ^a	7,95±0,16 ^a	7,51±0,32 ^a
24:1n-9	0,40±0,11 ^a	0,49±0,04 ^a	0,41±0,12 ^a
ΣAGMI	324,56±12,69^a	305,46±6,04^a	331,02±13,20^a
18:2n-6	80,07±3,22 ^a	71,09±1,33 ^b	81,66±3,30 ^a
18:3n-6	0,65±0,02 ^a	0,59±0,01 ^b	0,66±0,02 ^a
18:3n-3	11,17±0,44 ^b	15,08±0,34 ^a	11,40±0,43 ^b
20:2n-6	3,50±0,26 ^a	3,67±0,33 ^a	3,57±0,26 ^a
20:3n-6	2,46±0,10 ^a	2,14±0,04 ^b	2,50±0,10 ^a
20:3n-3	0,62±0,03 ^b	1,16±0,01 ^a	0,63±0,03 ^b
20:4n-6	2,59±0,10 ^b	3,16±0,05 ^a	2,64±0,11 ^b
20:5n-3	1,35±0,04 ^b	2,40±0,15 ^a	1,37±0,04 ^b
22:6n-3	2,58±0,07 ^b	3,03±0,08 ^a	2,63±0,05 ^b
ΣAGPI	105,02±4,29^a	102,33±1,93^a	107,11±4,36^a
Σn-6	90,63±3,76^{ab}	83,06±1,69^b	92,44±3,85^a
Σn-3	14,38±0,53^b	19,27±0,34^a	14,67±0,51^b
n-6/n-3	6,29±0,05^a	4,31±0,02^b	6,29±0,05^a
AGPI/AGS	0,28±0,01^a	0,27±0,01^b	0,28±0,01^a
IA	0,75±0,01^b	0,78±0,01^a	0,75±0,01^b
IT	1,47±0,01^a	1,45±0,01^a	1,47±0,01^a
H/H	1,30±0,01^a	1,23±0,01^b	1,30±0,01^a

Resultados das médias e estimativas do desvio padrão. Propriedade A e B: município de Cantá-RR; Propriedade C: município de Boa Vista-RR. ΣAGS total de ácidos graxos saturados, ΣAGMI total de ácidos graxos monoinsaturados, ΣAGPI total de ácidos graxos poliinsaturados, Σn-6 total de ácidos graxos ômega 6, Σn-3 total de ácidos graxos ômega 3, n-6/n-3 razão do total de ácido graxos n-6 e n-3, AGPI/AGS razão entre os ácidos graxos poliinsaturados e saturados, IA índice de aterogenicidade, IT índice de trombogenicidade, H/H razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam que houve diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os principais ácidos graxos encontrados no tecido adiposo da cavidade ocular dos tambaquis, de acordo com a concentração, foram o oléico (18:1n-9), palmítico

(16:0), linoleico (18:2n-6) e esteárico (18:0), não obedecendo exatamente essa ordem em todas as propriedades. Resultados semelhantes para os principais ácidos graxos foi encontrado por Almeida (2003) no tecido adiposo da cavidade ocular de tambaqui de cultivo.

O ácido linoleico (18:2n-6) apresentou as maiores concentrações no tecido ocular dos peixes da propriedade A e C. Enquanto que o ácido α -linolênico (18:3n-3) estava em maior concentração nos peixes da propriedade B. Hong et al. (2014) sugeriu que diferenças na concentração de ácidos graxos do tecido ocular pode estar relacionada a alimentação.

O AA (20:4n-6), EPA (20:5n-3) e DHA (22:6n-3) apresentaram as maiores concentrações no tecido ocular dos peixes da propriedade B. O DHA é importante para o desenvolvimento neural e ocular durante o estágio larval dos peixes, e é acumulado ou sintetizado nestes tecidos durante o seu desenvolvimento (Mourente e Tocher, 1998). Dietas com deficiência de DHA levam a deficiências no desempenho da visão (Bell et al., 1995). Os ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa são essenciais para a produção de eicosanoides, como leucotrienos, prostaglandinas e tromboxanos que atuam em resposta inflamatórias em peixes (Rowley et al., 1995; Martínez-Rubio et al., 2013).

O somatório dos AGS no tecido adiposo da cavidade ocular dos tambaquis variou de 378,85 a 387,00 mg/g de lipídios, influenciado principalmente pela concentração de ácido palmítico (16:0) e esteárico (18:0). No estudo de Almeida (2003), no tecido ocular de tambaqui, o ácido palmítico e esteárico também se encontrava entre os AGS de maior concentração.

O somatório dos AGMI (305,46 a 331,02 mg/g de lipídios) e AGPI (102,33 a 107,11 mg/g de lipídios) não diferiram no tecido ocular dos tambaquis entre as propriedades. Os ácidos graxos que mais contribuíram para o somatório dos AGMI foram o palmitoleico (16:1n-7) e o oleico (18:1n-9) e os que mais contribuíram para o somatório dos AGPI foram o linoleico (18:2n-6) e o α -linolênico (18:3n-3).

O somatório dos ácidos graxos n-6 foi superior aos n-3 em todos os tambaquis, assim como no tecido ocular de tambaqui analisado por Almeida (2003). A maior concentração de ácidos graxos n-6 e menor concentração de n-3 provavelmente é o reflexo da dieta consumida pelos peixes.

Para a razão n-6/n-3, os valores obtidos foram de 4,31 a 6,29. O tecido adiposo da cavidade ocular dos peixes da propriedade A e C apresentaram a maior razão, diferindo das demais. O valor apresentado pelos peixes da propriedade B se encontrava próximo do recomendado pelo *Department of Health* (1994), que para esta razão recomenda um valor de 4. Os peixes da propriedade A e C estão dentro do intervalo de 5 a 10 recomendado por Simopoulos *et al.* (1999).

A razão de AGPI/AGS no tecido ocular variou de 0,27 a 0,28, em que os peixes da propriedade A e C apresentaram a maior razão. A razão AGPI/AGS do tecido ocular dos tambaquis se encontram abaixo do valor de 0,45, que segundo o *Department of Health and Social Security* (1984) são consideradas pouco saudáveis.

O IA e a razão H/H apresentaram os melhores valores no tecido ocular dos peixes das propriedades A e C. Para o IT não houve diferença para o tecido ocular dos peixes entre as propriedades. A razão H/H foi influenciada principalmente pelo maior conteúdo de ácido oleico (18:1n-9) presente no tecido ocular dos peixes da propriedade A e C.

4.4. Composição de ácidos graxos nos lipídios neutros (LN)

Nos lipídios totais do tecido muscular de peixes, pode existir uma variedade de substâncias orgânicas lipossolúveis, que são distribuídas principalmente nos lipídios neutros (LN) e fosfolipídios (FL), podendo haver uma diferença na composição e concentração dos ácidos graxos de cada fração.

Todos os ácidos graxos presentes nos lipídios totais do filé foram encontrados nos lipídios neutros (Tabela 6). Os ácidos graxos majoritários detectados nos peixes na fração de LN seguiram a mesma tendência dos encontrados nos lipídios totais, sendo eles: palmítico (16:0), esteárico (18:0), linoleico (18:2n-6) e palmitoleico (16:1n-7). Em estudo realizado por Maia e Rodriguez-Amaya (1992), Almeida *et al.*, (2008) e Souza (2015) no músculo de tambaqui, os ácidos graxos principais nos LN também foram iguais aos lipídios totais.

Tabela 6. Composição de ácidos graxos, somatório, razões e índices de qualidade nutricional dos lipídios neutros (mg/g de lipídios) do filé de tambaqui (*C. macropomum*) em função da propriedade

Ácidos graxos	Propriedade		
	A	B	C
12:0	0,13±0,01 ^a	0,11±0,01 ^a	0,11±0,01 ^a
13:0	0,04±0,01 ^a	0,03±0,01 ^a	0,03±0,01 ^a
14:0	8,63±0,30 ^a	8,28±0,65 ^a	8,31±0,25 ^a
15:0	1,07±0,06 ^a	0,91±0,01 ^b	0,84±0,07 ^b
16:0	268,85±4,29 ^a	271,37±8,86 ^a	231,06±7,27 ^b
17:0	2,81±0,08 ^a	2,45±0,07 ^b	2,45±0,01 ^b
18:0	89,41±1,02 ^b	101,66±6,54 ^a	82,13±2,27 ^b
20:0	1,16±0,02 ^a	1,29±0,10 ^a	1,04±0,17 ^b
21:0	0,09±0,03 ^a	0,12±0,04 ^a	0,15±0,06 ^a
22:0	0,51±0,06 ^a	0,52±0,03 ^a	0,47±0,03 ^a
ΣAGS	372,73±5,77^a	386,77±3,33^a	326,60±9,96^b
14:1n-5	0,61±0,03 ^a	0,46±0,01 ^b	0,62±0,03 ^a
16:1n-7	22,78±0,91 ^a	19,08±1,62 ^b	24,79±0,68 ^a
17:1n-7	1,08±0,04 ^a	1,04±0,07 ^a	1,0±0,02 ^a
18:1n-9	3,16±0,04 ^a	2,77±0,20 ^b	2,79±0,07 ^b
20:1n-9	8,63±0,18 ^b	10,77±0,73 ^a	7,46±0,25 ^c
22:1n-9	0,16±0,01 ^b	0,21±0,01 ^a	0,11±0,01 ^c
24:1n-9	0,37±0,03 ^a	0,26±0,08 ^a	0,38±0,06 ^a
ΣAGMI	36,81±1,18^a	34,62±2,62^b	37,19±1,01^a
18:2n-6	48,49±1,76 ^b	64,46±4,30 ^a	42,84±1,09 ^b
18:3n-6	0,63±0,02 ^a	0,63±0,04 ^a	0,47±0,02 ^b
18:3n-3	3,51±0,18 ^b	5,46±0,33 ^a	3,97±0,20 ^b
20:2n-6	2,13±0,06 ^b	3,50±0,14 ^a	2,03±0,02 ^b
20:3n-6	2,08±0,06 ^b	2,46±0,17 ^a	1,90±0,05 ^b
20:3n-3	0,18±0,04 ^c	0,39±0,02 ^a	0,29±0,01 ^b
20:4n-6	1,76±0,15 ^{ab}	2,07±0,13 ^a	1,47±0,17 ^b
22:2n-6	0,13±0,06 ^b	0,24±0,02 ^a	0,16±0,01 ^{ab}
20:5n-3	0,76±0,03 ^a	0,78±0,03 ^a	0,69±0,04 ^a
22:6n-3	1,31±0,17 ^a	1,23±0,25 ^a	1,14±0,03 ^a
ΣAGPI	61,02±2,32^b	81,24±5,40^a	55,00±1,50^b
Σn-6	55,24±2,12^b	73,37±4,79^a	48,90±1,33^b
Σn-3	5,78±0,26^b	7,86±0,61^a	6,10±0,22^b
n-6/n-3	9,55±0,27^a	9,30±0,12^a	8,02±0,21^b
AGPI/AGS	0,16±0,01^b	0,21±0,01^a	0,17±0,01^b
IA	3,10±0,05^a	2,62±0,03^c	2,86±0,07^b
IT	5,78±0,12^a	4,91±0,05^c	5,23±0,07^b
H/H	0,20±0,01^b	0,27±0,01^a	0,21±0,01^b

Resultados das médias e estimativas do desvio padrão. Propriedade A e B: município de Cantá-RR; Propriedade C: município de Boa Vista-RR. ΣAGS total de ácidos graxos saturados, ΣAGMI total de ácidos graxos monoinsaturados, ΣAGPI total de ácidos graxos poliinsaturados, Σn-6 total de ácidos graxos ômega 6, Σn-3 total de ácidos graxos ômega 3, n-6/n-3 razão do total de ácido graxos n-6 e n-3, AGPI/AGS razão entre os ácidos graxos poliinsaturados e saturados, IA índice de aterogenicidade, IT índice de trombogenicidade, H/H razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam que houve diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

O ácido graxo linoleico (18:2n-6), α -linolênico (18:3n-3) e ácido araquidônico (20:4n-6) no filé na fração dos LN, assim como nos lipídios totais também apresentaram as maiores concentrações nos filés dos peixes da propriedade B e não houve diferença entre as propriedades com relação ao conteúdo de EPA e DHA.

