



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS**

**COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS E QUANTIFICAÇÃO
DE EPA E DHA DE MATRINXÃ (*Brycon cephalus*) E
TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) CULTIVADOS E
CAPTURADOS NA AMAZÔNIA CENTRAL**

**Neiva Maria de Almeida
Engenheira de Pesca**

Profa. Dra Maria Regina Bueno Franco

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos, da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de Doutor em Ciência de Alimentos.

**Campinas - SP
2004**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. – UNICAMP

Al64c Almeida, Neiva Maria de
Composição de ácidos graxos e quantificação de
EPA e DHA de matrinxã (*Brycon cephalus*) e
tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivado e
capturado na Amazônia Central / Neiva Maria de
Almeida. -- Campinas, SP: [s.n.], 2004.

Orientador: Maria Regina Bueno Franco
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1.*Matrinxã. 2.Tambaqui (Peixe). 3.Ácidos
graxos. 4.Amazônia. 5.Ácido eicosapentaenóico.
I.Franco, Maria Regina Bueno. II.Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de
Alimentos. III.Título.

BANCA EXAMINADORA

Dra. Maria Regina Bueno Franco
Orientadora

Dr. Antonio José Inhamuns
Membro

Dra. Helena Teixeira Godoy
Membro

Dra. Lireny Aparecida Guaraldo Gonçalves
Membro

Dr. Renato Grimaldi
Membro

Dr. Everardo Lima Maia
Suplente

Dra. Neura Bragagnolo
Suplente

Agradecimentos

Aos meus pais e irmãos pelo amor e apoio em todas as minhas decisões.

À profa. Dra. Maria Regina Bueno Franco por sua orientação durante todo o trabalho e, por me ensinar cada vez mais que, deve haver seriedade e competência, em uma pesquisa.

À professora Helena Godoy, pela sua sempre disposição em me ajudar.

À equipe do Laboratório de Tecnologia do Pescado de UFA, à técnica Dona Maria Ines, à Dra. Gercilia Soares e à equipe do Centro de Pesquisa em Tecnologia de Alimentos do INPA, pela valiosa colaboração durante a amostragem deste trabalho.

Ao meu Amigo Antônio Inhamuns pelos ensinamentos ao longo deste trabalho, pela sua constante disponibilidade em ajudar, enfim, obrigada por sua sempre prestatividade.

As minhas amigas Natália e Betânia pelo apoio recebido no dia a dia, por todas as horas de estudo e trabalho, pela harmonia existente no nosso convívio e principalmente pela maravilhosa sensação de poder contar com vocês acima de qualquer coisa.

À Juliana Nobrega e Paulo Roeses pela amizade sincera e pela certeza de contar sempre com vocês.

À Isabel Galdames e seus filhos que me receberam em Campinas e por saber que posso contar com sua amizade.

Aos técnicos e amigos do Laboratório de Análise de Alimentos por todas as horas de convívio agradável.

Ao Jesuí pelos ensinamentos no cromatógrafo a gás.

À Duda, a Bia e à Fernanda por todas as horas alegres durante nosso convívio.

À equipe do Laboratório de Óleos e Gorduras da Unicamp por todos os momentos de descontração e ajuda recebida.

À Vívian e Valéria pela solidariedade e gentileza a mim dispensada.

À Cristina e ao Raimundo pela certeza de tê-los como amigos.

À Janice Druzian pelo apoio na fase final deste trabalho.

Índice	Páginas
Resumo Geral.....	XII
Sumarry.....	XVII
Introdução geral.....	1
Capítulo I	7
Resumo.....	9
Abstract.....	11
Introdução.....	13
Composição dos ácidos graxos em pescado – uma visão mundial.....	13
Composição dos ácidos graxos em pescado – uma visão brasileira	22
Influência da dieta na composição dos ácidos graxos de pescado capturado em ambiente natural e cultivados em diferentes sistemas.....	27
Essencialidade dos ácidos graxos ômega 6 e ômega 3, aspectos nutricionais e benefícios à saúde.....	33
Referências bibliográficas.....	37
Capítulo II.....	45
Resumo.....	47
Abstract.....	49
Introdução.....	51
Materiais e métodos.....	53
Amostragem.....	53
Amostragem da ração utilizada pelos piscicultores.....	53
Determinação de umidade.....	54
Extração dos lipídios totais.....	54
Fracionamento dos lipídios totais em classes de LN e FL.....	54
Análise de ácidos graxos.....	55
Identificação dos ácidos graxos.....	55
Análise estatística.....	56
Resultados e discussão.....	56
Lipídios totais e umidade.....	56
Composição em ácidos graxos de lipídios totais.....	58

Somatória dos grupos e das razões AGPI/AGS e $\omega 6/\omega 3$ dos ácidos graxos dos lipídios totais.....	66
Composição dos ácidos graxos da fração dos lipídios neutros.....	71
Somatória dos grupos dos ácidos graxos da fração dos lipídios neutros.....	78
Composição dos ácidos graxos da fração dos fosfolipídios.....	80
Somatória dos grupos dos ácidos graxos da fração dos fosfolipídios.....	85
Teores médios de lipídios totais, umidade e composição em ácidos graxos das rações.....	88
Conclusões.....	90
Referências bibliográficas.....	91
Capítulo III.....	97
Resumo.....	99
Abstract.....	101
Introdução.....	103
Materiais e métodos.....	105
Amostragem.....	105
Determinação de umidade.....	106
Extração dos lipídios totais.....	106
Análise de ácidos graxos.....	106
Quantificação dos ácidos EPA e DHA.....	107
Análise estatística.....	108
Resultados e discussão.....	108
Lipídios totais e umidade.....	108
Fator de resposta para os ácidos graxos EPA e DHA.....	109
Quantificação dos ácidos graxos EPA e DHA no músculo dorsal e no tecido adiposo da cavidade ocular de matrinxã.....	110
Ingestão de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa.....	113
Conclusões.....	115
Referências bibliográficas.....	116
Capítulo IV.....	121
Resumo.....	123

Abstract.....	125
Introdução.....	127
Materiais e métodos.....	129
Amostragem.....	129
Amostragem da ração utilizada pelos piscicultores.....	129
Determinação de umidade.....	129
Extração dos lipídios totais.....	130
Fracionamento dos lipídios totais em classes de LN e FL.....	130
Análise de ácidos graxos.....	130
Identificação dos ácidos graxos.....	131
Análise estatística.....	131
Resultados e discussão.....	132
Lipídios totais e umidade.....	132
Composição em ácidos graxos de lipídios totais.....	134
Somatória dos grupos e das razões AGPI/AGS e $\omega 6/\omega 3$ dos ácidos graxos dos lipídios totais.....	124
Composição dos ácidos graxos da fração dos lipídios neutros.....	148
Somatória dos grupos dos ácidos graxos da fração dos lipídios neutros.....	156
Composição dos ácidos graxos da fração dos fosfolipídios.....	158
Somatória dos grupos dos ácidos graxos da fração dos fosfolipídios.....	166
Teores médios de lipídios totais, umidade e composição em ácidos graxos das rações.....	168
Conclusões.....	170
Referências bibliográficas.....	172
Capítulo V.....	177
Resumo.....	179
Abstract.....	181
Introdução.....	183
Materiais e métodos.....	184
Amostragem.....	185
Determinação de umidade.....	185

Extração dos lipídios totais.....	185
Análise de ácidos graxos.....	185
Quantificação dos ácidos EPA e DHA.....	187
Análise estatística.....	187
Resultados e discussão.....	188
Lipídios totais e umidade.....	188
Fator de resposta para os ácidos graxos EPA e DHA.....	190
Quantificação dos ácidos graxos EPA e DHA no músculo dorsal e no tecido adiposo da cavidade ocular de tambaqui.....	191
Ingestão de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa.....	195
Conclusões.....	197
Referências bibliográficas.....	198
Conclusões Gerais.....	203
Anexos.....	205
Anexo I.....	207
Anexo II.....	209
Anexo III.....	211
Anexo IV.....	213
Anexo V.....	215
Anexo VI.....	217
Anexo VII.....	219
Anexo VIII.....	221
Anexo IX.....	223
Anexo X.....	231
Índice de tabelas	Páginas

Capítulo II

Tabela 1. Teores de lipídios totais (%), umidade (%) e valores de comprimento (cm) e peso (kg) do matrinxã (<i>B cephalus</i>) em diferentes situações de captura.....	56
--	----

Tabela 2 Composição em ácidos graxos dos lipídios totais (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular de matrinxã (<i>B cephalus</i>) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais.....	59
Tabela 3 Somatória dos grupos (% de área relativa) e das razões AGPI/AGS e $\omega 6/\omega 3$ dos ácidos graxos dos lipídios totais do músculo e cavidade ocular do matrinxã (<i>B cephalus</i>) para as diferentes situações de captura.....	67
Tabela 4 Composição em ácidos graxos dos lipídios neutros (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular de matrinxã (<i>B cephalus</i>) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais.....	72
Tabela 5 Somatória em grupos (% de área relativa) dos ácidos graxos da fração dos lipídios neutros do músculo e tecido adiposo da cavidade ocular do matrinxã (<i>B. cephalus</i>) para as diferentes situações de captura.....	79
Tabela 6 Composição em ácidos graxos dos fosfolipídios (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular de matrinxã (<i>B. cephalus</i>) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais.....	81
Tabela 7 Somatória dos grupos (% de área relativa) dos ácidos graxos na fração dos fosfolipídios do músculo e cavidade ocular do matrinxã (<i>B. cephalus</i>) para as diferentes situações de captura.....	87
Tabela 8 Composição de ácidos graxos das rações, em percentagem de área relativa.....	89

Capítulo III

Tabela 1. Teores de lipídios totais (%), umidade (%) e valores de comprimento (cm) e peso (kg) do matrinxã (<i>B cephalus</i>) em diferentes situações de captura.....	108
Tabela 2 Teores de EPA e DHA (mg/g de lipídios totais) no músculo e no tecido adiposo da cavidade ocular do matrinxã de cultivo e capturado na Amazônia Central em diferentes períodos sazonais.....	110
Tabela 3 Concentrações de EPA e DHA do matrinxã de cultivo e capturados na época da cheia e da seca e somatória destes ácidos, em mg por 100g do tecido muscular e a quantidade diária de tecido muscular em grama, para suprir as necessidades de EPA e DHA do indivíduo.....	114

Capítulo IV

Tabela 1 Teores de lipídios totais (%), umidade (%) e valores de comprimento (cm) e peso (kg) do tambaqui (<i>C. macropomum</i>) de cultivo e capturados em diferentes períodos sazonais.....	132
Tabela 2. Composição em ácidos graxos dos lipídios totais (% de área relativa) do músculo, da cavidade ocular e da gordura cavitária do tambaqui (<i>C. macropomum</i>) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais.....	135
Tabela 3 Somatória dos grupos (% de área relativa) e das razões AGPI/AGS e $\omega 6/\omega 3$ em ácidos graxos dos lipídios totais do músculo, da cavidade ocular e da gordura cavitária do tambaqui (<i>C. macropomum</i>) para as diferentes situações de captura.....	144
Tabela 4 Composição em ácidos graxos dos lipídios neutros (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular do tambaqui (<i>C. macropomum</i>) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais.....	149
Tabela 5 Somatória dos grupos (% de área relativa) em ácidos graxos da fração dos lipídios neutros do músculo e cavidade ocular do tambaqui (<i>C. macropomum</i>) para as diferentes situações de captura.....	157
Tabela 6 Composição em ácidos graxos dos fosfolipídios (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular do tambaqui (<i>C. macropomum</i>) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais.....	160
Tabela 7 Somatória dos grupos (% de área relativa) em ácidos graxos da fração dos fosfolipídios do músculo e da cavidade ocular do tambaqui (<i>C. macropomum</i>) para as diferentes situações de captura.....	167
Tabela 8 Composição de ácidos graxos das rações, em percentagem de área relativa (%).	170

Capítulo V

Tabela 1 Teores de lipídios totais (%), umidade (%) e valores de comprimento (cm) e peso (kg) do tambaqui (<i>C. macropomum</i>) de cultivo e capturados em diferentes períodos sazonais.....	188
---	-----

Tabela 2 Teores de EPA e DHA (mg/g de lipídios totais) no músculo e no tecido adiposo da cavidade ocular do tambaqui de cultivo e capturado na Amazônia Central em diferentes períodos sazonais.....	191
Tabela 3 Concentrações de EPA e DHA do tambaqui de cultivo e capturados nos períodos da cheia e da seca e somatória destes ácidos, em mg por 100g do tecido muscular e a quantidade diária de tecido muscular, para suprir as necessidades de EPA e DHA do indivíduo.....	195

RESUMO GERAL

O elevado consumo de ácidos graxos ômega 6 e o reduzido consumo de ômega 3 despertou interesse para pesquisa dos ácidos graxos, principalmente em relação aos ácidos graxos poliinsaturados da família ômega 3 eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA). Esse estudo tem como objetivo caracterizar os ácidos graxos dos lipídios totais (LT), das frações de lipídios neutros (LN) e fosfolipídios (FL) e determinar os teores de EPA e DHA nos músculos dorsais e no tecido adiposo da cavidade ocular do matrinxã (*Brycon cephalus*) e do tambaqui (*Colossoma macropomum*), provenientes de cultivo semi-intensivo e habitat natural, capturados na Amazônia Central, em diferentes períodos sazonais. Os LT foram fracionados em LN e FL por cromatografia em coluna clássica. Os extratos de LT, LN e FL foram metilados e os ésteres metílicos separados por cromatografia gasosa de alta resolução. No matrinxã foram detectados 64 ácidos graxos nos lipídios totais, 66 nos neutros e 55 nos fosfolipídios. Nos peixes de cultivo e nos capturados no habitat natural, os mesmos ácidos graxos majoritários foram encontrados nos lipídios totais e nas frações e fosfolipídios, porém nos lipídios totais e neutros ocorreu uma inversão em relação aos peixes capturados na época da seca. Os peixes capturados durante o período da seca apresentaram menor teor de lipídios e maior percentual de ácidos graxos poliinsaturados (AGPI). No tambaqui foram encontrados 61 ácidos graxos nos lipídios totais, 67 nos neutros e 63 nos fosfolipídios. Os principais ácidos graxos encontrados, nos lipídios totais, neutros e fosfolipídios, dos peixes de cultivo e de recurso natural foram: ácido oléico (18:1 ω 9), palmítico (16:0), esteárico (18:0) e linoléico (18:2 ω 6), porém, houve inversão da ordem dos principais ácidos graxos dos peixes de cultivo em relação aos capturados na natureza, no período da cheia e seca. O peixe de cultivo foi inferior aos de ambiente natural em relação à quantidade de AGPI, entretanto a razão ω 6/ ω 3 do peixe de cultivo foi menor no músculo e no tecido adiposo da cavidade ocular do que nos peixes capturados no período da cheia. A menor razão ω 6/ ω 3 (2,42), ocorreu no músculo dos peixes capturados na seca. O perfil de ácidos graxos para as duas espécies estava dentro do esperado para peixes tropicais de água doce, confirmando-se como fonte de AGPI, não

havendo distinção de qualidade e quantidade entre o músculo e a cavidade ocular que possa assegurar um tecido como melhor fonte de AGPI que o outro. O matrinxã e o tambaqui capturados na natureza foram considerados melhores para o consumo, principalmente quando capturados na época da seca. A característica sazonal da Amazônia influenciou a composição de ácidos graxos das espécies em estudo. A separação das frações de lipídios mostrou que pode haver uma predominância de determinados grupos ou ácidos graxos nas diferentes classes de lipídios. Do ponto de vista tecnológico, o fracionamento dos lipídios totais em classes pode fornecer informações importantes para a indústria de pescado, para o preparo, armazenamento e concentração de ácidos graxos. No matrinxã de cultivo, os resultados indicaram teores de EPA de 4,15mg/g e 3,64mg/g para o músculo e a cavidade ocular, respectivamente, enquanto para DHA os teores foram de 30,04mg/g e 22,78mg/g. Para os peixes capturados na cheia, a concentração de EPA foi de 5,25mg/g e 6,22mg/g, para o músculo e a cavidade ocular, enquanto que para o DHA, o teor foi de 10,26 mg/g e 18,74 mg/g em cada tecido, respectivamente. Para os peixes capturados na época da seca, os teores de EPA foram de 8,14 mg/g e 4,93 mg/g, e para DHA, de 61,31mg/g e 19,66mg/g, no músculo e cavidade ocular, respectivamente. De acordo com a quantidade diária de 200mg/dia sugerida para AGPI ω 3 pelo Department of Health (considerando somente EPA e DHA, como fonte de AGPI ω 3) um indivíduo necessitaria ingerir 62,39g/dia, 135,28g/dia e 59,38g/dia do músculo de matrinxã cultivado e dos capturados no período da cheia e seca, respectivamente. Para o tambaqui de cultivo, os resultados de EPA e DHA no músculo foram de 5,03mg/g e 25,10mg/g e, para o tecido adiposo da cavidade ocular, foram de 4,41mg/g e 8,12mg/g, respectivamente. Para os exemplares capturados no período da cheia, os teores de EPA e DHA no músculo foram de 3,84mg/g e 14,15mg/g e para o tecido adiposo da cavidade ocular, de 5,54mg/g e 9,31mg/g, respectivamente. Para os peixes capturados na época da seca, os teores de EPA e DHA no músculo foram de 9,35mg/g e 40,18mg/g e para o tecido adiposo da cavidade ocular de 7,05 mg/g, e 8,95 mg/g. De acordo com a recomendação do Department of Health um indivíduo deveria ingerir 138,31g/dia, 444,74g/dia e 144,21g/dia do

músculo de tambaqui de cultivo e dos capturados no habitat natural no período da cheia e seca, respectivamente. O matrinxã e o tambaqui apresentaram equilíbrio entre músculo e cavidade ocular para o ácido graxo EPA, enquanto um maior teor de DHA foi observado no músculo do que no tecido adiposo da cavidade ocular para as duas espécies, indicando que não é viável o aproveitamento deste tecido em escala industrial.

De acordo com os teores de EPA e DHA, o matrinxã e o tambaqui, principalmente quando capturados na natureza, durante a época da seca, podem ser considerados uma fonte rica em ácidos graxos essenciais (AGE) da família $\omega 3$ e ser indicado por nutricionistas quando o objetivo for balancear dietas, para melhorar a razão $\omega 6:\omega 3$. Os teores de EPA e DHA no músculo do tambaqui de cultivo foram superiores aos encontrados para o peixe de recurso natural capturado na época da cheia.

SUMMARY

The elevated consumption of omega-6 fatty acids and the low consumption of omega-3 fatty acids, in the western diet there is a need for more studies into polyunsaturated fatty acids (PUFAs) especially in to eicosapentaenóico (EPA) and docosahexaenóico (DHA). This study aims to research total lipid (TL) fatty acids and the fractions of neutral lipids (LN) and phospholipids (PL) and determine the levels of EPA and DHA in the dorsal muscles and fatty tissue of the orbital cavity of the matrinxã (*Brycon cephalus*) and the tambaqui (*Colossoma macropomum*) from both semi-intensive farming and the wild in the Central Amazon in different seasonal periods. The TL was fractioned into NL and PL using classic column chromatography. The LT, NL and PL were derivatized and the methyl esters separated by high-resolution gaseous chromatography. In the matrinxã 64 fatty acids were detected in the total lipids, 66 in the neutral and 55 in the phospholipids. Fish caught during the dry season had lower lipid levels and a higher percentage of polyunsaturated fatty acids. The PUFA do not differ significantly between farmed matrinxã and those caught in the flooded season. In the tambaqui, results showed 61 fatty acids in the total lipids, 67 in the neutral and 63 in the phospholipids. The main fatty acids found in the total and neutral lipids and the phospholipids in farmed and wild fish were: oleic (18:1 ω 9), palmitic (16:0), stearic (18:0) and linoleic (18:2 ω 6) acids. However, there was an inversion in the order of the main fatty acids in farmed fish in relation to those caught in the wild, during the flood and dry season. Farmed fish were inferior to wild fish in quantities of PUFAs, however the ω 6/ ω 3 ratio for farmed fish was less in the muscle and the fatty tissue of the orbital cavity than in wild fish caught in the flood. The lowest ratio ω 6/ ω 3 (2,42), occurred in the muscle of fish caught during the dry season. The profile of fatty acids for both species was that expected for tropical fresh water fish, confirming it as a source of PUFA. There is no distinction between the quality and quantity of the muscle and the orbital cavity, which may point to one tissue being a superior source of PUFA than the other. The fish caught in the wild are considered superior for consumption, especially when caught during the dry season. The seasonal characteristic of the Amazon influenced the composition of the fatty acids in the

species being studied. The division into classes of lipids shows that there may be a predominance of determined groups or fatty acids in the different classes of lipids. From a technological point of view, this division may offer important information about the preparation, storage and concentration of fatty acids for the fishing industry. In farmed matrinxã results show EPA levels of 4,15mg/g and 3,64mg/g for the muscle and orbital cavity respectively, whilst for DHA the levels were 30,04mg/g and 22,78mg/g. For fish caught during the flood EPA concentrations were 5,25mg/g, 6,22mg/g, for the muscle and the orbital cavity, whilst for the DHA the levels were 10,26 mg/g and 18,74 mg/g for each tissue respectively. For fish captured in the dry season EPA levels were 8,14 mg/g and 4,93 mg/g, and for DHA, 61,31mg/g and 19,66mg/g, in the muscle and orbital cavity respectively. According to the daily quantities of 200mg/day of ω 3 PUFAs recommended by the Department of Health (considering solely EPA and DHA as a source of ω 3 PUFAs) an individual needs to ingest 62.39g/day, 135.28g/day and 59.38g/day of the muscle of farmed matrinxã and those captured during the dry and flood periods respectively. For farmed tambaqui the EPA and DHA levels in the muscle were 5,03mg/g and 25,10mg/g and for the fatty tissue of the orbital cavity were 4,41mg/g and 8,12mg/g, respectively. For the specimens caught during the flood, EPA and DHA levels in the muscle were 3,84mg/g and 14,15mg/g and for the fatty tissue of the orbital cavity, 5,54mg/g and 9,31mg/g, respectively. For fish caught during the dry season the EPA and DHA levels in the muscle were 9,35mg/g and 40,18mg/g and for the fatty tissue of the orbital cavity 7,05 mg/g, and 8,95 mg/g. the seasonal characteristic of the Amazon region influenced the EPA and DHA levels of the matrinxã and tambaqui. According to the recommended by the Department of Health an individual should ingest 138,31g/day, 444,74g/day and 144,21g/day of the muscle of tambaqui farmed and wild fish during the flood and dry season respectively. The matrinxã and the tambaqui show a balance between the muscle and the orbital cavity for the fatty acid EPA, whilst there was a higher level of DHA in the muscle than in the orbital cavity, indicating that this tissue is not feasible for use on an industrial scale. According to EPA and DHA levels, the matrinxã and the tambaqui, especially those caught in the wild during the dry season, can be

considered a rich source of $\omega 3$ fatty acids to be indicated by nutritionists when the objective is to balance diets to improve the $\omega 6:\omega 3$ ratio. EPA and DHA levels in the muscle of farmed were higher than those found in wild fish caught during the flooded season.

INTRODUÇÃO GERAL

Os peixes são atualmente de grande interesse às indústrias alimentícias e farmacêuticas, que estão desenvolvendo suplementos alimentares e concentrados com ômega-3, isto em consequência das pesquisas sobre ácidos graxos poliinsaturados, devido suas propriedades e aos efeitos benéficos implicando no consumo de peixe e óleo de peixe.

A importância dos ácidos graxos poliinsaturados da série ômega 3 (AGPI ω 3), recebeu notável impulso a partir dos estudos realizados por Dyerberg & Bang (1979), que observaram que a taxa de mortalidade da população de esquimós da Groelândia era de nove vezes inferior em relação à da Dinamarca, sobretudo devido as diferenças na dieta dos esquimós, que é rica em AGPI ω 3 devido ao alto consumo de algas e peixes marinhos.

Uma das grandes preocupações da atualidade está associada ao elevado índice de mortalidade relacionado a doenças cardiovasculares. Estas doenças possuem uma etiologia multifatorial e sua origem surge de uma combinação de diversos fatores e vários desses fatores de risco podem ser positivamente modificados pela ação dos ácidos graxos poliinsaturados da série ômega 3 (Martino & Takahashi, 2001).

A globalização, os novos hábitos alimentares, o aumento do consumo de óleos vegetais, o avanço da industrialização são fatores que proporcionaram um aumento desproporcional na ingestão de ácidos graxos da família ômega 6 em relação à ingestão de ácidos graxos da família ômega 3 e, obviamente, um aumento da razão ω 6/ ω 3. A alternativa para que ocorra uma mudança deste quadro está no incentivo de um aumento do consumo de óleo e carne de pescado, quer seja de origem marinha ou de água doce, considerando que o consumo de pescado per capita no Brasil é de 6,4kg/ano, valor extremamente baixo quando comparado ao Japão, que é de 71,9kg/ano e a Portugal, com consumo de 60,2kg/ano. Entretanto, os dados revelam que na Amazônia o consumo per capita é de 55kg/ano, valor próximo ao de países considerados grandes consumidores (Borgletti, 2001).

Os óleos de muitas espécies de peixes marinhos são ricos em ácido eicosapentaenóico (EPA) e ácido docosahexaenóico (DHA), que são as duas formas longas e poliinsaturadas ativas da série ômega 3, utilizada diretamente no metabolismo (Martino & Takahashi, 2001).

Os peixes de água doce contêm elevadas proporções de ácidos graxos saturados e poliinsaturados com 18 átomos de carbono, mas, baixos teores de insaturados com 20 e 22 átomos de carbono quando comparados aos lipídios de peixes marinhos (Henderson & Tocher, 1987). Apresentam enzimas capazes de desaturar e alongar os ácidos graxos precursores da família ômega 3 e 6 ou seja, o α -linolênico e linoléico em outros ácidos graxos, como o araquidônico, eicosapentaenóico e docosahexaenóico. Enquanto as espécies marinhas apresentam variações muito grandes de atividade enzimática, algumas espécies possuem baixa ou mesmo nenhuma capacidade de bioconversão (Martino & Takahashi, 2001).

A composição em ácidos graxos em lipídios totais é influenciada pelas classes de lipídios constituintes. Os tecidos ricos em gordura têm os triacilgliceróis como principais constituintes, enquanto os fosfolipídios predominam naqueles de baixo teor de lipídios. As flutuações sazonais influenciam no conteúdo de lipídios totais e na composição de ácidos graxos sendo observadas em peixe de água doce tropical e temperada, (Inhamuns & Franco, 2001; Inhamuns, 2000; Henderson & Tocher, 1987).

No Brasil, existem poucos trabalhos de identificação e quantificação de ácidos graxos em pescado, principalmente com a utilização de equipamentos modernos associados a colunas capilares de sílica fundida, que proporcionam melhores resultados, devido à separação de isômeros de posição e de ácidos graxos ramificados. Porém os resultados alcançados por pesquisadores brasileiros, em peixes de água doce, vêm mostrando que estes são considerados fonte de EPA e DHA, e podem ser utilizados em dietas balanceadas visando o aumento de ingestão de AGPI ou na indústria de concentrados de AGPI e em formulações de rações animais. Estes estudos também mostram que há diferenças entre peixes procedentes de sistema de cultivo e peixes de “habitat”

natural (Visentainer, 2003; Visentainer *et al.*, 2003; Inhamuns & Franco, 2001; Duarte, 2001; Silva, 2000; Moreira *et al.*, 2001; Maia *et al.*, 1998; Andrade *et al.*, 1995; Maia, 1992; Maia *et al.*, 1995; Maia *et al.*, 1994; Maia & Rodriguez - Amaya, 1992; Viegas *et al.*, 1991).

Considerando o Brasil como produtor e exportador de pescado, a crescente expansão da aquicultura no país e a importância da inclusão de peixes na dieta, existe a necessidade de realização de mais estudos que visem caracterizar os constituintes lipídicos e quantificar os ácidos graxos poliinsaturados, em especial, EPA e DHA, em peixes brasileiros originários da região Amazônica, devido a sua diversidade de espécies icticas.

Este trabalho teve como objetivo caracterizar os constituintes lipídicos em percentagem relativa de ácidos graxos dos lipídios totais e das frações de lipídios neutros e fosfolipídios, além de quantificar os ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa da série ômega 3, EPA e DHA, nos músculos dorsais e no tecido adiposo da cavidade ocular das espécies tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) e matrinxã (*Brycon cephalus*, Gunther, 1869), proveniente de sistema de cultivo semi-intensivo e capturado na Amazônia Central, em diferentes períodos sazonais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, A. D., RUBIRA, A. F., MATSUSHITA, M., SOUZA, N. E. ω- 3 Fatty acids in freshwater fish from south Brazil. **Journal American Oil Chemistry Society**. v. 72, p. 1207- 1210, 1995.
- BORGLETTI, J.R. Estimativa da Pesca e Aquicultura de água doce e Marinha. **Instituto de Pesca Agencia Paulista de tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento**. A Sustentabilidade das Atividades de Aquicultura e pesca. Série relatórios, técnicos N° 3, 2001.

- DUARTE, G. R. M. **Estudo da composição de ácidos graxos e colesterol em óleos de peixes do Rio Araguaia**. Goiânia. 2001. (tese de mestrado - Universidade Federal de Goiás).
- DYERBERG, J.; BANG, H. O. Haemostatic function and platelet polyunsaturated fatty acids in Eskimos. **Lancet**, v2, p. 433-35, 1979.
- HENDERSON, R. J & TOCHER, D. R. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish, **Progress Lipids Research**, v.26, p.281-347, 1987.
- INHAMUNS, A. J. **Composição de ácidos graxos de peixes de água doce da Região Amazônica brasileira**. Tese de doutorado – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- INHAMUNS. A. J., FRANCO, M. R. B. Composition of total, neutral, and phospholipids in Mapará (*Hypophthalmus sp.*) from brazilian Amazonian área. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v. 49, p. 4859 – 4863, 2001.
- MAIA, E. L. **Otimização da metodologia para caracterização de constituintes lipídios e determinação da composição em ácidos graxos e aminoácidos de peixes de água doce**. Tese de doutorado. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.
- MAIA, E. L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; HOTTA, L. K. Fatty acids composition of the total, neutral and phospholipids of pond-raised Brazilian piaractus mesopotamicus. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 30, 591-97, 1995.
- MAIA, E. L., RODRIGUEZ - AMAYA, FRANCO, M. R.B. Fatty acid of total, neutral, and phospholipids of the Brazilian freshwater fish *Prochilodus scrofa*. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 7 p. 240 – 251, 1994.
- MAIA, E. L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Fatty acid composition of the total, neutral and phospholipids of the brazilian freshwater fish *Colossoma macropomum*. **Food Science and Human Nutrition**. p. 633-42, 1992.
- MAIA, E. L., CARVALHO, N. L., OGAWA, N. B. P., UEDA, B., YAMASHI, T., WATANABE, E., OGAWA, M. Composição de ácidos graxos constituintes de

- peixes do rio Amazonas. - **XVI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. p. 1154-1154, 1998.
- MARTINO, R.; TAKAHASHI, N. S. A importância da adição de lipídios em rações para a aquicultura. **Óleos e grãos**. n. 58, p. 32-7, jan/fev. 2001.
- MOREIRA, A. B.; VISENTAINER, J. V.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M. Fatty acids profile and cholesterol contents of three Brazilian *Brycon* freshwater fishes. **Journal of Food Composition and Analysis**. v.14, p. 565-74, 2001.
- VIEGAS, E. M. M., BARRERA-ARELLANO, D., CONTRERAS-GUZMÁN, E.S. Effect of Diet with Palm Oil and Soybean Oil Deodorizer Distillate on Tambaqui (*Colossoma macropomum*) Fatty Acid Composition. **International Meeting on Fats & Oils Technology Symposium and Exhibition**, p. 193 – 196, 1991.
- VISENTAINER, J. V. **Composição de ácidos graxos e quantificação dos ácidos graxos LNA, EPA e DHA no tecido muscular de tilápias (*Oreochromis niloticus*), submetidas a diferentes tratamentos com óleo de linhaça**. Tese de doutorado – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- VISENTAINER, J. V., MATSUSSHITA, M., SOUZA, N. E., CATHARINO, R. R., FRANCO, M. R. B. Composição química e ácidos graxos em tilápias (*Oreochromis niloticus*) submetidas à dieta prolongada. **Revista Nacional da Carne**, v.313, p. 109 - 112, ano, XXVII, 2003.

CAPITULO I

COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS EM PESCADO: INFLUÊNCIA DA DIETA, ASPECTOS NUTRICIONAIS E BENEFÍCIOS À SAÚDE

Almeida, Neiva Maria¹, e Franco, Maria Regina Bueno²

¹ UFBA – Dep. de Bromatologia, Centro de Ciências da Saúde
CEP 41830-380, Salvador-BA. E-mail: neivaa@yahoo.com

² UNICAMP - Dep. Ciências de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, C.P. 6121,
CEP 13081-970, Campinas-SP. E-mail: franco@fea.unicamp.br

Trabalho a ser enviado à revista Acta Amazônica.

RESUMO

Após estudos relacionados à dieta de esquimós na Groelândia, mostrando a baixa incidência de doenças cardiovasculares e a redução de agregação plaquetária no sangue, houve um crescente interesse sobre os benefícios trazidos pela ingestão de peixes e óleo de peixe. Nesse contexto, inúmeras pesquisas sobre a composição de ácidos graxos em diversas espécies de pescados marinhos e de água doce, têm sido realizadas. Na atualidade, o desenvolvimento de equipamentos vem permitindo avanços nas técnicas de análises e incentivando novas metodologias. Os resultados dos estudos sobre a composição em ácidos graxos e os melhores desempenhos dos equipamentos modernos permitiram associar as estruturas dos ácidos graxos com a essencialidade, contribuindo assim para o esclarecimento da bioquímica do metabolismo, estabelecer a quantificação e proporções entre famílias de ácidos graxos, com enfoque especial para aqueles das famílias ômega 6 e ômega 3, por sua importância na dieta humana. Por outro lado, a composição dos lipídios nos tecidos dos peixes pode ser afetada pela dieta e por fatores ambientais, tais como salinidade, temperatura, estação do ano e localização geográfica. A quantidade de ácidos graxos poliinsaturados da família ômega 3 (AGPI ω 3), pode ser influenciada por um grande número de fatores, entre eles, diferenças de espécies. Várias espécies de peixes marinhos são ricas em AGPI ω 3, como o eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA). Isto é atribuído ao fato dos peixes se alimentarem de plâncton, sendo esses ricos em AGPI ω 3. Apesar do Brasil apresentar um grande potencial para a produção pesqueira, devido à diversidade da ictiofauna e o extenso número de bacias hidrográficas e pela vastidão de seu território com vastos recursos aquáticos continentais, ainda existem poucos trabalhos sobre identificação e quantificação de ácidos graxos em pescado no país, principalmente utilizando equipamentos modernos, associados a colunas capilares de sílica fundida, que proporcionam melhores resultados, devido à separação de isômeros de posição e de ácidos graxos ramificados. Porém, os resultados alcançados por pesquisadores brasileiros em peixes de água doce, vêm mostrando que estes podem ser considerados, como fonte de EPA e DHA, podendo ser utilizados em

dietas balanceadas visando o aumento de ingestão de AGPI, ou na indústria de concentrados de AGPI e também em formulações de rações animais.

Palavras – chave: ácidos graxos, cromatografia a gás, pescados

ABSTRACT

Following studies of the diet of Eskimos in Greenland, which show a low incidence of cardiovascular diseases and a reduction in plaque deposits there has been a growing interest in the benefits derived through the consumption of fish and fish oils. In this context, innumerable studies of the composition of fatty acids in various freshwater and marine fish have been carried out. Currently, the development of equipment has allowed technical advances in analysis and allowed new methodologies to emerge. The results of studies on the composition of fatty acids and the advances in modern equipment have allowed the association of fatty acid structure with essentialness, in addition to permitting the advance of biochemistry of the metabolism, to establish the quantification and ratios between groups of fatty acids focusing especially on the omega-3 and omega-6 families, due to their importance in the human diet. On the other hand, the composition of lipids in fish's tissues may be affected by diet and environmental factors such as salinity, temperature, season and geographical location. The quantity of polyunsaturated omega-3 fatty acids (PUFA- ω 3) differs between species and can be influenced by a large number of factors. Various species of marine fish are rich in PUFA- ω 3, such as eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA). This is attributed to the fact that these fish feed on PUFA- ω 3 rich plankton. Despite Brazil's great potential for fishing production, due to the diversity of its ichthyofauna, the extensive number of hydrographical basins and the vastness of its territory with huge continental aquatic resources, there are few studies to identify and quantify fatty acids in the country's fish, especially using modern equipment associated with cast silica capillary columns, which give better results due to the separation of the position isomers and ramified fatty acids. However, the results achieved by Brazilian researchers into freshwater fish show that these can be considered sources of EPA and DHA and can be used in balanced diets to increase the ingestion of PUFAs or in the PUFA concentrates industry and formulas for animal feed.

Key word: fatty acid composition, fish, gas chromatography

1. INTRODUÇÃO

Os lipídios de peixes de água doce, a exemplo de peixes marinhos, apresentam ácidos graxos contendo de 10 a 24 átomos de carbonos. Análises realizadas em peixes de água doce e peixes marinhos revelaram diferenças entre a sua composição de ácidos graxos. Os peixes de água doce contem elevadas proporções de ácidos graxos saturados e poliinsaturados (C18), mas baixos teores de insaturados com 20 e 22 átomos de carbono, quando comparados aos lipídios de peixes marinhos (Henderson & Tocher, 1987).

A composição dos ácidos graxos em lipídios totais é influenciada pelas classes dos lipídios constituintes. Os tecidos ricos em gordura têm os triacilgliceróis como os principais constituintes, enquanto os fosfolipídios predominam naqueles de baixo teor de lipídios. As flutuações sazonais influenciam no conteúdo de lipídios em composição dos ácidos graxos sendo observada em peixes de água doce tropical e temperada, havendo variações da composição de ácidos graxos com a época do ano (Inhamuns & Franco, 2001; Inhamuns, 2000; Henderson & Tocher, 1987).