A composição dos ácidos graxos nos LN é reflexo principalmente da dieta e atuam como lipídios de reserva para os peixes (Shirai et al., 2002), sendo mobilizados para a produção de energia durante períodos de escassez de alimentos e desenvolvimento gonadal (Henderson, 1996).

O somatório dos ácidos graxos saturados (AGS) encontrava-se em maior concentração nos filés dos peixes da propriedade A e B, principalmente pelo teor dos ácidos palmítico (16:0) e esteárico (18:0) apresentados nos peixes dessas propriedades. Estes ácidos graxos também se encontravam entre os que mais contribuíram para o somatório dos AGS nos LN em tambaqui de cultivo estudado por Almeida et al. (2008).

Assim como nos lipídios totais, o somatório dos ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) no filé foram maiores nos peixes da propriedade A e C; os peixes da propriedade B apresentaram o maior somatório para os ácidos graxos poliinsaturados (AGPI), n-6, n-3 e razão AGPI/AGS; houve uma maior concentração de AGPI em relação ao AGMI. Já a razão n-6/n-3 foi maior nos peixes da propriedade A e B.

O IA, IT e razão H/H apresentados nos LN no filé foram melhores nos peixes provenientes da propriedade B, pois apresentaram os melhores valores, assim como nos lipídios totais. Em filé de tambaqui, Souza (2015) encontrou um valor médio nos LN para o IA, IT e H/H de respectivamente, 0,51, 0,84 e 1,88.

Todos os ácidos graxos presentes nos lipídios totais da cabeça foram detectados nos LN (Tabela 7). Os ácidos graxos majoritários detectados nos peixes na fração de LN seguiram a mesma tendência dos encontrados nos lipídios totais, sendo eles: palmítico (16:0), esteárico (18:0), linoleico (18:2n-6) e palmitoleico (16:1n-7). Isto também ocorreu na cabeça de tambaqui no estudo de Souza (2015).

Tabela 7. Composição de ácidos graxos, somatório, razões e índices de qualidade nutricional dos lipídios neutros (mg/g de lipídios) da cabeça de tambaqui (*C. macropomum*) em função da propriedade

Ácidos graxos	Propriedade		
	A	B	C
12:0	0,17±0,01 ^a	0,13±0,05 ^b	0,17±0,01 ^a
13:0	0,03±0,01 ^a	0,03±0,02 ^a	0,03±0,01 ^a
14:0	9,30±1,01 ^a	9,38±0,08 ^a	9,38±1,13 ^a
15:0	1,12±0,08 ^a	1,14±0,02 ^a	1,13±0,08 ^a
16:0	266,66±4,10 ^a	292,21±2,05 ^a	228,80±4,62 ^a
17:0	4,03±0,19 ^a	3,24±0,07 ^b	4,06±0,20 ^a
18:0	77,60±4,27 ^b	103,30±0,56 ^a	78,23±4,41 ^b
20:0	1,29±0,07 ^a	1,17±0,03 ^a	1,30±0,08 ^a
21:0	0,18±0,06 ^a	0,08±0,01 ^a	0,18±0,06 ^a
22:0	0,44±0,01 ^a	0,44±0,07 ^a	0,45±0,01 ^b
ΣAGS	360,87±6,72^b	411,18±2,51^a	363,76±2,45^b
14:1n-5	0,54±0,04 ^a	0,60±0,01 ^a	0,61±0,04 ^a
16:1n-7	28,00±1,76 ^a	22,31±0,21 ^b	31,71±2,04 ^a
17:1n-7	1,43±0,08 ^a	1,23±0,02 ^b	1,59±0,09 ^a
18:1n-9	2,98±0,26 ^a	3,40,91±0,17 ^a	3,31±0,30 ^a
20:1n-9	7,87±0,48 ^b	12,09±0,22 ^a	8,75±0,54 ^b
22:1n-9	0,11±0,01 ^c	0,20±0,01 ^a	0,12±0,01 ^b
24:1n-9	0,53±0,31 ^a	0,57±0,30 ^a	0,58±0,03 ^a
ΣAGMI	41,48±2,46^{ab}	40,42±0,67^b	46,69±2,82^a
18:2n-6	70,89±4,07 ^a	74,51±0,79 ^a	71,46±4,21 ^a
18:3n-6	0,68±0,04 ^a	0,62±0,01 ^a	0,69±0,04 ^a
18:3n-3	7,76±0,28 ^a	5,86±0,08 ^b	7,82±0,38 ^a
20:2n-6	3,23±0,13 ^b	4,15±0,01 ^a	3,26±0,13 ^b
20:3n-6	2,71±0,17 ^a	2,90±0,01 ^a	2,74±0,18 ^a
20:3n-3	0,50±0,01 ^a	0,28±0,01 ^b	0,50±0,02 ^a
20:4n-6	2,11±0,12 ^a	2,21±0,08 ^a	2,13±0,13 ^a
22:2n-6	0,05±0,01 ^b	0,13±0,02 ^a	0,05±0,01 ^b
20:5n-3	1,04±0,06 ^a	0,74±0,05 ^b	1,05±0,06 ^a
22:6n-3	1,99±0,04 ^a	1,11±0,16 ^b	2,01±0,04 ^a
ΣAGPI	91,01±5,04^a	92,55±1,04^a	91,74±5,20^a
Σn-6	79,70±4,56^a	84,54±0,82^a	80,34±4,71^a
Σn-3	11,31±0,50^a	8,01±0,24^b	11,40±0,51^a
n-6/n-3	7,04±0,12^b	10,56±0,22^a	7,04±0,12^b
AGPI/AGS	0,25±0,01^a	0,22±0,01^b	0,25±0,01^a
IA	2,29±0,02^b	2,48±0,02^a	2,21±0,02^c
IT	3,73±0,04^b	4,67±0,06^a	43,64±0,04^b
H/H	0,31±0,01^a	0,28±0,01^b	0,31±0,01^a

Resultados das médias e estimativas do desvio padrão. Propriedade A e B: município de Cantá-RR; Propriedade C: município de Boa Vista-RR. ΣAGS total de ácidos graxos saturados, ΣAGMI total de ácidos graxos monoinsaturados, ΣAGPI total de ácidos graxos poliinsaturados, Σn-6 total de ácidos graxos ômega 6, Σn-3 total de ácidos graxos ômega 3, n-6/n-3 razão do total de ácido graxos n-6 e n-3, AGPI/AGS razão entre os ácidos graxos poliinsaturados e saturados, IA índice de aterogenicidade, IT índice de trombogenicidade, H/H razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam que houve diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

O ácido linoleico (18:2n-6) não diferiu nas cabeças dos peixes entre as propriedades nos LN. O α-linolênico (18:3n-3) apresentou os maiores teores nas

cabeças dos peixes das propriedades A e C. Nas cabeças dos peixes dos tambaquis, o acumulo dos ácidos graxos nos LN não seguiram o mesmo padrão dos lipídios totais em termos de concentração entre os peixes das propriedades estudadas. Isto pode estar relacionado a fisiologia individual do peixe e a sua necessidade de armazenar os ácidos graxos como reserva energética.

O AA (20:4n-6) não diferiu nos LN nas cabeças dos peixes entre as propriedades, assim como nos lipídios totais, bem como houve um maior teor de AGPI em relação aos AGMI.

As maiores concentrações de EPA e DHA nas cabeças dos peixes na fração dos LN estavam presentes nos peixes das propriedades A e C, que juntamente com os maiores teores de α -linolênico (18:3n-3) contribuíram para o maior somatório de n-3 nas cabeças dos peixes dessas propriedades. Esses ácidos graxos, EPA, DHA e α -linolênico associados as menores concentrações de ácido esteárico (18:0) favoreceram a maior razão de AGPI/AGS nas cabeças dos peixes das propriedades A e C.

Nos LN, o somatório de AGS foi maior nas cabeças dos peixes da propriedade B, pois apresentavam o maior teor de ácido esteárico (18:0). O maior somatório de AGMI foi apresentado nas cabeças dos peixes da propriedade C, provavelmente influenciado pela concentração de ácido palmitoleico (16:1n-7) nas cabeças dos peixes dessa propriedade.

Não houve diferença entre as cabeças dos peixes das propriedades com relação ao somatório de AGPI e n-6 nos LN. A maior razão n-6/n-3 nos LN foi apresentada nas cabeças dos peixes da propriedade B, assim como nos lipídios totais, influenciada pela menor concentração de α -linolênico (18:3n-3), EPA e DHA nas cabeças dos peixes dessa propriedade.

O IA nos LN apresentou o melhor valor na cabeça dos peixes da propriedade C, enquanto que o IT e a razão H/H foram melhores nas cabeças dos peixes provenientes das propriedades A e C. Em cabeça de tambaqui Souza (2015) encontrou um valor médio nos LN para o IA, IT e H/H de 0,52, 0,84 e 1,86 respectivamente.

4.5. Composição de ácidos graxos nos fosfolipídios (FL)

Na fração de fosfolipídios (FL) no filé foi encontrado um total de 25 ácidos graxos (Tabela 8). O ácido docosanoico (22:0) e 11,14,17-eicosatrienoico (20:3n-3), presentes nos lipídios totais do filé, não foram encontrados na fração dos FL, indicando que esses ácidos graxos foram armazenados apenas nos LN do filé (Tabela 6). Os fosfolipídios são os lipídios constituintes da membrana das células, considerados lipídios estruturais ou funcionais (Satar et al., 2012), importantes no crescimento dos peixes no período larval (Kanazawa et al., 1985; Teshima et al., 1987; Olsen et al., 1991). A presença de um ácido graxo nos LN e ausência nos FL pode ser indicativo que foi provavelmente mobilizado para o suprimento de energia, sendo acumulado nos LN.