A composição dos lipídios nos tecidos dos peixes pode ser afetada pela dieta e por fatores ambientais, tais como salinidade, temperatura, estação do ano e localização geográfica (Venugopal & Shahidi, 1996). O perfil em ácidos graxos em peixes é certamente influenciado por sua dieta (Henderson & Tocher, 1987; Brown *et al*, 1989).

2. COMPOSIÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS EM PESCADO - UMA VISÃO MUNDIAL

Inúmeras pesquisas sobre a composição de ácidos graxos em diversas espécies de pescados marinhos e de água doce têm sido realizadas nos últimos anos, devido à evidência do papel dos ácidos graxos da família ω 3 na prevenção de doenças cardiovasculares. Esses estudos têm mostrado que a quantidade dos ácidos graxos poliinsaturados da família ω 3 difere entre as espécies e que

dependem de uma série de fatores e ainda que peixes marinhos são ricos em PUFA- ω 3, principalmente EPA (C20:5 ω 3) e DHA (C22:6 ω 3). Alguns desses estudos serão considerados nessa revisão visando a obtenção de um panorama mundial sobre a composição dos ácidos graxos de pescado.

A composição dos ácidos graxos do óleo de 21 espécies de peixes marinhos, de água doce e de água salobra, mostrou diferenças da composição entre as espécies. Peixes de água doce, como o lake herring (*Coregonus artedii*), rainbow trout (*Salmo gairdneri*) e o lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) apresentaram alto conteúdo de ácido linoléico com média de 4,8% comparados aos peixes marinhos, que apresentaram uma média de 1,5%. Correntemente, os peixes de água doce apresentam conteúdo de EPA menor, e no trabalho apresentado por Gruger *et al.* (1964), a média destes foi de 5,8% enquanto os peixes marinhos apresentaram média de 9,7%.

Pesquisas têm demonstrado que peixes de água doce contêm menor proporção de ácidos graxos poliinsaturados da família ômega 3 (PUFA- ω 3) do que os peixes de origem marinha. A composição de ácidos graxos de peixes de água doce é caracterizada por alta proporção de PUFA- ω 6, especialmente o ácido linoléico e ácido araquidônico (AA). No entanto está sendo observado que os peixes de água doce contêm uma grande quantidade de PUFA- ω 3 (Henderson & Tocher, 1987). Desta maneira, Wang *et al.* (1990), estudando 8 espécies de peixes de água doce observaram que a concentração de EPA e DHA foi geralmente maior do que a encontrada para o herring, peixe de origem marinha, e os ácidos graxos ω 3 foram os que mais contribuíram para o total de PUFA em todos os peixes estudados.

O fígado de peixe também contém um alto conteúdo de gordura, sendo conhecido como uma excelente fonte de óleo de peixe. Satué & López (1996), estudaram a diferença entre o sexo na composição de ácidos graxos no óleo de fígado da truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e encontraram fortes diferenças na composição de ácidos graxos do fígado de fêmeas e machos. Os principais ácidos graxos no óleo do fígado foram: C22:6 ω 3, C16:0, C18:1 ω 9, C22:5 ω 3,

C18:6 ω 6 nos machos e C18:1 ω 9, C22:6 ω 3, C16:0, C18:0, C16:1 nas fêmeas. Para os ácidos graxos poliinsaturados da família ômega 3 (PUFAs- ω 3), houve diferença significativa entre machos e fêmeas, para o DHA e para o EPA. Houve também diferença significativa na taxa ω 3/ ω 6 em fêmeas (1:3) e machos (2:3), esses valores são menores do que os encontrados para óleo de fígados de peixes marinhos, mas são maiores do que os encontrados para óleo do músculo de alguns peixes de água doce. Os autores sugeriram que devido ao alto conteúdo de DHA encontrado no óleo de fígado dos machos, esse poderia ser utilizado como suplementação em alimento infantil.

O óleo de fígado de tubarão é valorizado por conter PUFAs como todos os óleos de peixe e dependendo da espécie, o óleo de fígado de tubarão é também rico em outros compostos, que são reconhecidos por possuírem propriedades fungicida e atividade antiinflamatória. Assim, ocorre naturalmente o interesse da indústria farmacológica para a utilização do óleo de tubarão para fins cosmético e medicinal. Navarro-Garcia *et al.* (2000), estudaram a composição de lipídios do fígado de duas espécies de tubarão, oriundas do Caribe (Cuba) e do Golfo da Califórnia (México). Houve uma grande variação entre as frações percentuais dos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados. Para o *C. falciformis*, (espécie capturada no México), os teores foram de 35,3; 20,8 e 37,7% , respectivamente, e para o *G. cuvier*, espécie capturada em Cuba, foi de 20,8, 50,6 e 18,4%. Com relação aos PUFAs da família ômega 3, as duas espécies mostraram grandes diferenças no conteúdo de EPA e DHA. O óleo de *C. falciformis* mostrou uma quantidade percentual de EPA e DHA, de 5,14% e 25,05% respectivamente, enquanto o *G. cuvier*, mostrou menor quantidade com 1,09 e 0,32% de EPA e DHA, respectivamente.

O gênero *Merluccius* é composto de um grande número de espécies com importância econômica, a exemplo do "hake", peixe da família do bacalhau, que tem uma ampla distribuição e ocorre predominantemente no oeste do Oceano Atlântico e ao longo do Rio de la Plata. Méndez & González (1997), estudaram as mudanças químicas e a composição de lipídios no filé do "Southwest Atlantic

hake" (*Merluccius hubbsi*) e mostraram que o ácido palmítico (C16:0) e o ácido oléico (C18:1 ω 9) foram os principais ácidos graxos saturados e monoinsaturados, respectivamente. A soma de EPA e DHA representou um terço do total de ácidos graxos encontrados. O conteúdo de DHA permaneceu praticamente constante durante todo o ano, em contraste com o conteúdo de EPA, que seguiu mais ou menos o mesmo padrão dos outros ácidos graxos. O valor médio de EPA e DHA encontrado ao longo do ano foi de 0,09 e 0,35g por 100g de músculo do tecido, respectivamente e, portanto os autores, baseando-se no trabalho de Ackman (1989), argumentaram que, se a média de ingestão diária recomendada fosse de 1g de EPA + DHA, seria necessário a ingestão de 230g de filé de hake para obtenção do valor recomendado.

Kozlova & Khotimchenko (2000), estudaram duas espécies de peixes pelágicos originários do Lago Baikal, onde existe um total de 2565 espécies endêmicas. A família Comephoridae é totalmente endêmica, sendo composta por somente duas espécies que são: "big golomyanka" (*Comephorus baicalensis*) e "small golomyanka" (*Comephorus dybowski*). Essas espécies são típicas de espécies pelágicas por habitarem a coluna d'água abaixo da máxima profundidade de 1636m. Os lipídios são conhecidos por possuírem papel importante como reguladores na densidade do corpo, permitindo que os organismos se adaptem a condições específicas de habitat. O conteúdo total de lipídios diferiu bastante entre as duas espécies, apresentando os valores de 38,9%, e 4,7% no corpo inteiro, para o *C. baicalensis* e *C. dybowski*, respectivamente. Os triacilgliceróis representaram mais de 90% no *C. baicalensis*, enquanto os fosfolipídios apresentaram um valor acima de 60% no *C. dybowski*. Os lipídios neutros do *C. baicalensis* mostraram características de peixe de água doce, por apresentarem a seguinte ordem na composição de ácidos graxos: monoinsaturados > saturados > poliinsaturados, sendo diferente para o *C. dybowski*, que, por apresentar baixo conteúdo de gordura (4,7%), mostrou um resultado diferente do padrão, com os poliinsaturados prevalecendo sobre os monoinsaturados. Os grupos de ácidos graxos dos lipídios polares para o *C. baicalensis* apresentaram a seguinte ordem decrescente: poliinsaturados > monoinsaturados > saturados. No *C. dybowski*, os

ácidos graxos poliinsaturados apresentaram maiores proporções em todos os tecidos estudados e os saturados foram o segundo maior grupo, seguido dos monoinsaturados. O ácido graxo C18:1 ω 9 foi o majoritário em todos os tecidos estudados, nos lipídios neutros e nos fosfolipídios, das duas espécies.

Na Malásia foi conduzido um estudo de 20 espécies de água doce, para avaliar a composição de ácidos graxos, especialmente das famílias ω 3 e ω 6, comumente consumidos pela população local. Para todas as espécies estudadas, os ácidos graxos monoinsaturados foram os majoritários, com conteúdo variando de 17 a 53%, seguidos dos saturados (15 a 45%) e poliinsaturados (12 a 38%). O total de ácidos graxos da família ω 6, que variou de 2,4 a 26,2%, foi maior do que os da família ω 3, que variou de 1 a 11% em todas as espécies estudadas, estando em concordância com os resultados encontrados para peixes de água doce, que mostraram um teor de ω 6 maior do que ω 3. Os autores indicaram o peixe como importante componente na dieta da população da Malásia, constituindo cerca de 60-70% de fonte protéica animal e também como importante fonte de ω -3 (Rahnman *et al.* 1995).

Osman *et al.* (2001) também estudaram a composição dos ácidos graxos de 10 espécies de peixes marinhos consumidos diariamente na Malásia. A composição de ácidos graxos mostrou que o total de PUFA ω -3 variou de 29,7 a 48,4%, perfazendo o mais alto nível de ácidos graxos, seguido por outros PUFA, com níveis de 27,7 a 40,0%, (PUFA ω 6, com 11,0 a 20,0%), saturados, com 3,63 a 11,4% e finalmente os monoinsaturados com 1,37 a 9,12%. O conteúdo de AA, EPA e DHA, em todas as espécies analisadas, variaram no intervalo de 0,19 a 0,68%, 0,80 a 6,72% e 9,36 a 28,6%, respectivamente. Os autores concluíram que os peixes analisados podiam ser considerados como uma boa fonte de alimentos de origem marinha.

Várias espécies de peixes marinhos são ricas em PUFA- ω 3, como o EPA e DHA. Isto é atribuído ao fato dos peixes se alimentarem de plâncton, sendo esses ricos em lipídios. A proporção de ω 3 para ω 6 é muito menor para peixes de

água doce do que peixes marinhos, mostrando uma razão de 1 para 4 (Henderson & Tocher, 1987).

Nair & Gopakumar (1978), estudaram 15 espécies de peixes de água tropical, onde cinco deles eram peixes de água doce, três de água salgada e sete de água salobra. A determinação da composição de ácidos graxos mostrou que o C16:0 e o C18:0 foram os majoritários em todas as espécies estudadas. Na maioria das espécies, o C18:1 e o C16:1 foram os ácidos graxos monoinsaturados majoritários. Os principais ácidos graxos poliinsaturados foram os do grupo C18:2, C18:3, C20:4, C20:5 e C22:6, sendo que o teor do C20:4 (araquidônico) foi o mais elevado em todas as espécies estudadas. Comparando as espécies de água doce e salgada, o teor de C16:0 e C18:0 foi menor em peixes de água salgada, enquanto esses últimos mostraram um maior teor de C22:0. A distribuição do C18:2 seguiu o padrão de menor teor para peixes de água salgada e alto teor para peixes de água doce. A proporção de monoinsaturados foi menor em peixes de água salgada e maior em peixes de água doce. A composição de ácidos graxos para os peixes de água salobra não seguiu um padrão definido, em geral sua composição parece ser uma média dos outros dois grupos.

O conteúdo e a composição de 18 espécies de peixes de água doce foram determinados na região ventral anterior e na dorsal posterior, por Kinsela *et al.* (1997). O "smelt" (*Osmerus mordax*), "suckers" (*Catostomus commersonni*), "trout rainbow" (*Salmo gairdneri*) e "lake trout" (*Salvelinus namaycush*) foram capturadas no lago Cayuga, Ithaca, NY e as outras espécies foram capturadas no lago Oneida, Bridgeport, NY. Os componentes majoritários de todas as espécies foram os ácidos graxos C16:0, C16:1, C18:1, C20:4, C20:5 e o C22:6. Houve variação na composição de ácidos graxos entre as espécies. A composição de ácidos graxos dos peixes de água doce, nessa pesquisa, mostrou diferenças nas quantidades de ácidos graxos poliinsaturados, especialmente o DHA, comparado a várias espécies européias de peixes de água doce.

Os lagos e rios tropicais detêm cerca de 40% de todas as espécies de peixes de água doce do mundo. Os lagos da África são caracterizados pela

diversidade de espécies e pelo grande número de peixes endêmicos. Zenebe *et al.* (1998) estudaram 50 amostras de peixes, representando 8 espécies tropicais. Os peixes foram coletados em lagos da Etiópia, para estudar a variação de lipídios e ácidos graxos. Os autores concluíram que houve uma diferença marcante no conteúdo de lipídios como no de ácidos graxos em peixes tropicais da mesma espécie capturados em diferentes lagos, bem como de uma espécie para outra capturada no mesmo lago ou em local diferente. A variação foi mais pronunciada em peixes herbívoros do que em onívoro ou carnívoro/piscívoro. Foram identificados 28 ácidos graxos, sendo a maioria constituída por ácidos graxos insaturados e de cadeia longa. Os ácidos graxos majoritários foram o C16:0, C18:0, C18:1 ω 9 e o C22:6 ω 3. A razão ω 3/ ω 6 variou consideravelmente, de 1:1 a 7:6, para todas as espécies estudadas. O nível de PUFA's em peixes tropicais foi comparável aos de águas temperadas, indicando que a temperatura da água por si só não interfere no conteúdo desses ácidos graxos. Ainda de acordo com os autores, porém, o conteúdo dos saturados foi quantitativamente maior nos peixes tropicais.

Uma extensa revisão da composição de ácidos graxos de peixes marinhos da Austrália mostrou também que os ácidos graxos saturados foram os majoritários, perfazendo um terço do total. O ácido palmítico foi o predominante entre os saturados, seguido do ácido esteárico, do mirístico, do araquidônico, do behênico, enquanto, os ácidos graxos poliinsaturados perfizeram cerca de 40% do total. A média de PUFA's ω 6 apresentou um valor superior a 11%, com uma amplitude de 1,2 a 23,1%, sendo que o araquidônico foi o majoritário, com um valor médio de 6% do total de ácidos graxos e variando de 0,4 a 15,8%. Na maioria dos peixes analisados, o DHA foi a maior fonte de PUFA's ω 3, seguido do EPA e do α -linolênico, que contribuíram com menos de 3% do total de ácidos graxos (Brown *et al.* 1989).

O bonito (*Euthynnus pelamis*) é uma espécie de atum com grande movimento de migração, sendo distribuído largamente em zona tropical e temperada. Saito *et al.* (1997), estudaram a composição de ácidos graxos de

vários órgãos do bonito, capturados em diferentes áreas, desde a zona tropical à zona temperada. A composição de ácidos graxos variou pouco entre os órgãos estudados. Foi observado que os majoritários foram o C16:0, C16:1 ω 5, C16:1 ω 7, C18:0, C18:1 ω 7, C18:1 ω 9, C20:5 ω 3, C22:6 ω 3. A soma desses ácidos perfizeram mais de 80% do total de ácidos graxos em todos os órgãos examinados, sendo que os principais poliinsaturados foram o C20:5 ω 3 e C22:6 ω 3. O ácido docosahexaenóico foi o majoritário nos poliinsaturados do bonito oriundo das várias localidades estudadas. O conteúdo médio de DHA foi mais de 25% do total de ácidos graxos em todos os órgãos estudados. Vários estudos têm mostrado que o conteúdo de DHA no músculo de atum é alto, entretanto, os resultados deste estudo não confirmaram esse dado, provavelmente devido a efeitos do meio ambiente, como por exemplo, a temperatura da água e a composição dos ácidos graxos dos lipídios do conteúdo estomacal.

Na Turquia, mais de 80% dos peixes são capturados na região Oeste do mar Negro. Devido a industria pesqueira ser a segunda mais importante fonte econômica na região e o importante papel dos ácidos graxos, principalmente da família ômega 3, na prevenção e redução dos riscos de doenças coronárias. Guner *et al.* (1998) pesquisaram a composição química e o perfil de ácidos graxos de nove espécies capturadas no Mar Negro. O perfil de ácidos graxos apresentou oito ácidos com contribuição maior do que 60%, do total de constituintes de todas as espécies analisadas. O total de saturados variou entre 25,8 a 45,1%, sendo o C16:0 o ácido graxo majoritário, com cerca de 60% do total de saturados. O oléico (C18:1 ω 9) foi o principal ácido graxo monoinsaturado em todos os peixes analisados. O principal ácido graxo de cadeia longa PUFA foi o DHA, seguido do EPA. Foi observado em pequenas quantidades os ácidos graxos C18:2 ω 6, C18:3 ω 3 e C22:5 ω 3. Em algumas espécies foi detectada a presença do ácido nervônico (C24:1 ω 9).

Harun *et al.* (1993) estudaram a composição de 12 espécies de peixes marinhos da Bacia de Bengal, em Bangladesh, porém duas espécies de peixes de água doce, capturadas no rio Meghna e no lago Kaptai, também foram estudadas

para comparação dos resultados. A percentagem de ácidos graxos saturados mostrou uma amplitude de 38 a 59% nos peixes marinhos e de 40 a 46%, nos peixes de água doce. Os peixes marinhos apresentaram em segundo e terceiro lugar, os ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados. Os monoinsaturados variaram de 9,9 a 38% e, os da família ômega 3, de 8,9 a 35%. Os ácidos graxos da família ômega 3 constituíram uma menor fração nos peixes de água doce, variando de 7 a 12%. Os ácidos graxos da família ômega 6, com menor percentagem, variaram de 2,5 a 9,2% em ambos os tipos de peixes, marinhos e de água doce. Dentre os saturados, o C16:0 foi o majoritário, seguido do C18:0 e, dentre os monoinsaturados, os dominantes foram o C18:1 e C16:1. O ácido graxo C20:4 foi o majoritário da família ômega 6 e o C20:5 e C22:6 foram os predominantes da família ômega 3. Os autores observaram que um ácido graxo de cadeia longa, poliinsaturado, foi detectado em sete das doze espécies marinhas estudadas, porém não foi detectado em nenhuma das duas espécies de água doce. Este ácido foi identificado como sendo provavelmente o ácido C24:6 ω 3,

O óleo de peixe é reconhecido como excelente fonte de ácidos graxos poliinsaturados, onde os ácidos graxos EPA e DHA são notadamente importantes na prevenção e ou redução de risco de doenças coronárias e desordem inflamatórias. No caso específico, o DHA é visto como suplemento nutricional e importante no desenvolvimento cerebral do feto no útero, na vida pós-natal, durante o desenvolvimento das funções cognitivas do indivíduo. Este interesse atual por lipídios, devido ao reconhecimento como excelente fonte para prevenir doenças coronárias tem despertado também pesquisas em outros organismos aquáticos.

Na Malásia, os pepinos do mar são popularmente conhecidos pelas suas propriedades medicinais, entretanto as pesquisas científicas ainda são escassas em relação a esses aspectos e normalmente o interesse dos cientistas está voltado para estudos taxonômicos, distribuição ecológica e outros aspectos. Devido ao grande interesse para utilização do pepino do mar na indústria farmacológica, Fredalina *et al.* (1999) estudaram a composição dos ácidos graxos

do pepino do mar (*Stichopus chloronotus*) e investigaram a eficiência de métodos de extração dos lipídios utilizando quatro diferentes solventes (metanol, etanol, tampão fosfato e água destilada). Os resultados mostraram que os conteúdos dos ácidos C14:0, C16:0, C18:0, C18:2, C20:0, e C20:5 foram significativamente diferentes nos quatro solventes utilizados. A extração com tampão fosfato mostrou maior percentual de EPA (25,69%) quando comparado ao etanol (18,89%), água destilada (7,84%) e metanol (5,83%). O DHA mostrou maior conteúdo quando extraído com água destilada (57,55%) em comparação aos outros solventes, com somente 3,63% em tampão fosfato e 1,20% em metanol. Não foi detectado DHA na extração com etanol.

Recentes pesquisas têm mostrado também largas diferenças entre a composição de ácidos graxos de focas oriundas de água doce, salobra e marinha. Karela & Hyvarinen (1998) estudaram a composição de ácidos graxos em fígado de foca (*Phoca hispida ssp*) capturada em água marinha, água salobra e água doce. O total de lipídios do fígado das focas de água marinha continha ligeiramente uma maior quantidade de PUFA- ω 3 do que de PUFA- ω 6. Nos fígados das focas de água salobra e de água doce, a razão ω 6/ ω 3 ficou abaixo de 2,0 e 3,2, respectivamente. No geral, a proporção total dos PUFA e dos ácidos graxos saturados no fígado de focas marinhas e de água salobra foi menor do que em focas de água doce, mas a proporção dos monoinsaturados foi maior. Os autores sugeriram que as diferenças na composição dos ácidos graxos, para as focas capturadas em diferentes localidades, ocorreram principalmente devido aos constituintes nutricionais das dietas utilizadas.

3. COMPOSIÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS EM PESCADO – UMA VISÃO BRASILEIRA

No Brasil, existem poucos trabalhos de identificação e quantificação de ácidos graxos em pescado, principalmente com a utilização de equipamentos modernos associados a colunas capilares de sílica fundida, que proporcionam

melhores resultados, devido à separação de isômeros de posição e de ácidos graxos ramificados.

Duarte (2001) estudou a composição de ácidos graxos de 22 espécies de peixes do rio Araguaia. O ácido graxo predominante encontrado na maioria dos óleos de peixes analisados foi o ácido palmítico (C16:0), com teor variando de 19,7 a 40,8%. As espécies que mais apresentaram esse ácido foram: o piaú cabeça gorda (*Leporinus friderici*), a corvina (*Plasgioscion squamosissimus*) e a sardinha papuda (*Triportheus angulatus*). O ácido oléico também foi abundante nas seguintes espécies: Dourada (*Pellona castelnaena*), rabo vermelho (Gênero e espécie não identificada), piranha (*Serrasalmus eigenmanni*) e sardinha papuda (*Triportheus angulatus*) com 33,6%, 29,6%, 37,3% e 35,3%, respectivamente. Com relação aos ácidos graxos da série ômega 3 as análises demonstraram que as espécies analisadas apresentaram teores de EPA na faixa de 0,3 a 1,3% e, de DHA, de 0,3 a 6,2%. A corvina, jatuarana (*Hemiodopsis argenteus*) e mandi peruano (*Auchenipterus nuchalis*) foram os que apresentaram maiores teores de EPA (1,3%) e a corvina foi a que apresentou maior teor de DHA (6,2%). A razão de $\omega 6/\omega 3$ nas espécies estudadas ficou na faixa de 1:1 a 4:1, apenas o cuiucuçu (*Pseudoras niger*) e piranha, mostraram uma razão maior, com 10:1 e 8,7:1, respectivamente. A espécie que mostrou maior destaque foi a corvina, por apresentar o maior teor de ácidos graxos poliinsaturados (29,4%), de DHA (6,2%), de EPA (1,3%) e de ácido araquidônico (6,1%). A autora sugeriu que, de acordo com os resultados, mais estudos sejam feitos, visando a possibilidade de indução da produção de maiores teores de ácidos graxos ômega 3 e ômega 6 em espécies como a corvina e jatuarana, através dos sistemas de cultivo e da modificação e controle da alimentação das espécies.

Inhamuns (2000) e Inhamuns & Franco (2001), estudaram a composição de ácidos graxos de três peixes da região Amazônica brasileira, sendo esses curimatã (*Prochilodus nigricans*), mapará (*Hypophthalmus* sp) e tucunaré (*Cichla ocellaris*). Para as duas últimas espécies foi realizada a quantificação dos ácidos graxos EPA e DHA, através do uso de padrão interno. Os resultados encontrados para o curimatã revelaram que, quando capturada no período de seca na bacia

Amazônica, essa espécie pode ser utilizada em dietas balanceadas como fonte de ácidos graxos poliinsaturados. Para o mapará, os resultados indicaram que, quando capturado na época da cheia, esta espécie pode ser recomendada para prescrição de dietas, quando o objetivo for incrementar a ingestão de EPA e DHA. Para os padrões de peixes de água doce, o mapará apresentou grande potencial de ácidos graxos ω 3, EPA com 20,0mg/g e 16,0mg/g no músculo e de DHA, com 18,0mg/g e 15,0mg/g no músculo durante a cheia e seca, respectivamente. No período da cheia, o músculo apresentou maior quantidade destes ácidos graxos. O tucunaré, mesmo apresentando uma razão reduzida de ω 3/ ω 6 nos dois períodos sazonais (cheia e seca) nos dois tecidos analisados (músculos dorsais e tecido adiposo da cavidade do globo ocular) pode ser considerado uma fonte rica em ácidos graxos essenciais das séries ω 3 e ω 6. Esta espécie apresentou maior percentual desses ácidos no tecido muscular quando capturado no período de cheia e a quantificação revelou elevado teor de DHA no tecido muscular, apresentando 54,5mg/g quando capturado no período de cheia. Os teores de EPA não se mostraram expressivos nos diferentes períodos e tecidos pesquisados.

A composição de ácidos graxos de 11 espécies do Rio Amazonas foi determinada por Maia *et al.* (1998). A identificação dos ácidos graxos foi feita, segundo os autores, apenas por valores de ECL (Comprimento Equivalente de Cadeia) e os ácidos graxos majoritários foram os ácidos palmítico, esteárico e oléico. O ácido linoléico foi detectado em todas as amostras e os autores concluíram que a presença deste ácido parece ser uma característica dos peixes de água doce.

Na região Sul do Brasil, Andrade *et al.* (1995) estudaram dezessete espécies de peixes de água doce. Para identificação dos ácidos graxos, foi feita somente a comparação dos tempos de retenção dos padrões com os das amostras. Os ácidos graxos palmítico e esteárico foram os majoritários entre os ácidos graxos saturados. Dentre os ácidos graxos monoinsaturados, os ácidos C16:1 ω 7 e o C18:1 ω 9 foram os mais abundantes. Foi observado que na corvina (*Plasgioscion squamosissimus*) o C18:1 ω 9 apresentou uma maior quantidade

percentual do que o C16:1 ω 7. O valor total de ácidos graxos saturados variou entre 26,27 a 51,17% e valores entre 5 e 45% foram obtidos para os PUFA's. A truta (*Salmo trutta*) apresentou 28% de PUFA's do total de ácidos graxos. O dourado (*Salminus maxillo*), a corvina e o cascudo cachorro (*Pseudosciaenops*), apresentaram em torno de 20% de PUFA's. A razão ω 3/ ω 6 obtida para a truta foi de 26,3, onde basicamente todos os PUFA's eram da família ômega 3, e os dois mais importantes ácidos graxos dessa família apresentaram uma quantidade percentual de 1,67 e 11,74 para o EPA e DHA, respectivamente. Os valores de DHA em todas as espécies estudadas, exceto o pacu (*Colossoma mitrei*), foram maiores do que o EPA em porcentagem. Nesta pesquisa, o EPA não foi detectado em algumas espécies, dentre elas a carpa (*Cyprinus carpio*), o cascudo abacaxi (*Megalocentrus aculeatus*), dourado (*Salminus maxillo*), jupia (*Hemisorubim platyrhynchos*), mandi (*Pimelodus maculatus*) e piapara (*Leporinus elongatus*). De acordo com os autores, dentre as espécies estudadas, o barbatana (*Pseudosciaenops*), truta e corvina podem ser recomendados como boa fonte de DHA e EPA.

Nos lipídios totais do tecido muscular, pode existir uma grande variedade de substâncias orgânicas lipossolúveis, que são distribuídas em três principais classes: lipídios neutros, fosfolipídios e glicolipídios. Nos alimentos em geral, os lipídios encontram-se principalmente sob a forma de triacilgliceróis. As análises de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*), tilápia (*Oreochromis niloticus*) e curimatã (*Prochilodus scrofa*) mostraram que os ácidos majoritários foram, mirístico, palmítico, palmitoleico, esteárico, oléico, linoléico e linolênico nas frações de lipídios totais e lipídios neutros. O ácido oléico foi o principal ácido graxo dos lipídios totais em pacu, tambaqui e também o principal em lipídios neutros de pacu, tilápia e tambaqui. O ácido palmítico foi o majoritário nos lipídios totais de curimatã e tilápia e na fração de lipídios neutros de curimatã. Na fração de fosfolipídios, os ácidos palmítico, esteárico, oléico e araquidônico encontraram-se entre os majoritários em todos os peixes nesse estudo. O ácido palmítico predominou em curimatã, tilápia e tambaqui, enquanto o ácido oléico foi o principal nos lipídios totais de pacu. Em lipídios totais, neutros

e fosfolipídios de pacu, tilápia e tambaqui, os ácidos graxos da família ômega-6 predominaram em relação aos da família ômega-3, sendo que o contrário ocorreu nas três frações de curimatã. Foram identificados 64, 71, 45, e 46 ácidos graxos nos lipídios totais de pacu, curimatã, tilápia e tambaqui respectivamente. Os valores encontrados para a razão de poliinsaturados $\omega 3/\omega 6$ foram baixos para os peixes cultivados: pacu (0:13), tambaqui (0:18) e tilápia (0:13). Para a espécie curimatã, não cultivada, foi encontrada a razão de 1:6, valor dentro da média esperada para peixes de água doce (Maia, 1992; Maia *et al.*, 1995; Maia *et al.*, 1994; Maia & Rodrigues-Amaya, 1992).

Gutierrez & Silva (1993) estudaram a composição de ácidos graxos de sete espécies de peixes de água doce e nove de água salgada comercializadas no Brasil. A composição de ácidos graxos dos peixes de água doce mostrou maior quantidade percentual de saturados do que os de água salgada. Os autores encontraram diferenças aparentes na composição de ácidos graxos dos peixes de água doce comparados aos de água salgada. Os ácidos C16:0 e o C18:0 foram majoritários em peixes de água doce e estes apresentaram baixos níveis de EPA e DHA em comparação aos peixes de água salgada. Alto nível de palmitoleico tem sido mostrado como uma característica de peixe de água doce, nesse estudo foi observado um intervalo de 11,6 a 27,9% e de 9,8 a 18,8% nos peixes de água doce e salgada, respectivamente. Com exceção da sardinha, os peixes de água salgada apresentaram uma maior quantidade percentual de DHA do que EPA. Nos peixes de água doce, a quantidade percentual de DHA e EPA foi menor em comparação aos peixes de água salgada. Somente o pintado e a piramutaba mostraram alto conteúdo de DHA e EPA, provavelmente por serem espécies carnívoras. Os autores concluíram que a maioria dos peixes de água doce não pode ser considerada como fonte de ácidos eicosapentaenóico e docosahexaenóico, entretanto, os peixes de água salgada, apenas a sardinha e a manjuba podem ser recomendados como fonte adequada de ácidos graxos ômega 3.

Castelo (1979) estudou o aproveitamento e caracterizou os ácidos graxos da gordura cavitária e muscular do tambaqui (*Colossoma macropomum*), os quais

foram identificados através da comparação dos logaritmos do tempo de retenção de padrões com os logaritmos do tempo de retenção dos componentes das amostras. Neste estudo, foi utilizada uma coluna empacotada para a separação dos ácidos graxos. Foi concluído que a composição dos ácidos graxos da gordura cavitária varia em quantidade e qualidade de acordo com a época do ano e que, independentemente da época do ano, os principais ácidos graxos foram palmítico, esteárico e oléico. As amostras estudadas não apresentaram os ácidos graxos C20:5 e C22:6, no entanto, apresentaram um teor significativo de ácido linoléico. A composição de ácidos graxos da gordura cavitária e muscular apresentaram poucas diferenças em quantidade e qualidade.

4. INFLUÊNCIA DA DIETA NA COMPOSIÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS DE PESCADO CAPTURADO EM AMBIENTE NATURAL E CULTIVADOS EM DIFERENTES SISTEMAS

A composição de ácidos graxos em peixes de água doce é marcadamente influenciada pelos ácidos graxos presente na dieta. O perfil de ácidos graxos dos peixes de ambiente natural é reflexo da disponibilidade dos ácidos graxos da cadeia alimentar presente no ambiente aquático (Henderson & Tocher, 1987).

Rainuzzo *et al.* (1997) afirmaram que os lipídios para a nutrição de peixes foram exaustivamente estudados nas últimas duas décadas e salientaram a importância de se conhecer o tipo e a quantidade de lipídios na dieta de animais, devido a sua influencia na qualidade e quantidade de PUFA's nos tecidos e nas células. Estudos afirmam que a aquicultura industrial produz peixes com menor teor de ácidos graxos- ω 3 do que os peixes que habitam os oceanos, rios e lagos (Van Vliet & Katan, 1990).

O Brasil apresenta grande potencial para a produção de pescado devido à diversificada ictiofauna e o extenso número de bacias hidrográficas e pela vastidão de seu território com recursos aquáticos continentais, onde pode se desenvolver

plenamente a piscicultura. A estimativa de produção pesqueira é de cerca de 200.000 ton/ano (Borghetti, 2000).

Os peixes são criados em diversos sistemas de cultivo. No sistema extensivo, os peixes são normalmente cultivados em represas e, neste caso, o criador dispensa pouco trabalho e pouco gasto com os peixes. A quantidade de peixes por área inundada é muito pequena, não existe interferência do produtor na alimentação do peixe, sendo somente aconselhável onde já existem grandes áreas inundadas sem utilidade, ou voltadas a outras atividades. No sistema semi-intensivo ocorrem gastos, tanto com a mão de obra para cuidar dos animais como com alimentos para os peixes. No entanto os peixes não dependem exclusivamente do homem, havendo probabilidade de encontrar vários tipos de alimentos no próprio viveiro, como vermes, insetos, plânctons, peixes menores de outras espécies, bem como frutos e sementes que caem na água e que irão complementar a ração fornecida. Neste caso a quantidade de peixes criada por área inundada é maior que no sistema extensivo. No sistema intensivo ao contrário dos outros dois, os animais dependem, exclusivamente, do alimento que será fornecido pelo piscicultor. Neste caso, os cuidados para que os animais recebam todos os nutrientes que vão necessitar deve ser maior. É um sistema que envolve alta tecnologia e gastos. Os animais ficam confinados em grandes quantidades em pequenos espaços e, além do extremo cuidado que se deve ter com a alimentação, não podem ser esquecidos os aspectos ligados à qualidade da água (Pereira Filho, 1995).

Atualmente empresas ligadas ao setor da piscicultura brasileira pretendem triplicar a produção de carpas e tilápias nos próximos dois anos com um projeto de aumento mensal de 22 toneladas para 110 toneladas. Isso permitirá um faturamento de R\$ 50 mil para R\$ 250 mil por mês (Belchior, 2003). Esse incremento de produção de tilápia vem aumentando o interesse de pesquisas sobre essa espécie exótica, sendo a mais estudada no Brasil. Visentainer *et al.* (2003) estudaram a composição química e de ácidos graxos em tilápia (*Oreochromis niloticus*) submetidas à dieta comercial prolongada, com o objetivo de avaliar o valor nutricional do conteúdo lipídico. Os autores concluíram que a

dieta prolongada permitiu armazenar elevados teores de lipídios totais, porém não promoveu um aumento no valor nutricional do conteúdo lipídico, em relação à composição de ácidos graxos $\omega 3$. Foi verificado que as tilápias não constituíram uma boa fonte de ácidos graxos $\omega 3$, porém apresentam razões de $\omega 6/\omega 3$ de acordo com as recomendações de alguns pesquisadores. A ração exerceu um fator determinante na composição de ácidos graxos dos lipídios, especialmente devido à elevada concentração de ácido linoléico.

No Brasil, uma das maneiras em que se poderia aumentar a ingestão de ácidos graxos na alimentação, seria através da ingestão de ácidos graxos poliinsaturados, por meio da inclusão de peixes de água doce na dieta. É conhecido o aumento da atividade da piscicultura no país, e pesquisas sobre a composição de ácidos graxos e a influência das rações administradas no sistema de cultivo vem aumentando. Visentainer (2003), visando melhorar o valor nutricional da composição lipídica do tecido muscular (filé) de tilápias (*Oreochromis niloticus*) estudou essa espécie criada em sistema intensivo de cultivo, e rações com níveis de suplementação crescentes de óleo de linhaça (fonte de ácido α -linolênico), foram fornecidos aos peixes. Os resultados mostraram que o fornecimento de rações suplementadas com níveis crescente de óleo de linhaça aumentou o valor nutricional do conteúdo lipídico do tecido muscular pois o ácido graxo $\omega 3$ disponível na dieta foi elongado aos importantes ácidos EPA e DHA. O autor também estudou a composição de ácidos graxos para a classe de lipídios neutros e fosfolipídios, uma vez que a composição de ácidos graxos nos lipídios totais é influenciada por suas classes de constituintes, mostrando que certos ácidos ou famílias de ácidos graxos podem ser predominantes nas diferentes frações. Na fração de lipídios totais foi realizada a quantificação dos seguintes ácidos graxos, LNA, EPA e DHA, expressando os resultados em massa de ácido graxo por massa de lipídios totais ou massa da parte comestível, através do uso de padronização interna. As tilápias submetidas aos tratamentos com diferentes níveis de linhaça (níveis percentuais de 0,00, 1,25, 2,50, 3,75 e 5,00%) apresentaram um teor de 6,52; 0,15; 9,93 mg/g; de LNA, EPA

e DHA para o primeiro tratamento e de 59,28; 2,54 e 26,1mg/g para o último tratamento, referente aos lipídios totais do tecido muscular das tilápias.

Os peixes de recursos naturais sofrem várias influências do meio ambiente, enquanto que os peixes de cativeiro, principalmente aqueles de cultivo intensivo, crescem em condições mais estáveis, e não somente podem ter a taxa de crescimento controlada, como também a composição de sua dieta. Desta forma, o conteúdo de lipídios pode ser modificado para melhorar qualitativamente e quantitativamente o peixe (Hunter & Roberts, 2000).

Manter um crescimento adequado e saúde em peixes de cultivo intensivo exige custo e prudência na seleção de alimentos. Dietas otimizadas somente para o crescimento ou para a produção com baixo custo podem não resultar em peixes de ótima qualidade para o consumo humano (Hunter & Roberts, 2000).

Orban *et al.* (2000) estudaram as características da qualidade do "sharpshout sea bream" (*Diplodus puntazzo*) cultivados em sistema intensivo sob diferentes parâmetros de criação. A distribuição percentual de ácidos graxos de lipídio total, neutro e polar mostrou pequenas diferenças entre os sistemas de cultivo, tanque e gaiola. O ácido palmítico (C16:0) e o oléico (C18:1 ω 9) foram os predominantes entre os saturados e monoinsaturados nos peixes dos dois sistemas de cultivos. Alta proporção de poliinsaturados e saturados, cerca de 45 e 34%, respectivamente, foram encontrados na fração de fosfolipídios, em ambos os tipos de cultivos, sendo explicado pela associação preferencial dos poliinsaturados aos lipídios estruturais, constituídos por fosfolipídios, onde se encontra a maior parte dos ácidos graxos poliinsaturados, além do colesterol. As diferenças encontradas poderiam ser atribuídas a diferentes condições ambientais e à dieta aplicada aos peixes, nos dois sistemas de cultivos. Particularmente, o peixe cultivado em tanque podia dispor somente de dieta artificial, enquanto os peixes cultivados em gaiolas obtinham também nutriente de fonte natural.

Considerando a crescente expansão da aquicultura no Brasil e por ser um grande produtor e exportador de pescado e, a importância da inclusão de peixes na dieta, Moreira *et al.* (2001) estudaram o perfil de ácidos graxos de matrinxã (*Brycon cephalus*), piraputanga (*Brycon microlepis*) e piracanjuba (*Brycon*

orbignyanus) cultivados em açude e gaiolas, provenientes de ambiente natural. Dentre os ácidos graxos saturados encontrados no tecido muscular, o ácido palmítico (C16:0), apresentou maior concentração, de 21,9 a 26,7%, respectivamente, para a piraputanga e para o matrinxã cultivados em açude. Com relação aos monoinsaturados, o oléico (C18:1 ω 9) predominou, variando de 39,4 a 48,7% para piraputanga e para piracanjuba nativas, respectivamente. Os poliinsaturados que mais se destacaram foram o linoléico (C18:2 ω 6), o α -linolênico (C18:3 ω 3) e o DHA (C22:6 ω 3). De acordo com os autores, a grande quantidade de C18:2 ω 6 na ração (cerca de 38%) foi provavelmente o responsável pelo elevado nível desse ácido no tecido muscular das espécies criadas em cativeiros. Os valores encontrados para os ácidos graxos de cadeia longa, AA, EPA e DHA foram inferiores a 2% para todas as espécies em estudo. Em relação ao aspecto nutricional, os resultados mostraram que a piraputanga (1,79) e a piracanjuba (1,14) de recurso natural, foram as que apresentaram melhor razão de ω 6/ ω 3.

Com a finalidade de verificar o efeito da adição de óleo de palma e o destilado da desodorização do óleo de soja (DDOS) em rações, sobre a composição de ácidos graxos do tambaqui (*Colossoma macropomum*), Viegas *et al.* (1991) realizaram um teste biológico em 216 alevinos, com peso médio de 14g e 4 meses de idade. Os alevinos foram distribuídos em 18 tanques de cimento com capacidade de 150 litros, por um período de 21 semanas, onde foram alimentados com seis rações peletizadas isoprotéicas (30,9% proteína bruta) e isocalórica (2936kcal/kg), contendo diferentes proporções de óleo de palma e DDOS. Os peixes alimentados com ração com alto conteúdo de poliinsaturados, (DDOS e óleo de milho), apresentaram os maiores teores de ácidos graxos poliinsaturados, tanto no filé como no peixe inteiro. Por outro lado, rações contendo maiores teores de óleo de palma (alto teor de saturados) induziram à formação de lipídios com maiores teores de ácidos graxos saturados e menores de poliinsaturados. Os autores concluíram que a composição de ácidos graxos do componente lipídico do tambaqui depende diretamente da composição da ração;

mostrando que, quando alto em poliinsaturados, o peixe é capaz de acumulá-los na mesma proporção, principalmente no tecido muscular.

A composição de ácidos graxos de peixes de água doce é caracterizada por alta proporção de PUFA- ω 6, especialmente o ácido linoléico e o ácido araquidônico. Em peixes de cativeiro, dependendo da dieta recebida, a composição de ácidos graxos pode ser modificada e um trabalho realizado com carpa comum (*Cyprinus carpio*), recebendo dieta contendo alta quantidade de óleo de peixe, revelou um alto nível de PUFA- ω 3 (Steffens, 1997).

Suzuki *et al.* (1986) examinaram as diferenças entre lipídios de peixes de piscicultura e de recurso natural em termos de composição de ácidos graxos no músculo dorsal da carpa (*C. carpio*), da truta arco-íris (*S. gairdneri*) e da enguia (*A. japonica*). Não houve diferença significativa na composição de ácidos graxos entre a dieta aplicada para a carpa e para a truta arco-íris. A quantidade de C20:1 ω 9, C20:5 ω 3 e C22:6 ω 3, na dieta aplicada para a enguia foi maior do que a aplicada para a carpa e truta arco-íris, enquanto que a quantidade de C18:2 ω 6 na dieta aplicada à enguia foi menor do que na dieta aplicada às outras duas espécies. A composição lipídica da carpa e truta arco-íris de cultivo continha maior percentual de C18:2 ω 6 do que esses mesmos peixes capturados na natureza e na enguia. Esse resultado indica que a quantidade de C18:2 ω 6 no músculo dorsal dos peixes de água doce depende da dieta. Observou-se um alto percentual de C20:4 ω 6 e C20:5 ω 3 na carpa capturada na natureza, de C22:6 ω 3 na truta arco-íris de cultivo e de C16:1 ω 7 e C18:3 ω 3 na truta arco-íris capturada na natureza. As razões de ω 3/ ω 6 para a carpa e para a truta arco-íris de natureza foram maiores do que para os peixes de cultivo, enquanto que a razão para a enguia capturada na natureza foi menor do que para a de cultivo. Resumindo, as razões de ω 3/ ω 6 apresentaram a seguinte ordem: truta arco-íris da natureza > enguia e truta arco-íris cultivada e enguia da natureza > carpa da natureza > carpa de cultivo.

Huang *et al.* (1998) estudaram a composição de ácidos graxos no músculo em híbrido de tilápia, experimentando cinco diferentes fontes lipídicas na dieta; banha, óleo de soja, óleo de peixe (menhaden) e PUFA ω 3. O perfil de ácidos

graxos das dietas refletiam a composição de ácidos graxos da fonte lipídica da dieta, e naquela que continha banha, os ácidos graxos dominantes foram o C16:0 e o C18:1, enquanto a dieta com óleo de soja continha mais de 50% do ácido linoleíco. A dieta com óleo de peixe e com adição de EPA e DHA continha vários tipos de ácidos graxos e por último, a dieta enriquecida com PUFA ω 3 continha mais de 70% de EPA e DHA. Os ácidos graxos C16:0 e C18:1 foram os mais abundantes nos quatro grupos estudados, variando de 18% a 21% e 19% a 28%, respectivamente. O ácido linoleíco foi particularmente alto (17%) no peixe alimentado com a dieta contendo como fonte lipídica o óleo de soja. O percentual de DHA no músculo de peixe alimentado com a dieta enriquecida com PUFA ω 3 e com a dieta enriquecida com óleo de peixe foi de 15,0% e 7,25% respectivamente, enquanto que os outros grupos continham somente de 2,0 a 3,8% de DHA. Os resultados dessa investigação mostraram que a fonte lipídica da dieta pode influenciar a composição de ácidos graxos no músculo da tilápia híbrida.

O crescimento de "Channel Catfish" (*Ictalurus punctatus*) alimentado com várias fontes lipídicas (óleo de linhaça, milho, "menhaden", "beef tallow" e mistura de 1:1:1 de milho, "menhaden", "beef tallow") em duas temperaturas, e a composição dos ácidos graxos da fração lipídica polar no fígado desse peixe foram estudadas por Fracalossi & Lovell (1995) durante o período de 1 ano. A concentração de ácidos graxos poliinsaturados, na fração de fosfolipídios, do fígado, foi maior em temperatura baixa (17°C) do que em temperatura alta (28°C). O principal ácido graxo de cadeia longa da família ômega 3 no fígado do peixe alimentado com "menhaden oil" ou a mistura de óleos, foi o DHA. Os peixes alimentados com óleo de milho tiveram como principal ácido graxo o AA em seus fosfolipídios e os alimentados com óleo de linhaça tiveram a menor quantidade de EPA, porém a maior quantidade de DHA.

Dustan *et al.* (1996) estudaram os efeitos da dieta na composição lipídica de duas espécies de moluscos, abalone (*H. laevigata* e *H. rubra*) e o híbrido dessas espécies, que são comercialmente importantes na Austrália, tanto capturados da natureza como cultivados. Os moluscos foram alimentados com

dieta natural à base de macroalgas e dieta comercial. No músculo do abalone juvenil alimentado com dieta comercial, foi encontrado o maior conteúdo de lipídios totais, em relação ao alimentado com macroalgas. Os ácidos graxos predominantes em todas as espécies estudadas foram o C16:0, C18:0, C18:1 ω 9, C18:1 ω 7, C20:4 ω 6, C20:5 ω 3 e o C22:5 ω 3. O molusco alimentado com dieta artificial apresentou um acúmulo de ácido linoléico no músculo e um elevado nível de 20:2 ω 6, quando comparado ao músculo do molusco alimentado com macroalgas.

5. ESSENCIALIDADE DOS ÁCIDOS GRAXOS ÔMEGA 6 E ÔMEGA 3 ASPECTOS NUTRICIONAIS E BENEFÍCIOS À SAÚDE.

Ácidos graxos são compostos formados por uma cadeia de carbonos, de onde se deriva a propriedade lipossolúvel, e um grupo carboxila terminal, conferindo propriedades ácidas. Ácidos graxos com comprimento de cadeia de carbono entre 2 a 30 são conhecidos, porém os mais comuns são aqueles que variam entre 12 e 22 átomos de carbono.

A essencialidade dos ácidos graxos tem dois requisitos, em primeiro lugar deve-se saber que tipo de ácido graxo é imprescindível ao organismo e segundo, quais ácidos graxos não podem ser sintetizados pelo Homem. Na natureza, os ácidos graxos podem se apresentar totalmente saturados ou conter duplas ligações em número variável de 1 a 6, que ocorrem na configuração *cis*. Os ácidos graxos monoinsaturados são representados pelo ácido oléico (18:1 ω 9), que podem ser sintetizados por todos os mamíferos. Os ácidos graxos poliinsaturados são formados por duas classes de ácidos graxos, a série ou família ω 6 e ω 3. O que distingue as duas séries é a localização da primeira dupla ligação, contando a partir do último metil da molécula de ácido graxo. Essas duas séries de ácidos graxos são consideradas essenciais, porque os mamíferos não são capazes de sintetizá-las e têm que retirá-las de sua dieta.

A essencialidade da série ômega 6 é conhecida desde a década de 1930, sua deficiência está associada basicamente a problemas dérmicos. A

essencialidade dos ácidos graxos da série 6 foi verificada em humanos, a partir de sintomas dérmicos ocorrido em crianças recém-nascidas submetidas à dieta a base de leite desnatado; sintomas esses revertidos pelo uso de leite integral. A administração de leite desnatado a crianças recém-nascidas está associada à diarreia, irritação perianal e, após um mês, anormalidades da pele, como secamento, espessamento com aspecto de couro, descamação e eczema. A suplementação do leite com ácido linoleico reverteu todos os sintomas e a composição sérica voltou ao normal. Essas observações caracterizaram os efeitos da deficiência de ácidos graxos poliinsaturados em humanos (Holman, 1998).

A essencialidade da série ômega 3 demorou a ser caracterizada pela dificuldade em verificar seus efeitos nos modelos animais e pelo fato de somente ter sido evidenciada em humanos quando se começou a administrar dietas parentais suplementadas com ácidos graxos da série ômega 6.

Vários estudos têm demonstrado que os ácidos graxos são importantes no desenvolvimento do sistema nervoso central (embriogênese e infância) e no funcionamento ideal dos mesmos. Os animais ou crianças submetidas a dietas pobres em ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 sofrem alterações na sua capacidade de aprendizado, menor acuidade visual, alterações nos eletroretinogramas, diminuição na tolerância ao etanol e a anestésicos e aumento na mortalidade devido à neurotoxina trietilina. A principal fase em que é necessário haver ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 na dieta é quando há o desenvolvimento rápido do cérebro, o que depende da espécie e em humanos, ocorre do terceiro trimestre da gestação até 18 meses após o nascimento (Holman, 1998; Nettleton, 1994).

Crawford *et al.* (1999) acreditam que a presença dos ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 na dieta é tão importante para o desenvolvimento do sistema nervoso central, que a espécie humana somente teria desenvolvido sua inteligência quando migrou para o litoral, onde teria passado a alimentar-se com alimentos marinhos, ricos em ácidos graxos poliinsaturados ômega 3, principalmente o DHA.

Os ácidos graxos apresentam importante papel no tecido biológico, porque

influenciam propriedades como a integridade, fluidificação, permeabilidade e atividades enzima-membrana; são precursores de eicosanóides; são necessários para manter a impermeabilidade da pele e estão envolvidos no transporte e metabolismo do colesterol. Todos os membros das famílias de ácidos graxos podem ser sintetizados biologicamente a partir dos ácidos graxos oferecidos da dieta. O ácido araquidônico é sintetizado a partir do ácido parental da série $\omega 6$, o ácido linoléico e o EPA e DHA são sintetizados a partir do ácido α -linolênico, através das enzimas $\Delta 6$, $\Delta 5$ e $\Delta 4$ -desaturases. Porém, o ácido graxo de uma determinada classe não pode ser biologicamente convertido em outra série; isto é, nenhum membro da família $\omega 9$ (ácido oléico) pode ser convertido em $\omega 6$ (ácido linoléico) (Steven & German, 1988; Nettleton, 1994; Ziller, 1994).

Os ácidos graxos poliinsaturados da família $\omega 6$, originados da dieta ou provenientes dos depósitos celulares, podem seguir uma transformação metabólica bastante similar a dos ácidos graxos $\omega 3$. Como precursor de eicosanóides (prostaglandinas, leucotrienos, prostaciclina e tromboxanos), o ácido araquidônico ocupa posição central no metabolismo dos ácidos graxos poliinsaturados. Os eicosanóides são moléculas que exercem importantes funções reguladoras nos diferentes tecidos (Harris, 1997; Nettleton, 1994; Belda & Pourchet-Campos, 1991).

Simopoulos (1997, 1991), adverte sobre o aumento da quantidade de ácidos graxos poliinsaturados nas dietas, uma vez que os produtos metabólicos de eicosanóides produzidos a partir do ácido araquidônico, são formados em quantidades maiores do que aqueles produzidos a partir de ácidos graxos poliinsaturados $\omega 3$, especificamente EPA. Os eicosanóides formados do ácido araquidônico são biologicamente ativos em pequena quantidade e quando formados em grandes quantidades, contribuem para a formação de trombozes e ateroma, desordens alérgicas e inflamatórias.

Efeitos dos ácidos graxos da série ômega 3 em doenças coronárias têm sido amplamente estudados, tanto em animais como em humanos. Dietas com ômega 3 atuam prevenindo doenças coronárias através de variadas ações, tais como: prevenção de arritmias, produção de prostaglandina e leucotrienos com

ações antiinflamatórias (Conor, 2000; Rose & Connolly, 1999; Simopoulos, 1997; Kinsella, 1986).

Os ácidos graxos das séries ômega 3 e ômega 6 apresentam papel hipocolesterolêmico, sendo capazes de diminuir o colesterol VLDL (Very Low Density Lipoprotein) e LDL (Low Density Lipoprotein) (Costa & Martinez, 1999).

Atualmente, as dietas para humanos apresentam muita quantidade de ácidos graxos saturados. No entanto, estas dietas contêm pouca e desigual quantidade dos ácidos graxos poliinsaturados da família ômega 6 e ômega 3 e ainda uma certa quantidade de ácidos graxos trans. As dietas no ocidente contêm maior quantidade de ômega 6 devido à indiscriminada recomendação na substituição de ácidos graxos saturados por ômega 6, com o propósito de diminuição do colesterol sérico. A taxa de ômega 3 é menor devido à pouca quantidade no consumo de peixe e devido à produção de animais alimentados com grãos ricos em ômega 6, o que deixa a carne rica em ômega 6 e pobre em ômega 3; isso ocorre também na produção de peixe (Simopoulos, 2002, 2000, 1997).

A relação ideal entre ômega 6 e ômega 3 na dieta diária ainda não está bem estabelecida, porém recomenda-se que a ingestão de ácido linoleico não deva exceder 10% do total de calorias. Simopoulos *et al.* (1999) afirmam que nas dietas ocidentais a razão $\omega 6/\omega 3$ é de aproximadamente 20 a 30:1 e recomendam que a proporção de ácidos graxos $\omega 6/\omega 3$ seja de 5:1 até 10:1, valores muito elevados em relação àqueles considerados ideais de 1:1 a 2:1. Entretanto, o *Department of Health* (1994) da Inglaterra, recomenda que o valor da razão $\omega 6/\omega 3$ seja de no máximo 4. Isso demonstra que não existe ainda um consenso em relação à questão nutricional.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

- ANDRADE, A. D., RUBIRA, A. F., MATSUSHITA, M., SOUZA, N. E. ω 3 Fatty acids in freshwater fish from south Brazil. **Journal American Oil Chemistry Society**. v. 72, p. 1207- 1210, 1995.
- BELCHIOR, F. Cardume pode estender atendimento a todo o Brasil. **Revista Nacional da Carne**, v.312, p. 122 - 123, ano, XXVII, 2003.)
- BELDA, M. C. R. E PORCHET-CAMPOS, M. A. Ácidos graxos essenciais em nutrição: uma visão atualizada. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 11, n.1, p. 5 – 53, 1991
- BORGHETTI, J.R Estimativa da Pesca e Aquicultura de água doce e Marinha. **Instituto de Pesca, Agencia Paulista de tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento**. A Sustentabilidade das Atividades de Aquicultura e pesca. Série relatórios, técnicos Nº 3, 2000.
- BROWN, A. J., ROBERTS,D.C.K., AND TRUSWELL,A. S., Fatty acid composition of australian marine finfish: a review, **Food Austrália**, v.3,655-666p.1989
- CASTELO, P. F, **Aproveitamento e características da gordura cavitária do tambaqui, *Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818**. Tese (doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1979.
- CONOR, W. E., Importance of n-3 fatty acids in health and disease. **The American Journal Clinical Nutrition**, v. 71:1 171S- 175Sp. 2000.
- COSTA, R. P., MARTINEZ, T. L. R., terapia nutricional na hipercolesterolemia. <http://www.socesp.org.br/revista/v/n4/619htm>. 1999
- CRAWFORD, M. A., BLOOM, M., BROADHURST, C.L., SCHMIDT, w. F., CUNNANE, S. C., GALLI, C., GEHBREMESKEL, K., LINSEISEN.,F, LLOYD-SMITH, J., PARKINGTON, J., Evidence for the unique function of docosahexaenoic acid during the evolution of the modern hominid brain. **Lipids** 35:S39-S74,1999.
- DUARTE, G. R. M. **Estudo da composição de ácidos graxos e colesterol em óleos de peixes do Rio Araguaia**. Goiânia. 2001. (tese de mestrado - Universidade Federal de Goiás).

- DUNSTAN, G. A., BAILLIE, H. J., BARRETT, S. M., VOLKMAN, J. K., Effect of diet on the lipid composition of wild and cultured abalone, **Aquaculture**, v.140, 115-127p.1996
- DEPARTMENT OF HEALTH. Report on Health and Social Subjects. n° 46 **Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease**. HMSO, London, 1994.
- FRACALOSSO, D. M., LOVELL, R. T., Growth and liver polar fatty acid composition of year-1 channel catfish fed various lipids sources at two water temperatures, **The American Fisheries Society**, v.57, 107-113p.1995
- FREDALINA, B. D., RIDZWAN, B. H., ABIDIN, A. A. Z., KASWANDI, M. A., ZAITON, H., ZALI, I., KITTA KOOP, P., JAIS, A. M. M., Fatty acid compositions in local sea cucumber, *Stichopus chloronoyus*, for wound healing, **General Pharmacology**, v.33, 337-340p. 1999
- GRUGER, E. H., NELSON, R. W. JR., AND STANSBY, E. M., Fatty acid composition of oils from 21 species of marine fish, freshwater fish and shellfish, **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 41, 662-667p.1964
- GUNER, S., DINCER, B., ALEMDAG, N., COLAK, A., AND TUFEKCI, M., Proximate composition and selected mineral content of commercially important fish species from the Black Sea, **Journal Science Food Agriculture**, v.78, 337-342p. 1998
- GUTIERREZ, L. E., SILVA, R. C. M., Fatty acid composition of commercially important fish from Brazil. **Society Agriculture**, v. 50(3), 478-483p. 1993.
- HARRIS, W. S., n-3 Fatty Acids and Lipoprotein: Comparison of Results from Human and Animal Studies. **Lipids**, v.31, 234-252, 1999.
- HARUN, K. M. Y., SHARMIN, R. A., RAFIQU, R., Fatty acids of 12 marine fish species of the Bay of Bengal, **Journal of Food Composition and Analysis**, v.6, 346-353p. 1993.
- HENDERSON, R. J & TOCHER, D. R The lipid composition and biochemistry of freshwater fish, **Progress Lipids Research**, v.26, p.281-347, 1987.
- HOLMAN, R. T., The Slow Discovery of the Importance of ω 3 Essential Fatty Acids in Human Health. *J. Nutr* 128:427S-433S, 1998

- HUNTER, B.J., ROBERTS, D. C. K., Potential impact of the fat composition of farmed fish on human health. **Nutrition Research**. v.20, n.7, p.1047-1058, 2000.
- HUANG, C. H., HUANG, M. C., HOU, P. C., Effect of dietary lipids on fatty acid composition and lipid peroxidation in sarcoplasmic reticulum of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*, **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part B 120, 331-336p. 1998
- INHAMUNS, A. J. **Composição de ácidos de peixes de água doce da Região Amazônica brasileira**. Tese de doutorado – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- INHAMUNS, A. J., FRANCO, M. R. B. Composition of total, neutral, and phospholipids in Mapará (*Hypophthalmus* sp.) from Brazilian Amazonian area. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 4859 – 4863, 2001.
- KARELA, R., HYVARINEN, H., Composition of polyunsaturated fatty acids in the liver of freshwater and marine ringed seals (*Phoca hispida* ssp.) differs largely due to the diet of the seals, **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part B, 120 231-237p. 1998.
- KINSELLA, J. E., SHIMP, J. L., MAI, J., E WEIHRAUCH, J., Fatty acid content and composition of freshwater finfish, **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 54, 424-429p. 1997
- KINSELLA, J. E., Food components with potential therapeutic benefits: The n-3 polyunsaturated fatty acids of fish oils. **Food technology**, February, 1986.
- KOZLOVA, T. A., E KHOTIMCHENKO, S. V., Lipids and fatty acids of two pelagic cottoid fishes (*Comephorus* spp.) endemic to Lake Baikal, **Comparative Biochemistry and Physiology** Part B, 477-485p. 2000
- MAIA, E. L., **Otimização da metodologia para caracterização de constituintes lipídios e determinação da composição em ácidos graxos e aminoácidos de peixes de água doce**. Tese de doutorado. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.
- MAIA, E. L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; HOTTA, L. K. Fatty acids composition of the total, neutral and phospholipids of pond-raised Brazilian piraractus

- mesopotamicus. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 30, 591-97, 1995.
- MAIA, E. L., RODRIGUEZ - AMAYA, FRANCO, M. R.B. Fatty acid of total, neutral, and phospholipids of the Brazilian freshwater fish *Prochilodus scrofa*. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 7 p. 240 – 251, 1994.
- MAIA, E. L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Fatty acid composition of the total, neutral and phospholipids of the brazilian freshwater fish *Colossoma macropomum*. **Food Science and Human Nutrition**. p. 633-42, 1992.
- MAIA, E. L., CARVALHO, N. L., OGAWA, N. B. P., UEDA, B., YAMASHI, T., WATANABE, E., OGAWA, M., Composição de ácidos graxos constituintes de peixes do rio Amazonas. - **XVI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, p. 1154-1154,1998.
- MÉNDEZ, E., E GONZÁLEZ,R. M., Seasonal changes in the chemical and lipid composition of fillets of the Southwest Atlantic hake (*Merluccius hubbsi*). **Food Chemistry**, v.59,n.2,213-217p.1997
- MOREIRA, A. B.; VISENTAINER, J. V.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M. Fatty acids profile and cholesterol contents of three Brazilian *Brycon* freshwater fishes. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.14, p. 565-74, 2001.
- NAIR, P. G. V., E GOPAKUMAR, K., Fatty acid composition of 15 species of fish from tropical waters, **Journal of Food Science**, v. 43,1162-1164p.1978
- NAVARRO-GARCIA, G., PACHECO-AGUILAR, R., VALEJO-CORDOVA, B., RAMIREZ-SUAREZ, J. C., AND BOLAÑOS, Lipids compstion of the liver oil of shark species from the Caribbean and Gulf of Califórnia waters, **Journal of Food Composition and Analysis**, v.13,791-798p. 2000
- NETTLETON, J. A., **Omega 3 Fatty Acids and Health**. New York, NY, Ed. Chapman & Hall Book. 355p.1994.
- ORBAN, E., DI LENA, G. RICELI, A . PAOLETTI, F. CASINI, I., GAMBELLI, L., CAPRONI, R., Quality characteristics of sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*) from different intensive rearing systems. **Food Chemistry**, v.70, p.27-32,2000.

- OSMAN, H., SURIAH, A. R., LAW, E.C. Fatty acid composition and cholesterol content of selected marine fish waters. **Food Chemistry**, v. 73, p. 55 - 60, 2001.
- PEREIRA – FILHO, M, In: **Criando Peixe na Amazônia**. VAL. A. L. & HONCZARY, A.19^a ed. p. 75-82. Manaus. 1995.
- RAINUZZO, J. R.; REITAN, K. I.; OLSEN, Y. The significant of lipids at early stages of marine fish: a review. **Aquaculture**, v. 155, p. 103-115, 1997.
- RAHMAN, S. A., HUAH, T. S., HASSAN, E DAUD, N. M., Fatty acid composition of some Malaysian freshwater fish, **Food Chemistry**, v.54,45-49p.1995
- ROSE, D. P.; CONNOLLY, J. M. Omega-3 fatty acids as cancer chemopreventive agents. **Pharmacology & Therapeutics**, v.83, p. 217-244, 1999.
- SAITO, H., ISHIHARA, K., AND MURASE, T., The fatty acid composition in Tuna (Bonito, *Euthynnus pelamis*) caught at three different localities from tropics to temperate, **Journal of Science and Food Agriculture**, v.73,53-59p. 1997
- SATUÉ, M. T., LÓPEZ, M. C., Sex-linked differences in fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) liver oil, **Food Chemistry**, v.57,n.3,359-363p.1996
- SIMOPOULOS, A. P., The Importance of the ratio of omega – 6/ omega-3 essential fatty acids. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 56, p.365-379, 2002.
- SIMOPOULOS, A. P., Commentary on the Workshop **Statement. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, v. 63:3 ,p. 123-124, 2000.
- SIMOPOULOS, A. P., Essential Fatty Acids in Health and Chronic disease. **Food Rev. Int.**, 13:4,623-631,1997.
- SIMOPOULOS, A. P., Omega -3 Fatty Acids in Health and disease and in growth and development. **Am. J. Clin. Nutrition**, v.54, p. 438-463, 1991.
- SIMOPOULOS, A. P.; LEAF, A.; SALEM, N. Essentiality and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. **Annals of Nutrition and Metabolism**. v. 43, p. 127-30, 1999
- STEFFENS, W. Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. **Aquaculture**, v. 151, p. 97-119, 1997.

- STEVEN, M. W.; GERMAN, J. B, **Food Lipid Chemistry Nutrition, and Biotechnology**, Cap, 18.ed. Casimir. C. Akoh e David b. Min, Marcel Dekker, Inc, New York, 1998, 816p.
- SUZUKI, H., OKAZAKI, K., HAYAKAWA, S., WADA, S., AND TAMURA, S., Influence of commercial dietary fatty acids on polyunsaturated fatty acids of cultured freshwater fish and comparason with those of wild fish of the same species, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.34,58-60p. 1986
- VAN VLIET, T.; KATAN, M.B. Lower ratio of n-3 to n-6 fatty acids in cultured than in wild fish. **American Journal Clinical Nutrition**, v.51, p.1-2, 1990.
- VIEGAS, E. M. M., BARRERA-ARELLANO,D., CONTRERAS-GUZMÁN, E.S., Effect of Diet with Palm Oil and Soybean Oil Deodorizer Distilate on Tambaqui (*Colossoma macropomum*) Fatty Acid Composition. **International Meeting on Fats & Oils Technology Symposium and Exhibition**, p. 193 – 196,1991.
- VENUGOPAL, V & SHAHIDI, F. Structure and composition of fish muscle. **Food Review International**, v.12, p.175-197, 1996.
- VISENTAINER, J. V., 2003. **Composição de ácidos graxos e quantificação dos ácidos graxos LNA, EPA e DHA no tecido muscular de tilápias (*Oreochromis niloticus*), submetidas a diferentes tratamentos com óleo de linhaça**. Tese de doutorado – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- VISENTAINER, J. V., MATSUSSHIT A, M., SOUZA, N. E., CATHARINO, R. R., FRANCO, M. R. B. Composição química e ácidos graxos em tilápias (*Oreochromis niloticus*) submetidas à dieta prolongada. **Revista Nacional da Carne**, v.313, p. 109 - 112, ano, XXVII, 2003.
- ZENEBE, T., AHLGREN, G., AND BOBERG, M., Fatty acid content of some freshwater fish of commercial importance from tropical lakes in the Ethiopian Rift Valley, **Journal of Fish Biology**, v.53, 987-1005p. 1998
- ZILLER, S., Food fat and Oil. Institute of Shortening and Edible Oils, Inc. Washington, D.C. Seventh edition, 30p. 1994.
- WANG, Y. J., MILLER,L .A., PERREN, M., AND ADDIS, P. B. Omega-3 fatty acid in lake superior fish, **Journal of Food Science**, v. 55, n.1,71-76p.1990

CAPÍTULO II

COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS NOS LIPÍDIOS TOTAIS, NEUTROS E FOSFOLIPÍDIOS DE MATRINXÃ (*Brycon cephalus*) CULTIVADOS E CAPTURADOS NA AMAZONIA CENTRAL

Almeida, Neiva Maria¹, e Franco, Maria Regina Bueno²

¹ UFBA – Dep. de Bromatologia, Centro de Ciências da Saúde
CEP 41830-380, Salvador-BA. E-mail: neivaa@yahoo.com

² UNICAMP - Dep. Ciências de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, C.P. 6121,
CEP 13081-970, Campinas-SP. E-mail: franco@fea.unicamp.br

Este trabalho será enviado à revista Journal of Agricultural and Food Chemistry.

RESUMO

Devido à importância nutricional dos ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa (AGPI) presentes em peixes, a ocorrência do elevado consumo de ácidos graxos ω 6 e baixo ω 3 nas dietas ocidentais, existe a necessidade de mais estudos que visem a caracterização dos AGPI em peixes brasileiros provenientes dos recursos naturais e de cultivo. Esse estudo tem como objetivo caracterizar os ácidos graxos dos lipídios totais (LT) e das frações de lipídios neutros (LN) e fosfolipídios (FL) no músculo dorsal e no tecido adiposo da cavidade ocular do matrinxã (*Brycon cephalus*) proveniente do cultivo semi-intensivo e capturado na Amazônia Central, em diferentes períodos sazonais. Os LT foram fracionados em LN e FL por cromatografia em coluna clássica, com sílica gel 60 (70 – 230 mesh). Os extratos de LT, LN e FL foram metilados e os ésteres metílicos separados por cromatografia gasosa de alta resolução. Foram detectados 64 ácidos graxos nos lipídios totais, 66 nos neutros e 55 nos fosfolipídios. A composição de ácidos graxos obtidos para o matrinxã estava dentro do esperado para peixes tropicais de água doce, confirmando-se como fonte de AGPI, não havendo distinção de qualidade e quantidade entre o músculo e o tecido adiposo da cavidade ocular, que possa assegurar ser o tecido adiposo da cavidade ocular uma melhor fonte de AGPI do que o músculo para qualquer tipo de situação de captura. A característica sazonal da Amazônia influenciou o teor de lipídios totais e a composição de ácidos graxos da espécie em estudo. Os peixes capturados durante o período da seca apresentaram menor teor de lipídios e maior percentual de ácidos graxos poliinsaturados. Os AGPI não diferiram significativamente entre o matrinxã de cultivo e o capturado na cheia. A separação das frações de lipídios mostrou que pode haver uma predominância de determinadas famílias ou de ácidos graxos nas diferentes classes de lipídios do matrinxã. Do ponto de vista tecnológico, o fracionamento dos lipídios totais em classes pode fornecer informações importantes para a indústria de pescado, para o preparo, armazenamento e concentração de ácidos graxos.

Palavras – chave: ácidos graxos, lipídios totais, matrinxã, peixe de água doce, Amazônia Central.

ABSTRACT

Due to the nutritional importance of long-chain polyunsaturated fatty acids (LC-PUFA) present in fish and the high consumption of ω -6 fatty acids and the low consumption of ω -3 fatty acids in the western diet, there is a need for more studies that research the PUFA in Brazilian fish from both fish farms and the wild. This study aims to research total lipid (TL) fatty acids and the fractions of neutral lipids (LN) and phospholipids (PL) in the dorsal muscles and fatty tissue of the orbital cavity of the matrinxã (*Brycon cephalus*) from both semi-intensive farming and the wild in the Central Amazon in different seasonal periods. The TL were fractioned into NL and PL using classic column chromatography. The LT, NL and PL were derivatization and the methyl esters separated by high-resolution gaseous chromatography. 64 fatty acids were detected in the total lipids, 66 in the neutral lipids and 55 in the phospholipids. The profile of the fatty acids found for the matrinxã was that expected for tropical freshwater fish, confirming them as a source of PUFA. There is no distinction between the quality or quantity of the muscle and the fatty orbital cavity tissue, which could make the fatty tissue of the orbital cavity a better source of PUFA than that of the muscle in any capture situation. The seasonal character of the Amazon influences the levels of total lipids and the composition of fatty acids in the species being studied. The fish captured during the dry season have lower levels of lipids and a larger percentage of polyunsaturated fatty acids. The PUFA did not differ significantly between the farmed matrinxã and those caught in the flood. The separation of the fractions of lipids showed that there could be a predominance of certain groups of fatty acids in the different classes of lipids in the matrinxã. From a technological point of view, the division of total lipids into classes could offer important information for the fishing industry for the preparation, storage and concentration of fatty acids.

Key words: fatty acids, total lipids, matrinxã, freshwater fish, Central Amazon

1. INTRODUÇÃO

A produção mundial de pesca de captura, de aquicultura e o consumo de pescado para a alimentação humana, são atualmente os maiores registrados, com uma produção total em 2000 de 130,4 milhões de toneladas (FAO, 2003).

O setor pesqueiro continua mantendo sua importância para a população em relação à oferta de alimentos e a cumprir importante papel econômico e social, já que proporciona mais de 15% do consumo total de proteína animal. O comércio internacional de produtos pesqueiros voltou a alcançar cota máxima de 55. 200 milhões de dólares em 2000 e o número de emprego nos setores da produção primária de pesca de captura e aquicultura se mantêm relativamente estável desde 1995, com cerca de 35 milhões de pessoas trabalhando nesse setor (FAO, 2003).

A pesca ainda é uma atividade extrativista no Brasil e representa um importante fator na economia do país, principalmente na região Norte, que possui a maior diversidade de peixes de água doce, com mais de 1.500 espécies já descritas (Junk et al. 1997). Atualmente, a região Norte apresenta a maior produção em peixes e crustáceos de água doce do Brasil, com uma produção total de 225.911 toneladas/ano. O estado do Amazonas se destaca em primeiro lugar na produção extrativista continental com o total de 55.726 toneladas, representando 28% do total produzido no Brasil (MMA/ IBAMA/ CEPENE, 2003). Entretanto, somente 20 espécies possuem importância comercial no Estado do Amazonas. Em 1998, o total desembarcado concentrou-se principalmente em cinco espécies, entre elas o matrinxã (*Brycon cephalus*) (MMA/ IBAMA/ CEPENE/ 2000).

O matrinxã é pertencente ao gênero *Brycon*, da família Characidae, que é conhecida como a maior família neotropical de peixes de água doce. Nativo da bacia Amazônica, em 1998 ocupou o 4º lugar no desembarque no estado do Amazonas (MMA/ IBAMA/ CEPENE/ 2000). Possui excelente aceitação por parte dos consumidores e também é considerado de primeira categoria, de acordo com

a classificação utilizada no comércio local (Falabela, 1994). Alcança porte máximo em torno de 3 a 4 kg de peso e atinge maturação sexual com 3 anos de idade. É uma espécie migratória ou de piracema, e sua reprodução em ambiente natural ocorre no início do período de enchente, entre dezembro e fevereiro (Zaniboni, 1985). Possui hábito alimentar onívoro, alimentando-se na natureza basicamente de sementes e frutos na época da cheia e de insetos, pequenos peixes, moluscos e crustáceos na época da seca (Goulding, 1980). É considerado como excelente espécie para a criação em cativeiro por apresentar crescimento rápido; em cultivo, pode alcançar cerca de 700g ou até 1.000g no primeiro ano. Apresenta também boa resistência ao manuseio e pode ser cultivado em sistema extensivo ou semi-intensivo, em monocultivo ou policultivo (Graef, 1995).