Tabela 8. Composição de ácidos graxos, somatório, razões e índices de qualidade nutricional dos fosfolipídios (mg/g de lipídios) filé de tambaqui (*C. macropomum*) em função da propriedade

Ácidos graxos	Propriedade		
	A	B	C
12:0	0,09±0,01 ^a	0,05±0,01 ^b	0,06±0,01 ^{ab}
13:0	0,02±0,01 ^a	0,01±0,01 ^b	0,02±0,01 ^a
14:0	3,94±0,51 ^a	2,97±0,77 ^a	2,69±0,53 ^a
15:0	0,57±0,11 ^a	0,36±0,01 ^a	0,33±0,07 ^b
16:0	150,20±2,67 ^a	110,98±8,22 ^a	113,39±2,35 ^a
17:0	1,30±0,17 ^a	1,16±0,05 ^a	1,04±0,25 ^a
18:0	66,83±1,21 ^a	55,31±5,50 ^a	46,99±2,74 ^a
20:0	0,62±0,15 ^a	0,52±0,11 ^a	0,38±0,13 ^a
21:0	0,04±0,01 ^a	0,06±0,03 ^a	0,08±0,01 ^a
ΣAGS	223,63±2,73^a	171,43±4,79^a	165,00±2,08^a
14:1n-5	0,29±0,05 ^a	0,18±0,04 ^a	0,18±0,03 ^a
16:1n-7	10,96±1,22 ^a	7,51±1,83 ^a	8,65±1,67 ^a
17:1n-7	1,41±0,02 ^a	0,95±0,07 ^a	1,25±0,50 ^a
18:1n-9	143,79±8,04 ^a	113,77±3,13 ^a	114,17±4,65 ^a
20:1n-9	5,21±0,70 ^a	4,97±1,48 ^a	3,99±0,83 ^a
22:1n-9	0,96±0,19 ^a	0,78±0,02 ^a	1,39±0,78 ^a
24:1n-9	0,74±0,02 ^a	0,47±0,22 ^a	0,79±0,17 ^a
ΣAGMI	163,37±1,26^a	128,66±7,52^a	130,43±8,67^a
18:2n-6	28,84±3,41 ^a	28,88±4,18 ^a	24,09±5,12 ^a
18:3n-6	0,30±0,04 ^a	0,21±0,05 ^a	0,18±0,04 ^a
18:3n-3	1,84±0,19 ^a	2,17±0,58 ^a	1,79±0,37 ^a
20:2n-6	2,00±0,19 ^a	1,92±0,62 ^a	2,47±0,52 ^a
20:3n-6	4,43±0,40 ^{ab}	2,72±0,76 ^b	5,43±1,17 ^a
20:4n-6	17,45±1,53 ^{ab}	10,51±2,28 ^b	18,02±3,79 ^a
22:2n-6	0,10±0,01 ^a	0,05±0,02 ^a	0,07±0,01 ^a

Continua.

Conclusão.

Ácidos graxos	Propriedade		
	A	B	C
20:5n-3	1,97±0,21 ^{ab}	0,97±0,34 ^b	2,71±0,61 ^a
22:6n-3	10,87±3,87 ^a	7,84±2,04 ^a	12,64±2,71 ^a
ΣAGPI	67,82±3,93 ^a	55,30±5,45 ^a	67,43±4,36 ^a
Σn-6	53,24±2,68 ^a	44,31±2,98 ^a	50,28±1,66 ^a
Σn-3	14,68±2,10 ^a	10,99±2,98 ^a	17,15±3,70 ^a
n-6/n-3	5,62±1,95 ^a	4,02±0,04 ^a	2,93±0,04 ^a
AGPI/AGS	0,30±0,03 ^b	0,32±0,01 ^b	0,40±0,01 ^a
IA	0,73±0,04 ^a	0,67±0,02 ^{ab}	0,63±0,01 ^b
IT	1,49±0,29 ^a	1,42±0,02 ^a	1,15±0,02 ^a
H/H	1,25±0,04 ^b	1,36±0,04 ^a	1,38±0,03 ^a

Resultados das médias e estimativas do desvio padrão. Propriedade A e B: município de Cantá-RR; Propriedade C: município de Boa Vista-RR. ΣAGS total de ácidos graxos saturados, ΣAGMI total de ácidos graxos monoinsaturados, ΣAGPI total de ácidos graxos poliinsaturados, Σn-6 total de ácidos graxos ômega 6, Σn-3 total de ácidos graxos ômega 3, n-6/n-3 razão do total de ácido graxos n-6 e n-3, AGPI/AGS razão entre os ácidos graxos poliinsaturados e saturados, IA índice de aterogenicidade, IT índice de trombogenicidade, H/H razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam que houve diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os ácidos graxos majoritários detectados no filé dos peixes na fração dos FL foram o palmítico (16:0), oleico (18:1n-9), esteárico (18:0) e linoleico (18:2n-6). Notou-se que o ácido oleico (18:1n-9) foi armazenado em maior quantidade nos FL em comparação com os LN (Tabela 6), além de ter sido concentrado, superando os valores apresentados nos LT, provavelmente devido a uma concentração provocada pelo processo de separação. Isto também pode ser observado em alguns ácidos graxos presentes nos FL do filé de tambaqui nos trabalhos de Souza (2015) e Almeida et al. (2008) e em matrinxã (*Brycon cephalus*) de cultivo no trabalho de Almeida e Franco (2007).

O filé dos peixes da propriedade C apresentou o maior teor de ácido araquidônico (20:4n-6) e razão de AGPI/AGS nos fosfolipídios. Não houve diferença nas cabeças dos peixes entre as propriedades na fração dos FL com relação ao teor de ácido linoleico (18:2n-6), α-linolênico (18:3n-3), DHA, somatório de AGS, AGMI, AGPI, n-3 e n-6, bem como quanto a razão n-6/n-3, indicando que nos filés dos peixes analisados o acúmulo desses ácidos graxos nos FL foi semelhante.

Foi observado uma maior concentração de AA, EPA e DHA nos FL em comparação aos lipídios totais e LN em todos os filés dos peixes das propriedades estudadas. Os ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa são depositados preferencialmente nos FL (Ibeas et al., 1995), sendo mais utilizados como lipídios estruturais. Sargent et al. (1993) sugeriu que os FL são mais utilizados para o

desenvolvimento dos peixes pois são polares, e assim são facilmente emulsificados, rapidamente hidrolisada e assimilados.

O IA nos FL apresentou o melhor valor no filé dos peixes da propriedade B, enquanto que o IT não apresentou diferença entre as propriedades e a razão H/H foi melhor nos peixes da propriedade B e C. Em file de tambaqui, Souza (2015) encontrou um valor médio nos FL para o IA, IT e H/H de respectivamente, 0,31, 0,47 e 2,76.

Nos FL da cabeça foi encontrado um total de 26 ácidos graxos (Tabela 9). O ácido 11,14,17-eicosatrienoico (20:3n-3), presentes nos lipídios totais e LN da cabeça, não foram encontrados na fração dos FL. Isto provavelmente indica que esse ácido graxo foi acumulado apenas como lipídio de reserva.

Tabela 9. Composição de ácidos graxos, somatório, razões e índices de qualidade nutricional dos fosfolipídios (mg/g de lipídios) da cabeça do tambaqui (*C. macropomum*) em função da propriedade

Ácidos graxos	Propriedade		
	A	B	C
12:0	0,12±0,02 ^{ab}	0,07±0,02 ^b	0,15±0,01 ^a
13:0	0,01±0,01 ^b	0,01±0,01 ^b	0,03±0,01 ^a
14:0	5,03±0,99 ^{ab}	3,73±0,96 ^b	6,62±0,25 ^a
15:0	0,72±0,22 ^{ab}	0,45±0,11 ^b	0,89±0,06 ^a
16:0	165,22±5,75 ^{ab}	122,82±3,35 ^b	216,45±4,13 ^a
17:0	2,27±0,50 ^{ab}	1,46±0,24 ^b	2,68±0,16 ^a
18:0	64,81±4,09 ^a	47,55±1,02 ^a	68,63±3,07 ^a
20:0	0,71±0,14 ^{ab}	0,54±0,15 ^b	1,00±0,06 ^a
21:0	0,08±0,01 ^b	0,05±0,02 ^b	0,18±0,05 ^a
22:0	0,49±0,12 ^{ab}	0,32±0,01 ^b	0,52±0,02 ^a
ΣAGS	239,48±5,86^{ab}	177,04±2,87^b	297,18±2,74^a
14:1n-5	0,36±0,07 ^{ab}	0,23±0,07 ^b	0,39±0,02 ^a
16:1n-7	13,88±2,91 ^b	9,35±2,21 ^b	21,09±0,86 ^a
17:1n-7	0,80±0,16 ^b	0,59±0,20 ^b	1,36±0,02 ^a
18:1n-9	178,04±3,97 ^{ab}	132,28±3,55 ^b	231,42±1,15 ^a
20:1n-9	5,93±1,18 ^a	5,38±1,19 ^a	6,30±0,26 ^a
22:1n-9	1,90±0,31 ^a	0,88±0,18 ^b	1,12±0,05 ^b
24:1n-9	0,48±0,25 ^a	0,52±0,21 ^a	0,33±0,05 ^a
ΣAGMI	201,39±2,87^{ab}	149,25±5,56^b	262,03±1,32^a
18:2n-6	35,94±7,63 ^b	31,93±7,59 ^b	55,94±2,10 ^a
18:3n-6	0,34±0,07 ^b	0,26±0,06 ^b	0,50±0,01 ^a
18:3n-3	2,69±0,56 ^b	2,42±0,56 ^b	5,84±0,24 ^a
20:2n-6	1,88±0,36 ^a	2,11±0,45 ^a	2,71±0,10 ^a
20:3n-6	2,79±0,58 ^{ab}	2,08±0,46 ^b	3,29±0,14 ^a
20:4n-6	7,39±1,43 ^a	4,85±1,11 ^a	6,16±0,30 ^a
22:2n-6	0,07±0,02 ^a	0,06±0,01 ^a	0,08±0,01 ^a
20:5n-3	1,00±0,18 ^b	0,59±0,12 ^c	1,35±0,03 ^a

Continua.