Em geral, a composição química do pescado é extremamente variável, dentro da mesma espécie. Em peixes da Amazônia, depende da época do ano, do tipo e quantidade de alimento disponível, da qualidade da dieta consumida, do estágio de maturação sexual, entre outros fatores (Junk, 1984).

Atualmente tem ocorrido um especial interesse em relação à investigação da composição química de pescado, principalmente em relação à composição de ácidos graxos, pois esta está diretamente ligada à saúde humana. A baixa incidência de doenças do coração e a redução de agregação plaquetária e da coagulação, observadas em esquimós da Groelândia, foram atribuídas à ingestão de óleo de peixe, rico em ácido eicosapentaenóico (EPA) (Dyerberg & Bang, 1975). O ácido eicosapentaenóico (EPA) e o docosahexaenóico (DHA) ocorrem em baixa concentração em tecidos de pessoas com dietas ocidentais normais. Esses ácidos são abundantes em lipídios de peixes e o consumo de peixes ou de óleo de peixe aumenta o nível desses ácidos no tecido (Kinsella, 1986).

No Brasil existem poucos trabalhos sobre a composição de ácidos graxos em pescado, todavia os trabalhos existentes mostraram que os peixes de água doce apresentam excelentes valores nutricionais e indicaram diferenças entre peixes procedentes de sistemas de cultivo e peixes de “habitat” natural (Visentainer, 2003; Visentainer et al., 2003; Inhamuns & Franco, 2001; Duarte,

2001; Inhamuns, 2000; Moreira et al, 2000; Andrade et al, 1995; Maia, 1992; Maia et al, 1998; Maia et al, 1995; Maia et al, 1994; Maia & Rodriguez- Amaya, 1992).

Este trabalho teve como objetivo caracterizar os ácidos graxos dos lipídios totais e das frações de lipídios neutros e fosfolipídios no músculo dorsal e no tecido adiposo da cavidade ocular do matrinxã proveniente de sistema de cultivo semi-intensivo e capturado na Amazônia Central, em diferentes períodos sazonais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Amostragem

Para os peixes provenientes de sistema de cultivo semi-intensivo, foram coletados três lotes de três piscicultores distintos, localizados no município de Rio Preto da Eva, no estado do Amazonas sendo que cada lote foi constituído por 5 peixes.

Para os peixes capturados no ambiente natural também foram coletados três lotes, de três barcos diferentes, no Porto de Manaus (Amazônia Central), durante as duas épocas sazonais distintas (período da cheia – janeiro a julho e período da seca – julho a dezembro). Cada lote foi constituído de 5 peixes.

Para cada indivíduo proveniente da piscicultura e do ambiente natural foram aferidos peso e comprimento total. De cada exemplar foi extraído o músculo dorsal e o tecido adiposo da cavidade ocular, que após trituração, foram liofilizados, estocados a -18°C sob atmosfera de N₂ e transportados para o Laboratório de Análise de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (LAA/FEA/UNICAMP), para realização de análises químicas. Cada lote foi constituído em uma amostra, que foi analisada em duplicata.

2.2 Amostragem da ração utilizada pelos piscicultores

A amostragem das rações utilizadas pelos piscicultores foi realizada simultaneamente com a amostragem das espécies de peixes provenientes do sistema de cultivo. Foram coletados 3 lotes ao acaso de cada piscicultor. Cada lote foi constituído em uma amostra, que foi analisada em duplicata.

2.3 Determinação de umidade

A umidade foi determinada nas amostras liofilizadas dos músculos dorsais, do tecido adiposo da cavidade ocular de cada espécie estudada e nas rações de acordo com Pitombo (1989).

2.4 Extração dos lipídios totais

Foi utilizado o método proposto por Bligh & Dyer (1959) para a extração dos lipídios totais dos músculos dorsais e do tecido adiposo da cavidade ocular, após a liofilização. Para a extração dos lipídios presentes na ração administrada aos peixes no sistema de cultivo, também foi utilizado o método de Bligh & Dyer (1959).

2.5 Fracionamento dos lipídios totais em classes de lipídios neutros e fosfolipídios

O fracionamento dos lipídios totais (LT) em lipídios neutros (LN) e fosfolipídios (FL) foi realizado por cromatografia em coluna clássica. O processo de separação foi realizado em um tubo de vidro de 30cm de comprimento por 2cm de diâmetro interno, contendo 25g de sílica gel 60 (70 – 230 mesh, Merck) como adsorvente, de acordo com as especificações de Johnston *et al.* (1983).

As eluições dos lipídios neutros e fosfolipídios (de cada extração de LT) foram realizadas segundo o método descrito por Maia (1992), com as seguintes seqüências de eluições: fração I - lipídios neutros (eluída com 200mL de 20% de acetona em clorofórmio); fração II - fosfolipídios (eluída com 200mL de metanol). Os solventes foram evaporados em evaporador rotativo com banho de água a temperatura de 45°C sob vácuo e, posteriormente, com fluxo de gás nitrogênio, com o objetivo de completar a total remoção dos solventes. As frações resultantes

foram acondicionadas em frascos âmbar, sob atmosfera de N₂ gasoso e estocado a -18°C para posteriores análises da composição de ácidos graxos.

2.6 Análise de ácidos graxos

A transesterificação dos ácidos graxos dos lipídios totais, lipídios neutros e fosfolipídios foi realizada segundo o procedimento de Joseph & Ackman (1992). Todas as etapas do processo foram realizadas sob atmosfera de N₂ gasoso.

A separação dos ésteres metílicos foi realizada em um cromatógrafo a gás Varian, mod. 3300, equipado com detector de ionização de chama, injetor split e coluna capilar de sílica fundida DB-WAX 20M (30m X 0,25mm X 0,25µm) (J&W Scientific, USA). Os parâmetros de análises foram os seguintes: temperatura do injetor, 250°C; temperatura do detector, 280°C; temperatura da coluna, 170°C por 16 minutos e programada a 2°C por minuto até 210°C, permanecendo nesta temperatura por 30 minutos. Hidrogênio foi utilizado como gás de arraste a 1mL/min., com velocidade linear de 38cm/s e filtro de oxigênio acoplado à linha do gás; nitrogênio foi utilizado como gás *make up* a 30mL/min.; fluxo do gás hidrogênio, 30mL/min.; ar sintético, 300mL/min; e a técnica de injeção foi *split* na razão 1:50. As injeções foram realizadas em duplicatas e o volume de injeção foi de 1µL. Tempo de retenção, área dos picos e valores de porcentagem relativa (método da normalização) foram obtidos com o uso de um integrador Varian modelo 4290.

2.7. Identificação dos ácidos graxos

A identificação dos ácidos graxos foi realizada de acordo com os seguintes procedimentos: determinação dos tempos de retenção (tr) de ésteres metílicos de ácidos graxos (Sigma, EUA) e comparação com os tr dos ésteres metílicos de ácidos graxos das amostras; valores de comprimento equivalente de cadeia (ECL) calculados a partir dos tempos de retenção corrigidos (tr') de padrões de ésteres metílicos (Sigma, EUA) das amostras e comparação com os valores de ECL da literatura (Visentainer, 2003; Inhamuns, 2000; Stránsky *et al.*, 1997; Thompson, 1996). Como parâmetro decisivo à identificação, os ácidos graxos foi ainda

utilizado um espectrômetro de massas Shimadzu QP 5000 acoplado a um cromatógrafo gasoso Shimadzu 17A. Os ésteres metílicos de padrões e amostras foram fragmentados por impacto de elétrons a 70eV e seus espectros de massas comparados e analisados.

2.8 Análise estatística

Os dados foram tratados pelo teste de variância ANOVA e pelo teste de comparações múltiplas de Tukey, em nível de 5% de probabilidade utilizando o software SAS for Windows (1996). A análise estatística foi aplicada apenas aos ácidos graxos que foram integrados em todas as análises.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Lipídios totais e umidade

A Tabela 1 mostra os resultados dos teores de umidade e lipídios totais no músculo além do comprimento e peso dos exemplares de matrinxã. Os resultados são as médias finais dos três lotes relativos aos exemplares capturados no sistema de cultivo e dos três lotes relativos aos dois períodos sazonais da Amazônia Central.

Tabela 1. Teores de lipídios totais (%), umidade (%) e valores de comprimento (cm) e peso (kg) do matrinxã (*B cephalus*) em diferentes situações de captura

Situação de captura	Lipídios totais	Umidade	Comprimento	Peso
Cultivo	9,41±0,50	66,00±3,51	39,00±1,10	1,56±0,11
Época da cheia	9,63±0,52	71,02±2,32	32,41±3,11	0,87±0,20
Época da seca	4,55±0,41	72,03±3,00	36,22±0,23	1,18±0,60

Cada valor é a média das duplicatas com a respectiva estimativa dos desvios padrões.

De acordo com os teores médios de lipídios totais mostrados na Tabela 1, o matrinxã de cultivo em sistema semi-intensivo e o capturado no período da cheia pode ser considerado como um peixe altamente gordo, e o capturado no período da seca medianamente gordo, segundo a classificação de Ackman (1989).

Conhecer a composição centesimal dos peixes se faz necessário para que sua utilização na alimentação humana possa ser otimizada, possibilitando a comparação com outras fontes protéicas. O sistema de cultivo pode interferir na composição corporal do peixe. O teor de lipídio encontrado no matrinxã (*Brycon cephalus*) por Arbeláez-Rojas *et al.* (2002), foi de 13,5% e 14,9% para sistema intensivo e semi-intensivo, respectivamente. As diferenças dos resultados dos dois trabalhos podem estar relacionadas às condições de cultivos adotadas.

O teor de lipídios mostrado para o matrinxã (*Brycon cephalus*) criado em açude foi de 5,1% e em gaiola foi de 6,8%, indicando que nessas condições de cultivo, a espécie foi considerada como apresentando um médio teor de gordura (Moreira *et al.*, 2001).

As variações nos teores de lipídios totais, provavelmente, são decorrentes do tipo de alimentação administrada aos peixes e das condições de cultivo.

O matrinxã é considerado uma espécie migratória ou de “piracema”, isto é, um peixe que se desloca em decorrência do período de desova (Zaniboni, 1985). A baixada do peixe gordo é um movimento migratório que o matrinxã realiza entre abril e agosto (período que foi realizado a amostragem), logo após a desova; esse movimento migratório é realizado por peixes jovens e adultos em estágio de repouso gonadal e com grandes reservas lipídicas na cavidade visceral, o que provavelmente influenciou o teor de lipídio (9,6%) para a espécie em estudo.

Ao estudar aspectos nutritivos de alguns peixes da Amazônia, adquiridos no mercado municipal de Manaus, no mês de maio de 1978, Rocha *et al.* (1982) encontraram um teor de lipídio para a matrinxã de 11,8%, sendo classificado como peixe gordo.

No período relativo à seca, o matrinxã apresentou um teor de gordura de 4,5%, composição característica de espécie com teor médio de gordura. Isto ocorreu provavelmente devido ao elevado gasto de energia da espécie em busca

de alimento, uma vez que nessa época ocorre escassez de alimentos e o peixe se alimenta basicamente de insetos e pequenos peixes (Goulding, 1980), como também devido à migração de arribação que ocorre durante a vazante entre agosto e setembro, coincidindo com o período de captura (setembro), esse movimento prepara o matrinxã para o período da pré-desova. Os grandes depósitos de gordura na cavidade abdominal que ocorriam na fase da baixada do peixe gordo, já aparecem mais debilitados (Zaniboni, 1985).

Maia *et al.* (1998) encontraram teor de lipídios totais para o matrinxã (*Brycon cephalus*) capturado próximo a Manaus de 4,5%, todavia os autores não relatam o período de captura dos exemplares estudados.

3.2 Composição de ácidos graxos de lipídios totais

No presente trabalho foi realizado o fracionamento de lipídios totais em classes de lipídios neutros e fosfolipídios. Os ácidos graxos foram quantificados pelo método da normalização, portanto os resultados foram apresentados em percentagem relativa de área em relação à área total do cromatograma.

A Tabela 2 mostra a composição percentual em ácidos graxos nos lipídios totais do músculo e no tecido adiposo da cavidade ocular do matrinxã de cultivo e do capturado em seu habitat natural em diferentes períodos sazonais.

Nos lipídios totais foram encontrados 64 componentes. Os principais ácidos graxos encontrados nos peixes de cultivo e de recurso natural, em ordem decrescente de percentagem, foram os ácidos oléico (18:1 ω 9), palmítico (16:0), esteárico (18:0) e linoléico (18:2 ω 6). O ácido graxo mirístico (14:0) mostrou um percentual diferenciado nas três situações de captura, cultivo, cheia e seca, respectivamente, com um teor aproximado de 1,2%, 5,2% e 15,7% para o músculo e 1,4%, 9,1% e 13,1% para o tecido adiposo da cavidade ocular. Provavelmente a diferença significativa entre o peixe de cultivo e os de recurso natural ocorreu devido ao baixo teor de mirístico encontrado na ração (Tabela 9), enquanto para os de recurso natural, o alto valor encontrado talvez possa ser explicado pela ingestão na dieta ou então gerado pela síntese *de novo* (fonte de carbono não lipídica).

Tabela 2. Composição em ácidos graxos dos lipídios totais (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular de matrinxã (*B. cephalus*) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais.

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
1	12:0	0,03±0,00c	0,04±0,00c	0,60±0,46b	0,68±0,36b	1,91±1,57a	1,86±1,23a
2	13:0	0,03±0,01	tr	tr	tr	0,03±0,01	0,04±0,00
3	14:0	tr	tr	tr	tr	tr	tr
4	14:0	1,22±0,10c	1,44±0,10c	5,27±3,53bc	9,10±3,70ab	15,67±12,31a	13,12±8,36a
5	14:1 ω 9	0,06±0,01b	0,07±0,01b	0,08±0,06b	0,13±0,06a	0,11±0,01a	0,14±0,03a
6	14:1 ω 7	0,09±0,01	0,08±0,01	tr	tr	0,04±0,01	0,03±0,02
9	15:0	0,10±0,01	0,22±0,03	0,08±0,01	0,10±0,00	tr	tr
10	15:0	0,22±0,09a	0,22±0,03a	0,16±0,04b	0,11±0,01b	0,10±0,02b	0,13±0,03b
11	15:1 ω 9	tr	tr	tr	tr	tr	tr
12	15:1 ω 7	tr	tr	tr	0,09±0,01	0,10±0,01	0,08±0,01
14	16:0	0,09±0,01	0,10±0,01	tr	tr	tr	tr
15	16:0DMA	1,06±0,35a	1,03±0,33a	0,32±0,17b	0,29±0,36b	0,80±0,34a	0,36±0,21b
16	X1	tr	tr	0,05±0,00	0,09±0,01	0,09±0,03	0,11±0,00

continuação...

continuação...

Tabela 2. Composição em ácidos graxos dos lipídios totais (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular de matrinxã (*B. cephalus*) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais.

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
17	16:0	25,33±1,65a	25,15±2,09a	17,04±1,62d	19,51±0,54b	17,50±0,75cd	18,86±0,40bc
19	16:1 ω 9	0,52±0,08ab	0,74±0,58a	0,41±0,06b	0,42±0,06b	0,37±0,07b	0,44±0,02b
20	16:1 ω 7	1,77±0,14a	1,64±0,51a	0,52±0,12c	0,81±0,06bc	0,95±0,09b	1,02±0,27b
21	16:1 ω 5	0,14±0,02	0,11±0,02	tr	0,07±0,02	0,06±0,05	tr
22	i17:0	tr	tr	tr	tr	tr	0,05±0,01
23	16:2 ω 7	0,03±0,00	0,11±0,02	tr	tr	tr	0,05±0,01
24	ai17:0	0,09±0,01	tr	0,19±0,02	0,21±0,04	tr	0,21±0,06
25	17:0	0,38±0,04b	0,38±0,05a	0,17±0,04c	0,20±0,02c	0,17±0,05c	0,04±0,01bc
27	17:1 ω 7	0,20±0,02a	0,20±0,02a	0,07±0,01b	0,08±0,02b	0,05±0,00b	0,08±0,01b
28	17:1 ω 5	tr	tr	tr	tr	tr	tr
29	18:0DMA	0,04±0,03b	0,11±0,01a	0,14±0,04a	0,14±0,08a	0,15±0,03a	0,08±0,02b
30	18:1DMA	0,16±0,01	0,20±0,01	tr	tr	0,22±0,01	0,19±0,03
31	18:0	11,40±0,73a	10,43±0,82a	11,51±2,78a	9,77±1,89a	5,97±1,82b	6,71±2,52b

continua...

continuação...

Tabela 2. Composição em ácidos graxos dos lipídios totais (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular de matrinxã (*B. cephalus*) de cultivo e capturado em diferentes períodos sazonais.

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
33	18:1 ω 9	34,02 \pm 2,81b	35,03 \pm 2,57b	44,33 \pm 6,00a	37,29 \pm 4,37b	34,02 \pm 2,57b	37,49 \pm 1,57b
34	18:1 ω 7	1,21 \pm 0,31b	1,54 \pm 0,26b	1,26 \pm 0,26b	2,28 \pm 0,83a	1,14 \pm 0,15b	1,25 \pm 0,08b
35	18: 1 ω 6	0,16 \pm 0,08	0,10 \pm 0,00	0,08 \pm 0,01	0,11 \pm 0,01	0,15 \pm 0,04	tr
36	18:1 ω 5	0,04 \pm 0,02	0,11 \pm 0,00	tr	tr	tr	0,08 \pm 0,01
37	18:2 ω 6	10,38 \pm 0,71ab	9,35 \pm 0,86ab	11,31 \pm 3,99ab	11,48 \pm 1,53a	7,26 \pm 5,00b	8,63 \pm 5,06ab
38	18: 2 ω 4	tr	tr	0,03 \pm 0,01	tr	tr	tr
39	18:3 ω 6	0,26 \pm 0,02a	0,25 \pm 0,03a	0,19 \pm 0,09b	0,19 \pm 0,04ab	0,12 \pm 0,06b	0,15 \pm 0,08b
41	18:3 ω 4	0,06 \pm 0,01	0,80 \pm 0,02	tr	tr	tr	tr
42	19:1 ω 7	tr	tr	tr	tr	0,09 \pm 0,01	0,10 \pm 0,01
43	18:3 ω 3	0,61 \pm 0,10d	0,80 \pm 0,08cd	2,36 \pm 0,81ab	2,76 \pm 0,97a	0,99 \pm 0,30cd	1,74 \pm 1,04bc
44	19:2 ω 7	0,09 \pm 0,03b	0,09 \pm 0,01b	0,34 \pm 0,02a	0,42 \pm 0,03a	0,34 \pm 0,00a	0,37 \pm 0,02a
45	18:4 ω 3	0,05 \pm 0,00	tr	0,05 \pm 0,00	0,07 \pm 0,01	0,05 \pm 0,01	0,08 \pm 0,02

continua...

continuação...

Tabela 2. Composição em ácidos graxos dos lipídios totais (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular de matrinxã (*B. cephalus*) de cultivo e capturado em diferentes períodos sazonais.

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
46	X2	tr	tr	tr	tr	tr	tr
47	20:0	0,08±0,03c	0,11±0,05c	0,52±0,27a	0,40±0,20a	0,23±0,19b	0,33±0,04a
48	20:1ω11	0,10±0,01b	0,13±0,09b	0,23±0,17a	0,33±0,23a	0,08±0,02b	0,08±0,01b
49	20:1ω9	0,72±0,06a	0,74±0,18a	0,36±0,02b	0,36±0,13b	0,49±0,08b	0,64±0,08a
50	20:1ω7	tr	tr	tr	tr	tr	tr
51	20:2ω9	0,20±0,04a	0,13±0,04b	0,25±0,02a	0,08±0,02c	0,05±0,02c	0,07±0,00c
52	19:4ω3	tr	tr	0,08±0,01	tr	0,04±0,05	0,10±0,04
53	20:2ω6	0,56±0,07a	0,43±0,05ab	0,31±0,08bc	0,29±0,11c	0,26±0,20c	0,32±0,14bc
54	20:3ω9	0,32±0,06a	0,18±0,04b	0,08±0,03c	0,11±0,08c	0,14±0,09bc	0,11±0,05c
55	X3	tr	tr	tr	tr	0,10±0,03	0,08±0,01
56	20:3ω6	0,14±0,18b	0,61±0,08b	0,42±0,21b	0,43±0,03b	3,63±1,94a	0,37±0,23b
57	20:4ω6	2,12±0,44a	0,71±0,24b	0,52±0,27b	0,41±0,02b	1,29±0,71a	0,33±0,17b
58	20:3ω3	0,07±0,01	0,11±0,02	0,10±0,04	0,15±0,04	0,07±0,04	0,13±0,06

continua...

continuação...

Tabela 2. Composição em ácidos graxos dos lipídios totais (% de área relativa) músculo e cavidade ocular de matrinxã (*B cephalus*) de cultivo e capturado em diferentes períodos sazonais.

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
59	X4	0,23±0,03a	0,20±0,00a	0,09±0,03b	0,19±0,03a	0,11±0,05b	0,10±0,03b
60	20:4 ω 3	0,07±0,01b	0,15±0,01a	0,06±0,02b	0,09±0,04b	0,07±0,04b	0,10±0,02ab
61	20:5 ω 3	0,12±0,04b	0,13±0,05b	0,13±0,05b	0,11±0,02b	0,22±0,08a	0,09±0,13b
62	22:0	0,13±0,02b	0,11±0,03b	0,11±0,05b	0,12±0,05b	0,14±0,005b	0,20±0,08a
64	22:1 ω 9	0,19±0,00 ^a	0,16±0,00a	0,18±0,05a	0,18±0,09a	0,07±0,01b	0,07±0,02b
65	21:3 ω 3	tr	tr	tr	tr	tr	tr
67	22:2 ω 6	tr	tr	0,35±0,19	0,20±0,02	0,09±0,07	0,05±0,02
68	22:3 ω 6	tr	0,05±0,02	0,09±0,02	0,06±0,05	tr	tr
69	22:4 ω 6	0,08±0,01	tr	0,10±0,00	0,11±0,00	tr	tr
70	22:3 ω 3	0,22±0,05a	0,17±0,13b	0,14±0,03b	0,20±0,05a	0,32±0,09a	0,09±0,03c
71	22:4 ω 3	1,37±0,38a	0,26±0,08b	0,27±0,13b	0,19±0,14bc	0,70±0,26a	0,11±0,03c
72	22:5 ω 3	0,18±0,03b	0,15±0,06b	0,14±0,09b	0,19±0,12b	0,42±0,33a	0,13±0,04b
74	22:6 ω 3	1,46±0,34b	0,58±0,26bc	0,62±0,48bc	0,42±0,13c	1,91±0,69a	0,31±0,19c

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente em nível de 5%.

ai = anteiso, i = iso, x = não identificado, tr = traços (valor inferior a 0,03%), nd = não detectado, dma = dimetilacetal

Moreira *et al.* (2001), analisaram o músculo do matrinxã (*Brycon cephalus*), da piraputanga (*Brycon microlepis*) e a piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) capturados em açude e criados em gaiola. Resultados semelhantes foram encontrados para o músculo do matrinxã deste experimento, em relação aos ácidos graxos principais, porém houve uma inversão na sequência dos ácidos graxos principais, oléico (18:1 ω 9), palmítico (16:0), linoléico (18:2 ω 6) e o esteárico (18:0).

Moreira (2000) também analisou o perfil de ácidos graxos da cabeça do matrinxã (*Brycon cephalus*), piraputanga (*Brycon microlepis*) e piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) capturados em açude e criados em gaiola e os ácidos graxos predominantes foram o palmítico, esteárico, oléico e linoléico. Esses resultados foram semelhantes ao encontrado nesse experimento para a cavidade ocular do peixe de cultivo, porém com diferença na sequência de ácidos graxos.

Maia *et al.* (1998) detectaram para matrinxã (*Brycon sp*) capturado em rios da Amazônia, próximo a Manaus, um total de ácidos graxos próximo ao encontrado para o matrinxã deste experimento. Comparando os ácidos graxos majoritários dos peixes de recurso natural ao do matrinxã analisado por Maia *et al.* (1998), foi verificado que também ocorreu uma inversão na sequência dos principais ácidos graxos oléico, linoléico, palmítico e o esteárico, sendo que os autores não citaram a época de captura.

Comparando os dois tecidos (músculo e cavidade ocular) dos peixes provenientes de cultivo, em relação aos principais ácidos graxos majoritários e aqueles de importância nutricional, foi observado que estes diferiram apenas em relação ao ácido araquidônico (AA), com um maior teor no músculo (2,12%). O músculo e a cavidade ocular dos peixes de recurso natural, durante o período da cheia diferiram significativamente ($p < 0,05$) em relação ao ácido palmítico e ao oléico. O ácido palmítico apresentou maior teor na cavidade ocular (19,51%) enquanto o oléico apresentou o maior teor no músculo (44,39%). Durante o período da seca, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre o músculo e a cavidade ocular em relação aos ácidos AA, EPA e DHA. O músculo apresentou maior teor de AA (1,29%), de EPA (0,22%) e de DHA (1,29%).

Comparando um mesmo tecido (músculo) entre o peixe de cultivo e o de recurso natural da época da cheia houve diferença significativa ($p < 0,05$), em relação aos ácidos palmítico, oléico, α -linolênico (LNA) e araquidônico, sendo que apenas o ácido araquidônico predominou no peixe de cultivo.

Comparando o peixe de cultivo com o de recurso natural capturado na época da seca, houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos ácidos palmítico, EPA e DHA. O ácido saturado apresentou maior teor nos peixes de cultivo, enquanto os ácidos poliinsaturados foram maiores no peixe de recurso natural.

Comparando os peixes de recurso natural, cheia e seca, foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação aos ácidos esteárico, oléico, α -linolênico, araquidônico, EPA e DHA, sendo que os três últimos predominaram na época da seca. Os teores de EPA e DHA foram maiores no músculo dos peixes capturados no período da seca, isto pode ser explicado pelo fato de nesse período, segundo Goulding (1980), o matrinxã se alimentar principalmente de insetos, pequenos peixes, moluscos e crustáceos, sendo estes conhecidos como fonte rica em AGPI (Herdenson & Tocher, 1987).

Os valores de EPA e DHA encontrados para o músculo dos peixes capturados no período da cheia provavelmente estão relacionados à preferência do matrinxã se alimentar de semente e frutos, disponíveis nesse período. No músculo dos peixes de cultivo os teores de EPA e DHA foram de 0,12% e 1,42%, respectivamente. Estes teores podem ser explicados pela capacidade dos peixes em alongar o ácido graxo LNA para EPA e DHA e este ter sido detectado na ração (Tabela 8), enquanto EPA e DHA não foram fornecidos ao peixe diretamente pela ração. Além disso, o peixe de cativeiro em sistema semi-intensivo pode ingerir insetos e pequenos peixes de outras espécies (Pereira Filho, 1995).

O peixe de recurso natural é melhor para o consumo, principalmente quando capturado na época da seca, por apresentar maior valor dos ácidos graxos EPA e DHA, importantes na dieta.

Comparando um mesmo tecido (adiposo da cavidade ocular) entre o peixe de cultivo e o de recurso natural da época da cheia, foram observadas diferenças

significativas ($p < 0,05$) em relação aos ácidos palmítico e α -linolênico, sendo que o ácido graxo da família $\omega 3$ predominou nos peixes de recurso natural da época da cheia.

Comparando o peixe de cultivo com o capturado na época da seca, houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos ácidos palmítico e esteárico, que predominaram nos peixes de cultivo. Entre os peixes de recurso natural, os ácidos esteárico e α -linolênico diferiram significativamente a um nível de 5%, com predominância no tecido adiposo da cavidade ocular dos peixes capturados no período da cheia.

Em relação ao EPA e DHA não ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$) em todas as situações de estudo, o menor valor de EPA foi de 0,13% e de DHA de 0,58% em peixe de cultivo. Os valores de EPA e DHA quando comparados aos encontrados para o músculo em todas situações de captura não justifica o aproveitamento industrial do tecido adiposo da cavidade ocular.

3.2.1 Somatória dos grupos e das razões AGPI/AGS e $\omega 6/\omega 3$ dos ácidos graxos dos lipídios totais

Atualmente a comunidade científica vem recomendando a ingestão de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa, principalmente os da família ômega 3, por estes reduzirem fatores bioquímicos de riscos associados a doenças cardiovasculares, artrite, psoríase, câncer e desenvolvimento do sistema nervoso 2000; Crawford *et al.*, 1999; Simopoulos *et al.*, 1999, Simopoulos, 1991).

A Tabela 3 mostra os resultados dos diferentes grupos de ácidos graxos dos lipídios totais, saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI), diinsaturados (AGDI), altamente insaturados (AGAI), poliinsaturados (AGPI), $\omega 6$ e $\omega 3$ e as razões dos AGPI/AGS e $\omega 6/\omega 3$ do tecido muscular e da cavidade ocular do matrinxã para as diferentes situações de captura.

Tabela 3. Somatória dos grupos (% de área relativa) e das razões AGPI/AGS e $\omega 6/\omega 3$ dos ácidos graxos dos lipídios totais do músculo e cavidade ocular do matrinxã (*B. cephalus*) para as diferentes situações de captura.

GRUPOS	Época sazonal					
	Cultivo		Cheia		Seca	
	Músculo	Cavidade Ocular	Músculo	Cavidade Ocular	Músculo	Cavidade ocular
AGS	38,44±2,37ab	37,68±2,86ab	35,47±1,33b	40,39±2,43ab	42,12±5,01a	41,39±6,60ab
AGMI	42,89±4,08ab	40,16±3,01bc	47,18±6,38a	41,65±3,98bc	37,66±2,98c	41,47±3,55bc
AGDI	10,99±0,27ab	10,26±0,93ab	12,09±4,07a	12,15±1,39a	7,85±2,52b	9,36±1,62ab
AGAI	5,42±1,32b	3,71±0,61b	4,75±1,29b	5,30±1,27b	9,43±3,78a	3,61±2,31b
AGPI	16,41±1,75ab	13,97±1,11bcd	16,84±5,12ac	17,45±2,54a	17,28±8,48a	12,97±3,38d
Omega 6	14,60±1,02a	11,65±2,98ab	13,27±0,99a	13,25±0,68a	13,06±1,22a	9,80±0,66b
Omega 3	4,05±1,42a	2,35±1,85b	3,95±1,08ac	4,18±0,94a	4,76±0,81a	2,92±1,79bc
AGPI/AGS	0,42±0,31a	0,37±0,27ab	0,47±0,31a	0,43±0,27a	0,41±0,31a	0,31±0,27b
$\omega 6/\omega 3$	3,60±1,33b	4,95±1,01a	3,35±0,18b	3,16±0,22b	2,74±0,35b	3,35±0,21b

AGS – ácidos graxos saturados, AGMI – ácidos graxos monoinsaturados, AGDI – ácidos graxos diinsaturados, AGAI – ácidos graxos altamente insaturados, AGPI – ácidos graxos poliinsaturados.

Médias seguidas da mesma letra em comum, não diferem significativamente em nível de 5%.

Neste trabalho foram considerados como ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) os ácidos com duas ou mais duplas ligações, conforme o dicionário *The American Heritage* (2000) e, como ácidos graxos altamente insaturados (AGAI), os ácidos com 3 ou mais duplas ligações.

Nos lipídios totais, houve uma predominância do grupo dos monoinsaturados, em todas as situações de estudo, exceto para o músculo dos peixes capturados no período da seca, onde o grupo dos ácidos graxos saturados predominou. O segundo grupo mais abundante foi o grupo dos ácidos graxos saturados (Tabela 3).

De acordo com os resultados da Tabela 3, comparando o músculo e o tecido adiposo da cavidade ocular dos peixes de cultivo não foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) em relação a todos os grupos de ácidos graxos.

Estabelecendo uma comparando entre estes mesmos tecidos, porém entre os peixes de recurso natural capturado na época da cheia, foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) somente em relação ao grupo dos monoinsaturados. Comparando também estes mesmos tecidos entre os peixes capturados na natureza no período da seca, houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos grupos dos ácidos graxos altamente insaturados e o dos poliinsaturados.

Comparando um mesmo tecido (músculo) entre os peixes de cultivo e os capturados na natureza na época da cheia, foi observado que não ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$) em relação a todos os grupos dos ácidos graxos. Porém, entre os peixes de cultivo e os peixes capturados no período da seca, foi observado que os grupos dos ácidos graxos monoinsaturados e os dos altamente insaturados diferiram significativamente ($p < 0,05$). Comparando o músculo dos peixes capturados na natureza na época da cheia e da seca, houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação a todos os grupos de ácidos graxos, exceto para o grupo dos poliinsaturados.

Comparando um mesmo tecido (adiposo da cavidade ocular) entre os peixes de cultivo e os peixes capturados no habitat natural da época da cheia somente o grupo dos ácidos graxos poliinsaturados diferiu significativamente ($p < 0,05$). Porém entre os peixes de cultivo e os capturados na época da seca não

foi verificada diferença significativa ($p < 0,05$) em relação a todos os grupos de ácidos graxos. Nos peixes capturados no habitat natural nos dois períodos estudados, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação a todos os grupos de ácidos graxos, exceto para o grupo dos poliinsaturados.

De acordo com Henderson & Tocher (1987), os peixes de água tropical possuem alto teor de ácidos graxos saturados, podendo chegar a 45%. Os valores encontrados para os AGS, em todas as situações de captura, foram próximos aos encontrados por Moreira *et al.* (2001) para o músculo de matrinxã de açude de gaiola, para piraputanga de açude e nativa, e também para a piracanjuba de açude, de gaiola e nativa.

Os valores encontrados para os ácidos graxos AGS no tecido adiposo da cavidade ocular, foram semelhantes aos encontrados em todas as situações de captura, nas cabeças do matrinxã de açude, gaiola, de piraputanga de açude e nativa e de piracanjuba de açude, gaiola e nativa (Moreira, 2000).

O teor de AGAI no músculo do peixe de cultivo (5,42%) foi superior ao encontrado por Moreira *et al.* (2001) no matrinxã de açude (2,87%), de gaiola (3,51%), na piraputanga de açude (3,56%), e na piracanjuba de açude (4,84%), gaiola (4,82%) e nativa (4,69%). Enquanto o teor de AGAI para o tecido adiposo da cavidade ocular (3,71%) foi superior apenas para o valor encontrado na cabeça de matrinxã de açude (3,30%) e de gaiola (3,02%).

O *Department of Health and Social Security* (1996) descreveu que dietas que apresentam a razão de AGPI/AGS inferior a 0,45 são consideradas pouco saudáveis, assim sendo valores maiores da razão AGPI/AGS indicam um alimento com valor nutricional superior. As razões AGPI/AGS entre os músculos dos peixes estudados não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$). Para o tecido adiposo da cavidade ocular, somente os peixes capturados da natureza apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$), sendo que a melhor relação foi observada nos peixes capturados na época da cheia.

Convém ressaltar que, segundo a razão AGPI/AGS, o peixe capturado na cheia seria recomendado como o melhor para a dieta, seria essa afirmação contraditória face aos resultados encontrados para os teores de EPA e DHA e a

razão $\omega 6/\omega 3$, que implicam na escolha dos peixes capturados na época da seca. Isto mostra que a relação AGPI/AGS empregada na avaliação nutricional de alimentos, especialmente em peixes, deverá ser utilizada com determinada cautela.

A somatória dos ácidos graxos ômega 6 foi superior à somatória de ômega 3 em todas as situações em estudo, não ocorrendo diferença significativa ($p < 0,05$) entre os músculos dos peixes nas três situações de captura. Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre o tecido adiposo da cavidade ocular dos peixes de recurso natural. Somente os peixes capturados no período da seca apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre o músculo e o tecido adiposo da cavidade ocular.

Os valores encontrados em todas as somatórias do grupo $\omega 6$ foram próximos aos encontrados por Moreira *et al.* (2001) para o matrinxã de açude (12,03%) e de gaiola (11,43%). Entretanto, os valores encontrados para a família dos ácidos graxos $\omega 3$ foram superiores, em todas as situações de captura, aos encontrados por esses mesmos autores, para o matrinxã de açude (1,37%) e de gaiola (1,68%).

Para a somatória do grupo $\omega 3$, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre o músculo dos peixes em todas as situações em estudo. Em relação ao tecido da cavidade ocular os peixes capturados na época da cheia diferiram significativamente ($p < 0,05$) dos peixes capturados na época da seca e cultivo.

A menor razão de $\omega 6/\omega 3$ ocorreu no músculo dos peixes capturados na época da seca (2,74%), indicando que o peixe capturado nesse período possui a melhor qualidade nutricional. O tecido adiposo da cavidade ocular dos peixes de cultivo diferiu significativamente ($p < 0,05$) dos peixes de recurso natural. Deve ser ressaltado que todas as razões $\omega 6/\omega 3$ encontradas foram sempre inferiores às encontradas para o matrinxã de açude, 8,79 e de gaiola, 6,79 (Moreira *et al.* 2001) e para tilápia de cultivo, 5,0 (Maia 1992).

Ainda não há consenso entre os pesquisadores quanto ao valor ideal da razão $\omega 6/\omega 3$ indicado à dieta. Simopoulos *et al.* (1999) recomendam um intervalo

de 5 a 10, valor superior ao recomendado pelo *Department of Health* (1994), de no máximo 4,0 para esta relação. Nesta pesquisa, os resultados encontrados para todas as razões $\omega 6/\omega 3$ estão dentro do valor recomendado pelo *Department of Health* (1994), exceto o valor encontrado para a cavidade ocular em peixe de cultivo (4,95), que, porém se encontra dentro do intervalo recomendado por Simopoulos *et al.* (1999).

3.3 Composição dos ácidos graxos da fração dos lipídios neutros

Os lipídios neutros, que são também conhecidos por lipídios simples, incluem as substâncias ou subclasses chamadas triacilgliceróis (TG), diacilgliceróis (DG), monoacilgliceróis (MG), alquil-diacilgliceróis, esteróis (principalmente colesterol livre e esterificado), ceras e ácidos graxos livres.