Ácidos graxos	Propriedade			Conclusão.
	A	B	C	
22:6n-3	4,02±0,82 ^a	2,02±0,54 ^b	4,74±0,12 ^a	
ΣAGPI	56,14±1,67 ^b	46,34±1,93 ^b	80,64±2,90 ^a	
Σn-6	48,44±5,56 ^{ab}	41,29±3,69 ^b	68,69±2,57 ^a	
Σn-3	7,71±1,56 ^b	5,04±1,23 ^b	11,95±0,37 ^a	
n-6/n-3	6,28±0,05 ^b	8,20±0,08 ^a	5,74±0,10 ^c	
AGPI/AGS	0,23±0,01 ^c	0,26±0,01 ^b	0,27±0,01 ^a	
IA	0,72±0,01 ^a	0,70±0,01 ^b	0,71±0,01 ^b	
IT	1,58±0,01 ^a	1,57±0,01 ^a	1,44±0,01 ^b	
H/H	1,32±0,01 ^b	1,36±0,01 ^a	1,34±0,01 ^a	

Resultados das médias e estimativas do desvio padrão. Propriedade A e B: município de Cantá-RR; Propriedade C: município de Boa Vista-RR. ΣAGS total de ácidos graxos saturados, ΣAGMI total de ácidos graxos monoinsaturados, ΣAGPI total de ácidos graxos poliinsaturados, Σn-6 total de ácidos graxos ômega 6, Σn-3 total de ácidos graxos ômega 3, n-6/n-3 razão do total de ácido graxos n-6 e n-3, AGPI/AGS razão entre os ácidos graxos poliinsaturados e saturados, IA índice de aterogenicidade, IT índice de trombogenicidade, H/H razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam que houve diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os ácidos graxos majoritários detectados nas cabeças dos tambaquis nos FL foram o oleico (18:1n-9), palmítico (16:0), esteárico (18:0) e linoleico (18:2n-6). Esses ácidos graxos também estavam entre os principais observados nos FL na cabeça de tambaqui no estudo de Souza (2015).

Assim como nos lipídios totais, nas cabeças dos tambaquis na fração dos FL o ácido graxo linoleico (18:2n-6), α-linolênico (18:3n-3), EPA, somatório de AGMI, AGPI, n-6, n-3 e AGPI/AGS apresentaram as maiores concentrações nos peixes da propriedade C e não houve diferença entre as propriedades com relação ao conteúdo de ácido araquidônico (20:4n-6).

As cabeças dos peixes da propriedade C apresentaram o maior teor de AGS nos FL devido a maior concentração de ácido palmítico (16:0) acumulada nos FL. A maior concentração de DHA foi observada nos FL para as cabeças dos peixes da propriedade A e C. Provavelmente, o acúmulo de ácidos graxos em lipídios de reserva energética e lipídios estruturais depende da fisiologia individual do peixe e, a sua necessidade de armazenar os ácidos graxos para obtenção de energética ou para seu desenvolvimento.

O IA e a razão H/H nos FL das cabeças dos tambaquis foi melhor nos peixes da propriedade B e C, enquanto que o IT apresentou melhor resultado para as cabeças dos peixes da propriedade C. Na cabeça de tambaqui Souza (2015) encontrou um valor médio nos FL para o IA, IT e H/H de respectivamente, 0,52, 0,85 e 1,84.

4.6. Comparação dos resultados entre as partes analisadas, lipídios totais e frações de lipídios neutros e fosfolipídios

Nos tecidos dos peixes, os ácidos graxos presentes nos lipídios totais (LT) podem estar distribuídos como lipídios estruturais na membrana celular, na forma de fosfolipídios (FL) e como lipídios de armazenamento de energia, na forma dos lipídios neutros (LN) (Dalsgaard et al., 2003).

Comparando as concentrações dos ácidos graxos de interesse nutricional presentes no filé e na cabeça do tambaqui nos LT e frações de LN e FL, podemos observar que houve uma concentração dos ácidos graxos decorrente do processo de separação, onde a concentração de ácidos graxos presentes nas frações de LN e FL no total superaram o valor apresentado nos LT (Tabela 10). Nos trabalhos de Maia et al. (1994), Souza (2015), Almeida et al. (2008) e Almeida e Franco (2007) também pode ser observado essa concentração.

No filé e na cabeça as maiores concentrações de ácido linoleico e α -linolênico foi acumulado em maior quantidade nos lipídios de reserva energética (LN) e os ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa (AA, EPA e DHA) como lipídios estruturais (FL). Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Almeida et al. (2008) em filé de tambaqui de cultivo e por Souza (2015) em cabeça de tambaqui.

Tabela 10. Comparação dos ácidos graxos de interesse entre as partes analisadas, lipídios totais e suas frações (mg/g de lipídios)

Ácido graxo	Parte do corpo	LT	LN	FL
Linoleico	Filé	53,45	53,45	27,27
α -Linolênico		4,14	51,93	1,93
Araquidônico		5,80	1,77	15,33
EPA		1,28	0,74	1,88
DHA		4,41	1,23	10,45
Linoleico	Cabeça	67,36	72,29	41,27
α -Linolênico		5,82	7,15	3,65
Araquidônico		3,04	2,15	6,13
EPA		0,97	0,94	0,98
DHA		1,92	1,70	3,59
Linoleico	Tecido ocular	77,61	nd	nd
α -Linolênico		12,55	nd	nd
Araquidônico		2,80	nd	nd
EPA		1,71	nd	nd
DHA		2,75	nd	nd

Resultados das médias das propriedades. LT lipídios totais, LN lipídios neutros e FL fosfolipídios. Nd= não determinado.

Os ácidos graxos presentes nos LN geralmente são o reflexo da composição da dieta (Lie et al., 1986; Jobling, 2004; Benedito-Palos et al., 2010), enquanto que a composição de ácidos graxos dos FL é mais regulada para atender aos requisitos de taxa dependente (Regost et al., 2003; Tocher, 2003; Benedito-Palos et al., 2010). Nos LN os ácidos graxos são armazenados para serem mobilizados em períodos de escassez de alimentos ou demanda elevada de energia (Tocher, 2003), com menor retenção de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa que são mais acumulados nos FL, pois são importantes para manter a fluidez da membrana celular, elasticidade e permeabilidade a temperaturas mais frias (Arts e Kohler, 2009).

Pode ser observado que o DHA supera o conteúdo de EPA em todos os tecidos analisados nos LT e também nas frações dos LN e FL no filé e na cabeça, isto pode ser o indicativo de uma alimentação com maior proporção de DHA e menor de EPA, ou até mesmo, como sugerido por Ibeas et al. (1996), cada tecido modifica a inicial relação de EPA/DHA em função de seu metabolismo e exigências bioquímicas, conservando um ácido graxo em relação a outro devido sua importância como componente fundamental do tecido, como ocorre no cérebro e retina dos peixes e mamíferos, onde há uma maior capacidade para incorporar DHA em relação ao EPA, correlacionado com a importância do DHA em relação as propriedades das membranas do sistema nervoso (Neuringer et al., 1988; Bazan, 1990), bem como o bom desenvolvimento da visão (Tocher e Harvie, 1988; Bell e Tocher, 1989; Mourente e Tocher, 1992).

Comparando as partes do corpo estudadas com relação as concentrações de ácidos graxos de interesse presentes nos LT, observa-se que o ácido linoleico, α -linolênico e EPA foram mais acumulados no tecido ocular e, o AA e DHA no filé. Nos LN o α -linolênico estava em maior teor no filé enquanto que a cabeça apresentou maiores teores de linoleico, AA, EPA e DHA. Na fração dos FL as maiores concentrações de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa (AA, EPA e DHA) se encontrava no filé e o ácido linoleico e α -linolênico na cabeça.

O maior teor de DHA no filé nos LT não era esperado, pois na retina e no cérebro dos peixes existem um alto conteúdo desse ácido graxo (Tocher e Harvie, 1988; Bell e Tocher, 1989; Mourente e Tocher, 1992; Nieminen et al., 2014).

Provavelmente, as diferenças na concentração dos ácidos graxos entre os tecidos analisados e frações lipídicas se deve as funções fisiológicas de cada tecido, como sugerido por Betancor et al. (2014), e ao tecido muscular servir como um tampão contra alterações na composição dos ácidos graxos de tecidos mais especializados em resposta a alterações nas condições ambientais e fisiológicas do peixe (Mjaavatten et al., 1998).

Comparando os somatórios e razões dos ácidos graxos apresentados no filé, nos LT, FL e LN, observou-se que os FL apresentaram o menor somatório de AGS o que possibilitou a maior razão AGPI/AGS, além de conter o maior somatório de AGMI, n-3, que favoreceu a menor razão n-6/n-3 (Tabela 11). Os LT apresentaram o maior somatório de AGPI e n-6. Na cabeça, os FL apresentaram o menor somatório de AGS o que possibilitou a maior razão AGPI/AGS, além de conter o menor somatório de n-6, que favoreceu a maior razão n-6/n-3. Os LN apresentaram o maior somatório de AGPI, n-6 e n-3.

Tabela 11. Comparação dos somatórios e razões dos ácidos graxos entre as partes analisadas, lipídios totais e suas frações (mg/g de lipídios)

Somatórios e razão	Parte do corpo	LT	LN	FL
Σ AGS	Filé	370,60	362,03	186,69
Σ AGMI		37,08	36,21	140,82
Σ AGPI		76,24	65,75	63,52
Σ n-6		66,13	59,17	49,28
Σ n-3		10,10	6,58	14,27
n-6/n-3		6,53	8,96	4,19
AGPI/AGS		0,21	0,18	0,34
Σ AGS	Cabeça	390,61	378,60	237,90
Σ AGMI		237,72	42,86	204,22
Σ AGPI		86,43	91,77	61,04
Σ n-6		77,35	81,53	52,81
Σ n-3		9,08	10,24	8,23
n-6/n-3		8,79	8,21	6,74
AGPI/AGS		0,22	0,24	0,25
Σ AGS	Tecido ocular	381,77	nd	nd
Σ AGMI		320,35	nd	nd
Σ AGPI		104,82	nd	nd
Σ n-6		88,71	nd	nd
Σ n-3		16,11	nd	nd
n-6/n-3		5,63	nd	nd
AGPI/AGS		0,28	nd	nd

Resultados das médias das propriedades. LT lipídios totais, LN lipídios neutros e FL fosfolipídios. Nd= não determinado, Σ AGS total de ácidos graxos saturados, Σ AGMI total de ácidos graxos monoinsaturados, Σ AGPI total de ácidos graxos poliinsaturados, Σ n-6 total de ácidos graxos ômega 6, Σ n-3 total de ácidos graxos ômega 3, n-6/n-3 razão do total de ácido graxos n-6 e n-3, AGPI/AGS razão entre os ácidos graxos poli-insaturados e saturados.