A Tabela 4 mostra a composição percentual em ácidos graxos nos lipídios neutros do tecido adiposo muscular e da cavidade ocular de matrinxã de cultivo e em diferentes períodos sazonais.

Na fração de lipídios neutros foi encontrado um total de 66 componentes. Os principais ácidos graxos encontrados nos peixes de cultivo e de peixes capturados na natureza foram os ácidos oléico (18:1 ω 9), palmítico (16:0), o esteárico (18:0) e linoléico (18:2 ω 6). Essa mesma sequência ocorreu para os lipídios totais. O ácido graxo mirístico (14:0) mostrou um percentual diferenciado nas três situações de captura, com um teor de 1,51%, 5,28% e 16,84% para o músculo e 1,54%, 11,77% e 11,70% para o tecido adiposo da cavidade ocular dos peixes de cultivo, e os capturados no período da cheia e seca, respectivamente. Esse comportamento diferenciado ocorreu também nos lipídios totais.

Tabela 4. Composição em ácidos graxos dos lipídios neutros (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular de matrinxã (*B. cephalus*) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais.

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
1	12:0	0,68±0,40b	0,66±0,33b	0,64±0,42b	1,38±0,52a	2,13±0,55a	1,94±0,40a
2	13:0	tr	tr	tr	tr	0,05±0,00	0,04±0,01
3	i14:0	tr	tr	tr	tr	tr	tr
4	14:0	1,51±0,10c	1,54±0,03c	5,28±3,50bc	11,77±5,03ab	16,84±12,20a	11,70±8,79ab
5	14:1ω9	0,07±0,00	0,07±0,01	0,13±0,05	0,19±0,00	0,06±0,02	tr
6	14:1ω7	tr	tr	0,08±0,00	0,10±0,00	tr	tr
7	14:1ω5	0,09±0,02b	0,09±0,02b	0,07±0,00b	0,10±0,02b	0,39±0,04a	0,28±0,10a
8	i15:0	0,09±0,02	0,10±0,02	tr	tr	tr	tr
10	15:0	0,20±0,003a	0,24±0,03a	0,07±0,01c	0,10±0,01c	0,10±0,02c	0,10±0,04b
11	15:1ω9	tr	tr	tr	tr	tr	tr
12	15:1ω7	tr	tr	0,10±0,01	0,04±0,01	0,07±0,01	0,04±0,01
14	i16:0	0,14±0,02a	0,10±0,03b	0,15±0,02a	0,18±0,03a	0,09±0,01b	0,09±0,00b
15	16:0DMA	0,09±0,02	0,09±0,02	tr	tr	0,14±0,02	0,15±0,03

continua...

continuação...

Tabela 4. Composição em ácidos graxos dos lipídios neutros (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular de matrinxã (*B. cephalus*) de cultivo e capturado em diferentes períodos sazonais.

Pico	Ácido graxo	Cultivo		Época sazonal			
		Músculo	Cavidade ocular	Cheia Músculo	Cheia Cavidade ocular	Seca Músculo	Seca Cavidade ocular
16	X1	0,04±0,02	tr	0,06±0,01	0,15±0,02	0,10±0,05	0,05±0,00
17	16:0	26,70±0,87a	27,22±0,61a	16,83±1,38c	19,73±1,10b	18,59±1,20b	19,49±0,87b
19	16:1 ω 9	0,57±0,06a	0,61±0,07a	0,58±0,13a	0,42±0,04b	0,41±0,04b	0,44±0,01b
20	16:1 ω 7	1,91±0,33a	1,93±0,19a	1,85±0,01a	0,87±0,05a	1,01±0,30b	1,11±0,13b
21	16:1 ω 5	tr	tr	0,05±0,01	0,06±0,01	0,09±0,01	0,10±0,03
22	i17:0	0,15±0,03a	0,14±0,04b	0,20±0,04a	0,25±0,01a	0,24±0,02a	0,25±0,01a
23	16:2 ω 7	0,03±0,00	0,03±0,05	tr	0,05±0,00	tr	0,08±0,01
24	ai17:0	0,03±0,00	0,08±0,00	0,05±0,00	tr	0,04±0,01	0,03±0,00
25	17:0	0,32±0,06a	0,40 ±0,05a	0,17±0,04b	0,19±0,01b	0,18±0,05b	0,20±0,07b
26	17:1 ω 9	tr	tr	0,06±0,01	0,06±0,00	0,04±0,01	0,05±0,02
27	17:1 ω 7	0,19±0,07a	0,21±0,04 a	0,06±0,01a	0,06±0,01a	0,07±0,01a	0,59±0,02a
29	18:0DMA	tr	0,03±0,00	tr	0,05±0,00	0,05±0,00	0,05±0,00
30	18:1DMA	tr	tr	0,10±0,00	0,09±0,00	0,05±0,01	tr

continua...

continuação...

Tabela 4. Composição em ácidos graxos dos lipídios neutros (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular de matrinxã (*B. cephalus*) de cultivo e capturado em diferentes períodos sazonais.

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
31	18:0	11,67±0,40a	11,42±0,60ab	11,39±3,66ab	8,93±1,46ab	6,29±1,83b	6,65±2,47b
32	18: 1ω11	tr	tr	tr	tr	tr	tr
33	18:1ω9	39,14±1,65ab	38,17±0,87ab	45,18±6,50a	37,38±4,06b	38,13±5,42b	37,86±2,02b
34	18:1ω7	1,46±0,69a	1,78±0,48a	1,41±0,57a	1,70±0,86a	2,03±0,76a	1,24±0,09a
35	18: 1ω6	0,18±0,14	0,25±0,01	tr	tr	0,09±0,03	0,05±0,00
37	18:2ω6	10,27±0,81a	10,33±1,01a	11,29±3,97a	10,49±2,13a	8,07±5,95a	9,11±5,48a
38	18: 2ω4	0,05±0,01	tr	tr	tr	0,06±0,01	0,06±0,01
39	18:3ω6	0,25±0,02a	0,14±0,01b	0,14±0,01b	0,17±0,04ab	0,10±0,09b	0,17±0,01ab
40	19:0	tr	tr	tr	tr	0,08±0,01	0,05±0,01
41	18:3ω4	tr	tr	tr	tr	tr	tr
43	18:3ω3	0,70±0,07b	0,87±0,06b	2,35±0,77a	2,54±1,03a	1,12±0,42b	2,18±1,50a
44	19:2ω7	0,05±0,01c	0,07±0,02c	0,23±0,13b	0,28±0,09b	0,10±0,03c	0,41±0,23a
45	18:4ω3	tr	0,04±0,00	0,06±0,03	0,07±0,03	0,07±0,02	0,08±0,04

continua...

continuação...

Tabela 4. Composição em ácidos graxos dos lipídios neutros (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular de matrinxã (*B. cephalus*) de cultivo e capturado em diferentes períodos sazonais.

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
46	X2	0,08±0,01	0,11±0,02	tr	tr	0,09±0,01	0,08±0,02
47	20:0	0,09±0,02b	0,09±0,06b	0,44±0,12a	0,35±0,08a	0,23±0,16ab	0,33±0,23a
48	20:1ω11	0,10±0,01b	0,10±0,01b	0,10±0,03b	0,15±0,01ab	0,19±0,00a	0,21±0,01a
49	20:1ω9	0,71±0,21a	0,72±0,05a	0,53±0,08b	0,53±0,08b	0,09±0,01d	0,18±0,04c
50	20:1ω7	0,70±0,02a	0,72±0,03a	0,042±0,03a	0,42±0,03a	0,47±0,017a	1,04±0,01a
51	20:2ω9	0,11±0,02a	0,13±0,04b	0,12±0,02a	0,08±0,02b	0,09±0,00b	0,07±0,00b
52	19:4ω3	0,11±0,00b	0,12±0,01b	0,22±0,03a	0,18±0,01a	0,13±0,05b	0,12±0,01b
53	20:2ω6	0,45±0,06a	0,44±0,03a	0,26±0,08b	0,26±0,08b	0,23±0,16b	0,34±0,05ab
54	20:3ω9	0,13±0,01ab	0,16±0,03a	0,08±0,06c	0,08±0,06bc	0,06±0,03c	0,09±0,01bc
56	20:3ω6	0,62±0,02a	0,60±0,02a	0,36±0,02b	0,36±0,02b	0,33±0,01b	0,43±0,01b
57	20:4ω6	0,58±0,01a	0,62±0,03a	0,31±0,03b	0,31±0,02b	0,28±0,11b	0,40±0,02ab
58	20:3ω3	0,06±0,03b	0,08±0,00b	0,13±0,03a	0,13±0,03a	0,08±0,03b	0,14±0,06 ^a
59	X4	tr	tr	0,13±0,00	0,11±0,01	0,09±0,06	0,08±0,03
60	20:4ω3	0,05±0,01b	0,06±0,00b	0,09±0,01a	0,09±0,01a	0,08±0,03a	0,08±0,05a

continua...

continuação...

Tabela 4. Composição em ácidos graxos dos lipídios neutros (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular de matrinxã (*B. cephalus*) de cultivo e capturado em diferentes períodos sazonais.

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
61	20:5 ω 3	0,09 \pm 0,01a	0,10 \pm 0,02a	0,09 \pm 0,03a	0,09 \pm 0,03a	0,07 \pm 0,01a	0,12 \pm 0,03a
62	22:0	0,06 \pm 0,03c	0,04 \pm 0,00c	0,15 \pm 0,06ab	0,14 \pm 0,07b	0,18 \pm 0,01a	0,17 \pm 0,13a
63	22:1 ω 11	tr	tr	0,17 \pm 0,01	0,17 \pm 0,02	0,04 \pm 0,01	0,07 \pm 0,02
64	22:1 ω 9	tr	tr	0,19 \pm 0,06	0,10 \pm 0,00	0,16 \pm 0,03	0,17 \pm 0,02
65	21:3 ω 3	tr	tr	tr	tr	tr	tr
67	22:2 ω 6	tr	tr	0,09 \pm 0,04	tr	0,08 \pm 0,02	0,05 \pm 0,01
68	22:3 ω 6	0,11 \pm 0,00b	0,08 \pm 0,00b	0,15 \pm 0,09a	0,18 \pm 0,09a	0,12 \pm 0,03ab	0,16 \pm 0,00a
69	22:4 ω 6	0,09 \pm 0,05b	0,16 \pm 0,01a	0,17 \pm 0,03a	0,09 \pm 0,00b	0,09 \pm 0,00b	0,09 \pm 0,04b
70	22:3 ω 3	0,06 \pm 0,01b	0,07 \pm 0,02b	0,09 \pm 0,05b	0,06 \pm 0,01b	0,20 \pm 0,08a	0,09 \pm 0,05b
71	22:4 ω 3	0,08 \pm 0,06c	0,27 \pm 0,16a	0,13 \pm 0,09b	0,11 \pm 0,07b	0,13 \pm 0,09b	0,15 \pm 0,08b
72	22:5 ω 3	0,08 \pm 0,01c	0,13 \pm 0,09b	0,09 \pm 0,02c	0,16 \pm 0,10b	0,11 \pm 0,05bc	0,23 \pm 0,16a
73	24:0	tr	tr	tr	tr	0,10 \pm 0,07	0,06 \pm 0,01
74	22:6 ω 3	0,20 \pm 0,04b	0,41 \pm 0,17a	0,18 \pm 0,04c	0,24 \pm 0,03b	0,22 \pm 0,08bc	0,36 \pm 0,02a

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente em nível de 5%.

ai = anteiso, i = iso, x = não identificado, tr = traços(valor inferior a 0,03%), nd = não detectado, dma = dimetilacetal

Comparando os dois tecidos (músculo e cavidade ocular) dos peixes provenientes do cultivo, em relação aos principais ácidos graxos e os considerados nutricionalmente importantes, foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) apenas em relação ao DHA, que apresentou o maior valor na cavidade ocular (0,41%).

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre o músculo e o tecido adiposo da cavidade ocular do peixe de recurso natural capturado na época da cheia, em relação ao ácido graxo saturado palmítico, que apresentou um menor teor no músculo (16,83%); em relação ao oléico, com maior valor também no músculo e em relação ao DHA, com maior valor na cavidade ocular (0,24%).

Entre o músculo e a cavidade ocular dos peixes de recurso natural, capturados no período da seca, foi observado diferença significativa ($p < 0,05$) apenas em relação aos ácidos graxos α -linolênico e o DHA, sendo que os maiores valores foram encontrados na cavidade ocular, 2,18% e 0,36%, respectivamente.

Comparando um mesmo tecido (músculo) entre os peixes de cultivo e os capturados na natureza, na época da cheia, ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$), em relação aos ácidos graxos palmítico, α -linolênico, araquidônico e DHA. Comparando esse mesmo tecido entre os peixes de cultivo e os capturados na natureza, na época da seca, houve diferença significativa ($p < 0,05$), em relação aos ácidos graxos saturados esteárico, palmítico, e o ácido graxo poliinsaturado araquidônico.

Comparando o músculo dos peixes de recurso natural capturados na cheia e na seca, foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$), em relação aos ácidos palmítico, oléico e α -linolênico.

Comparando um mesmo tecido (cavidade ocular), entre o peixe de cultivo e o capturado no período da cheia, foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$), em relação aos ácidos palmítico, α -linolênico, araquidônico e DHA, sendo que o ácido graxo α -linolênico apresentou o maior valor na cavidade ocular dos peixes capturados na época da cheia, enquanto os outros ácidos graxos apresentaram maiores teores nos peixes de cultivo. Porém, entre o peixe de cultivo e o capturado no período da seca, foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) somente em relação aos ácidos graxos

palmítico e α -linolênico. Comparando esse mesmo tecido, entre os peixes de recurso natural capturado no período da cheia e da seca foi observada diferença significativa somente em relação ao ácido graxo DHA, sendo que o maior teor foi observado nos peixes capturados no período da seca.

3.3.1 Somatória dos grupos dos ácidos graxos da fração dos lipídios neutros

A Tabela 5 mostra os resultados da somatória das percentagens relativas dos ácidos graxos de lipídios neutros por grupo de saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI), diinsaturados (AGDI), altamente insaturados (AGAI) e poliinsaturados (AGPI) do músculo e do tecido adiposo da cavidade ocular para as três diferentes situações de captura.

Da mesma maneira que nos lipídios totais, houve uma predominância dos ácidos graxos monoinsaturados, com exceção do tecido adiposo da cavidade ocular do peixe capturado na época da cheia e do músculo do peixe capturado na seca (Tabela 5).

Comparando o músculo e o tecido adiposo da cavidade ocular, foi observado que nos peixes de cultivo não ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$) em relação a todos os grupos de ácidos graxos. Porém, nos peixes capturados no período da cheia, houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos grupos dos ácidos graxos saturados e monoinsaturados.

Tabela 5. Somatória em grupos (% de área relativa) dos ácidos graxos da fração dos lipídios neutros do músculo e tecido adiposo da cavidade ocular do matrinxã (*B. cephalus*) para as diferentes situações de captura.

GRUPOS	Cultivo		Cheia		Seca	
	Músculo	Cavidade Ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade Ocular
AGS	40,60±1,18ab	40,95±0,96ab	34,98±1,58b	42,82±5,16a	44,53±6,10a	41,60±7,55ab
AGMI	44,48±2,13ab	43,78±4,28ab	48,35±7,04a	41,21±4,11b	42,75±5,59b	41,98±1,87b
AGDI	11,27±0,86a	11,31±1,07a	11,98±4,11a	11,05±1,95a	8,48±6,20 a	10,96±5,59a
AGAI	3,01b±0,18c	3,57±0,55abc	4,02±1,16ab	4,54±1,22ab	2,90±1,15c	4,95±2,42a
AGPI	14,28±1,06ab	14,88±1,12a	16,00±3,02a	15,59±1,22a	11,38±1,99b	15,91±2,01a

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente em nível de 5%.

AGS – ácidos graxos saturados, AGMI – ácidos graxos monoinsaturados, AGDI – ácidos graxos diinsaturados, AGAI – ácidos graxos altamente insaturados AGPI – ácidos graxos poliinsaturados.

Comparando o músculo e o tecido adiposo da cavidade ocular dos peixes capturados na natureza, no período da seca ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$), em relação aos grupos dos ácidos graxos altamente insaturados e poliinsaturados, sendo que os maiores teores ocorreram no tecido adiposo da cavidade ocular.

Comparando um mesmo tecido (músculo) entre os peixes de cultivo e os capturados na natureza na época da cheia, foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) somente em relação ao grupo dos ácidos graxos altamente insaturados. Porém, entre os peixes de cultivo e os capturados na época da seca, não foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) em relação a todos os grupos de ácidos graxos. Entre os peixes de recurso natural capturados na época da cheia e da seca ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$) em relação a todos os grupos de ácidos graxos, exceto para o grupo dos diinsaturados.

Comparando um mesmo tecido (cavidade ocular), entre os peixes de cultivo e os capturados na natureza nos dois períodos estudados, não ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$) em relação a todos os grupos de ácidos graxos, como também entre os peixes capturados na natureza nos períodos da cheia e da seca.

3.4 Composição dos ácidos graxos da fração dos fosfolipídios

Na fração de fosfolipídios foi encontrado um total de 55 componentes. Houve uma mudança na composição de ácidos graxos com um aumento marcante dos poliinsaturados (Tabela 6). Este fato é bem conhecido, pois nos lipídios estruturais, constituídos pelos fosfolipídios, encontra-se a maior parte dos ácidos graxos poliinsaturados. Os principais ácidos graxos encontrados nos peixes de cultivo e de recurso natural, em ordem decrescente, foram o ácido oléico, palmítico, esteárico e linoléico, porém os ácidos palmítico e oléico apresentaram uma redução no total de percentagem em relação aos lipídios totais.

Tabela 6. Composição em ácidos graxos dos fosfolipídios (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular de matrinxã (*B. cephalus*) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais.

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
1	12:0	0,15±0,00b	0,11±0,00b	0,13±0,06b	0,39±0,10a	0,15±0,01b	0,40±0,12a
2	13:0	tr	tr	0,10±0,02	0,09±0,03	tr	tr
3	i14:0	0,15±0,01	0,12±0,00	tr	tr	0,16±0,00	0,11±0,00
4	14:0	0,33±0,00b	0,96±0,04a	0,41±0,00b	1,52±0,02a	0,54±0,02b	1,65±0,06a
5	14:1ω9	0,08±0,03	0,08±0,00	0,11±0,03	0,07±0,02	tr	tr
6	14:1ω7	0,17±0,10	0,13±0,00	tr	tr	0,14±0,09	0,12±0,15
8	i15:0	0,07±0,03	0,15±0,03	tr	tr	0,09±0,03	tr
9	ai15:0	tr	tr	0,10±0,03	tr	0,11±0,00	tr
10	15:0	0,05±0,01b	0,22±0,09a	0,10±0,01a	0,18±0,01a	0,12±0,02a	0,15±0,01a
11	15:1ω9	tr	tr	tr	tr	0,09±0,02	tr
12	15:1ω7	tr	tr	tr	0,17±0,00	0,11±0,02	0,07±0,00
15	16:0DMA	9,52±0,76a	2,04±0,74c	6,13±1,10b	2,390,06c	9,15±0,02ab	3,00±1,08c
16	X1	0,14±0,07c	0,28±0,12b	0,12±0,04c	0,24±0,04b	0,19±0,08b	0,68±0,30a
17	16:0	15,93±3,55a	16,12±6,59a	12,56±5,86ab	12,103,59ab	10,54±2,53b	8,71±2,63b
18	16:1ω11	0,13±0,03bc	0,11±0,00c	0,15±0,04b	0,15±0,01b	0,20±0,01a	0,22±0,03a

continua...

continuação...

Tabela 6. Composição em ácidos graxos dos fosfolipídios (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular de matrinxã (*B. cephalus*) de cultivo e capturado em diferentes períodos sazonais.

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
19	16:1 ω 9	0,27 \pm 0,09b	0,48 \pm 0,08a	0,22 \pm 0,06b	0,43 \pm 0,09a	0,20 \pm 0,04b	0,42 \pm 0,03a
20	16:1 ω 7	0,28 \pm 0,17c	0,98 \pm 0,17a	0,19 \pm 0,03c	0,56 \pm 0,03b	0,18 \pm 0,01c	0,88 \pm 0,05a
21	16:1 ω 5	0,03 \pm 0,00	0,07 \pm 0,02	tr	tr	0,05 \pm 0,01	tr
22	i17:0	0,09 \pm 0,03	tr	0,11 \pm 0,00	tr	0,06 \pm 0,04	tr
23	16:2 ω 7	0,11 \pm 0,00	0,14 \pm 0,01	tr	tr	0,09 \pm 0,00	tr
25	17:0	0,16 \pm 0,05b	0,25 \pm 0,03a	0,16 \pm 0,03b	0,19 \pm 0,02ab	0,19 \pm 0,02ab	0,22 \pm 0,03a
27	17:1 ω 7	0,13 \pm 0,01ab	0,15 \pm 0,01a	0,11 \pm 0,03b	0,09 \pm 0,01b	0,11 \pm 0,03b	0,17 \pm 0,03a
29	18:0DMA	2,72 \pm 0,06c	9,55 \pm 5,41ab	2,42 \pm 0,86c	11,99 \pm 3,45a	3,37 \pm 0,28c	8,97 \pm 1,34b
30	18:1DMA	0,35 \pm 0,03c	0,54 \pm 0,15abc	0,46 \pm 0,17bc	0,72 \pm 0,26a	0,86 \pm 0,14ab	0,78 \pm 0,24ab
31	18:0	9,39 \pm 1,38a	11,61 \pm 1,26a	11,88 \pm 3,22a	9,86 \pm 0,31a	11,84 \pm 1,41a	10,87 \pm 2,03a
33	18:1 ω 9	10,48 \pm 1,24c	28,27 \pm 1,58a	11,51 \pm 4,51c	28,70 \pm 0,99a	8,29 \pm 0,72c	20,90 \pm 4,03b
34	18:1 ω 7	0,99 \pm 0,16ab	1,36 \pm 0,23a	1,40 \pm 0,36a	1,30 \pm 0,20ab	1,20 \pm 0,21ab	1,02 \pm 0,06b
37	18:2 ω 6	8,47 \pm 1,72a	3,62 \pm 0,53bc	10,57 \pm 1,71a	4,93 \pm 1,47bc	7,44 \pm 0,08b	3,48 \pm 1,03c
39	18:3 ω 6	0,04 \pm 0,01	0,03 \pm 0,00	0,07 \pm 0,02	tr	tr	tr

continua...

continuação...

Tabela 6. Composição em ácidos graxos dos fosfolipídios (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular de matrinxã (*B. cephalus*) de cultivo e capturado em diferentes períodos sazonais.

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
40	19:0	tr	tr	0,15±0,01	0,11±0,00	0,17±0,01	0,10±0,01
42	19:1ω7	0,12±0,01	tr	0,10±0,00	0,09±0,02	tr	tr
43	18:3ω3	0,24±0,06c	0,23±0,05c	0,80±0,09a	0,92±0,04a	0,46±0,05b	0,61±0,03b
44	19:2ω7	0,11±0,09b	0,26±0,13a	0,27±0,01a	0,20±0,02a	0,29±0,05a	0,25±0,03a
45	18:4ω3	0,16±0,01bc	0,14±0,01c	0,28±0,16a	0,18±0,01b	0,22±0,10a	0,23±0,00a
47	20:0	0,16±0,01c	0,14±0,04c	0,19±0,10b	0,20±0,02b	0,11±0,08c	0,42±0,00a
49	20:1ω9	0,05±0,01	tr	nd	0,07±0,01	tr	tr
50	20:1ω7	0,03±0,00	0,07±0,02	0,12±0,00	tr	0,04±0,00	0,08±0,02
52	19:4ω3	0,12±0,04bc	0,42±0,13a	0,12±0,01bc	0,16±0,08bc	0,20±0,03b	0,36±0,01a
53	20:2ω6	0,77±0,13a	0,39±0,05b	0,54±0,17b	0,41±0,04b	0,50±0,05b	0,48±0,09b
54	20:3ω9	0,92±0,06ab	0,31±0,03c	0,69±0,03b	0,26±0,06c	1,11±0,07a	0,68±0,03b
55	X3	tr	tr	nd	nd	tr	tr
56	20:3ω6	2,83±0,49a	0,95±0,20c	2,26±0,56ab	0,94±0,10c	2,22±0,06b	0,93±0,03c
57	20:4ω6	11,84±1,34a	4,48±1,09c	7,12±1,17bc	5,12±0,58bc	10,04±0,83ab	8,33±1,20bc
58	20:3ω3	2,56±0,10a	0,19±0,00c	0,27±0,04b	0,28±0,00b	0,18±0,05c	0,35±0,09b

continua...

continuação...

Tabela 6. Composição em ácidos graxos dos fosfolipídios (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular de matrinxã (*B. cephalus*) de cultivo e capturado em diferentes períodos sazonais.

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
59	X4	0,06±0,02c	0,08±0,02c	0,25±0,05a	0,28±0,06a	0,13±0,06b	0,31±0,05a
60	20:4ω3	0,13±0,06b	0,22±0,00a	0,31±0,07a	0,13±0,00b	0,23±0,06a	0,20±0,06a
61	20:5ω3	0,70±0,09b	0,29±0,17c	1,02±0,42a	0,51±0,03b	0,97±0,01a	0,57±0,03b
62	22:0	0,19±0,01b	0,24±0,08b	0,37±0,08a	0,23±0,01b	0,20±0,08b	0,42±0,09a
68	22:3ω6	0,12±0,04bc	0,32±0,14a	0,18±0,06b	0,10±0,01c	0,41±0,02a	0,15±0,04b
69	22:4ω6	0,11±0,00b	0,09±0,00b	0,15±0,01a	0,09±0,01b	0,15±0,00a	0,18±0,05a
70	22:3ω3	0,97±0,15ab	0,76±0,05ab	1,29±0,06ab	0,74±0,18b	1,32±0,04ab	1,38±0,09a
71	22:4ω3	8,29±1,17a	2,82±0,02bc	3,59±0,07b	1,26±0,32c	3,94±0,06b	1,19±0,08b
72	22:5ω3	0,94±0,35bc	0,64±0,04c	1,78±0,08a	1,35±0,19ab	1,25±0,08abc	1,20±0,07abc
73	24:0	0,12±0,01b	0,59±0,09a	0,14±0,05b	0,47±0,10a	0,12±0,04b	0,50±0,06a
74	22:6ω3	11,51±1,53bc	7,56±0,76c	16,12±2,30a	12,67±1,85ab	14,52±3,07ab	11,02±1,32bc

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente em nível de 5%.

ai = anteiso, i = iso, x = não identificado, tr = traços(valor inferior a 0,03%), nd = não detectado, dma = dimetilacetal

Os ácidos graxos araquidônico, DHA e os dimetilacetais 16:0 DMA, 18:0 DMA, 18:1 DMA, aumentaram a sua contribuição nos fosfolípidios nas três diferentes situações de estudo. Este comportamento foi observado também para outras espécies de peixes de água doce (Maia & Rodriguez-Amaya 1992; Maia *et al.* 1995; Maia 1992; Visentainer 2003; Inhamuns 2000; Maia *et al.* 1994).

Comparando os diferentes tecidos (músculo e cavidade ocular) dos peixes de cultivo em relação aos principais ácidos graxos e os de importância nutricional, ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos ácidos graxos oléico, linoléico, araquidônico e EPA. Comparando esses mesmos tecidos dos peixes capturados na natureza nos dois períodos em estudo (cheia e seca), foi verificada diferença significativa em relação aos ácidos graxos oléico, linoléico e EPA.

Comparando um mesmo tecido (músculo) entre os peixes de cultivo e os capturados na época da cheia, não houve diferença significativa ($p < 0,05$), em relação aos ácidos graxos α -linolênico, araquidônico, EPA e DHA. Entre os peixes de cultivo e os capturados na época da seca, os ácidos graxos palmítico, linoléico, α -linolênico e EPA diferiram estaticamente ($p < 0,05$). Comparando o músculo dos peixes capturados na natureza, na época da cheia e da seca, ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$) somente em relação aos ácidos graxos linoléico e α -linolênico.

Comparando o tecido adiposo entre os peixes de cultivo e os de recurso natural capturados na época da cheia, os ácidos graxos poliinsaturados α -linolênico, EPA e DHA diferiram significativamente ($p < 0,05$). Entre os peixes de cultivo e os capturados na época da seca, foi observado que houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos ácidos graxos palmítico, oléico, α -linolênico e EPA, enquanto entre os peixes capturados no habitat natural, nos períodos da cheia e da seca, ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$) somente em relação aos ácidos graxos oléico e α -linolênico.

3.4.1 Somatória dos grupos dos ácidos graxos da fração dos fosfolípidios

A Tabela 7 mostra os resultados da somatória dos grupos de ácidos graxos dos fosfolípidios, considerando o grupo dos ácidos graxos saturados (AGS),

monoinsaturados (AGMI), diinsaturados (AGDI), altamente insaturados (AGAI), poliinsaturados (AGPI), do músculo e da cavidade ocular para as diferentes situações de captura.

Foi observada uma mudança na composição de ácidos graxos, entre a fração dos fosfolipídios e os lipídios totais. Na fração dos fosfolipídios, ocorreu uma redução nos grupos dos saturados, monoinsaturados e diinsaturados, enquanto houve um aumento nos grupos dos altamente insaturados e poliinsaturados.

Estabelecendo uma comparação entre o músculo e o tecido adiposo da cavidade ocular dos peixes de cultivo, foi verificada uma diferença significativa ($p < 0,05$) em relação a todos os grupos de ácidos graxos, exceto para o grupo dos saturados. Entre os peixes capturados nos dois períodos em estudo (cheia e seca), também ocorreu uma diferença significativa ($p < 0,05$) em relação a todos os grupos de ácidos graxos, exceto para o grupo dos saturados.

Comparando um mesmo tecido (músculo) entre os peixes de cultivo e os de recurso natural capturado no período da cheia, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação a todos os grupos de ácidos graxos. Porém, entre os peixes de cultivo e os capturados no período da seca, foi observada uma diferença significativa ($p < 0,05$) somente em relação ao grupo dos ácidos graxos diinsaturados. Entre os peixes capturados no habitat natural nos dois períodos estudados, também o grupo dos ácidos graxos diinsaturados diferiu estatisticamente a um nível de significância de 5%.

Comparando um mesmo tecido (cavidade ocular), entre os peixes de cultivo e os peixes capturados na natureza na época da cheia, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação a todos os grupo de ácidos graxos. Entretanto, entre os peixes de cultivo e os peixes capturados no habitat natural no período da seca, todos os grupos de ácidos graxos diferiram estatisticamente ($p < 0,05$), exceto o grupo dos poliinsaturados. Entre os peixes capturados no recurso natural nos dois períodos estudados (cheia e seca), somente o grupo dos monoinsaturados diferiu estatisticamente ($p < 0,05$).

Tabela 7. Somatória dos grupos (% de área relativa) dos ácidos graxos na fração dos fosfolipídios do músculo e cavidade ocular do matrinxã (*B cephalus*) para as diferentes situações de captura.

GRUPOS	Cultivo		Cheia		Seca	
	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade Ocular	Músculo	Cavidade ocular
AGS	25,63ab	29,60a	25,11ab	23,46ab	19,47b	20,08b
AGMI	12,65c	32,20a	13,54c	30,95a	9,34c	21,41b
AGDI	9,44a	4,00bc	11,23a	5,02bc	7,13b	3,64c
AGAI	39,49a	18,14c	35,69a	24,02bc	34,30a	27,86b
AGPI	48,93a	22,14b	46,92a	29,04b	41,43a	31,40b

Médias seguidas de mesma letra, não diferiram estatisticamente em nível de 5%.

AGS – ácidos graxos saturados, AGMI – ácidos graxos monoinsaturados, AGDI – ácidos graxos diinsaturados, AGAI - ácidos graxos altamente insaturados AGPI – ácidos graxos poliinsaturados.

3.5 Teores médios de lipídios totais, umidade e composição em ácidos graxos das rações

Os teores de lipídios totais e umidade nas rações administradas ao matrinxã foram de 5,59 e de 12,75%, respectivamente. O teor de lipídios totais de 5,59% está abaixo dos comumente encontrados nas rações comerciais, que são de aproximadamente 13% (Nutron Alimentos, 1998). Segundo Martino & Takahashi (2001), valores de 10 a 20% de teores de lipídios totais nas rações de diversas espécies de peixes foram considerados ideais para o desenvolvimento.

Foram detectados 32 ácidos graxos na ração administrada aos peixes sendo que os principais ácidos graxos, em ordem decrescente de percentagem relativa foram os ácidos linoléico (30,55%), oléico (23,58%), palmítico (20,59%) e o esteárico (13,84%). Os ácidos graxos EPA e DHA não foram detectados na ração, provavelmente devido ao uso de grãos oleaginosos ricos em ômega 6, utilizados usualmente na formulação de rações.

A tabela 8 mostra a composição percentual em ácidos graxos das rações administradas ao matrinxã cultivado.

Os ácidos graxos linoléico e α -linolênico foram detectados com 30,55% e 2,11%, respectivamente. O total de ácidos graxos saturados foi de 37,98% e, o de poliinsaturados, foi de 33,20%. A razão encontrada para $\omega 6/\omega 3$ foi de 14,54, indicando o desbalanceamento entre as duas séries de ácidos graxos.

Apesar deste desbalanceamento, os peixes de cultivo não diferiram significativamente dos peixes capturados na época da cheia. Os peixes de cultivo mostraram boa qualidade nutricional, e quando comparados a outros estudos envolvendo a mesma espécie em cativeiro, seja em açude ou em gaiolas como no trabalho de Moreira *et al.* (2001), o peixe de cativeiro na região do Amazonas sempre mostrou índices nutricionais superiores.

Tabela 8. Composição de ácidos graxos das rações, em percentagem de área relativa.

Ácido Graxo	Média±dp (%)	Ácido Graxo	Média±dp(%)
13:0	0,11±0,00	18:1ω9	23,58±0,13
14:0	1,58±0,02	18:1ω7	2,23±0,01
X1	0,20±0,00	18:1ω5	0,18±0,01
14:1ω9	0,26±0,00	X3	0,14±0,01
14:1ω7	0,29±0,00	18:2ω6	30,55±0,27
15:0	0,43±0,00	18:2ω4	0,13±0,00
16:0	20,59±0,15	19:0	0,13±0,00
16:1ω9	0,21±0,01	18:3ω3	2,11±0,02
16:1ω7	0,82±0,01	X4	0,14±0,00
16:2ω7	0,28±0,01	20:0	0,31±0,03
ai17:0	0,42±0,02	20:1ω11	0,27±0,00
X2	0,11±0,00	20:1ω9	0,47±0,03
17:0	0,82±0,01	22:0	0,17±0,02
17:1ω9	0,25±0,02	22:1ω11	0,12±0,00
17:1ω7	0,12±0,00	22:1ω9	0,12±0,00
18:0	13,84±0,15	22:3ω6	0,13±0,00

Cada valor é a média das duplicatas com a respectiva estimativa dos desvios padrões.

ai = anteiso, x = não identificado

Este estudo, portanto está indicando que a criação de algumas espécies, como o matrinxã, no sistema semi-intensivo (viveiro escavado com adubação da água) na região Amazônica, está adequado permitindo boa qualidade nutricional da espécie, comparável ao peixe de recurso natural capturado na época da cheia. Isto pode representar um potencial para o estado do Amazonas, que deve ser cada vez mais explorado, embora a ração deva ser melhorada para que o peixe possa atingir o mesmo nível nutricional daquele capturado na época da seca.

4. CONCLUSÃO

Foram detectados 64 ácidos graxos nos lipídios totais, 66 nos neutros e 55 nos fosfolipídios do matrinxã proveniente de sistema de cultivo semi-intensivo e os capturados nos dois períodos sazonais (cheia e seca) da Amazônia Central. Nos peixes de cultivo e nos capturados no habitat natural os mesmo ácidos graxos majoritários foram encontrados nos lipídios totais e nas frações de lipídios neutros e fosfolipídios.

O peixe capturado na natureza foi considerado melhor para o consumo, principalmente quando capturado na época da seca, por apresentar maior valor de ácidos graxos EPA e DHA importantes na dieta.

Não houve distinção de qualidade e quantidade entre o músculo e o tecido adiposo da cavidade ocular, que pudesse assegurar ser o tecido adiposo da cavidade ocular melhor fonte de AGPI que o músculo.

A característica sazonal da região Amazônica influenciou o teor de lipídios totais e a composição de ácidos graxos da espécie em estudo.

Os ácidos graxos poliinsaturados para o matrinxã de cultivo não mostraram distinção de qualidade e quantidade quando comparado ao de recurso natural capturado no período da cheia.

A obtenção das classes de lipídios neutros e fosfolipídios permitiu avaliar as características da composição dos ácidos graxos de cada classe, mostrando maiores teores de certos grupos ou ácidos graxos em determinadas classes de

lipídios do matrinxã. Do ponto de vista tecnológico, o fracionamento pode fornecer informações importantes para a indústria de pescado, para o preparo, armazenamento e concentração de ácidos graxos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKMAN, R. G. Nutritional composition of fats in seafood. **Progress in Food and Nutrition Science**, v.13, p. 161-241, 1989.
- ANDRADE, A. D., RUBIRA, A. F., MATSUSHITA, M., SOUZA, N. E. ω - 3 Fatty acids in freshwater fish from south Brazil. **Journal American Oil Chemistry Society**. v. 72, p. 1207- 1210, 1995.
- ARBELÁES-ROJAS, G. A.; FRACALLOSSI, D. M.; FIM J. D. I Composição Corporal de Tambaqui *Colossoma macropomum*, e Matrinxã, *Brycon Cephalus*, em Sistemas de Cultivo Intensivo, em Igarapé, e semi-Intensivo, em viveiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31(3) p.1059-69,2000.
- BLIGH,E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Biochemist. Physiology**. v.37, 1959
- CONOR, W. E., Importance of n-3 fatty acids in health and disease. **The American Journal Clinical Nutrition**, v. 71:1 171S- 175Sp. 2000.
- CRAWFORD, M. A., BLOOM, M., BROADHURST, C.L., SCHMIDT, w. F., CUNNANE, S. C., GALLI, C., GEHBREMESKEL, K., LINSEISEN.,F, LLOYD-SMITH, J., PARKINGTON, J., Evidence for the unique function of docosahexaenoic acid during the evolution of the modern hominid brain. **Lipids** 35:S39-S74,1999.
- DEPARTMENT OF HEALTH. Report on Health and Social Subjects. nº 46 **Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease**. HMSO, London, 1994.
- DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY. Report on Health and Social Subjects nº 28. **Diet and cardiovascular Disease**. HMSO, London, 1984. *Apud*: Meat Science, v. 42, p.443-56,1996.