Foi observado que os FL no filé e na cabeça não apresentaram maior somatório de AGPI, o que é normalmente relatado em estudo que caracterizaram a composição de ácidos graxos nos LT, LN e FL em peixes, como na pesquisa de Inhamuns e Franco (2001), Almeida et al. (2008) e Souza (2015). Essa diferença pode estar relacionada a fisiologia do peixe e a seletividade em armazenar os ácidos graxos poliinsaturado de cadeia longa (AA, DHA e EPA) nos FL no filé e na cabeça (Tabela 10) e não os AGPI de maneira geral, tendo em vista que a composição de ácidos graxos nos FL é mais regulada para atender aos requisitos de taxa dependente (Regost et al, 2003; Tocher, 2003; Benedito-Palos et al., 2010), o ácido graxo mais importante para o peixe provavelmente será armazenado em maior quantidade.

Comparando as partes do corpo do tambaqui em relação aos somatórios e razão apresentados nos LT, pode ser observado que o filé apresentou o menor conteúdo de AGS e que o tecido adiposo da cavidade ocular apresentou o maior somatório de AGMI, AGPI, n-6, n-3, menor razão n-6/n-3 e maior razão AGPI/AGS. Nos LN o filé apresentou o menor somatório de AGS, comparado a cabeça, que nesta fração obteve o maior somatório de AGMI, AGPI, n-6, n-3, menor razão n-6/n-3 e maior razão AGPI/AGS. Na fração dos FL, o menor somatório de AGS foi observado no filé, assim como o maior somatório de AGPI, n-3, menor razão n-6/n-3 e maior razão AGPI/AGS. A cabeça apresentou o maior somatório de AGMI e n-6 na fração dos FL.

Comparando o índice de aterogenicidade (IA), trombogenicidade (IT) e a razão hipocolesterolêmicos/hipercolesterolêmicos (H/H) apresentados nos LT e frações de LN e FL, pode ser observado tanto no filé quanto na cabeça os FL apresentaram os melhores IA, IT e razão H/H, provavelmente devido ao menor teor de AGS e maior concentração de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa (Tabela 12). No trabalho de Souza (2015), os melhores índices de qualidade nutricional e razão H/H no filé de tambaqui também foram observados nos FL.

Tabela 12. Comparação dos índices de qualidade e razão dos ácidos graxos entre as partes analisadas, lipídios totais e suas frações

Índice e razão	Parte do corpo	LT	LN	FL
IA	Filé	2,62	2,86	0,68
IT		5,13	5,31	1,35
H/H		0,24	0,23	1,33
IA	Cabeça	1,42	2,33	0,71
IT		2,76	4,01	1,53
H/H		0,95	0,30	1,34
IA	Tecido ocular	0,76	nd	nd
IT		1,46	nd	nd
H/H		1,27	nd	nd

Resultados das médias das propriedades. LT lipídios totais, LN lipídios neutros e FL fosfolipídios. Nd= não determinado, IA índice de aterogenicidade, IT índice de trombogenicidade, H/H razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos.

Em relação as partes do corpo analisadas, nos LT os melhores índices e razão foi observado no tecido ocular, devido ao seu maior conteúdo em AGMI, n-6 e n-3, linoleico e α -linolênico. Nos LN a cabeça apresentou os melhores resultados, pois nesta fração obteve o maior conteúdo em AGMI, n-6 e n-3, linoleico e poliinsaturados de cadeia longa. Nos FL, tendo como base o IA e IT terem apresentado no filé um valor abaixo do observado na cabeça, o filé pode ter demonstrado a melhor qualidade, provavelmente devido ao menor conteúdo de AGS e maior quantidade de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa e somatório de n-3.

Os mecanismos por trás do metabolismo dos ácidos graxos em diferentes tecidos e frações são complexos (Mjaavatten et al., 1998). Os lipídios estruturais são específicos e a sua composição de ácidos graxos são considerados menos influenciados pela alimentação comparados aos lipídios de armazenamento (Farkas et al., 1980; Linko et al., 1992). A composição lipídica e os perfis de ácidos graxos dos tecidos de depósito respondem mais à dieta do que os tecidos especializados (Skuladottir et al., 1990), sendo sugerido por alguns autores a existência de um mecanismo de base genética que controla a composição de ácidos graxos desses tecidos (Yu et al., 1977; Greene e Selivonchick, 1990; Kozlova e Khotimchenko, 1993).

4.7. Concentração de EPA e DHA em tambaqui

A partir das concentrações do ácido graxo eicosapentaenoico (EPA-20:5n-3) e docosaexaenoico (DHA-22:6n-3) em mg/g de lipídios apresentados nos lipídios totais, foram calculadas como hipóteses as quantidades de EPA e DHA em mg por 100 g de filé, cabeça e tecido adiposo da cavidade ocular com base no percentual de lipídios totais e umidade. Calculou-se também a quantidade necessária de cada parte analisada para suprir o mínimo de 200 mg/dia de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa n-3 (EPA e DHA), recomendados pelo Departamento de Saúde do Reino Unido (*Department of Health*, 1994) para a prevenção de doenças cardiovasculares e inflamatórias.

Pode ser observado no filé que a maior concentração de EPA, DHA e consequentemente maior somatório foi apresentado pelos peixes da propriedade C, que em 145 g de filé pode conter 200 mg de EPA e DHA, quantidade mínima recomendada para consumo diário (Tabela 13). Na porção comestível de tambaqui de cultivo, Almeida (2003) observou que a concentração de EPA, DHA e o somatório foi de 24,14, 120,48 e 144,62 mg/100g, respectivamente. Em seu estudo, 138,29 g de filé de tambaqui supririam a necessidade diária de EPA e DHA.

Tabela 13. Concentrações de EPA e DHA do filé, cabeça e tecido adiposo da cavidade ocular, somatório destes ácidos graxos em mg por 100g e a quantidade diária para suprir as necessidades de EPA e DHA do indivíduo nos lipídios totais de tambaqui

Propriedade	Parte do corpo	EPA (mg/100g)	DHA (mg/100g)	EPA+DHA (mg/100g)	Quantidade necessária (g)*
A	Filé	20,87±1,22 ^b	75,09±2,78 ^b	95,97±3,02 ^b	208,53±3,52 ^a
B		17,63±0,38 ^b	66,97±4,85 ^b	84,59±3,23 ^b	236,99±3,25 ^a
C		36,54±1,92 ^a	102,13±1,07 ^a	138,68±1,86 ^a	145,97±1,40 ^b
Média		25,01	81,40	106,41	197,16
A	Cabeça	18,41±0,54 ^b	36,58±0,74 ^b	55,00±1,29 ^b	363,74±3,40 ^b
B		10,26±0,25 ^c	17,08±0,65 ^c	27,34±0,85 ^c	731,79±3,08 ^a
C		28,49±1,95 ^a	61,11±3,04 ^a	89,60±3,72 ^a	223,63±2,13 ^c
Média		19,05	38,26	57,31	439,72
A	Tecido ocular	53,53±1,49 ^b	102,39±2,96 ^c	155,92±3,10 ^b	128,33±3,39 ^a
B		107,05±3,87 ^a	134,83±3,57 ^a	241,89±1,43 ^a	82,78±3,51 ^c
C		59,04±1,73 ^b	112,90±2,38 ^b	171,94±3,71 ^b	116,35±2,48 ^b
Média		73,21	116,71	189,91	109,15

Resultados das médias e estimativas do desvio padrão. Propriedade A e B: município de Cantá-RR; Propriedade C: município de Boa Vista-RR. Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna e em uma mesma parte do corpo indicam que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as propriedades pelo teste de Tukey. *

Quantidade da porção necessário para suprir o mínimo de 200 mg/dia de EPA e DHA recomendado pelo Departamento de Saúde do Reino Unido.

Com relação as cabeças dos tambaquis, as maiores concentrações de EPA, DHA e o maior somatório se encontravam nos peixes da propriedade C, bem como apresentaram 200 mg de EPA e DHA na menor porção (223,63 g). Os peixes da propriedade C se sobressaíram aos peixes das demais propriedades com relação a composição das cabeças devido a maior concentração de EPA e DHA nos lipídios totais (Tabela 4) e possivelmente ao maior teor lipídico (Tabela 1).

No tecido adiposo da cavidade ocular dos peixes da propriedade B pode ser observada as maiores concentrações de EPA (107,05 mg/100g), DHA (134,83 mg/100g) e o maior somatório (241,89 mg/100g), que consequentemente apresentou 200 mg de EPA e DHA na menor porção (82,78 g).

Pode ser observado que o filé apresentou as maiores concentrações de EPA e DHA em 100g além de conter 200 mg desses ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa n-3 em uma menor porção, quando comparado a cabeça do tambaqui.

Entre as partes analisadas, o tecido adiposo da cavidade ocular foi a parte do tambaqui que apresentou as maiores concentrações de EPA e DHA em 100g, possuindo 200 mg desses ácidos graxos em uma menor porção quando comparado com o filé e a cabeça.

5. CONCLUSÕES

Os filés dos tambaquis de cultivo podem ser classificados como semi-gordo e de baixo teor de gordura.

No fracionamento de lipídios a classe majoritária foi constituída pelos lipídios neutros.

Foram identificados 27 ácidos graxos nos lipídios totais e neutros do filé e da cabeça. Nos fosfolipídios foram identificados 25 ácidos graxos no filé e 26 na cabeça. Nos lipídios totais do tecido adiposo da cavidade ocular foram identificados 25 ácidos graxos.

No filé os peixes da propriedade B apresentaram a melhor composição de ácidos graxos e qualidade nutricional, enquanto que na cabeça os peixes da propriedade C se sobressaíram aos demais e no tecido adiposo da cavidade ocular os peixes das propriedades A e C apresentaram resultados semelhantes.

Os ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa foram superiores na classe de fosfolipídios em relação aos lipídios totais e lipídios neutros no filé e na cabeça.

O filé e as cabeças dos peixes da propriedade C apresentaram o maior conteúdo de EPA e DHA em 100g e para o tecido adiposo da cavidade ocular os peixes da propriedade B se sobressaíram aos demais. O tecido ocular apresentou a maior concentração de EPA e DHA em 100g, seguido do o filé e posteriormente da cabeça.

Os resultados apresentados pela cabeça e tecido adiposo da cavidade ocular, como a concentração de ácidos linoleico, α -linolênico, EPA, DHA, AGMI, AGPI, n-3 e n-6 e os índices de qualidade, podem justificar que estas partes possuem potencial para serem reaproveitados, evitando seu descarte. Como o tecido adiposo da cavidade ocular está localizado na cabeça, esta pode ser utilizada integralmente para obtenção de óleo, que a partir do fracionamento de lipídios os FL poderiam ser utilizados pela indústria farmacêutica e alimentícia e os LN poderiam ser utilizados por outros tipos de indústria.

REFERÊNCIAS

Ascherio, A., Willette, W.C. (1995). New directions in dietary studies of coronary heart Disease. **Journal of Nutrition**, 125, 647-655.

Ackman, R. G. (1989). Nutritional composition of fats in seafoods. **Progress Food Nutritional Science**, 13, 161-241p.

Arbeláez-Rojas, G. A., Fracalossi, D. M., Fim, J.D. I. (2002). Composição corporal do tambaqui, *Colossoma macropomum*, e Matrinxã, *Brycon cephalus*, em sistemas de cultivo intensivo, em igarapé, e semi-intensivo, em viveiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 31, 1059-1069.

Almeida, N. M. 2003. **Composição de ácidos graxos e quantificação de EPA e DHA de matrinxã (*Brycon cephalus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivados e capturados na Amazônia Central**. Tese (D.Sc). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP.

Almeida, N. M., Franco, M. R. B. (2006). Determination of essential fatty acids in captured and farmed tambaqui (*Colossoma macropomum*) from the Brazilian Amazonian area. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, 83, 707-711.

Almeida, N. M., Franco, M. R. B. (2007). Fatty acid composition of total lipids, neutral lipids and phospholipids in wild and farmed matrinxã (*Brycon cephalus*) in the Brazilian Amazon area. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 87, 2596-2603.

Almeida, N. M., Visentainer, J. V., Franco, M. R. B. (2008). Composition of total, neutral and phospholipids in wild and farmed tambaqui (*Colossoma macropomum*) in the Brazilian Amazon area. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 88, 1739-1747.

Adolfo, L. 2008. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Edição IV. 1ª ed. Digital, São Paulo.

Arts, M. T., Kohler, C. C. (2009). Health and condition in fish: the influence of lipids on membrane competency and immune response. In: Arts, M. T., Brett, M. T., Kainz, M. J., editors. **Lipids in Aquatic Ecosystems**. Springer, 237–256.

Amminger GP, Schäffer MR, Papageorgiou K, Klier, C. M., Cotton, S. M., Harrigan, S. M., Mackinnon, A. M., McGorry, P. D., Berger, G. E. (2010). Long-chain omega-3 fatty acids for indicated prevention of psychotic disorders: a randomized, placebo-controlled trial. **Archives of general psychiatry**, 67,146-154.

Ababouch, L. 2015. Fisheries and Aquaculture topics. **Composition of fish**. Disponível em:< <http://www.fao.org/fishery/topic/12318/en>>. Accessed on: Oct. 25, 2017.

Bell, M. V., Tocher, D. R. (1989). Molecular species composition of the major phospholipids in brain and retina from rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Biochemical Journal**. 264, 909–915.

Bell, M. V., Batty, R. S., Dick, J. R., Fretwell, K., Navarro, J. C., Sargent, J. R. (1995). Dietary deficiency of docosahexaenoic acid impairs vision at low light intensities in juvenile herring (*Clupea harengus* L.). **Lipids**, 30, 443.

Barbosa, K. B. F., Volp, A. C. P., Renhe, I. R. T., Stringheta, P. C. (2007). Ácidos graxos da série ômega 3 e 6 e suas implicações na saúde humana. **Omega**, 32, 129-145.

Bazan, N. G. (1990). Supply of n-3 polyunsaturated fatty acids and their significance in the central nervous system. **Nutrition and Brain**, 8, 1-24.

Birch, E. E., Carlson, S. E., Hoffman, D. R., Fitzgerald-Gustafson, K. M., Fu, V. L., Drover, J. R., Castañeda, Y. S., Minns, L., Wheaton, D. K. H., Mundy, D., Marunycz, J., Diersen-Schade, D. A. (2010). The DIAMOND (DHA Intake and Measurement of Neural Development) study: a double-masked, randomized controlled clinical trial of the maturation of infant visual acuity as a function of the dietary level of docosahexaenoic acid. **The American journal of clinical nutrition**, 91, 848-859.

Benedito-Palos, L., Navarro, J. C., Kaushik, S., Pérez-Sánchez, J. (2010). Tissue-specific robustness of fatty acid signatures in cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) fed practical diets with a combined high replacement of fish meal and fish oil. **Journal of animal science**, 88, 1759-1770.

Brasil. 2011. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura 2011**. Brasília.

Baum, S. J., Kris-Etherton, P. M., Willett, W. C., Lichtenstein, A. H., Rudel, L. L., Maki, K. C., Block, R. C. (2012). Fatty acids in cardiovascular health and disease: a comprehensive update. **Journal of clinical lipidology**, 6, 216-234.

Brasil. 2014. Associação Cultural e Educacional Brasil - ACEB. **1º Anuário Brasileiro da Pesca e aquicultura**. Brasília.

Bernstein, A. M., Roizen, M. F., & Martinez, L. (2014). Purified palmitoleic acid for the reduction of high-sensitivity C-reactive protein and serum lipids: a double-blinded, randomized, placebo controlled study. **Journal of clinical lipidology**, 8, 612-617.

Betancor, M. B., Howarth, F. J., Glencross, B. D., Tocher, D. R. (2014). Influence of dietary docosahexaenoic acid in combination with other long-chain polyunsaturated fatty acids on expression of biosynthesis genes and phospholipid fatty acid compositions in tissues of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, 172, 74-89.

Barçante, B., Sousa, A. B. (2015). Características zootécnicas e potenciais do tambaqui (*Colossoma macropomum*) para a piscicultura brasileira. **PubVet**, 9, 287-347.

Calder, P. C. (2008). PUFA, inflammatory processes and rheumatoid arthritis. **Proceedings of the Nutrition Society**, 67, 409–418.

Casanova, F. M. 2008. **Caracterização *in silico* de biossensores em *Colossoma macropomum*: diagnóstico molecular e monitoramento de ambientes impactados**. Dissertação (M.Sc). Instituto nacional de pesquisas da Amazônia. Manaus, AM.

Carbonera, F., Santos, H. M. C. D., Montanher, P. F.; Schneider, V. A., Lopes, A. P., Visentainer, J. V. (2014). Distinguishing wild and farm-raised freshwater fish through fatty acid composition: Application of statistical tools. **European journal of lipid science and technology**, 116, 1363-1371.

Department of Health and Social Security. 1984. Report on Health and Social Subjects nº 28. **Diet and cardiovascular Disease**. HMSO, London.

Department of Health. 1994. Report on Health and Social Subjects nº 46 **Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease**. HMSO, London.

Dalsgaard, J., John, M. S., Kattner, G., Müller-Navarra, D., Hagen, W. (2003). Fatty acid trophic markers in the pelagic marine environment. **Advances in Marine Biology**, 46, 225–230.

Dairiki, J. K., Silva, T. B. A. 2011. **Revisão de literatura: exigências nutricionais do tabaqui-compilação de trabalhos, formulação de ração adequada e desafios futuros**. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus.

Drover, J. R., Hoffman, D. R., Castañeda, Y. S., Morale, S. E., Garfield, S., Wheaton, D. H., Birch, E. E. (2011). Cognitive function in 18-month-old term infants of the DIAMOND study: a randomized, controlled clinical trial with multiple dietary levels of docosahexaenoic acid. **Early human development**, 87, 223-230.

Djoussé, L., Biggs, M. L., Lemaitre, R. N., King, I. B., Song, X., Ix, J. H. (2011) Plasma omega-3 fatty acids and incident diabetes in older adults. **The American Journal of Clinical Nutrition**, 94, 527-33.

Folch, J., Less, M., Stanley, S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal Biological Chemistry**, 226, 497-509.

Farkas, T. (1970). The dynamics of fatty acids in the aquatic food chain, phytoplankton, zooplankton, fish. **Annual Biology**, 37, 165-176.

Farkas, T., Csengeri, I., Majoros, F., Oláh, J. (1980). Metabolism of fatty acids in fish: III. Combined effect of environmental temperature and diet on formation and deposition of fatty acids in the carp, *Cyprinus carpio* Linnaeus 1758. **Aquaculture**, 20, 29-40.

França, I. V., Pimenta, P. P. P. (2012). A viabilidade da piscicultura para o pequeno produtor de Dourados. **COMUNICAÇÃO & MERCADO**, 1, 36-52.

FAO. 2014. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura: oportunidades y desafíos**. Roma.

FAO. 2016. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura: contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos**. Roma.

FAO. 2019. **Statistical Query Results – Aquaculture**. Disponível em: <http://www.fao.org/figis/servlet/SQServlet?file=/usr/local/tomcat/8.5.16/figis/webapps/figis/temp/hqp_4307690193586159313.xml&outtype=html>. Accessed on: Mar. 05, 2019.

Greene, D. H., Selivonchick, D. P. (1990). Effects of dietary vegetable, animal and marine lipids on muscle lipid and hematology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, 89, 165-182.

Gago-Dominguez, M., Castelao, J. E., Sun, C. L., Van Den Berg, D., Koh, W. P., Lee, H. P., Yu, M. C. (2004). Marine n-3 fatty acid intake, glutathione S-transferase polymorphisms and breast cancer risk in post-menopausal Chinese women in Singapore. **Carcinogenesis**, 25, 2143-2147.

Gomes, L. C., Brandão, F. R., Chagas, E. C., Ferreira, M. F. B., Lourenço, J. N. P. (2004). Efeito do volume do tanque-rede na produtividade de tambaqui (*Colossoma macropomum*) durante a recria. **Acta Amazônica**, 34, 111-113.

Gomes, A. D., Correa, T. G., Morreira, R. G. (2010). Fatty acids as trophic biomarkers in vitellogenic females in an impounded tropical river. **Fish Physiology Biochemistry**, 36, 699-718.

Henderson, R. J., Tocher, D. R. (1987). The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. **Progress in lipid research**, 26, 281-347.

Henderson, R. J. (1996). Fatty acid metabolism in freshwater fish with particular reference to polyunsaturated fatty acids. **Archives of Animal Nutrition**, 49, 5-22.

He, K., Song, Y., Daviglus, M. L., Liu, K., Van Horn, L., Dyer, A. R., Greenland, P. (2004). Accumulated evidence on fish consumption and coronary heart disease mortality. **Circulation**, 109, 2705–2711.

Hathwar, S. C., Bijinu, B., Rai, A. K., Narayan, B. (2011). Simultaneous recovery of lipids and proteins by enzymatic hydrolysis of fish industry waste using different commercial proteases. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, 164, 115-124.

Hong, H., Zhou, Y., Wu, H., Luo, Y., Shen, H. (2014). Lipid content and fatty acid profile of muscle, brain and eyes of seven freshwater fish: a comparative study. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, 91, 795-804.

IBGE. 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisas de Orçamentos Familiares 2008/2009: Análise do Consumo Alimentar Pessoal no Brasil**. Rio de Janeiro.

Ibeas, C., Cejas, J., Gomez, T., Jerez, S., Lorenzo, A. (1996). Influence of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids levels on juvenile gilthead sea bream (*Sparus aurata*) growth and tissue fatty acid composition. **Aquaculture**, 142, 221-235.

Inhamuns, A. J., Franco, M. R. B. (2001). Composition of total, neutral, and phospholipids in Mapará (*Hypophthalmus* sp.) from Brazilian Amazonian area. **Journal of agricultural and food chemistry**, 49, 4859-4863.