- DUARTE, G. R. M. **Estudo da composição de ácidos graxos e colesterol em óleos de peixes do Rio Araguaia**. Goiânia. 2001. (tese de mestrado - Universidade Federal de Goiás).97p.
- DYERBERG, J.; BANG, H. O. Haemostatic function and platelet polyunsaturated fatty acids in Eskimos. **Lancet**, v2, p. 433-35,1979.
- FALABELA, R.G. P, **A pesca no Amazonas: problemas e soluções** 2º ed. Manaus, Amazonas, Brasil, 1994, 180 p.
- FAO, World Review of Fisheries and Aquaculture, Fisheries Resources: **Trends in Production, Utilization and trade**, 2003. <http://www.Fao.Org/docrep/003/x8002e04.htm> Dados de referência eletrônica. 10/06/2003
- GOULDING, M., **The fishes and the Forest, exploration in Amazonian natural history**. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 280p. 1980
- GRAEF, E. W., As espécies de peixes com potencial para criação no Amazonas. In: **Criando Peixe na Amazônia**. VAL. A. L. & HONCZARY, A.19º ed. p. 29-43. Manaus. 1995.
- HENDERSON, R.J & TOCHER,D. R., The lipid composition and biochemistry of freshwater fish, **Prog. Lipids Res**, v.26, p.281-347, 1987.
- HUNTER, B.J., ROBERTS, D. C. K., Potential impact of the fat composition of farmed fish on human health. **Nutrition Research**. v.20, n.7, p.1047-1058, 2000.
- INHAMUNS, A. J. I. **Composição de ácidos de peixes de água doce da Região Amazônica brasileira**. Tese de doutorado – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- INHAMUNS, A. J., FRANCO, M. R. B. Composition of total, neutral, and phospholipids in Mapará (*Hypophthalmus sp.*) from brazilian Amazonian área. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v. 49, p. 4859 – 4863, 2001.
- JOHNSTON, J. J.; GHANBARI, H. A.; WHEELER, W. B.; KIRK, J. R. Characterization of shirimp lipids. **Journal of Food Science**. V. 48, p. 33-5, 1983.

- JOSEPH, J. D. ACKMAN, R. G. Capillary column gas chromatographic method for analysis of encapsulated fish oils and fish oil ethyl esters: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.75, p.488-506, 1992.
- JUNK, W.J.; SOARES. M.G.M.; SAINT-PUAL, U. The fish. In: Junk, W.J. (ed) The Central Amazon Floodplain: Ecology of a pulsing system. **Ecological Studies**, v.126, p. 385-408, 1997.
- JUNK, W. J. Ecology, fisheries and fish culture in Amazonian. In: **The Amazon**. ed. H. Sioli. Dr. W. Junk Pulb. Dordrecht. 763 p. 1984.
- KINSELLA, J. E., Food components with potential therapeutic benefits: The n-3 polyunsaturated fatty acids of fish oils. **Food Technology**. February, 1986.
- NUTRON ALIMENTOS LTDA. Uma empresa Eridania Bélghin-say. **Rações Nutron Peixes**. Catálogos de rações. Campinas, 1998, 4p.
- MAIA, E. L.; **Otimização da metodologia para caracterização de constituintes lipídicos e determinação da composição em ácidos graxos e aminoácidos de peixes de água doce**. Campinas, 1992. 242 p. Tese de Doutorado Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- MAIA, E. L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; HOTTA, L. K. Fatty acids composition of the total, neutral and phospholipids of pond-raised Brazilian piaractus mesopotamicus. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 30, 591-97, 1995.
- MAIA, E. L., RODRIGUEZ - AMAYA, FRANCO, M. R.B. Fatty acid of total, neutral, and phospholipids of the Brazilian freshwater fish *Prochilodus scrofa*. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 7 p. 240 – 251, 1994.
- MAIA, E. L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Fatty acid composition of the total, neutral and phospholipids of the brazilian freshwater fish Colossoma macropomum. **Food Science and Human Nutrition**. p. 633-42, 1992.
- MAIA, E. L., CARVALHO, N. L., OGAWA, N. B. P., UEDA, B., YAMASHI, T., WATANABE, E., OGAWA, M., Composição de ácidos graxos constituintes de peixes do rio Amazonas. - **XVI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. p. 1154-1154, 1998.

- MARTINO, R. TAKAHASHI, N. S. A importância da adição de lipídios em rações para a aquicultura. **Óleos e grãos**. n. 58, p. 32-7, jan/fev. 2001.
- MMA/ IBAMA/ CEPENE. **Estatística da Pesca** - Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação, Tamandaré, abril, 2003.
- MMA/ IBAMA/ CEPENE. **Estatística da Pesca** - Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação, Tamandaré, abril, 2000.
- MOREIRA, A. B. **Caracterização físico-Química e Perfil de Ácidos graxos de Três Espécies de *Brycon***. Tese de mestrado – Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2000.
- MOREIRA, A. B.; VISENTAINER, J. V.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M. Fatty acids profile and cholesterol contents of three Brazilian *Brycon* freshwater fishes. **Journal of Food Composition and Analysis**. v.14, p. 565-74, 2001.
- PITOMBO, R. N.M. A liofilização como técnica de conservação de material de pesquisa. **Ciência e Cultura**, v. 41, (5), p. 427-431, 1989.
- PEREIRA – FILHO, M, In: **Criando Peixe na Amazônia**. VAL. A. L. & HONCZARY, A.19º ed. p. 75-82. Manaus. 1995.
- ROCHA, Y. R., AGUIAR, J. P. L. & MARINHO, H. A., & SHRIMPTON, R., Aspectos nutritivos de alguns peixes da Amazônia. **Acta Amazônica**, v.12 (4), p.787-794, 1982.
- SAS Statistical Analytical System, SAS Institute INC., SAS Campus drive, Cary, Caroline, USA, Version 6.0, 1996.
- SIMOPOULOS, A. P., The Importance of the ratio of omega – 6/ omega-3 essential fatty acids. **Biomedice & Pharmacotherapy**, v. 56, p.365-379, 2002.
- SIMOPOULOS, A. P., Commentary on the Workshop **Statement. Prostaglandin, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, v. 63:3 ,p. 123-124, 2000.
- SIMOPOULOS, A. P., Essential Fatty Acids in Health and Chronic disease. **Food Rev. Int.**, 13:4,623-631,1997.
- SIMOPOULOS, A. P., Omega -3 Fatty Acids in Health and disease and in growth and development. **American Journal Clinical Nutrition**, v.54, p. 438-463, 1991.

- SIMOPOULOS, A. P.; LEAF, A.; SALEM, N. Essentiality and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. **Annals of Nutrition and Metabolism**. v. 43, p. 127-30, 1999.
- STRÀNSKY, K.; JURŠÍK, T.; VITEK, A. Standard equivalent chain length values of monoenic and polyenic (methylene interrupted) fatty acids. **Journal High Resolution Chromatograph**. v. 20, 143-58, 1997.
- THE AMERICAN HERITAGE. Dictionary of English Language. 4^a ed., published by the Houghton Mifflin Company. <http://www.bartleby.com/61/22/P/P0432200.html>
- THOMPSON, R. H. A simplified fatty acid analyses in multicomponent foods with a standard set of isothermal GLC conditions coupled with ECL determinations. **Journal Chromatograph Science**. v.34, p. 495-504, 1996.
- VISENTAINER, J. V. **Composição de ácidos graxos e quantificação dos ácidos graxos LNA, EPA e DHA no tecido muscular de tilápias (*Oreochromis niloticus*), submetidas a diferentes tratamentos com óleo de linhaça**. Tese (doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- VISENTAINER, J. V., MATSUSSHITA, M., SOUZA, N. E., CATHARINO, R. R., FRANCO, M. R. B. Composição química e ácidos graxos em tilápias (*Oreochromis niloticus*) submetidas à dieta prolongada. **Revista Nacional da Carne**, v.313, p. 109 - 112, ano, XXVII, 2003.
- ZANIBONI, E. F. **Biologia da reprodução do matrinxã, *Brycon cephalus* (GUNTHER, 1869) (TELEOSTEI: CHARACIDAE)**. Manaus. 1985. Tese (mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisa do Amazonas/Fundação Universidade do Amazonas

CAPÍTULO III

QUANTIFICAÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS POLIINSATURADOS EICOSAPENTAENÓICO (EPA) E DOCOSAHEXAENÓICO (DHA) EM MATRINXÃ (*Brycon cephalus*) CULTIVADOS E CAPTURADOS NA AMAZONIA CENTRAL

Almeida, Neiva Maria¹, e Franco, Maria Regina Bueno²

¹ UFBA – Dep. de Bromatologia, Centro de Ciências da Saúde -
CEP 41830-380, Salvador-BA. E-mail: neivaa@yahoo.com

² UNICAMP - Dep. Ciências de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, C.P. 6121,
CEP 13081-970, Campinas-SP. E-mail: franco@fea.unicamp.br

Este artigo será enviado a Revista Journal of Food Composition and Analysis.

RESUMO

A importância dos ácidos graxos poliinsaturados da família ômega 3 para a saúde humana e o elevado consumo de ácidos graxos ômega 6 e reduzido consumo de ácidos graxos ômega 3, em relação à dieta ocidental, tem despertado o interesse para pesquisa dos ácidos graxos, principalmente em relação aos ácidos eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA). O objetivo deste trabalho foi determinar os teores de EPA e DHA para o matrinxã (*Brycon cephalus*), no tecido muscular e na cavidade ocular de peixes de cultivo semi-intensivo e em dois períodos sazonais da Amazônia Central. Para o matrinxã de cultivo, os resultados indicaram teores de EPA de 4,15mg/g e 3,64mg/g para o músculo e a cavidade ocular, respectivamente, enquanto para DHA os teores foram de 30,04mg/g e 22,78mg/g. Para os peixes capturados na cheia, a concentração de EPA foi de 5,25mg/g, 6,22mg/g, para o músculo e a cavidade ocular, enquanto que para o DHA, o teor foi de 10,26 mg/g e 18,74mg/g em cada tecido, respectivamente. Para os peixes capturados na época da seca, os teores de EPA foram de 8,14mg/g e 4,93mg/g, e para DHA, de 61,31mg/g e 19,66mg/g, no músculo e cavidade ocular, respectivamente. A característica sazonal da região Amazônica influenciou os teores de EPA e DHA no matrinxã. Esta espécie apresentou equilíbrio quantitativo entre músculo e cavidade ocular, exceto para DHA no músculo dos peixes capturados no período da seca. De acordo com a quantidade diária sugerida para AGPI ω 3 pelo *Department of Health* (1994) (considerando somente EPA e DHA, como fonte de AGPI ω 3) um indivíduo necessitaria ingerir 62,39g/dia, 135,28g/dia e 59,38g/dia do músculo dos peixes de cultivo e dos capturados no período da cheia e seca, respectivamente. De acordo com a quantidade diária sugerida para EPA e DHA, o matrinxã, principalmente o capturado na natureza, durante o período da seca, pode ser considerado como uma fonte rica em ácidos graxos essenciais (AGE) da família ω 3 e ser utilizado em dietas balanceadas para melhorar a proporção entre ω 6: ω 3. Os teores de DHA do músculo e do tecido

adiposo da cavidade ocular do matrinxã de cultivo foram superiores aos encontrados para o peixe de recurso natural capturado durante o período da cheia.

Palavras – chave: quantificação de EPA e DHA, matrinxã, peixes de água doce, Amazônia Central.

ABSTRACT

Given the importance of polyunsaturated fatty acids from the omega-3 family for human health, the elevated consumption of omega-6 fatty acids and the low consumption of omega-3 fatty acids, especially in the western diet, has led to interest in researching fatty acids, especially in relation to eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA). This research aimed to determine the levels of EPA and DHA for the matrinxã (*Brycon cephalus*), in the muscular tissue and the orbital cavity of semi-intensively farmed fish during two seasonal periods of the Central Amazon. For farmed matrinxã the results showed EPA levels of 4.15mg/g and 3.64mg/g for the muscle and orbital cavity respectively, whilst for DHA the levels were 30.04mg/g and 22.78mg/g. For fish captured during the flood EPA concentrations were 5.25mg/g and 6.22mg/g for the muscle and orbital cavity, whilst for DHA the levels were 10.26mg/g and 18.74 mg/g in each tissue respectively. The Amazon region's seasonal characteristics influenced levels of EPA and DHA in the matrinxã. The species showed a quantitative balance between the muscle and orbital cavity, except for DHA in the muscle of fish captured during the dry season. According to the daily quantities of ω 3 PUFAs recommended by the Department of Health (considering solely EPA and DHA as a source of ω 3 PUFAs) an individual needs to ingest 62.39g/day, 135.28g/day and 59.38g/day of the muscle of farmed fish and those captured during the dry and flood periods respectively. According to the daily quantities recommended for EPA and DHA, the matrinxã, especially that captured in the wild, during the dry season, can be considered a rich source of essential fatty acids (EFA) of the omega-3 family and can be used in balanced diets to improve the proportion between ω 6: ω 3. The levels of DHA in the fatty muscle tissue of the farmed matrinxã's orbital cavity were superior to those found in the fish captured during the flood season in the wild.

Key words: fatty quantification of EPA and DHA, matrinxã, freshwater fish, Central Amazon

1. INTRODUÇÃO

Após estudos relacionados à dieta de esquimós na Groelândia, mostrando a baixa incidência de doenças cardiovasculares e a redução de agregação plaquetária (Dyerberg & Bang, 1979), aumentou o interesse pela ingestão de peixes e óleo de peixe. Nesse contexto, inúmeras pesquisas sobre a composição de ácidos graxos em pescados têm sido realizadas (Conor, 2000; Hunter & Roberts, 2000; Rose & Connolly, 1999; Crawford *et al.*, 1999; Simopoulos, 1991)

Atualmente, na dieta ocidental ocorre um elevado consumo de ácidos graxos $\omega 6$ e reduzido consumo de ácidos graxos $\omega 3$, devido ao alto consumo de óleos vegetais, ricos em ômega 6. A razão ideal para uma dieta saudável entre os ácidos graxos $\omega 6/\omega 3$ é de 1 a 2:1, valor expressivamente diferente daquele encontrado na dieta ocidental, que se apresenta de 20 a 30:1 (Schmidt, 2000; Simopoulos, 2002; Simopoulos, 2000; Simopoulos *et al.*, 1999).

Uma alternativa para elevar a ingestão de ácidos graxos poliinsaturados da família $\omega 3$ (AGPI $\omega 3$) na dieta ocidental é o aumento no consumo de pescado. A quantidade de AGPI $\omega 3$ difere entre espécies e pode ser influenciada por um grande número de fatores. Várias espécies de peixes marinhos são ricas em AGPI $\omega 3$, como o eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA), porém, peixes de água doce podem apresentar altos níveis de ácidos graxos poliinsaturados com 18 átomos de carbonos e consideráveis concentrações de EPA e DHA (Steffens, 1997).

De acordo com a FAO (2003), o pescado contribui com mais de 15% do consumo total de proteína animal, e estima-se que o consumo per capita mundial foi de 13,1 kg no ano de 2000. A produção de pescado de água continental e a aquicultura de água doce, com exceção da China, manteve a tendência mundial de crescimento, com uma produção de 6,5 e 6,6 milhões de toneladas durante o ano de 2000, respectivamente.

No Brasil, a criação de pescado ainda está aquém do seu potencial, porém a aquicultura de água doce vem apresentando um crescimento, com cerca de 20% ao ano, com uma produção total de 138.156 toneladas em 2000. O estado do

Amazonas se destaca em primeiro lugar na produção extrativista de água doce, representando 28,0% do total produzido no Brasil, porém sua contribuição para a aquicultura ainda é pequena, produzindo somente 837 toneladas no ano de 2000 (MMA/ IBAMA/ CEPENE, 2003).

A região Norte possui a maior diversidade de peixes de água doce, com mais de 1.500 espécies já descritas (Junk *et al.*, 1997; Junk, 1984). Entretanto, somente 20 espécies possuem maior valor comercial no estado do Amazonas e em 1998, o total desembarcado concentrou-se principalmente em cinco espécies, dentre elas o matrinxã (MMA/ IBAMA/ CEPENE, 2000).

O matrinxã (*Brycon cephalus*) pertence à Ordem Characiformes, que compreende a grande maioria dos peixes de água doce no Brasil. Os peixes dessa ordem estão restritos à América do Sul e África, porém algumas espécies alcançaram a América Central em época recente. No Brasil existe um total de aproximadamente 1.300 espécies, distribuídas por cerca de 16 famílias (Ferreira *et al.*, 1998). É uma espécie migratória, ou de piracema, e sua reprodução em ambiente natural ocorre no início do período da enchente, entre dezembro e fevereiro (Zanibon, 1985). Segundo Villacorta Correa, (1987) atinge 550-750g em um ano. É excelente para a criação em cativeiro por apresentar crescimento rápido e boa resistência ao manuseio, além de poder ser cultivada em sistema extensivo ou semi-intensivo, em monocultivo ou policultivo (Graef, 1995).

No Brasil, ainda é reduzido o número de pesquisas envolvendo quantificação de ácidos graxos em pescado, geralmente os resultados são expressos em termos percentuais relativos, utilizando somente o método de normalização simples. Os resultados encontrados por Inhamuns (2000) e Visentainer (2003), mostraram a importância da quantificação adequada dos ácidos graxos, cujos resultados permitem aplicações em termos nutricionais e tecnológicos nos diversos processos industriais.

Inhamuns (2000), após a quantificação dos ácidos graxos EPA e DHA, relata que é viável o aproveitamento do tecido adiposo da cavidade ocular de três espécies da bacia Amazônica, como uma alternativa para a produção de óleo de peixe, uma vez que esses resíduos são normalmente descartados pela indústria.

Este trabalho teve como objetivo quantificar os ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa da série ω 3, EPA e DHA, nos músculos dorsais e no tecido adiposo da cavidade ocular do matrinxã proveniente de sistema de cultivo semi-intensivo e capturado na Amazônia Central, em diferentes períodos sazonais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Amostragem

Para os peixes provenientes de sistema de cultivo semi-intensivo, foram coletados três lotes de três piscicultores distintos, localizados no município de Rio Preto da Eva, no estado do Amazonas, sendo que cada lote foi constituído de 5 peixes.

Para os peixes capturados no ambiente natural, também foram coletados três lotes, de três barcos diferentes, no Porto de Manaus (Amazônia Central), durante as duas épocas sazonais distintas (período da cheia – janeiro a julho e período da seca – julho a dezembro). Cada lote foi constituído de 5 peixes.

Para cada indivíduo proveniente da piscicultura e do ambiente natural foram aferidos peso e comprimento total. Para todos os exemplares foram extraídos os músculos dorsais e o tecido adiposo da cavidade ocular, que após trituração, foram liofilizados, estocados a -18°C sob atmosfera de N_2 e transportados para o Laboratório de Análise de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (LAA/FEA/UNICAMP), para realização de análises químicas. Cada lote foi constituído em uma amostra, que foi analisada em duplicata.

2.2 Determinação de umidade

A umidade foi determinada nas amostras liofilizadas nos músculos dorsais de cada espécie estudada, de acordo com Pitombo (1989).

2.3 Extração dos lipídios totais

Para a extração dos lipídios totais foi utilizado o método proposto por Bligh & Dyer (1959) nos músculos dorsais e no tecido adiposo da cavidade ocular liofilizados.

2.4 Análise de ácidos graxos

A transesterificação dos ácidos graxos e quantificação dos ácidos EPA e DHA nos lipídios totais foram realizadas segundo o procedimento de Joseph & Ackman (1992). Todas as etapas do processo foram realizadas sob atmosfera de N_2 gasoso de acordo com o seguinte procedimento: Em um tubo de vidro com tampa rosqueável foi adicionado 1mL de uma solução com concentração de 1mg/mL de metil-tricosanoato (padrão interno) em isooctano, em seguida o solvente foi completamente removido com fluxo de N_2 gasoso. Posteriormente, aproximadamente 25mg de lipídios totais foram pesados no tubo contendo o padrão interno e, a este foi adicionado 1,5mL de uma solução metanólica de NaOH 0,5mol/L. Em seguida, a solução foi aquecida em banho-maria a 100°C por aproximadamente 5 minutos e resfriada à temperatura ambiente.

Após o resfriamento foi adicionado 2,0 mL de uma solução (12%) de BF_3 (trifluoreto de boro) em metanol que foi novamente aquecido em banho-maria a 100°C, durante 30 minutos e resfriado em água corrente, até a temperatura ambiente. Imediatamente após, foi adicionado 1mL de isooctano, agitado vigorosamente por 30 segundos e finalmente, adicionou-se 5mL de solução aquosa saturada de NaCl. A amostra esterificada foi deixada em repouso na geladeira, para permitir uma melhor separação das duas fases. O sobrenadante foi retirado e transferido para um frasco âmbar de 5mL e mais 1mL de isooctano foi adicionado ao tubo e após agitação, retirado e adicionado à fração anterior, que foi então concentrada para um volume final de aproximadamente 1mL, sob atmosfera de N_2 gasoso.

A separação dos ésteres metílicos foi realizada em um cromatógrafo a gás Varian, mod. 3300, equipado com detector de ionização de chama, injetor split e coluna capilar de sílica fundida DB-WAX 20M (30m X 0,25mm X 0,25µm) (J&W

Scientific, USA). Os parâmetros de análises foram os seguintes: temperatura do injetor 250°C; temperatura do detector 280°C; temperatura da coluna 170°C; por 16 minutos e programada a 2°C por minuto até 210°C, permanecendo nesta temperatura por 30 minutos. Hidrogênio foi utilizado como gás de arraste a 1mL/min.; velocidade linear de 38cm/s e com filtro de oxigênio acoplado à linha do gás; nitrogênio foi utilizado como gás *make up* a 30mL/min.; fluxo do gás hidrogênio, 30mL/min.; ar sintético, 300mL/min.. O injetor utilizado foi split/splitless no modo split e a razão de split foi de 1:50. As injeções foram realizadas em duplicatas e o volume de injeção de 1µL. O tempo de retenção e a área dos picos foram obtidos com o uso de um integrador Varian mod. 4290.

2.5 Quantificação dos ácidos EPA e DHA

Os ácidos graxos EPA e DHA foram quantificados em mg/100g de lipídios totais, através de padronização interna e utilizando padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos da marca Sigma, com 99% de pureza. O metil éster do ácido tricosanóico (23:0, metil-tricosanoato) foi utilizado como padrão interno, por não estar presente nas amostras analisadas. Os cálculos foram realizados seguindo a metodologia de Joseph & Ackman (1992), conforme a equação:

$$\text{EPA OU DHA (mg/g)} = [(A_x \times M_p \times F_{cx}) / (A_p \times M_A \times F_c)] \times 1000$$

onde:

A_x = Área de EPA ou DHA;

A_p = Área do padrão interno;

F_{cx} = Fator de correção teórico dos ácidos EPA e DHA.

M_p = Massa do padrão interno adicionado à amostra em miligramas;

M_A = Massa da amostra de lipídios totais em miligramas;

F_c = Fator de conversão para expressar os resultados em mg de ácido graxo/g de lipídios totais a partir dos metil ésteres de EPA e DHA. Foi utilizado o valor de 1,04 para EPA e DHA.

2.6 Análise estatística

Os dados foram tratados pelo teste de variância ANOVA e pelo teste de comparações múltiplas de Tukey, em nível de 5% de probabilidade utilizando o software SAS for Windows (1996).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Lipídios totais e umidade

A Tabela 1 mostra os teores de umidade e lipídios totais no músculo, além do comprimento e peso aferidos dos exemplares de matrinxã. Os resultados são as médias finais dos três lotes relativos aos exemplares capturados no sistema de cultivo e dos três lotes relativos aos dois períodos sazonais da Amazônia Central.

Tabela 1. Teores de lipídios totais (%), umidade (%) e valores de comprimento (cm) e peso (kg) do matrinxã (*B cephalus*) em diferentes situações de captura

Origem	Lipídios totais	Umidade	Comprimento	Peso
Cultivo	9,41±0,50	66,00±3,51	39,00±1,10	1,56±0,11
Época da cheia	9,63±0,52	71,02±2,32	32,41±3,11	0,87±0,20
Época da seca	4,55±0,41	72,03±3,00	36,22±0,23	1,18±0,60

Cada valor é a média das duplicatas com a respectiva estimativa dos desvios padrões.

De acordo com a classificação de Ackman (1989), os exemplares provenientes do cultivo e os capturados na época de cheia são classificados como altamente gordo, com 9,4% e 9,6% de lipídios totais, respectivamente, enquanto os capturados na seca, como medianamente gordo, com 4,5% de lipídios totais.

Moreira *et al.* (2001) relataram para o matrinxã (*Brycon Cephalus*) criado em cativeiro, no sistema de gaiola e em açude que o conteúdo lipídico foi de 6,83% e de 5,09%, respectivamente. As variações nos teores de gordura, provavelmente são decorrentes das condições de manejo e cultivo.

Os resultados diferentes para os teores de lipídios totais do músculo do matrinxã capturado nas duas estações do ano, encontram-se dentro do esperado, uma vez que o matrinxã é considerado uma espécie de “piracema” e durante a época da seca o peixe aumenta o gasto de energia em busca de alimento, que é escasso nessa época do ano (Junk, 1984; Zaniboni, 1985).

3.2 Fator de resposta para os ácidos graxos EPA e DHA

Para realizar a quantificação de EPA e DHA pelo método de Joseph & Ackman (1992) é necessário o cálculo do fator de resposta do detector de ionização de chama (DIC) para os referidos ácidos em relação a um padrão interno.

A utilização do fator de correção teórico (F_{cx}) na determinação quantitativa de ácidos graxos poliinsaturados vem sendo recomendada por vários pesquisadores (Joseph & Ackman, 1992; Shanta & Ackman, 1990; Bannon *et al.*, 1986). Para isso é necessário que os parâmetros químicos e instrumentais também estejam otimizados, para tentar assegurar que erros oriundos destes parâmetros sejam eliminados.

Em relação ao metil-tricosanoato usado como padrão interno, os ácidos EPA e DHA apresentaram fatores de correções experimentais de $1,06 \pm 0,14$ e $0,96 \pm 0,01$, respectivamente, enquanto que os fatores de correções teóricos, encontrados por Craske & Bannon (1988), foram de 0,98 para EPA e 0,97 para DHA. Inhamuns (2000) encontrou um fator de correção experimental para o EPA de 1,02 e para o DHA, de 0,94, enquanto Visentainer (2003) encontrou um fator de correção experimental de 0,99 para EPA e de 0,98 para o DHA. Os dois últimos autores usaram como base o trabalho de Craske & Bannon (1988).

Neste experimento foi utilizado o metil-eicosanoato (20:0) para verificar a resposta do detector para um ácido graxo saturado, em relação ao padrão interno metil-tricosanoato (23:0). Os resultados mostraram um valor de $1,006 \pm 0,003$ para o fator de resposta experimental e o fator de resposta teórico apresenta também um valor de 1,006. Isto demonstrou que as condições de aplicação da metodologia

estavam otimizadas e, portanto, adotaram-se os fatores de correção teóricos para os cálculos em mg/g de EPA e DHA em relação ao padrão interno utilizado.

3.3 Quantificação dos ácidos graxos EPA e DHA no músculo dorsal e no tecido adiposo da cavidade ocular de matrinxã

Os valores dos ácidos graxos EPA e DHA em mg/g de lipídios totais no matrinxã proveniente de cultivo semi-intensivo e capturado nas duas épocas sazonais distintas (período da cheia e seca) estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Teores de EPA e DHA (mg/g de lipídios totais) no músculo e no tecido adiposo da cavidade ocular do matrinxã de cultivo e capturado na Amazônia Central em diferentes períodos sazonais.

Origem	EPA (mg/g)		DHA (mg/g)	
	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
Cultivo	4,15±1,91bc	3,64±0,83c	30,04±3,10b	22,78±3,82bc
Natureza (Cheia)	5,25±1,41bc	6,22±1,55ab	10,26±1,62c	18,74±2,80bc
Natureza (Seca)	8,14±1,44a	4,93±1,11bc	61,31±3,61a	19,66±4,90bc

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente em nível de 5%.

Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre o músculo e o tecido adiposo da cavidade ocular dos peixes de cultivo em relação aos teores de EPA e DHA, assim como para os peixes capturados no período da cheia. Porém, nos peixes capturados no período da seca, os dois tecidos diferiram significativamente ($p < 0,05$), tanto para os teores de EPA como para o de DHA.

Comparando um mesmo tecido (músculo), entre os peixes de cultivo e os capturados na natureza, nos dois períodos, os peixes capturados na época da seca diferiram dos capturados na época da cheia e de cultivo, em relação ao EPA, apresentando o maior teor de (8,14mg/g). Os peixes capturados em diferentes

situações diferiram significativamente ($p < 0,05$) quanto à concentração de DHA no músculo e o maior valor de DHA (61,31mg/g) foi observado no peixe capturado na época da seca.

Comparando o tecido adiposo da cavidade ocular somente o EPA apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os peixes de cultivo e os capturados na época da cheia. Os peixes capturados no período da cheia e da seca não diferiram significativamente ($p < 0,05$) em relação aos ácidos graxos EPA e DHA.

O ácido graxo DHA apresentou a maior concentração no músculo dos peixes capturados no período da seca, superando todos os valores obtidos para os peixes capturados na época da cheia e cultivo. Isso ocorreu no período em que o matrinxã apresentou o mais baixo teor de lipídios em sua composição química (Tabela 1). Esse resultado pode ser explicado, por uma provável tendência da espécie em acumular DHA para suas funções metabólicas, pois nesse período os indivíduos iniciam o processo de maturação gonadal e sua dieta é de alta qualidade, constituindo-se principalmente de insetos e pequenos peixes (Zaniboni, 1985; Goulding 1980).

A concentração de DHA (30,04mg/g) obtida no músculo do matrinxã de cultivo também surpreendeu, pois foi três vezes superior ao teor encontrado no músculo dos peixes capturados na época da cheia (10,26mg/g). Esse fato é curioso, pois era esperado que peixes de habitat natural apresentassem maiores concentrações de ácidos graxos poliinsaturados, visto que possuem uma alimentação mais diversificada. Isto pode ter ocorrido, porque o peixe de cativeiro em sistema semi-intensivo pode ingerir insetos e pequenos peixes de outras espécies (Pereira Filho, 1995), além da ração granulada. Na época da cheia a dieta é fortemente concentrada em frutas e sementes, ricos em carboidratos.

Os resultados dos teores de EPA e DHA encontrados no músculo para o peixe de cultivo, em relação ao peixe capturado no período da cheia, permitem supor que a qualidade do peixe proveniente da piscicultura ainda pode ser melhorada, a partir de uma melhor formulação da ração administrada aos peixes,

como observado por Visentainer (2003), que elaborou uma ração enriquecida com óleo de linhaça obtendo maiores teores de EPA e DHA para a tilápia.

Visentainer (2003) pesquisou a composição lipídica do músculo de tilápia (*Oreochromis niloticus*) cultivada em sistema intensivo, fornecendo rações com níveis de suplementação crescente de óleo de linhaça. Encontrou no músculo valores de EPA (2,54mg/g) e de DHA (26,13mg/g) no tratamento com maior percentual de óleo de linhaça, valores estes inferiores aos encontrados no músculo do matrinxã de cultivo semi-intensivo (EPA, 4,14mg/g e DHA, 30,04mg/g).

Inhamuns (2000) pesquisou o tucunaré (*Cichla ocellaris*) capturado na bacia Amazônica e encontrou no músculo valores médios de EPA de 5,0mg/g na época da cheia, valor próximo ao encontrado no músculo do matrinxã (5,25mg/g), capturado nesse mesmo período, enquanto o teor de EPA de 3,0mg/g encontrado no tucunaré capturado na época da seca, foi inferior ao encontrado no músculo do matrinxã capturado nessa mesma época (8,14mg/g).

No tecido adiposo da cavidade ocular do tucunaré, o teor de EPA foi de 3,1mg/g nos peixes capturados no período da cheia e, de 4,0 mg/g nos capturados na época da seca, sendo estes teores inferiores aos encontrados no tecido adiposo da cavidade ocular do matrinxã capturado nesses mesmos períodos (6,22mg/g e 4,93mg/g).

O teor de DHA encontrado no músculo do tucunaré capturado da época da cheia foi de 55,0mg/g, valor superior ao encontrado no músculo do matrinxã capturado nessa mesma época (10,26mg/g). Entretanto o teor encontrado de 21,0mg/g no músculo do tucunaré na época da seca foi inferior ao encontrado para o matrinxã, de 61,31mg/g.

Esse mesmo autor estudou o mapará (*Hypophthalmus sp*) nos dois períodos sazonais da bacia Amazônica, e o teor de EPA encontrado foi de 20,0mg/g e 16,0mg/g no músculo dos peixes capturados na época da cheia e da seca, respectivamente, valores superiores aos encontrados no músculo do matrinxã capturado nessa mesma época.

No tecido adiposo da cavidade ocular do mapará o teor de EPA foi de 18,0mg/g nos peixes capturados no período da cheia e de 13,0mg/g nos capturados na seca, teores superiores aos encontrados nesse mesmo tecido para o matrinxã capturado no período da cheia e da seca, 6,22mg/g e 4,93mg/g, respectivamente.

O teor de DHA no músculo do mapará capturado no período da cheia foi de 18mg/g, sendo superior ao encontrado no músculo do matrinxã (10,26mg/g) nesse mesmo período, porém o teor de DHA no músculo dos peixes capturados no período da seca foi de 15mg/g e inferior ao encontrado no músculo do matrinxã nesse mesmo período (61,31mg/g).

No tecido adiposo da cavidade ocular do mapará, o teor de DHA foi de 15mg/g e de 14mg/g para os peixes capturados na época da cheia e da seca, respectivamente, valores inferiores aos encontrados no matrinxã nesses mesmos períodos, com 18,74mg/g e 19,66mg/g.

De acordo com os resultados acima, o matrinxã apresentou maiores teores de EPA e DHA nos peixes capturados no período da seca, exceto para o teor de EPA no tecido adiposo da cavidade ocular no período da cheia, sendo observado uma inversão nos valores encontrados em relação ao tucunaré e mapará que apresentaram maiores teores de EPA e DHA durante a época da cheia. Isto ocorreu devido à biologia da espécie, comprovando que a composição de ácidos graxos está diretamente relacionada à sua dieta, podendo variar de espécie para espécie e também que a variação sazonal da Amazônia tem influência sobre a composição em ácidos graxos dos peixes.

3.4 Ingestão de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa

Visando facilitar as discussões em relação às recomendações de ingestão quanto às quantidades de AGPI, foram calculadas (como hipótese) as concentrações de EPA e DHA, em mg por 100g, no tecido muscular do matrinxã de cultivo e capturados na época da cheia e da seca. Foi utilizada como base de cálculo a percentagem de LT (Tabela 1) e a concentração de cada ácido em mg/g de LT (Tabela 2) do matrinxã. Foram também calculados os valores das

somatórias de EPA e DHA e a quantidade diária de tecido muscular em gramas, para suprir as necessidades de EPA e DHA de um indivíduo, seguindo as recomendações de 200mg/dia do *Department of Health* (1994) (Tabela 3).

Tabela 3. Concentrações de EPA e DHA do matrinxã de cultivo e capturados na época da cheia e da seca e somatória destes ácidos, em mg por 100g do tecido muscular e a quantidade diária de tecido muscular em grama, para suprir as necessidades de EPA e DHA do indivíduo.

Constituintes	Cultivo	Época sazonal	
		Cheia	Seca
EPA	38,54mg/100g	49,92 mg/100g	36,45 mg/100g
DHA	282,00 mg/100g	97,92 mg/100g	300,37 mg/100g
ΣEPA+DHA	320,54 mg/100g	147,84 mg/100g	336,82 mg/100g
Tecido muscular	62,39g	135,28g	59,38g

De acordo com os resultados da Tabela 3, o matrinxã apresentou a menor concentração de EPA (36,45mg/100g) nos peixes capturados no período da seca, enquanto a menor concentração de DHA (97,92mg/g) foi encontrada no músculo dos peixes capturados no período da cheia. A somatória de EPA e DHA mostrou que no período de seca, o matrinxã apresentou maiores teores desses ácidos, devido ao elevado teor de DHA nesse período. Cabe ressaltar que este teor foi próximo ao encontrado para os peixes de cultivo, também devido ao elevado teor de DHA e ao percentual de lipídios totais.

A partir desses dados foi possível calcular as quantidades diárias de tecido muscular do matrinxã (Tabela 3) que o indivíduo deve consumir para assegurar a ingestão diária de 200mg/dia (*Department of Health* 1994) dos ácidos graxos poliinsaturados da família ω 3, EPA e DHA, para a prevenção de doenças cardiovasculares e inflamatórias.

De acordo com a Tabela 3, considerando somente os ácidos EPA e DHA, como única fonte de AGPI ω 3, um indivíduo necessitaria ingerir 59,38g/dia do músculo do matrinxã capturado na natureza, na época da seca, indicando que o peixe capturado nesse período possui a melhor qualidade nutricional.