Inhamuns, A. J., Franco, M. R. B. (2008). EPA and DHA quantification in two species of freshwater fish from Central Amazonia. **Food Chemistry**, 107, 587-591.

Izel, A. C. U., Crescêncio, R., O'Sullivan, F. F. L. A., Chagas, E. C., Boijink, C. L., Silva, J. I. 2013. **Produção intensiva de tambaqui em tanques escavados com aeração**. Embrapa Amazônia Ocidental (Circular Técnica 39), Manaus.

IBGE. 2016. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro.

IBGE. 2017. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro.

Johnston, J. J., Ghanbari, H. A., Wheeler, W. B., Kirk, J. R. (1983). Characterization of shrimp lipids. **Journal of Food Science**, 48, 33-35.

Joseph, J. D., Ackman, R. G. (1992). Capillary column gas chromatographic method for analysis of encapsulated fish oils and fishoil ethyl esters: collaborative study. **Journal of AOAC International**, 75, 487-506.

Jobling, M. (2004). Are modifications in tissue fatty acid profiles following a change in diet the result of dilution?: Test of a simple dilution model. **Aquaculture**, 232, 551-562.

Jabeen, F., Chaudhry, A. S. (2011). Chemical compositions and fatty acid profiles of three freshwater fish species. **Food Chemistry**, 125, 991-996.

Kanazawa, A., Teshima, S. I., Sakamoto, M. (1985). Effects of dietary bonito-egg phospholipids and some phospholipids on growth and survival of the larval ayu, *Plecoglossus altivelis*. **Z. Angew. Ichthyol.**, 4, 165-170.

Almeida, T., Khotimchenko, S. (1993). Fatty acid composition of endemic Baikal fish and Crustacea. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry**, 105, 97-103.

Lambertsen, G. (1972). Lipids in Fish Fillet and Liver - A comparison of fatty acid compositions. **Fiskeridirektoratets Skrifter Serie Teknologiske Undersokelser**, 15, 3-15.

Lie, Ø., Lied, E., Lambertsen, G. (1986). Liver retention of fat and of fatty acids in cod (*Gadus morhua*) fed different oils. **Aquaculture**, 59, 187-196.

Linko, R. R., Rajasilta, M., Hiltunen, R. (1992). Comparison of lipid and fatty acid composition in vendace (*Coregonus albula* L.) and available plankton feed. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, 103, 205-212.

Li, G., Sinclair, A. J., Li, D. (2011). Comparison of lipid content and fatty acid composition in the edible meat of wild and cultured freshwater and marine fish and shrimps from China. **Journal of agricultural and food chemistry**, 59, 1871-1881.

Li, T., Li, J., Hu, W. (2013). Changes in microbiological, physicochemical and muscle proteins of post mortem large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*). **Food Control**, 34, 514-520.

Liu, J. J., Green, P., Mann, J. J., Rapoport, S. I., Sublette, M. E. (2015). Pathways of polyunsaturated fatty acid utilization: implications for brain function in neuropsychiatric health and disease. **Brain research**, 1597, 220-246.

Lima, L. K. F., Santos Noieto, S., Santos, V. R. V., Bem Luiz, D., Kirschnik, P. G. (2018). Rendimento e composição centesimal do tambaqui (*Colossoma macropomum*) por diferentes cortes e categorias de peso. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal: RBHSA**, 12, 223-235.

Maia, E. L. 1992. **Otimização da metodologia para caracterização de constituintes lipídicos e determinação da composição em ácidos graxos e aminoácidos de peixes de água doce**. Tese (D.Sc). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, SP.

Mourente, G., Tocher, D. R. (1992). Effects of weaning onto a pelleted diet on docosahexaenoic acid (22: 6 n-3) levels in brain of developing turbot (*Scophthalmus maximus* L.). **Aquaculture**, 105, 363-377.

Maia, E. L., Rodriguez-Amaya, D. B., Franco, M. R. B. (1994). Fatty acids of the total, neutral, and phospholipids of the Brazilian freshwater fish *Prochilodus scrofa*. **Journal of Food Composition and Analysis**, 7, 240-251.

Mjaavatten, O., Levings, C. D., Poon, P. (1998). Variation in the fatty acid composition of juvenile chinook and coho salmon from Fraser river estuary determined by multivariate analysis; role of environment and genetic origin. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, 120, 291-309.

Mourente, G., Tocher, D. R. (1998). The in vivo incorporation and metabolism of [1-14 C] linolenate (18:3n-3) in liver, brain and eyes of juveniles of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* L and gilthead sea bream *Sparus aurata* L. **Fish Physiology and Biochemistry**, 18, 149-165.

Melo, L. A. S., Izel, A. C. U., Rodrigues, F. M. 2001. **Criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em viveiros de argila/barragens no estado do Amazonas**. Manaus.

Mozaffarian, D., Lemaitre, R. N., Kuller, L. H., Burke, G. L, Tracy, R. P., Siscovick, D. S. (2003). Cardiac benefits of fish consumption may depend on the type of fish mealconsumed: the Cardiovascular Health Study. **Circulation**, 107, 1372–7.

Menezes, A. 2005. **Aqüicultura na pratica: peixes, camarões, ostras, mexilhões e sururus**. Hoper.

Massaro, M., Habib, A., Lubrano, L., Del Turco, S., Lazzerini, G., Bourcier, T., Weksler, B. B., De Caterina, R. (2006). The omega-3 fatty acid docosahexaenoate attenuates endothelial cyclooxygenase-2 induction through both NADP(H) oxidase and PKC epsilon inhibition. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 103, 15184-15189.

Mozaffarian D., Rimm, E. B. (2006). Fish intake, contaminants, and human health. **Jama**, 296, 1885–1899.

Mendonça, P. P., Ferreira, R. A., Junior, M. V. Vidal; Andrade, D. R., Santos, M. V. D., Ferreira, A. V., Rezende, F. P. (2009). Influência do fotoperíodo no desenvolvimento de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Archivos de Zootecnia**, 58, 323-331.

Musa-Veloso, K., Binns, M., Kocenas, A., Poon, T., Elliot, J., Rice, H., Oppedal-Olsen, H., Lloyd, H., Lemke, S. (2010) Long-chain omega-3 fatty acids eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid dose-dependently reduce fasting serum triglycerides. **Nutrition reviews**, 68,155–167.

Memon, N. N., Talpur, F. N., Bhanger, M. I., Balouch, A. (2011). Changes in fatty acid composition in muscle of three farmed carp fish species (*Labeo rohita*, *Cirrhinus mrigala*, *Catla catla*) raised under the same conditions. **Food Chemistry**, 126, 405-410.

Mozaffarian, D, Wu, J. H. Y. (2011). Omega-3 Fatty Acids and Cardiovascular Disease. **Journal of the American College of Cardiology**, 58, 2047-2067.

Martinez-Rubio, L., Morais, S., Evensen, Ø., Wadsworth, S., Vecino, J. G., Ruohonen, K., Bell, J. G., Tocher, D. R. (2013). Effect of functional feeds on fatty acid and eicosanoid metabolism in liver and head kidney of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) with experimentally induced heart and skeletal muscle inflammation. **Fish & shellfish immunology**, 34, 1533-1545.

Murthy, P. S., Rai, A. K., Bhaskar, N. (2014). Fermentative recovery of lipids and proteins from freshwater fish head waste with reference to antimicrobial and antioxidant properties of protein hydrolysate. **Journal of food science and technology**, 51, 1884-1892.

Markande, A. R., Kapagunta, C., Patil, P. S., Nayak, B. B. (2016). Effective remediation of fish processing waste using mixed culture biofilms capable of simultaneous nitrification and denitrification. **Journal of basic microbiology**, 56, 1046-1050.

Melo Filho, A. A., Oliveira, H. H., Santos, R. C. (2013). Omega-6/Omega-3 and PUFA/SFA in *Colossoma macropomum* grown in Roraima, Brazil. **Orbital: The Electronic Journal of Chemistry**, 5, 30-34.

Neuringer, M., Anderson, G. J., Connor, W. E. (1988). The essentiality of n-3 fatty acids for the development and function of the retina and brain. **Annual review of nutrition**, 8, 517-541.

Nieminen, P., Westenius, E., Halonen, T., Mustonen, A. M. (2014). Fatty acid composition in tissues of the farmed Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). **Food chemistry**, 159, 80-84.

Olsen, R. E., Henderson, R. J., Pedersen, T. (1991). The influence of dietary lipid classes on the fatty acid composition of small cod *Gadus morhua* L. juveniles reared in an enclosure in northern Norway. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 148, 59-76.

Ogawa, M., Maia, E. L. 1999. **Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado**. São Paulo: Varela, 430 p.

Ordóñez et al. 2005. **Tecnologia de Alimentos**. Volume 2. Alimentos de Origem Animal. Arimed, 163p.

Pagliarani, A., Pirini, M., Trigari, G., Ventrella, V. (1986). Effect of diets containing different oils on brain fatty acid composition in sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). **Comparative biochemistry and physiology. B, Comparative biochemistry**, 83, 277-282.

Pitombo, R. N. M. (1989). A liofilização como técnica de conservação de material de pesquisa. **Ciência e Cultura**, 41, 427-431.

Pedrosa Filho, M. X., Rodrigues, A. P. O., Rezende, F. P. (2016). Dinâmica da produção de tambaqui e demais peixes redondos no Brasil. **Boletim Ativos da Aquicultura**, ano, 2, 1-5.

Passos, M. E. P., Alves, H. H. O., Momesso, C. M., Faria, F. G., Murata, G., Cury-Boaventura, M. F., Hatanaka, E., Massao-Hirabara, S., Gorjão, R. (2016). Differential effects of palmitoleic acid on human lymphocyte proliferation and function. **Lipids in health and disease**, 15, 217.

Petenuci, M. E., Rocha, I. N. A., Sousa, S. Z., Schneider, V. V. A., Costa, L. A. M. A., Visentainer, J. V. (2016). Seasonal Variations in Lipid Content, Fatty Acid Composition and Nutritional Profiles of Five Freshwater Fish from the Amazon Basin. **Journal of American Oil Chemistry Society**, 93, 1373-1381.

Pereira, R. T., Paulino, R. R., Almeida, C. A. L., Rosa, P. V., Orlando, T. M., Fortes-Silva, R. (2018). Oil sources administered to tambaqui (*Colossoma macropomum*): growth, body composition and effect of masking organoleptic properties and fasting on diet preference. **Applied Animal Behaviour Science**, 199, 103-110.

Paulino, R. R., Pereira, R. T., Fontes, T. V., Oliva-Teles, A., Peres, H., Carneiro, D. J., Rosa, P. V. (2018). Optimal dietary linoleic acid to linolenic acid ratio improved fatty acid profile of the juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Aquaculture**, 488, 9-16.

Rowley, A. F., Knight, J., Lloyd-Evans, P., Holland, J. W., Vickers, P. J. (1995). Eicosanoids and their role in immune modulation in fish—a brief overview. **Fish & Shellfish Immunology**, 5, 549-567.

Regost, C., Arzel, J., Robin, J., Rosenlund, G., Kaushik, S. J. (2003). Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in turbot (*Psetta maxima*): 1. Growth performance, flesh fatty acid profile, and lipid metabolism. **Aquaculture**, 217, 465-482.

Reese, A. C., Fradet, V., Witte, J. S. (2009). Omega-3 fatty acids, genetic variants in COX-2 and prostate cancer. **Journal Nutrigenet Nutrigenomics**, 2, 149-158.

Rubio-Rodríguez, N., Diego, S. M., Beltrán, S., Jaime, I., Sanz, M. T., Rovira, J. (2012). Supercritical fluid extraction of fish oil from fish by-products: A comparison with other extraction methods. **Journal of Food Engineering**, 109, 238–248.

Rai, A. K., Bhaskar, N., Baskaran, V. (2013). Bioefficacy of EPA–DHA from lipids recovered from fish processing wastes through biotechnological approaches. **Food Chemistry**, 136, 80-86.

Rodrigues, B. L., Cruz Silva, A. C. V., Costa, M. P., Silva, F. A., Mársico, E. T., Conte-Junior, C. A. (2017). Fatty acid profiles of five farmed Brazilian freshwater fish species from different families. **PloS one**, 12, 1-15.

Skuladottir, G. V., Schiöth, H. B., Gudmundsdottir, E., Richards, B., Gardarsson, F., Jonsson, L. (1990). Fatty acid composition of muscle, heart and liver lipids in Atlantic salmon, *Salmo salar*, at extremely low environmental temperature. **Aquaculture**, 84, 71-80.

Sargent, J. R., Bell, J. G., Bell, M. V., Henderson, R. J., Tocher, D. R. (1993). The metabolism of phospholipids and polyunsaturated fatty acids in fish. **Aquaculture: Fundamental and Applied Research**, 43, 103-124.

Steffens, W. (1997). Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. **Aquaculture**, 151, 97-119.

Simopoulos, A. P.; Leaf, A.; Salem, N. (1999). Essentiality and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. **Annals of Nutrition and Metabolism**, 43, 127-30.

San Giovanni, J. P., Parra-Cabrera, S., Colditz, G. A., Berkey, C. S., Dwyer, J. T. (2000). Metaanalysis of dietary essential fatty acids and long-chain polyunsaturated fatty acids as they relate to visual resolution acuity in healthy preterm infants. **Pediatrics**, 105, 1292-1298.

Silva, P. C., Kronka, S. N., Tavares, L. H. S., Souza, V. L. (2002). Desempenho produtivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) em diferentes densidades e trocas de água em "raceway". **Acta Scientiarum**, 24, 935-941.

Santos-Silva, J., Bessa, R. J. B., Santos-Silva, F. (2002). Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: II. Fatty acid composition of meat. **Livestock Production Science**, 77, 187-194.

Suárez, H. M., Francisco, A. D., Beirão, L. H., Block, J. M., Saccol, A., Pardo, S. C. (2002). Importância de ácidos graxos poli-insaturados presentes em peixes de cultivo e de ambiente natural para a nutrição humana. **Boletim do Instituto de Pesca**, 28, 101-110.

Shirai, N., Suzuki, H., Tokairin, S., Ehara, H., Wada, S. (2002). Dietary and seasonal effects on the dorsal meat lipid composition of Japanese (*Silurus asotus*) and Thai catfish (*Clarias macrocephalus* and hybrid *Clarias macrocephalus* and *Clarias galipinus*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, 132, 609-619.

Souza, N. E., Matsushita, M., Franco, M. R. B, Prado, I. N, Visentainer, J. V. (2005). Composição química, perfil de ácidos graxos e quantificação dos ácidos α -linolênico, eicosapentaenóico e docosahexaenóico em vísceras de tilápias (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum. Technology**, 27, 73-76.

Stevanato, F. B, Matsushita, M., Mesomo, M. C., Souza, N. E., Visentainer, J. E. L, Almeida, V. V., Visentainer, J. V. (2008). Avaliação química e sensorial da farinha de resíduo de tilápias na forma de sopa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 27, 959-963.

Senso, L., Suarez, M. D., Ruiz-Cara, T., Garcia-Gallego, M. (2007). On the possible effects of harvesting season and chilled storage on the fatty acid profile of the fillet of farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*). **Food Chemistry**, 101, 298-307.

Souza, N. E., Stevanato, F. B., Garcia, E. E., Visentainer, J. E., Zara, R. F., Visentainer, J. V. (2008). Supplemental dietary flaxseed oil affects both neutral and phospholipid fatty acids in cultured tilapia. **European journal of lipid science and technology**, 110, 707-713.

Sancho, R. S., Lima, F. A., Costa, G. G., Mariutti, L. R. B., Bragagnolo, N. (2011). Effect of annatto seed and coriander leaves as natural antioxidants in fish meatballs during frozen storage. **Journal of Agriculture and Food Science**, 76, 838-845.

SAS. 2012. Statistical Analyses System. **Statistical Analysis System user's guide**. Version 9.2. Cary: Statistical Analyses System Institute.

Satar, E. I., Uysal, E., Ünlü, E., Başhan, M., Satar, A. (2012). The effects of seasonal variation on the fatty acid composition of total lipid, phospholipid, and triacylglycerol in the dorsal muscle of *Capoeta trutta* found in the Tigris River (Turkey). **Turkish Journal of Biology**, 36, 113-123.

Silva, A. D. R., Santos, R. B., Soares, E. C. (2013). Cultivo de tambaqui em canais de abastecimento sob diferentes densidades. **Acta Amazonica**, 43, 517-524.

Santos, R. D., Gagliardi, A. C. M., Xavier, H. T., Magnoni, C. D., Cassani, R., Lottenberg, A. M. P., Fenelon, G. (2013). I Diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 100, 1-40.

Sousa, A. B. 2013. **Composição de ácidos graxos e qualidade nutricional dos lipídios de filé, fígado e cavidade ocular de tilápia do Nilo**. Dissertação (M.Sc). Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, PB.

Sales, R. O., Maia, E. L. (2013). Composição química e classes de lipídios em peixe de água doce tambaqui, *Colossoma macropomum*. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, 07, 31-44.

Souza, E. S. 2015. **Qualidade nutricional dos lipídios de tambaqui (*Colossoma macropomum*), peixe nativo da Amazônia**. Dissertação (M.Sc). Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, PB.

Sousa, A. B., Santos Júnior, O. O., Visentainer, J. V., Almeida, N. M. (2017). Total lipid nutritional quality of the adipose tissue from the orbital cavity in Nile tilapia from continental aquaculture. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 39, 335-341.

Simopoulos, A. P. Evolutionary Aspects of the Dietary Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio: Medical Implications. (2016). In: **Evolutionary Thinking in Medicine**. Springer International Publishing, 119-134.

Teshima, S., Kanazawa, A., Horinouchi, K., Yamasaki, S., Hirata, H. (1987). Phospholipids of the rotifer [*Brachionus plicatilis*], prawn [*Penaeus japonicus*] and larval fish. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries (Japan)**, 53, 609-615.

Tocher, D. R., Harvie, D. G. (1988). Fatty acid compositions of the major phosphoglycerides from fish neural tissues; (n- 3) and (n- 6) polyunsaturated fatty acids in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and cod (*Gadus morhua*) brains and retinas. **Fish Physiology and Biochemistry**, 5, 229-239.

Tocher, D. R. (2003). Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. **Reviews in fisheries science**, 11, 107-184.

Tocher, D. R. (2010). Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. **Aquaculture Research**, 41, 717-732.

Tonial, I. B., de Oliveira, D. F., Bravo, C. E. C., de Souza, N. E., Matsushita, M., Visentainer, J. V. (2010). Physical chemical characterization and lipid profile of salmon (*Salmo salar* L.). **Alimentos e Nutrição**, 21, 93-98.

Tonial, I. B., Bravo, C. E. C., Souza, N. E., Matsushita, M., Furuya, W. M., Visentainer, J. V. (2011). Qualidade nutricional dos lipídios de tilápias (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com ração suplementada com óleo de soja. Nutritional quality of lipids tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with supplemented diets with soybean oil. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, 22, 103-112.

Tonial, I. B., Matsushita, M., Furuya, W. M., de Souza, N. E., Visentainer, J. V. (2012). Fatty acid contents in fractions of neutral lipids and phospholipids of fillets of tilapia treated with flaxseed oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, 89, 1495-1500.

Torres, M. L.; Zambiasi, R. C.; Vasconcelos, C. P.; Fonseca, P. T.; Costa, S. C. (2012). Composição em ácidos graxos de traíra (*Hoplias malabaricus*) e pintadinho (sem classificação) provenientes da Região Sul do Rio Grande do Sul e Índia Morta no Uruguai. **Semina: Ciências Agrárias**, 33.

Ulbricht, T. L. V., Southgate, D. A. T. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. **The Lancet**, 338, 985-992.

Ugoala, E., Ndukwe, G. (2016). Determination of Fatty Acids from Freshwater Fish Oils Using GC-MS Method. **Algerian Journal of Natural Products**, 4, 283-291.

Viga, A., Grahl-Nielsen, O. (1990). Genotypic and phenotypic fatty acid composition in the tissues of salmon, *Salmo salar*. **Comparative Biochemistry and Physiology. B, Comparative Biochemistry**, 96, 721-727.

Visentainer, J. V. (2012). Aspectos analíticos da resposta do detector de ionização em chama para ésteres de ácidos graxos em biodiesel e alimentos. **Química Nova**, 35, 274-279.

Van der Meij, B. S., Langius, J. A. E., Spreeuwenberg, M. D., Sloomaker, S. M., Paul, M. A., Smit, E. F., Van Leeuwen, P. A. (2012). Oral nutritional supplements containing n-3 polyunsaturated fatty acids affect quality of life and functional status in lung cancer patients during multimodality treatment: an RCT. **European journal of clinical nutrition**, 66, 399-404.

Xu, R., Hung, S. S. O., German, J. B. (1996). Effects of dietary lipids on the fatty acid composition of triglycerides and phospholipids in tissues of white sturgeon. **Aquaculture Nutrition**, 2, 101–109.

Yu, T. C., Sinnhuber, R. O. (1972). Effect of dietary linolenic acid and docosahexaenoic acid on growth and fatty acid composition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Lipids**, 7, 450-454.

Yu, T. C., Sinnhuber, R. O., Putnam, G. B. (1977). Effect of dietary lipids on fatty acid composition of body lipid in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Lipids**, 12, 495-499.

Wani, A. L., Bhat, S., Ara, A. (2015). Omega-3 fatty acids and the treatment of depression: a review of scientific evidence review. **Integrative medicine research**, 4, 132-142.