Um indivíduo necessitaria ingerir 62,39g/dia do músculo do matrinxã de cultivo, quantidade próxima ao do peixe capturado na natureza, na época da seca e inferior a quantidade de 135,28g/dia que um indivíduo deveria ingerir do músculo do peixe capturado no período da cheia. Esses resultados indicam que o matrinxã de cultivo semi-intensivo pode ser considerado excelente fonte de ácidos graxos essenciais da família ômega 3, quando comparado aos capturados na natureza nos dois períodos sazonais da Amazônia Central.

Inhamuns (2000), determinou as concentrações de EPA e DHA em mapará (*Hypophthalmus sp*) e tucunaré (*Cichla ocellaris*) e de acordo com os resultados mostrados para os lipídios totais e concentrações de EPA e DHA, encontrado por esse autor foi possível realizar o cálculo para a ingestão diária do músculo que o indivíduo deve consumir para suprir a necessidade diária, visando uma discussão comparativa com os dados encontrados nesse experimento.

Considerando somente os ácidos EPA e DHA, como única fonte de AGPI ω 3, um indivíduo necessitaria ingerir 27,70g/dia do músculo do mapará capturado no período da cheia e 43,01g/dia do capturado na seca; enquanto para o tucunaré a quantidade do músculo a ser consumida pelo indivíduo seria de 416,66g/dia e 396,82g/dia nos peixes capturados na época da cheia e da seca, respectivamente.

O matrinxã pode ser considerado melhor fonte em ácidos graxos essenciais da série ω -3, quando comparado ao tucunaré capturado nesses mesmos períodos.

4. CONCLUSÕES

Os teores de EPA não mostraram distinção de quantidade entre o matrinxã de cultivo e de recurso natural capturado no período de cheia, porém estes peixes apresentaram o maior teor de EPA no tecido adiposo da cavidade ocular em todas as situações de captura em estudo.

O peixe de habitat natural capturado na época da seca foi considerado melhor para o consumo, pois apresentou, no músculo, os maiores teores de EPA e DHA.

O peixe proveniente do cultivo foi considerado melhor para o consumo que o peixe de recurso natural capturado no período da cheia.

O tecido adiposo da cavidade ocular não apresentou quantidade de EPA e DHA que justifique ser este tecido melhor fonte de ácidos graxos essenciais que o músculo.

A característica sazonal da Amazônia influenciou o teor de EPA e DHA da espécie estudada.

O matrinxã de cultivo e o capturado nas duas épocas sazonais pode ser utilizado em dietas balanceadas visando o aumento da ingestão de EPA e DHA, para reduzir a proporção entre $\omega 6:\omega 3$, que é considerada alta em países ocidentais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKMAN, R. G. Nutritional composition of fats in seafood. **Progress in Food and Nutrition Science**, v.13, p. 161-241, 1989.

BANNON, C. D.; CRASKE, J. D.; HILLIKER, A. E. Analysis of fatty acid methyl esters with high accuracy and reliability. Validation of theoretical relative

- response factors of unsaturated esters in the flame ionization detector. **Journal American Oil Chemistry Society**, v. 63, p. 105-110, 1986.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Biochemistry Physiology**, v.37, p.911-917, 1959
- CONOR, W. E. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. **The American Journal Clinical Nutrition**, v. 71:1 171S- 175Sp. 2000.
- CRASKE, J. D.; BANNON, C. D. Letter to the editor. **Journal American Oil Chemistry Society**, v. 65, p. 1190-91, 1988.
- CRAWFORD, M. A., BLOOM, M., BROADHURST, C.L., SCHMIDT, W. F., CUNNANE, S. C., GALLI, C., GEHBREMESKEL, K., LINSEISEN, F, LLOYD-SMITH, J., PARKINGTON, J. Evidence for the unique function of docosahexaenoic acid during the evolution of the modern hominid brain. **Lipids** 35:S39-S74, 1999.
- DYERBERG, J.; BANG, H. O. Haemostatic function and platelet polyunsaturated fatty acids in Eskimos. **Lancet**, v2, p. 433-35, 1979.
- DEPARTMENT OF HEALTH. Report on Health and Social Subjects. nº 46 **Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease**. HMSO, London, 1994.
- FAO, World Review of Fisheries and Aquaculture, Fisheries Resources: Trends in **Production, Utilization and trade**, 2003. Dados de referencia eletrônica <http://www.Fao.org/docrep/003/x8002e04.htm>
- FERREIRA, E. J. G.; ZUANOM, J. A. S.; SANTOS, G. M. Peixes Comerciais do Médio Amazonas: Região de Santarém, Pará. Ed. MMA/ IBAMA. 1998, 211p.
- GOULDING, M., **The fishes and the Forest, exploration in Amazonian natural history**. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 280p. 1980
- GRAEF, E. W., As espécies de peixes com potencial para criação no Amazonas. In: **Criando Peixe na Amazônia**. VAL. A. L. & HONCZARY, A. 19º ed. p. 29-43. Manaus. 1995.
- HUNTER, B.J., ROBERTS, D. C. K., Potential impact of the fat composition of farmed fish on human health. **Nutrition Research**. v.20, n.7, p.1047-1058, 2000.

- INHAMUNS, A. J. **Composição de ácidos graxos de peixes da Região Amazônica**. Campinas, 2000. 128 p. (Tese de doutorado - Universidade Estadual de Campinas).
- JOSEPH, J. D. ACKMAN, R.G. Capillary column gas chromatographic method for analysis of encapsulated fish oils and fish oil ethyl esters: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.75, p.488-506, 1992.
- JUNK, W.J., SOARES. M.G.M.; SAINT-PUAL, U. The fish. In: Junk, W.J. (ed) The Central Amazon Floodplain: Ecology of a pulsing system. **Ecological Studies**, v.126, p. 385-408, 1997.
- JUNK, W. J. Ecology, fisheries and fish culture in Amazonian. In: **The Amazon**. ed. H. Sioli, J. W. Junk Publ. Dordrecht. 763 p. 1984.
- MMA/IBAMA/CEPENE. **Estatística da Pesca** - Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação, Tamandaré, abril, 2003.
- MMA/IBAMA/CEPENE. **Estatística da Pesca** - Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação, Tamandaré, abril, 2000.
- MOREIRA, A. B.; VISENTAINER, J. V.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M. Fatty acids profile and cholesterol contents of three Brazilian brycon freshwater fishes. **Journal of Food Composition and analysis**, v.14, p. 565-74, 2001.
- PEREIRA – FILHO, M, In: **Criando Peixe na Amazônia**. VAL. A. L. & HONCZARY, A.19º ed. p. 75-82. Manaus. 1995.
- PITOMBO, R. N.M. A liofilização como técnica de conservação de material de pesquisa. **Ciência e Cultura**, v. 41, (5), p. 427-431, 1989.
- ROSE, D. P.; CONNOLLY, J. M. Omega-3 fatty acids as cancer chemopreventive agents. **Pharmacology & Therapeutics**, v.83, p. 217-244, 1999.
- SAS Statistical Analytical System, SAS Institute INC., SAS Campus drive, Cary, Caroline, USA, Version 6.0, 1996.
- SCHMIDT, M. A. **Gorduras inteligentes**. Trad. de Dirceu Henrique Pereira. São Paulo – SP. Editora Roca LTDA, 2000. 231 p.
- SHANTHA, N. C.; ACKAMN, R.G. Nervonic acid versus tricosanoic acid as internal standards in quantitative gas chromatographic analysis the fish oil longer-chain

- n-3 polyunsaturated acid methyl esters. **Journal Chromatography B**, 533, p.1-10, 1990.
- SIMOPOULUS, A. P. The importance of the ratio omega6/omega3 essential fatty acids. **Biomedicine Pharmacotherapy**. v. 56, p. 365-79, 2002.
- SIMOPOULUS, A. P. Commentary on the workshop statement. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**. v. 63(3), p. 123-24. 2000.
- SIMOPOULOS, A. P.; LEAF, A.; SALEM, N. Essentiality and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v. 43, p. 127-30, 1999.
- SIMOPOULOS, A. P., Omega -3 Fatty Acids in Health and disease and in growth and development. **American Journal Clinical Nutrition**, v.54, p. 438-463, 1991.
- STEFFENS, W. Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. **Aquaculture**, v. 151, p. 97-119, 1997.
- VILLACORTA-CORREA, M. A. Crescimento do matrinxã, *Brycon cephalus* (Gunter, 1869) (Teleostei, Characidae) no baixo rio Negro, seus afluentes e no baixo rio Solimões. Tese (mestrado) Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, 1987, 124p.
- VISENTAINER, J. V. **Composição de ácidos graxos e quantificação dos ácidos graxos LNA, EPA e DHA no tecido muscular de tilápias (*Oreochromis niloticus*), submetidas a diferentes tratamentos com óleo de linhaça**. 2003. Tese (doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- ZANIBONI, E. F. **Biologia da reprodução do matrinxã, *Brycon cephalus* (GUNTHER, 1869) (TELEOSTEI: CHARACIDAE)**. Manaus. 1985. Tese (mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisa do Amazonas. Fundação Universidade do Amazonas.

CAPÍTULO IV

COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS NOS LIPÍDIOS TOTAIS, NEUTROS E FOSFOLIPÍDIOS DE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) CULTIVADOS E CAPTURADOS NA AMAZONIA CENTRAL

Almeida, Neiva Maria¹, e Franco, Maria Regina Bueno²

¹ UFBA – Dep. de Bromatologia, Centro de Ciências da Saúde
CEP 41830-380, Salvador-BA. E-mail: neivaa@yahoo.com

² UNICAMP - Dep. Ciências de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, C.P. 6121,
CEP 13081-970, Campinas-SP. E-mail: franco@fea.unicamp.br

Este trabalho será enviado à revista Journal of Food Composition and Analysis

RESUMO

A região Amazônica detém a maior diversidade de peixes de água doce. Os ciclos cheia/seca influenciam mudanças extremas na composição química da água e na produção primária, o que resulta numa variação constante do ecossistema. Esse estudo tem como objetivo caracterizar os ácidos graxos dos lipídios totais (LT) e das frações de lipídios neutros (LN) e fosfolipídios (FL) nos músculos dorsais e no tecido adiposo da cavidade ocular do tambaqui (*Colossoma macropomum*) proveniente do cultivo semi-intensivo e capturado na Amazônia Central, em diferentes períodos sazonais. Os LT foram fracionados em LN e FL por cromatografia em coluna clássica. Os extratos de LT, LN e FL foram metilados e os ésteres metílicos foram separados por cromatografia gasosa de alta resolução. Foram encontrados 61 ácidos graxos nos lipídios totais, 67 nos neutros e 63 nos fosfolipídios. Os principais ácidos graxos encontrados, nos lipídios totais, neutros e fosfolipídios, dos peixes de cultivo e de recurso natural foram: o ácido oléico (18:1 ω 9), palmítico (16:0), o esteárico (18:0) e linoléico (18:2 ω 6), porém, houve inversão da ordem dos principais ácidos graxos dos peixes de cultivo em relação aos capturados na natureza, no período da cheia e seca. O peixe de cultivo foi inferior aos peixes de recurso natural em relação à quantidade de AGPI, entretanto a razão ω 6/ ω 3 do peixe de cultivo foi menor no músculo e no tecido adiposo da cavidade ocular do que nos peixes capturados no período da cheia. A menor razão ω 6/ ω 3 (2,42), ocorreu no músculo dos peixes capturados na seca. O perfil de ácidos graxos para o tambaqui estava dentro do esperado para peixes tropicais de água doce, confirmando-se como fonte de AGPI, não havendo distinção de qualidade e quantidade entre o músculo e a cavidade ocular, que possa assegurar que um tecido seja melhor fonte de AGPI que o outro. O peixe capturado na natureza foi considerado melhor para o consumo, principalmente quando capturado na época da seca. A característica sazonal da Amazônia influenciou a composição de ácidos graxos da espécie em estudo. O fracionamento em classes de lipídios mostrou que pode haver uma predominância de determinados grupos ou ácidos graxos nas diferentes classes de lipídios do tambaqui. De um ponto de vista tecnológico, este fracionamento pode fornecer

importantes informações para o preparo, armazenamento e concentração de ácidos graxos à indústria de pescado.

Palavras – chave: ácidos graxos, lipídios totais, tambaqui, peixes de água doce, Amazônia Central.

ABSTRACT

The Amazon region has the greatest diversity of freshwater fish. The flood/dry season cycles influence extreme changes in the chemical composition of the water and primary production, resulting in constant variations in the ecosystem. This study aims to research the fatty acids of total lipids (TL) and the fractions of neutral lipids (NL) and phospholipids (PL) in the dorsal muscles and the fatty tissue of the orbital cavity of the tambaqui (*Colossoma macropomum*) from both semi-intensive farming and those caught in the Central Amazon, during different seasonal periods. The TL were divided into NL and PL by classic column chromatography, The LT, NL and PL were derivatization and the methyl esters separated by high-resolution gaseous chromatography. 61 fatty acids were detected in the total lipids, 67 in the neutral lipids and 63 in the Phospholipids. The main fatty acids found in the total lipids, neutral and phospholipids of farmed and freshwater fish were: oleic acid (18:1 ω 9), palmitic (16:0), stearic (18:0) e linoleic (18:2 ω 6). However, there was an inversion in the order of the main fatty acids in farmed fish in relation to those caught in the wild, during the flood and dry season. Farmed fish were inferior to wild fish in quantities of PUFA, however the ω 6/ ω 3 ratio for farmed fish was less in the muscle and the fatty tissue of the orbital cavity than in wild fish caught in the flood. The lowest ratio ω 6/ ω 3 (2,42), occurred in the muscle of fish caught during the dry season. The profile of fatty acids for the tambaqui was that expected for tropical fresh water fish, confirming it as a source of PUFA. There is no distinction between the quality and quantity of the muscle and the orbital cavity, which may point to one tissue being a superior source of PUFA than the other. The fish caught in the wild are considered superior for consumption, especially when caught during the dry season. The seasonal characteristic of the Amazon influenced the composition of the fatty acids in the species being studied. The division into classes of lipids shows that there may be a predominance of determined groups or fatty acids in the different classes of lipids in the tambaqui. From a technological point of view, this division may offer important information about the preparation, storage and concentration of fatty acids for the fishing industry.

Key words: fatty acids, total lipids, tambaqui, freshwater fish, Central Amazon

1. INTRODUÇÃO

A pesca é uma atividade que cumpre importante finalidade econômica e social, pois está estreitamente relacionada ao desafio mundial por contribuir na oferta de alimentos, em busca do desenvolvimento nutricional de milhões de pessoas. Os estoques pesqueiros naturais são os principais recursos dos quais se obtém o pescado para o consumo humano. O consumo per capita mundial de pescado foi de 13,1kg em 2000 (FAO, 2003).

O Brasil apresenta uma produção estimada de 843.376 toneladas/ano (MMA/ IBAMA/ CEPENE, 2003). A pesca é uma atividade extrativista importante e tradicional na Amazônia, representando um fator importante na economia da região. O consumo per capita na região é de 55 kg/ano, superando as médias de países considerados grande consumidores (Borgletti, 2001).

A pesca na Amazônia está diretamente ligada à variação do regime dos rios. Os ciclos, cheia e seca, causam mudanças extremas na composição química da água e também na produção primária, resultando numa variação constante do ecossistema. Portanto, os ciclos regionais influenciam no comportamento dos peixes, sendo uma das principais causas das migrações. O ciclo reprodutivo ocorre em época sazonal diferente da época de maior oferta de alimentos, ficando claro que a reserva de lipídios acumulada em uma estação será utilizada na próxima, por ocasião da reprodução (Bittencourt & Cox-Fernandes, 1990).

O tambaqui é nativo da bacia Amazônica e Orinoco e seus afluentes. É a espécie que mais tem despertado interesse para a piscicultura, principalmente devido à alta preferência do consumidor e alto preço de mercado. m cativo aceita ração, grãos e subprodutos agro-industriais. Adaptado com sucesso para a piscicultura, por sua capacidade de aproveitar vários tipos de alimentos e também por se apresentar como excelente filtrador de plâncton, possui crescimento rápido, atinge de 700 a 900g ou mais, no primeiro ano de cultivo e apresenta boa resistência ao manuseio (Graef, 1995). O hábito alimentar dos adultos é bem amplo e predominantemente herbívoro, porém pode alimentar-se de insetos, caramujos e raramente de outros peixes. Espécie de piracema, a reprodução ocorre na época chuvosa nos rios de água branca. Na Amazônia Central a época

de desova começa em novembro e vai até março (Araújo Lima & Goulding, 1998). Possui matéria graxa que se localiza na cavidade abdominal, onde se acumula envolvendo as vísceras. De acordo com Castelo (1979), este depósito adiposo pode ser utilizado no preparo de alimentos. Em virtude da sobre-pesca o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente-IBAMA colocou essa espécie na lista de proteção durante o período de piracema (defeso) devido a sobre-exploração dos estoques (MMA/IBAMA, 1997).

Atualmente tem sido observado um grande interesse em relação às investigações da composição química de pescados, principalmente em relação à composição de ácidos graxos no conteúdo lipídico de peixes, pois está diretamente relacionada com a saúde humana, principalmente por prevenir e reduzir fatores bioquímicos de riscos associados às doenças cardiovasculares, artrite, psoríase, câncer e desenvolvimento do sistema nervoso central (Simopoulos, 2002; Simopoulos, 2000; Hunter & Robert, 2000; Connor, 2000; Crawford *et al.*, 1999; Simopoulos *et al.*, 1999; Nageswari, Banerjee & Menon, 1999; Rose & Connolly, 1999; Simopoulos, 1997; Simopoulos, 1991; Kinsella, 1986).

No Brasil existem poucos trabalhos sobre a composição de ácidos graxos de pescado de água doce. No entanto, as pesquisas existentes mostram que o peixe de água doce apresenta excelentes valores nutricionais e indicaram diferenças expressivas entre peixes procedentes de sistema de cultivo e peixes de “habitat” natural (Visentainer, 2003; Inhamuns & Franco, 2001; Duarte, 2001; Inhamuns, 2000; Moreira *et al.*, 2000; Andrade *et al.*, 1995; Maia *et al.*, 1995; Maia *et al.*, 1994; Maia, 1992; Maia & Rodriguez-Amaya, 1992).

Este trabalho teve como objetivo caracterizar os ácidos graxos dos lipídios totais e das frações de lipídios neutros e fosfolipídios, no músculo dorsal e do tecido adiposo da cavidade ocular, além dos ácidos graxos dos lipídios totais da gordura cavitária do tambaqui (*Colossoma macropomum*) proveniente de sistema de cultivo semi-intensivo e capturado na Amazônia Central, em diferentes períodos sazonais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Amostragem

Para os peixes provenientes de sistema de cultivo semi-intensivo, foram coletados três lotes de três piscicultores distintos, localizados no município de Rio Preto da Eva, no estado do Amazonas, sendo que cada lote foi constituído de 3 peixes.

Para os peixes capturados no ambiente natural também foram coletados três lotes, de três barcos diferentes, no Porto de Manaus (Amazônia Central), durante as duas épocas sazonais distintas (período da cheia – janeiro a julho e período da seca – julho a dezembro). Cada lote foi constituído de 3 peixes.

Para cada indivíduo proveniente da piscicultura e do ambiente natural foram aferidos peso e comprimento total. Para todos os exemplares, foram extraídos os músculos dorsais e o tecido adiposo da cavidade ocular que, após trituração, foram liofilizados. A gordura cavitária foi separada manualmente. Todas as amostras foram estocadas a -18°C sob atmosfera de N₂ e transportadas para o Laboratório de Análise de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (LAA/FEA/UNICAMP), para realização de análises químicas. Cada lote foi constituído em uma amostra, que foi analisada em duplicata.

2.2 Amostragem da ração utilizada pelos piscicultores

A amostragem das rações utilizadas pelos piscicultores foi realizada simultaneamente com a amostragem das espécies dos peixes proveniente do sistema de cultivo. Foram coletados 3 lotes ao acaso, de cada piscicultor. Cada lote foi constituído em uma amostra, que foi analisada em duplicata.

2.3 Determinação de umidade

A umidade foi determinada nas amostras liofilizadas dos músculos dorsais, do tecido adiposo da cavidade ocular de cada espécie estudada e também nas rações, de acordo com o método de Pitombo (1989).

2.4 Extração dos lipídios de lipídios totais

Foi utilizado o método proposto por Bligh & Dyer (1959) para a extração dos lipídios totais dos músculos dorsais e do tecido adiposo da cavidade ocular após a liofilização e da ração administrada aos peixes nos sistemas de cultivos.

2.5 Fracionamento dos lipídios totais em classes de lipídios neutros e fosfolipídios

O fracionamento dos lipídios totais (LT) em lipídios neutros (LN) e fosfolipídios (FL) foi realizado por cromatografia em coluna clássica. O processo de separação foi realizado em um tubo de vidro de 30cm de comprimento por 2cm de diâmetro interno, contendo 25g de sílica gel 60 (70 – 230 mesh, Merck) como adsorvente, de acordo com as especificações de Johnston *et al.* (1983).

As eluições dos lipídios neutros e fosfolipídios foram realizadas segundo o método descrito por Maia (1992), com as seguintes seqüências de eluições: fração I - lipídios neutros (eluída com 200mL de 20% de acetona em clorofórmio); fração II - fosfolipídios (eluída com 200ML de metanol). Os solventes foram evaporados em evaporador rotativo com banho de água à temperatura de cerca de 45°C sob vácuo e, posteriormente, com fluxo de gás nitrogênio, com o objetivo de completar a total remoção dos solventes. As frações resultantes das eluições foram acondicionadas em frascos âmbar, sob atmosfera de N₂ gasoso e congelado a -18°C, para posteriores análises da composição de ácidos graxos.

2.6 Análise de ácidos graxos

A transesterificação dos ácidos graxos dos lipídios totais, lipídios neutros e fosfolipídios foi realizada segundo o procedimento de Joseph & Ackman (1992). Todas as etapas do processo foram realizadas sob atmosfera de N₂ gasoso.

A separação dos ésteres metílicos foi realizada em um cromatógrafo a gás Varian, mod. 3300, equipado com detector de ionização de chama, injetor split e coluna capilar de sílica fundida DB-WAX 20M (30m X 0,25mm X 0,25µm) (J&W Scientific, USA). Os parâmetros das análises foram os seguintes: temperatura do injetor, 250°C; temperatura do detector, 280°C; temperatura da coluna, 170°C por

16 minutos e depois programada à 2°C por minuto até 210°C, permanecendo nesta temperatura por 30 minutos. Hidrogênio foi utilizado como gás de arraste a 1mL/min. e com velocidade linear de 38cm/s, com filtro de oxigênio acoplado à linha do gás; nitrogênio foi utilizado como gás *make up* a 30mL/min., fluxo do gás hidrogênio, 30mL/min.; ar sintético, 300mL/min.; a técnica de injeção utilizada foi *split* na razão 1:50. As injeções foram realizadas em duplicatas e o volume de injeção de 1μL. Tempo de retenção, área dos picos e valores de porcentagem relativa (método da normalização) foram obtidos com o uso de um integrador Varian mod. 4290.

2.7 Identificação dos ácidos graxos

A identificação dos ácidos graxos foi realizada de acordo com os seguintes procedimentos: determinação dos tempos de retenção (*tr*) de ésteres metílicos de ácidos graxos (Sigma, EUA) e comparação com os *tr* dos ésteres metílicos de ácidos graxos das amostras; valores de comprimento equivalente de cadeia (ECL) calculados a partir dos tempos de retenção corrigidos (*tr'*) de padrões de ésteres metílicos (Sigma, EUA) das amostras e comparação com valores obtidos da literatura (Visentainer, 2003; Inhamuns, 2000; Stránsky *et al.*, 1997; Thompson, 1996). Como parâmetro decisivo para a identificação, os ácidos graxos foram ainda analisados em um espectrômetro de massas Shimadzu QP 5000, acoplado a um cromatógrafo gasoso Shimadzu17A. Os ésteres metílicos de padrões e amostras foram fragmentados por impacto de elétrons a 70eV e seus espectros de massas comparados e analisados.

2.8 Análise estatística

Os dados foram tratados pelo teste de variância ANOVA e pelo teste de comparações múltiplas de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade utilizando o software SAS for Windows (1996), aplicado aos ácidos graxos que foram detectados em porcentagem de relativa em todas as análises.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Lipídios totais e umidade

A Tabela 1 mostra a média dos resultados dos teores de lipídios totais e umidade no músculo e os valores de comprimento e peso do tambaqui. Os resultados são as médias finais dos três lotes provenientes do sistema de cultivo e dos peixes capturados na Amazônia Central durante os dois períodos sazonais.

Tabela 1. Teores de lipídios totais (%), umidade (%) e valores de comprimento (cm) e peso (kg) do tambaqui (*C. macropomum*) de cultivo e capturados em diferentes períodos sazonais.

Situação de captura	Lipídios totais	Umidade	Comprimento	Peso
Cultivo	4,80±0,80	71,66±1,65	41,13±2,50	2,52±0,61
Época da cheia	2,52±0,33	76,74±1,44	43,12±3,30	3,39±0,63
Época da seca	2,80±0,81	74,11±2,61	44,55±2,80	3,19±0,52

Cada valor é a média das duplicatas com a respectiva estimativa dos desvios padrões.

De acordo com o teor de lipídios totais apresentados na Tabela 1, o tambaqui de cultivo, pode ser considerado um peixe de teor médio de gordura, e os capturados no período da cheia e da seca, são classificados como peixes magros, segundo a classificação de Ackman (1989). O tambaqui de cultivo apresentou o dobro do valor de lipídios totais em relação aos peixes capturados na natureza durante o período da cheia e da seca.

O teor de lipídios totais no músculo do tambaqui de cultivo (4,80%) foi inferior ao encontrado no tambaqui (*C. macropomum*), por Almeida, 1998 (7,60%) e por Maia & Rodriguez-Amaya, 1992 (6,0%), mas superior ao resultado de Arbeláez-Rojas *et al.*, 2000 (1,6% e 2,4%). As diferenças nos resultados podem estar relacionadas às condições de manejo e cultivo utilizadas para cada situação. Os diferentes resultados encontrados para o teor de lipídios, no tambaqui, confirmam que este parâmetro pode variar dentro de uma mesma espécie.

O tambaqui apresenta desova total que se estende de setembro a fevereiro e atinge maturação com cerca de 60 cm de comprimento (Villacorta-Correa & Saint-Paul, 1999). Possui dieta alimentar mista, que está diretamente relacionada com a flutuação do nível de água que determina a oferta de alimentos. Durante a época da cheia, ocorre uma maior oferta e consumo de alimento, que se constitui basicamente de frutos e sementes, enquanto que na seca a alimentação é basicamente constituída de zooplâncton por isso, considerado como um período de menor consumo alimentar (Carvalho, 1981; Silva *et al.*, 2000; Araújo Lima & Goulding, 1998).

Os valores encontrados para o teor de lipídios, foram de 2,52% e 2,80% na época da cheia e da seca, respectivamente. Rocha *et al.* (1982) encontraram no músculo um teor de lipídio para o tambaqui de 6,9% e, portanto o peixe foi classificado na categoria de peixe semigordo, os autores relataram que os exemplares foram adquiridos no mercado central de Manaus durante o mês de maio e não havia conhecimento da procedência do local de captura.

É importante ressaltar que os peixes migradores onívoros ou herbívoros, com desova total uma vez por ano, como o tambaqui, tem variação de gordura cavitária durante o período da cheia e da seca. Segundo Villacorta-Correa & Saint-Paul (1999) essa espécie apresenta variação dessa gordura ao longo do seu desenvolvimento e o maior teor ocorre na época da cheia.

Neste experimento, os valores encontrados para o teor de lipídios totais no músculo foram bastante semelhantes nas duas estações sazonais, esses resultados podem ser explicados, por possíveis diferenças de variações no nível da água durante o ciclo hidrológico existente na Amazônia em anos diferentes, sendo o mês de setembro de 2001, considerado época de vazante.

Outro fator que pode ter influenciado o teor de lipídios foi o fato de que os exemplares utilizados neste experimento, das duas épocas de captura, foram peixes jovens, indicando que estes peixes não realizaram sua primeira migração para desova, permanecendo ainda nos lagos. A grande variedade da paisagem florística que compõem os lagos de várzeas da Amazônia, influência na oferta de

alimentos, portanto, o local de captura dos exemplares também pode ser um outro fator que interferiu no teor de lipídios, uma vez que os peixes foram adquiridos nos próprios barcos no porto de Manaus e não se conhece a procedência exata dos indivíduos analisados.

3.2 Composição em ácidos graxos dos lipídios totais

Foi realizado o fracionamento dos lipídios totais em classes de lipídios neutros e fosfolipídios. Os ácidos graxos foram quantificados pelo método da normalização, portanto os resultados foram apresentados em percentagem relativa de área em relação a área total do cromatograma.

A Tabela 2 mostra a composição percentual de ácidos graxos dos lipídios totais do músculo, do tecido adiposo da cavidade ocular e da gordura cavitária do tambaqui de cultivo e também nos peixes capturados na natureza em diferentes períodos sazonais da Amazônia.

Foram detectados 61 ácidos graxos nos lipídios totais. Maia & Rodriguez-Amaya (1992), analisando o músculo do tambaqui (*C. macropomum*) de cultivo detectaram 46 ácidos graxos.

Os principais ácidos graxos encontrados no músculo dos peixes de cultivo, em ordem decrescente de percentagem, foram o oléico (18:1 ω 9), palmítico (16:0), esteárico (18:0) e o linoléico (18:2 ω 6), mostrando que houve uma inversão do valor percentual entre os peixes de cultivo e os capturados na natureza, onde os principais ácidos graxos encontrados foram o oléico, linoléico, palmítico e o esteárico para os períodos de cheia e seca.

Tabela 2. Composição em ácidos graxos dos lipídios totais (% de área relativa) do músculo, da cavidade ocular e da gordura cavitária do tambaqui (*C. macropomum*) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais.

		Época Sazonal								
		Cultivo			Cheia			Seca		
Ácido		Cavidade	Gordura		Cavidade	Gordura		Cavidade	Gordura	
Pico Graxo	Músculo	Ocular	Cavitária	Músculo	Ocular	Cavitária	Músculo	Ocular	Cavitária	
1	12:0	Tr	tr	tr	tr	0,17±0,09	0,25±0,02	0,07±0,03	0,35±0,13	0,63±0,05
3	14:0	tr	tr	tr	tr	t	tr	t	tr	Tr
4	14:0	1,35±0,09b	1,51±0,15b	1,42±0,23b	0,45±0,07d	1,09±0,04c	1,42±0,05b	0,60±0,08d	1,33±0,03b	1,87±0,34a
5	14:1ω9	0,06±0,01	0,10±0,0	0,02±0,00	tr	0,06±0,03	nd	nd	nd	nd
6	14:1ω7	0,05±0,05	0,06±0,01	0,02±0,00	nd	nd	nd	nd	nd	nd
8	15:0	0,03±0,01	0,06±0,01	nd	tr	tr	tr	tr	0,03±0,00	nd
10	15:0	0,16±0,03c	0,19±0,00c	0,08±0,02d	0,16±0,03b	0,28±0,02b	0,37±0,01b	0,09±0,04d	0,18±0,02c	0,61±0,03a
15	16:0DMA	1,56±0,03	0,11±0,06	0,03±0,00	1,44±0,70	0,08±0,04	tr	1,62±,15	0,07±0,01	0,06±0,00
16	X	nd	nd	nd	tr	0,13±0,00	0,08±0,01b	0,37±0,04	0,10±0,01	nd
17	16:0	24,66±0,79c	26,89±0,62b	28,87±0,36a	15,11±0,66e	17,16±0,88d	19,87±0,44d	14,82±1,27e	15,43±0,70e	22,05±0,64b
18	16:1ω11	tr	tr	nd	0,04±0,00	0,03±0,00	nd	0,06±0,01	0,03±0,00	nd
19	16:1ω9	0,37±0,02abc	0,44±0,06ab	0,37±0,13abc	0,24±0,15d	0,47±0,09a	0,26±0,02cd	0,25±0,04d	0,34±0,07bcd	0,24±0,03d
20	16:1ω7	3,69±0,17ab	3,87±0,13a	3,23±1,08b	0,50±0,04e	1,74±0,08c	0,99±0,13de	0,57±0,08e	0,10±,03f	0,59±0,06e
21	16:1ω5	tr	0,03±±0,01	nd	0,27±0,03	0,12±0,03	nd	0,04±0,00	0,09±0,04	nd
22	17:0	0,08±0,05	0,06±0,01	nd	0,11±0,06	0,10±0,06	0,32±0,06	0,09±0,03	0,18±0,04	0,36±0,03

continua...

continuação...

Tabela 2. Composição em ácidos graxos dos lipídios totais (% de área relativa) do músculo, da cavidade ocular e da gordura cavitária do tambaqui (*C. macropomum*) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais.

Pico	Ácido	Época Sazonal								
		Cultivo			Cheia			Seca		
		Músculo	Cavidade Ocular	Gordura Cavitária	Músculo	Cavidade Ocular	Gordura Cavitária	Músculo	Cavidade Ocular	Gordura Cavitária
23	16:2 ω 7	0,07 \pm 0,04	0,04 \pm 0,01	0,08 \pm 0,01	0,03 \pm 0,01	0,21 \pm 0,07	0,09 \pm 0,00	0,03 \pm 0,01	tr	0,03 \pm 0,000
24	ai17:0	0,11 \pm 0,05b	0,16 \pm 0,08b	0,12 \pm 0,05b	0,06 \pm 0,01c	0,06 \pm 0,02c	0,10 \pm 0,03b	0,03 \pm 0,00c	0,34 \pm 0,01a	0,18 \pm 0,00b
25	17:0	0,29 \pm 0,06b	0,35 \pm 0,10b	0,40 \pm 0,03a	0,28 \pm 0,03b	0,43 \pm 0,07a	0,45 \pm 0,03a	0,19 \pm 0,02c	0,28 \pm 0,08b	0,41 \pm 0,03a
26	17:1 ω 9	0,15 \pm 0,06	0,16 \pm 0,07	0,09 \pm 0,02	0,04 \pm 0,02	0,10 \pm 0,05	0,04 \pm 0,01	0,21 \pm 0,09	0,05 \pm 0,03	tr
27	17:1 ω 7	0,20 \pm 0,04	0,15 \pm 0,03	tr	0,21 \pm 0,04	0,12 \pm 0,01	0,05 \pm 0,00	0,29 \pm 0,04	0,09 \pm 0,04	0,04 \pm 0,00
28	17:1 ω 5	tr	tr	nd	0,15 \pm 0,04	0,22 \pm 0,10	nd	0,11 \pm 0,04	0,06 \pm 0,02	tr
29	18:0DMA	0,16 \pm 0,02	0,02 \pm 0,00	nd	0,39 \pm 0,13	0,03 \pm 0,03	0,26 \pm 0,01	0,23 \pm 0,03	0,39 \pm 0,00	0,53 \pm 0,01
30	18:1DMA	0,08 \pm 0,06	0,04 \pm 0,00	nd	0,13 \pm 0,09	0,06 \pm 0,00	0,19 \pm 0,01	0,07 \pm 0,01	0,32 \pm 0,00	0,12 \pm 0,01
31	18:0	11,79 \pm 0,23c	11,78 \pm 0,34c	14,31 \pm 0,35b	9,46 \pm 2,74b	9,99 \pm 2,0b	17,19 \pm 0,65a	12,83 \pm 1,93c	12,30 \pm 1,98c	18,51 \pm 2,52a
32	18:1 ω 11	tr	tr	nd	0,05 \pm 0,00	0,03 \pm 0,03	nd	0,08 \pm 0,00	tr	nd
33	18:1 ω 9	33,52 \pm 3,08a	33,65 \pm 1,56a	35,06 \pm 1,56a	33,74 \pm 14,23a	32,20 \pm 6,79a	29,68 \pm 1,83a	31,21 \pm 3,49a	32,33 \pm 1,43a	28,78 \pm 2,00a
34	18:1 ω 7	2,40 \pm 0,19a	2,47 \pm 0,26a	2,59 \pm 0,32a	2,81 \pm 0,64a	2,42 \pm 0,45a	1,62 \pm 0,20b	1,26 \pm 0,22b	1,58 \pm 0,32b	1,33 \pm 0,17b

continua...

continuação...

Tabela 2. Composição em ácidos graxos dos lipídios totais (% de área relativa) do músculo, da cavidade ocular e da gordura cavitária do tambaqui (*C. macropomum*) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais.

Pico	Cultivo				Época Sazonal					
	Ácido		Cavidade	Gordura	Cheia			Seca		
					Cavidade	Gordura		Cavidade	Gordura	
	Graxo	Músculo	Ocular	Cavitária	Músculo	Ocular	Cavitária	Músculo	Ocular	Cavitária
35	18:1ω6	tr	tr	tr	0,08±0,01	0,05±0,03	0,03±0,00	0,05±0,00	0,07±0,01	tr
36	18:1ω5	0,06±0,02	0,05±0,03	0,07±0,00	0,12±0,02	0,06±0,01	tr	0,14±0,09	0,14±0,05	0,16±0,09
37	18:2ω6	8,32±1,20d	9,57±1,19d	8,27±0,70d	23,90±0,67a	29,06±5,12a	12,42±2,10c	17,43±10,07b	17,17±5,89b	11,52±1,53c
39	18:3ω6	0,12±0,06c	0,18±0,04b	0,08±0,01d	0,24±0,02a	0,24±0,02a	0,24±0,04a	0,18±0,09b	0,18±0,09	0,27±0,07a
40	19:0	tr	tr	tr	0,10±0,03	0,08±0,03	0,21±0,01	0,07±0,01	0,43±0,00	1,02±0,01
41	18:3ω4	tr	tr	tr	nd	nd	nd	nd	nd	nd
43	18:3ω3	0,54±0,09d	0,65±0,07d	0,46±0,05d	3,81±0,09b	4,64±0,60ab	1,59±1,02c	3,39±0,09b	4,73±0,60a	1,53±1,71c
44	19:2ω7	0,04±0,00d	0,03±0,01d	0,04±0,00d	1,33±0,08ab	2,05±1,35a	1,57±1,00a	1,37±0,07a	1,77±0,49a	0,49±1,68c
45	18:4ω3	0,03±0,00	0,03±0,00	nd	0,05±0,01	0,03±0,05	0,06±0,01	0,04±0,00	0,08±0,03	0,09±0,03
46	X	tr	tr	nd	0,21±0,01	tr	0,14±0,00	0,22±0,01	0,54±0,03	0,17±0,04
47	20:0	0,10±0,05d	0,13±0,02d	0,14±0,09d	0,44±0,03c	0,47±0,14c	0,69±0,34b	0,93±0,05a	0,73±0,29ab	0,57±0,05b
48	20:1ω11	0,10±0,03	0,11±0,05	tr	0,13±0,08	0,34±0,12	0,37±0,06	0,05±0,05	0,09±0,03	0,08±0,03
continua...										

continua...

continuação...

Tabela 2. Composição em ácidos graxos dos lipídios totais (% de área relativa) do músculo, da cavidade ocular e da gordura cavitária do tambaqui (*C. macropomum*) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais.

Pico	Ácido Graxo	Época Sazonal								
		Cultivo			Cheia			Seca		
		Músculo	Cavidade Ocular	Gordura Cavitária	Músculo	Cavidade Ocular	Gordura Cavitária	Músculo	Cavidade Ocular	Gordura Cavitária
49	20:1 ω 9	1,28 \pm 0,39b	1,46 \pm 0,31a	1,80 \pm 0,14a	0,73 \pm 0,09b	0,91 \pm 0,19b	1,03 \pm 0,31b	0,45 \pm 0,03c	0,50 \pm 0,03bc	1,00 \pm 0,37b
50	20:1 ω 7	tr	tr	nd	0,04 \pm 0,01	0,08 \pm 0,01	nd	tr	tr	nd
51	20:2 ω 9	0,10 \pm 0,06	tr	tr	0,09 \pm 0,01	0,12 \pm 0,05	0,20 \pm 0,02	0,13 \pm 0,07	0,19 \pm 0,03	0,33 \pm 0,24
52	19:4 ω 3	0,03 \pm 0,00	0,10 \pm 0,00	0,05 \pm 0,03	tr	tr	0,03 \pm 0,01	tr	tr	tr
53	20:2 ω 6	0,52 \pm 0,09ab	0,56 \pm 0,06a	0,47 \pm 0,05ab	0,31 \pm 0,08ab	0,30 \pm 0,02ab	0,60 \pm 0,08a	0,50 \pm 0,03b	0,51 \pm 0,02b	0,61 \pm 0,05a
54	20:3 ω 9	0,10 \pm 0,08	0,11 \pm 0,08	0,05 \pm 0,02	0,07 \pm 0,01	0,03 \pm 0,01	nd	nd	nd	nd
56	20:3 ω 6	0,68 \pm 0,15b	0,52 \pm 0,10b	0,44 \pm 0,02b	0,31 \pm 0,13b	2,10 \pm 0,09a	0,46 \pm 0,05c	0,54 \pm 0,03c	0,39 \pm 0,46a	0,47 \pm 0,04c
57	20:4 ω 6	1,33 \pm 0,07b	0,45 \pm 0,06d	0,24 \pm 0,03e	0,99 \pm 0,82bc	0,37 \pm 0,21d	0,40 \pm 0,08d	3,12 \pm 0,07a	0,86 \pm 0,05b	0,68 \pm 0,10d
58	20:3 ω 3	0,04 \pm 0,01	0,04 \pm 0,01	nd	0,07 \pm 0,02	0,09 \pm 0,01	0,04 \pm 0,01	0,13 \pm 0,03	0,18 \pm 0,03	0,06 \pm 0,02
59	X4	nd	nd	nd	0,06 \pm 0,01	0,10 \pm 0,03	0,05 \pm 0,03	0,63 \pm 0,02	0,71 \pm 0,00	0,13 \pm 0,01
60	20:4 ω 3	0,01 \pm 0,00	0,01 \pm 0,00	nd	0,14 \pm 0,02	0,08 \pm 0,04	0,13 \pm 0,02	0,04 \pm 0,02	0,06 \pm 0,04	0,10 \pm 0,04
61	20:5 ω 3	0,13 \pm 0,06	0,06 \pm 0,02	nd	0,16 \pm 0,09	0,10 \pm 0,03	0,08 \pm 0,01	0,47 \pm 0,02	0,19 \pm 0,07	0,10 \pm 0,02
62	22:0	0,03 \pm 0,01	0,02 \pm 0,00	nd	0,14 \pm 0,05	0,24 \pm 0,11	0,26 \pm 0,07	0,24 \pm 0,09	0,28 \pm 0,05	0,67 \pm 0,07

continua...

continuação...

Tabela 2. Composição em ácidos graxos dos lipídios totais (% de área relativa) do músculo, da cavidade ocular e da gordura cavitária do tambaqui (*C. macropomum*) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais.

Pico	Ácido Graxo	Época Sazonal								
		Cultivo			Cheia			Seca		
		Músculo	Cavidade Ocular	Gordura Cavitária	Músculo	Cavidade Ocular	Gordura Cavitária	Músculo	Cavidade Ocular	Gordura Cavitária
63	22:1 ω 11	tr	tr	tr	0,04 \pm 0,01	0,11 \pm 0,08	0,05 \pm 0,01	0,03 \pm 0,02	tr	0,05 \pm 0,03
64	22:1 ω 9	tr	tr	nd	0,10 \pm 0,04	0,06 \pm 0,04	0,03 \pm 0,00	0,25 \pm 0,09	0,32 \pm 0,12	0,22 \pm 0,09
67	22:2 ω 6	nd	nd	nd	tr	tr	0,07 \pm 0,03	0,12 \pm 0,04	0,1 \pm 0,01	0,05 \pm 0,00
68	22:3 ω 6	tr	tr	nd	0,15 \pm 0,01	0,06 \pm 0,01	nd	0,10 \pm 0,03	0,08 \pm 0,01	nd
69	22:4 ω 6	nd	nd	nd	0,10 \pm 0,01	0,06 \pm 0,00	0,08 \pm 0,00	0,20 \pm 0,03	0,04 \pm 0,00	0,04 \pm 0,01
70	22:3 ω 3	0,12 \pm 0,07	0,04 \pm 0,00	tr	0,12 \pm 0,02	0,06 \pm 0,02	0,05 \pm 0,00	0,74 \pm 0,09	0,50 \pm 0,01	0,05 \pm 0,01
71	22:4 ω 3	0,72 \pm 0,04	0,17 \pm 0,07	tr	0,41 \pm 0,04	0,08 \pm 0,07	0,17 \pm 0,01	1,52 \pm 0,03	0,67 \pm 0,03	0,06 \pm 0,08
72	22:5 ω 3	0,13 \pm 0,03	0,05 \pm 0,00	tr	0,16 \pm 0,04	0,09 \pm 0,01	0,04 \pm 0,04	0,74 \pm 0,06	0,75 \pm 0,02	0,06 \pm 0,02
74	22:6 ω 3	0,75 \pm 0,07	0,18 \pm 0,02	nd	0,64 \pm 0,07	0,14 \pm 0,06	0,13 \pm 0,03	1,99 \pm 0,05	0,67 \pm 0,14	0,14 \pm 0,10

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente em nível de 5%.

ai = anteiso, i = iso, x = não identificado, tr = traços (valor inferior a 0,03%), nd = não detectado, dma = dimetilacetato

Comparando o tambaqui de cultivo, com os dados da literatura, resultados semelhantes para os principais ácidos graxos foram encontrados por Maia & Rodriguez-Amaya (1992).

Os principais ácidos graxos encontrados na cavidade ocular no peixe de cultivo neste experimento foram o oléico, palmítico, esteárico e o linoléico, mostrando que houve uma inversão do valor percentual entre os peixes de cultivo e os capturados na natureza, concordando com a seqüência de ácidos graxos já descrita para o músculo. Na gordura cavitária, os ácidos graxos majoritários, em ordem decrescente, nas três diferentes situações de captura, foram também o oléico, palmítico, esteárico e o linoléico.

Castelo (1979), utilizando uma coluna empacotada para separar os ácidos graxos da gordura cavitária do tambaqui (*C. macropomum*), proveniente de Manaus, detectou 22 ácidos graxos, encontrando resultados semelhantes para os ácidos graxos majoritários.

Comparando o músculo, o tecido adiposo da cavidade ocular e a gordura cavitária dos peixes de cultivo, em relação aos principais ácidos graxos e os de importância nutricional, foi observado que ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos ácidos graxos palmítico e araquidônico. Os ácidos graxos EPA e DHA não foram detectados na gordura cavitária, sendo que o maior teor de EPA (0,13%) e de DHA (0,75%), foi encontrado no músculo.

Comparando os três tecidos, músculo, cavidade ocular e gordura cavitária dos peixes capturados na natureza, na época da cheia, em relação aos ácidos graxos majoritários e os de importância nutricional (α -linolênico, araquidônico, EPA e DHA) o músculo diferiu da cavidade ocular e da gordura cavitária em relação aos ácidos palmítico e araquidônico. A gordura cavitária diferiu significativamente ($p < 0,05$) dos demais em relação aos ácidos esteárico, linoléico e α -linolênico. Durante o período da seca, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre o músculo, cavidade ocular e gordura cavitária somente para os ácidos α -linolênico e araquidônico, enquanto a gordura cavitária diferiu significativamente ($p < 0,05$) do músculo e da cavidade ocular em relação aos ácidos palmítico,

esteárico e linoléico. Os maiores teores de EPA (0,47%) e DHA (1,99%) foram detectados no músculo.

Comparando o músculo entre o peixe de cultivo e o capturado na natureza, no período da cheia, houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos ácidos palmítico, esteárico, linoléico e α -linolênico, sendo que os dois ácidos poliinsaturados apresentaram maiores teores nos peixes capturados no período da cheia. O EPA também apresentou maior valor nos peixes capturados na cheia, enquanto o DHA nos peixes de cultivo.

Comparando o peixe de cultivo com o capturado no período da seca ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$) entre os ácidos palmítico, linoléico, α -linolênico e araquidônico. O músculo do peixe capturado no período da seca apresentou maiores teores de EPA (0,47%) e DHA (1,99%), isto pode ser explicado pelo fato do tambaqui ser uma espécie onívora e no período da seca sua alimentação se constitui de 58% de zooplâncton (Araújo Lima & Goulding, 1998). Segundo Henderson & Tocher (1987), o zooplâncton é fonte rica em ácidos graxos poliinsaturados.

Comparando o músculo dos peixes de recurso natural capturado na cheia e na seca foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação aos ácidos esteárico, linoléico e araquidônico.

Os teores de EPA e DHA encontrados no músculo do peixe capturado no período da cheia podem ser explicados pelo fato do tambaqui possuir uma dieta mista e, neste período, sua alimentação é constituída basicamente de frutos e sementes (Carvalho, 1981; Silva *et al.*, 2000; Araújo Lima & Goulding, 1998). No músculo dos peixes de cultivo, os valores encontrados para o EPA e DHA foram de 0,13% e 0,75%, provavelmente devido ao sistema de cultivo semi-intensivo utilizado neste experimento, onde, além da ração granulada, pode haver uma contribuição significativa para a alimentação dos peixes de outro tipo de alimento, como o zooplâncton.

O peixe de recurso natural capturado no período da seca é melhor para o consumo, por apresentar maior teor dos ácidos graxos EPA e DHA, importantes na dieta.

Comparando um mesmo tecido (cavidade ocular) entre o peixe de cultivo e o capturado na natureza no período da cheia, foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação aos ácidos palmítico, esteárico, linoléico e α -linolênico, sendo que os ácidos graxos saturados apresentaram maiores valores no tecido adiposo da cavidade ocular do peixe de cultivo, enquanto que os poliinsaturados foram maiores no peixe capturado na cheia.

Comparando o peixe de cultivo com o capturado no período da seca, houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos ácidos graxos palmítico, linoléico, α -linolênico e araquidônico, sendo que os ácidos graxos poliinsaturados apresentaram maior teor no tecido adiposo da cavidade ocular do peixe capturado no período da seca.

Em relação ao tecido adiposo da cavidade ocular dos peixes capturados nas duas épocas sazonais, foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação aos ácidos palmítico, esteárico, linoléico e araquidônico.

Os valores de EPA e DHA no tecido adiposo da cavidade ocular, quando comparados aos encontrados para o músculo em todas as situações de captura, foram sempre inferiores.

Comparando a gordura cavitária do peixe de cultivo e o capturado na natureza, na época da cheia e da seca, ocorreu uma diferença significativa ($p < 0,05$) para todos os ácidos graxos majoritários e os de importância nutricional, exceto para o ácido oléico. Convém ressaltar que os ácidos graxos EPA e DHA não foram detectados na gordura cavitária dos peixes de cultivo.

Entre os peixes de recurso natural ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$) somente em relação ao ácido palmítico. Os ácidos graxos EPA e DHA apresentaram maiores valores na gordura cavitária do peixe capturado na época da seca.

3.2.1 Somatória dos grupos e das razões AGPI/AGS e $\omega 6/\omega 3$ dos ácidos graxos dos lipídios totais

A Tabela 3 mostra os resultados das somatórias da percentagem relativa dos ácidos graxos de lipídios totais por grupo de ácidos graxos saturados (AGS),

monoinsaturados (AGMI), diinsaturados (AGDI), altamente insaturados (AGAI), poliinsaturados (AGPI), e das famílias $\omega 6$ e $\omega 3$. Também são mostradas as razões AGPI/AGS e $\omega 6/\omega 3$ do músculo, da cavidade ocular e da gordura cavitária do tambaqui para as diferentes situações de captura. Neste trabalho foram considerados como ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) os ácidos com duas ou mais duplas ligações e, como ácidos graxos altamente insaturados (AGAI), os ácidos com 3 ou mais duplas ligações, conforme o dicionário *The American Heritage* (2000).

Nos lipídios totais, houve uma predominância do grupo dos monoinsaturados, em todas as situações de estudo, exceto para a gordura cavitária do peixe de cultivo e os capturados na natureza no período da cheia e da seca, onde o grupo dos ácidos graxos saturados predominou. O segundo grupo mais abundante foi o grupo dos ácidos graxos saturados (Tabela 3).

De acordo com os resultados da Tabela 3, não houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre o músculo, cavidade ocular e gordura cavitária do peixe de cultivo, para todos os grupos de ácidos graxos, exceto para o dos ácidos graxos altamente insaturados, que apresentou diferença estatística ($p < 0,05$) entre o músculo e os demais tecidos.

Tabela 3. Somatória dos grupos (% de área relativa) e das razões AGPI/AGS e $\omega 6/\omega 3$ em ácidos graxos dos lipídios totais do músculo, da cavidade ocular e da gordura cavitária do tambaqui (*C. macropomum*) para as diferentes situações de captura.

Grupos	Músculo	Época Sazonal							
		Cultivo		Cheia				Seca	
		Cavidade Ocular	Gordura cavitária	Músculo	Cavidade Ocular	Gordura cavitária	Músculo	Cavidade Ocular	Gordura cavitária
AGS	38,36±0,90a	40,89±0,98 ^a	45,22±0,79a	26,14±2,82b	29,91±1,80b	41,49±0,68a	29,84±2,94b	31,31±1,90b	46,22±1,90a
AGMI	41,44±3,31a	42,15±1,38 ^a	43,18±1,80a	39,29±14,85ab	39,12±7,19ab	34,19±1,10bc	35,09±3,31bc	35,72±1,19bc	32,49±1,19bc
AGDI	9,13±1,21e	10,27±1,20de	8,70±0,79e	25,66±1,23a	25,76±7,01a	14,95±3,34cd	19,70±1,26b	19,75±1,18b	15,02±1,18cd
AGAI	4,64±1,72c	2,58±0,63d	1,31±0,28d	7,35±2,80b	8,15±1,67b	3,45±1,70c	13,21±3,00a	9,56±2,34b	3,72±2,34c
AGPI	13,77±2,26c	12,85±1,61c	10,01±0,96c	31,01±4,56a	33,91±4,56a	18,40±2,53b	32,91±3,93a	29,31±1,67a	18,74±1,67b
Omega 6	11,07±1,60cd	11,28±1,45cd	9,42±0,81d	26,08±2,05a	26,73±3,40a	14,30±0,97c	22,24±0,89ab	19,57±0,42b	13,64±0,42c
Omega 3	2,45±0,88c	2,70±1,12c	0,49±0,10d	5,49±2,09b	5,29±1,78b	2,27±0,40c	9,19±2,27a	7,85±,09a	2,26±,09c
AGPI/AGS	0,35±0,06bc	0,31±0,04bc	0,22±0,02c	1,26±0,47a	1,13±0,20a	0,44±0,10b	1,10±0,15a	0,93±0,04d	0,40±0,04b
$\omega 6/\omega 3$	4,51±0,08bc	4,17±0,10c	19,22±0,45a	4,75±0,02b	5,05±0,03b	6,29±0,11b	2,42±0,15d	2,49±0,17d	6,03±0,17b

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente em nível de 5%.

AGS – ácidos graxos saturados, AGMI – ácidos graxos monoinsaturados, AGDI – ácidos graxos diinsaturados, AGAI – ácidos graxos altamente insaturados

AGPI – ácidos graxos poliinsaturados.

A gordura cavitária diferiu significativamente ($p < 0,05$) do músculo e da cavidade ocular em relação a todos os grupos de ácidos graxos, exceto para o grupo dos monoinsaturados. Para os peixes capturados na natureza, no período da seca, foi observado que ocorreu diferença estatística ($p < 0,05$) entre o músculo, cavidade ocular e gordura cavitária, para os grupos dos ácidos graxos altamente insaturados e poliinsaturados. A gordura cavitária diferiu significativamente ($p < 0,05$) em relação ao músculo e à cavidade ocular, para os grupos dos ácidos graxos saturados e diinsaturados.

Comparando um mesmo tecido (músculo) entre o peixe de cultivo e o de recurso natural capturado na época da cheia, houve diferença estatística ($p < 0,05$) para todos os grupos de ácidos graxos, exceto para dos ácidos monoinsaturados. O peixe de cultivo e o de recurso natural, capturado no período da seca, diferiram significativamente ($p < 0,05$) em relação a todos os grupos de ácidos graxos. Entre o músculo dos peixes capturados na natureza, somente os grupos dos ácidos graxos diinsaturados e altamente insaturados diferiram entre os dois períodos estudados.

O músculo do tambaqui de cultivo apresentou o maior valor para o grupo dos ácidos graxos saturados (38,36%) e o menor valor para os poliinsaturados (13,77%). Maia & Rodriguez-Amaya (1992) encontraram para o músculo do tambaqui de cultivo, valores de 40,2% e 2,5%, para os ácidos graxos saturados e poliinsaturados, respectivamente.

Comparando o tecido adiposo da cavidade ocular do peixe de cultivo e o capturado na época da cheia, ocorreu comportamento semelhante ao encontrado para o músculo, onde todos os grupos de ácidos graxos diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) com exceção do grupo dos monoinsaturados. Comparando o tecido adiposo da cavidade ocular do peixe de cultivo e o capturado na época da seca, ocorreu também um comportamento semelhante ao encontrado para o músculo. Comparando o tecido adiposo da cavidade ocular dos peixes capturados na natureza, nas duas épocas sazonais, ocorreu diferença estatística ($p < 0,05$) somente em relação ao grupo dos ácidos graxos diinsaturados.

O *Department of Health and Social Security* (1996) relata que dietas que apresentam razão de AGPI/AGS inferior a 0,45, são consideradas pouco saudáveis, portanto valores maiores desta razão indicam um alimento com valor nutricional superior. O músculo do peixe de cultivo apresentou o menor valor para a razão AGPI/AGS (0,35), diferindo significativamente ($p < 0,05$) dos peixes capturados no período da cheia e da seca. Para o tecido adiposo da cavidade ocular ocorreu diferença estatística ($p < 0,05$) entre todas as situações de captura, sendo que a melhor razão foi observada no peixe capturado na natureza durante o período da cheia. Para a gordura cavitária, somente os peixes capturados na natureza apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$) entre si e todas as relações foram inferiores à descrita pelo *Department of Health and Social Security* (1996).

De acordo com os resultados obtidos para a razão AGPI/AGS, o peixe capturado de recurso natural, durante a época da cheia, seria recomendado como o melhor para a dieta. Essa afirmação se contrapõe aos resultados encontrados para os teores de EPA e DHA, e à razão $\omega 6/\omega 3$, que implicam na escolha dos peixes capturados de recurso natural, porém durante a época de seca. Isto mostra que a razão AGPI/AGS, utilizada na avaliação nutricional de alimentos, principalmente em peixes, deve ser utilizada com determinada cautela. Resultados semelhantes para esta relação foram encontrados para o matrinxã de cultivo e capturado também no período da cheia e da seca (Capítulo II), confirmando a necessidade de cautela para a utilização deste parâmetro para avaliação da qualidade nutricional do alimento.

A somatória de ômega 6 foi superior a somatória de ômega 3 em todas as situações de captura. Entre os três tecidos dos peixes de cultivo, a somatória da família de ômega 6 não diferiu estatisticamente ($p < 0,05$). Nos peixes capturados na natureza durante a época da cheia e da seca, porém, ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$), da gordura cavitária em relação ao músculo e cavidade ocular. Comparando um mesmo tecido (músculo), o peixe de cultivo diferiu significativamente ($p < 0,05$) dos peixes capturados na natureza dos dois períodos sazonais, não ocorrendo diferença significativa entre os peixes capturados na época de cheia e da seca.

Comparando o tecido adiposo da cavidade ocular entre o peixe de cultivo e os capturados na época da cheia e da seca, ocorreu diferença estatística ($p < 0,05$) entre os peixes nas diferentes situações de captura, havendo também diferença significativa ($p < 0,05$) entre os peixes capturados na natureza.

A gordura cavitária do peixe de cultivo diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) em relação ao músculo e a cavidade ocular dos peixes capturados durante a cheia e seca.

Comparando o músculo, cavidade ocular e gordura cavitária dos peixes de cultivo, em relação à somatória da família ômega 3, foi observado que a gordura cavitária diferiu significativamente ($p < 0,05$) em relação ao músculo e cavidade ocular.

Comparando o músculo, cavidade ocular e gordura cavitária dos peixes capturados em um mesmo período (cheia) houve diferença significativa ($p < 0,05$) da gordura cavitária em relação ao músculo e cavidade ocular, assim como também no período da seca.

Comparando um mesmo tecido (músculo), houve diferença estatística ($p < 0,05$) nas três situações de captura: cultivo, períodos da cheia e seca. Ocorreu comportamento similar para o tecido adiposo da cavidade ocular. A gordura cavitária do peixe de cultivo diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) dos peixes capturados na natureza nos dois períodos estudados em relação à somatória dos ácidos graxos ômega 3.

Segundo Henderson & Tocher (1987), a razão $\omega 6/\omega 3$ nos lipídios totais do músculo de peixe de água doce varia entre 0,3 e 2,0. Os valores encontrados para o tambaqui não se enquadram dentro deste intervalo, sendo que o menor valor encontrado foi de 2,42 no músculo dos peixes capturados durante a seca, enquanto os valores obtidos para essa razão no tecido adiposo da cavidade ocular e na gordura cavitária também foram menores nos peixes capturados na época da seca, com 2,49 e 6,03, respectivamente. Portanto o peixe capturado na época da seca, possui a melhor qualidade nutricional.

No músculo do peixe de cultivo, o valor da razão $\omega 6/\omega 3$ foi 4,51, apresentando valor inferior ao de 7,8 encontrado por Maia & Rodriguez-Amaya (1992), para o músculo de tambaqui de cultivo.

Ainda não há consenso entre os pesquisadores quanto ao valor ideal da razão $\omega 6/\omega 3$ indicado à dieta. Simopoulos *et al.* (1999) recomendam um intervalo de 5 a 10, valor superior ao recomendado pelo *Department of Health* (1994) de no máximo 4,0 para esta relação. Nesta pesquisa, somente o músculo e o tecido adiposo da cavidade ocular dos peixes capturados na natureza, durante o período da seca, estão dentro do valor recomendado pelo *Department of Health* (1994), porém os outros valores estão dentro do intervalo recomendado por Simopoulos *et al.* (1999), exceto o valor encontrado para gordura cavitária do peixe de cultivo.

3.3 Composição em ácidos graxos da fração dos lipídios neutros

A Tabela 4 mostra a composição percentual de ácidos graxos dos lipídios neutros do músculo e da cavidade ocular de tambaqui de cultivo em diferentes períodos sazonais.

Na fração de lipídios neutros foram detectados 67 componentes, o total de componentes dessa fração foi superior ao encontrado nos lipídios totais, provavelmente devido a uma concentração no processo de separação. Os principais ácidos graxos encontrados nos peixes de cultivo e nos peixes capturados nos rios seguiram a mesma tendência dos encontrados nos lipídios totais, além de estarem em conformidade com os resultados encontrados por Maia & Rodriguez-Amaya (1992).

Tabela 4. Composição em ácidos graxos dos lipídios neutros (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular do tambaqui (*C. macropomum*) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais.

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
1	12:0	0,04±0,02c	0,05±0,01c	0,05±0,02c	0,27±0,13a	0,13±0,07b	0,34±0,13a
2	13:0	tr	tr	tr	0,05±0,10	tr	0,08±0,10
3	14:0	tr	tr	0,03±0,00	0,04±0,02	tr	tr
4	14:0	1,42±0,14a	1,54±0,10a	0,52±0,07c	0,90±0,05b	0,64±0,24c	1,30±0,24a
5	14:1ω9	0,11±0,03	0,10±0,01	tr	0,03±0,01	tr	0,03±0,01
6	14:1ω7	0,06±0,04	0,07±0,03	0,03±0,01	0,06±0,04	tr	tr
7	14:1ω5	tr	tr	0,07±0,01	0,04±0,01	tr	0,03±0,01
8	15:0	0,08±0,04	0,08±0,08	tr	tr	tr	0,03±0,01
10	15:0	0,17±0,03bcd	0,19±0,05bc	0,14±0,03cd	0,30±0,03a	0,12±0,03d	0,2±0,02ab
11	15:1ω9	nd	nd	tr	0,05±0,01	0,08±0,01	tr
12	15:1ω7	tr	tr	0,08±0,01	0,05±0,01	0,03±0,01	0,03±0,01
14	16:0	0,06±0,01b	0,04±0,01b	0,09±0,01a	0,10±0,00a	0,06±0,01b	0,06±0,01b

continua...

continuação...

Tabela 4. Composição em ácidos graxos dos lipídios neutros (% de área relativa) do músculo, cavidade ocular do tambaqui (*C. macropomum*) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
15	16:0DMA	0,07±0,03	0,07±0,03	tr	0,08±0,03	0,04±0,01	tr
16	X1	0,04±0,03	0,05±0,02	tr	0,03±0,01	0,04±0,02	0,04±0,02
17	16:0	26,25±0,053a	27,19±0,81a	15,41±0,63c	18,07±1,22b	12,88±1,13c	15,87±1,24b
19	16:1ω9	0,72±0,01a	0,41±0,13a	0,31±0,06a	0,51±0,15a	0,24±0,03a	0,36±0,01a
20	16:1ω7	3,94±0,24a	3,95±0,19a	0,73±0,07d	1,79±0,20b	0,60±0,08d	1,12±0,26c
21	16:1ω5	0,05±0,02	0,04±0,03	0,05±0,01	0,13±0,04	tr	0,05±0,00
22	i17:0	0,14±0,05	tr	0,14±0,04	0,08±0,04	0,03±0,03	0,05±0,02
23	16:2ω7	0,18±0,06ab	0,13±0,04b	0,11±0,04b	0,25±0,13a	0,03±0,01c	0,06±0,03c
24	ai17:0	tr	0,20±0,06	tr	0,08±0,03	0,06±0,01	0,11±0,04
25	17:0	0,33±0,07b	0,36±0,09b	0,29±0,02b	0,44±0,06a	0,20±0,03c	0,28±0,02b
26	17:1ω9	tr	tr	0,09±0,01	0,04±0,01	tr	0,02±0,00
27	17:1ω7	0,16±0,04a	0,18±0,05a	0,06±0,01b	0,11±0,01a	0,06±0,01b	0,06±0,01b

continua...

continuação...

Tabela 4. Composição em ácidos graxos dos lipídios neutros (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular do tambaqui (*C. macropomum*) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais.

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
29	18:0DMA	0,05±0,01	0,03±0,01	tr	tr	0,03±0,03	0,04±0,00
30	18:1DMA	0,07±0,01	0,10±0,02	0,13±0,03	tr	0,11±0,01	tr
31	18:0	12,19±0,37a	11,83±0,35a	9,27±3,11a	10,32±1,32a	11,67±3,38a	10,12±1,88a
32	18: 1ω11	tr	tr	nd	nd	tr	nd
33	18:1ω9	35,27±1,46ab	33,97±1,73ab	26,99±16,73b	28,01±8,16b	40,10±3,13a	31,59±2,08ab
34	18:1ω7	2,45±0,2a	2,582±0,21a	2,83±0,84a	2,49±0,66a	1,84±0,21a	2,04±0,31a
35	18: 1ω6	tr	0,04±0,04	tr	tr	0,03±0,01	0,04±0,00tr
36	18:1ω5	0,09±0,03	0,11±0,01	0,05±0,01	0,04±0,01	tr	tr
37	18:2ω6	8,77±1,37c	9,56±1,28c	20,18±5,65ab	19,03±5,66b	27,32±1,52ab	21,48±2,55b
38	18: 2ω4	tr	0,04±0,03	0,03±0,01	tr	0,03±0,00	0,04±0,00
39	18:3ω6	0,16±0,03d	0,19±0,03cd	0,27±0,06a	0,21±0,05bc	0,24±0,01ab	0,22±0,02bc
40	19:0	tr	tr	tr	tr	tr	tr

continua...

continuação...

Tabela 4. Composição em ácidos graxos dos lipídios neutros (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular do tambaqui (*C. macropomum*) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
41	18:3 ω 4	0,03 \pm 0,00	0,05 \pm 0,02	tr	0,05 \pm 0,00	tr	0,05 \pm 0,01
43	18:3 ω 3	0,61 \pm 0,09d	0,66 \pm 0,05d	3,45 \pm 0,08c	3,95 \pm 2,00bc	5,62 \pm 1,95a	6,19 \pm 1,02a
44	19:2 ω 7	0,06 \pm 0,04b	0,05 \pm 0,02b	1,33 \pm 0,83a	2,07 \pm 0,06a	1,69 \pm 0,76a	1,97 \pm 0,54a
45	18:4 ω 3	tr	0,03 \pm 0,00	0,05 \pm 0,01	tr	0,05 \pm 0,02	0,05 \pm 0,00
46	X2	tr	0,03 \pm 0,02	0,03 \pm 0,01	0,08 \pm 0,03	0,03 \pm 0,03	0,03 \pm 0,00
47	20:0	0,13 \pm 0,03b	0,14 \pm 0,02b	0,53 \pm 0,09a	0,47 \pm 0,15ab	1,03 \pm 0,58a	0,74 \pm 0,03a
48	20:1 ω 11	0,12 \pm 0,01b	0,012 \pm 0,01b	0,16 \pm 0,03b	0,47 \pm 0,27a	0,08 \pm 0,03b	0,22 \pm 0,01ab
49	20:1 ω 9	1,43 \pm 0,10a	1,58 \pm 0,04a	0,87 \pm 0,21b	0,81 \pm 0,28b	1,77 \pm 0,18b	0,68 \pm 0,17b
50	20:1 ω 7	tr	tr	tr	0,07 \pm 0,00	tr	0,05 \pm 0,00
51	20:2 ω 9	0,06 \pm 0,03b	0,07 \pm 0,02b	0,09 \pm 0,02b	0,15 \pm 0,07a	0,13 \pm 0,08a	0,12 \pm 0,07a
52	19:4 ω 3	0,16 \pm 0,05a	0,18 \pm 0,01a	0,17 \pm 0,02a	0,16 \pm 0,0b	0,11 \pm 0,02b	0,09 \pm 0,03b

continua...

continuação...

Tabela 4. Composição em ácidos graxos dos lipídios neutros (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular do tambaqui (*C. macropomum*) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais.

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
53	20:2ω6	0,45±0,05bc	0,56±0,03ab	0,36±0,05c	0,51±0,18bc	0,56±0,03ab	0,64±0,06a
54	20:3ω9	0,09±0,05	0,13±0,01	0,10±0,06	0,03±0,01	tr	tr
56	20:3ω6	0,48±0,05ab	0,54±0,07a	0,39±0,14b	0,40±0,08b	0,49±0,07ab	0,39±0,09b
57	20:4ω6	0,39±0,09d	0,40±0,13d	0,74±0,27bc	0,57±0,24cd	1,21±0,15a	0,70±0,07b
58	20:3ω3	0,06±0,04e	0,07±0,00de	0,10±0,07c	0,15±0,05c	0,18±0,01b	0,20±0,02a
59	X4	0,06±0,01a	0,03±0,00ab	0,07±0,03a	0,07±0,05a	0,05±0,03ab	0,03±0,00ab
60	20:4ω3	0,03±0,01c	0,07±0,02b	0,05±0,02ab	0,03±0,04ab	0,09±0,03ab	0,11±0,05a
61	20:5ω3	0,12±0,06a	0,10±0,01a	0,10±0,07a	0,12±0,05a	0,16±0,03a	0,17±0,05a
62	22:0	0,08±0,0b	0,08±0,04b	0,22±0,14a	0,20±0,03a	0,29±0,16a	0,16±0,03ab
63	22:1ω11	tr	0,04±0,01	tr	0,07±0,01	0,12±0,02	0,21±0,06
64	22:1ω9	tr	0,06±0,02	0,05±0,05	0,12±0,04	0,05±0,02	0,12±0,02
65	21:3ω3	tr	tr	0,11±0,03	0,08±0,01	tr	tr

continua...

continuação...

Tabela 4. Composição em ácidos graxos dos lipídios neutros (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular do tambaqui (*C. macropomum*) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais.

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
67	22:2ω6	tr	0,05±0,00	0,04±0,01	0,03±0,00		
68	22:3ω6	0,07±0,00	0,10±0,02	tr	tr	0,15±0,04	tr
69	22:4ω6	0,22±0,15a	0,16±0,07ab	0,15±0,05ab	0,16±0,01ab	0,12±0,03ab	0,09±0,02b
70	22:3ω3	0,16±0,10b	0,09±0,04b	0,12±0,04b	0,29±0,08a	0,33±0,06a	0,23±0,02ab
71	22:4ω3	0,22±0,10b	0,25±0,18ab	0,31±0,12ab	0,36±0,07ab	0,48±0,10a	0,20±0,06b
72	22:5ω3	0,17±0,02b	0,21±0,10b	0,31±0,12a	0,49±0,01a	0,34±0,13a	0,49±0,05a
73	24:0	tr	tr	tr	tr	0,05±0,01	tr
74	22:6ω3	0,21±0,08b	0,27±0,18b	0,49±0,06a	0,53±0,05a	0,52±0,07a	0,29±0,06a

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente em nível de 5%.

ai = anteiso, i = iso, x = não identificado, tr = traços (valor inferior a 0,03%), nd = não detectado, dma = dimetilacetato

Comparando os dois tecidos, músculo e cavidade ocular do peixe de cultivo, em relação aos principais ácidos graxos, não houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre todos os ácidos graxos majoritários e os de importância nutricional.

Entre músculo e tecido adiposo da cavidade ocular, para o peixe capturado no período da cheia, somente o ácido graxo palmítico diferiu significativamente ($p < 0,05$), sendo que o maior valor foi de 18,07%, no tecido adiposo da cavidade ocular. Entre estes dois tecidos, foi observada diferença estatística ($p < 0,05$) em relação aos ácidos graxos palmítico e araquidônico para os peixes de recurso natural capturados na época da seca.

Comparando um mesmo tecido (músculo) entre o peixe de cultivo e os capturados na natureza no período da cheia foi observado que houve diferença estatística ($p < 0,05$) em relação aos ácidos graxos palmítico, linoléico, α -linolênico, araquidônico e DHA, assim como entre os peixes de cultivo e os capturados no período da seca. O ácido saturado mais abundante no músculo do peixe de cultivo enquanto os maiores teores dos ácidos graxos poliinsaturados ocorreram no músculo dos peixes capturados na natureza.

Entre o músculo dos peixes capturados do recurso natural no período da cheia e da seca foi observada diferença estatística ($p < 0,05$) em relação aos ácidos graxos oléico, α -linolênico, araquidônico, sendo que os maiores valores ocorreram no músculo do peixe de recurso natural capturado no período da seca.

Para o peixe de cultivo e o capturado na época da cheia, comparando os teores encontrados no tecido adiposo da cavidade ocular, foi observada diferença estatística ($p < 0,05$) em relação aos ácidos graxos palmítico, linoléico, α -linolênico e DHA. O peixe de cultivo apresentou maior valor para o ácido graxo palmítico, enquanto os demais foram maiores nos peixes capturados no período da cheia.

Comparando este mesmo tecido entre o peixe de cultivo e o capturado do recurso natural na época da seca foi verificada diferença estatística ($p < 0,05$) em relação a estes mesmos ácidos graxos, palmítico, linoléico, α -linolênico, e DHA, mais o ácido araquidônico. A mesma situação foi observada, pois o ácido

palmitico apresentou maior valor no músculo do peixe de cultivo, enquanto os outros ácidos apresentaram teores maiores no músculo do peixe capturado na natureza.

Comparando o tecido adiposo da cavidade ocular entre os peixes capturados na natureza, ocorreu diferença estatística ($p < 0,05$) em relação aos ácidos graxos α -linolênico e araquidônico, sendo que estes mostraram maiores valores nos peixes capturados no período da seca.

Maia & Rodriguez-Amaya (1992) analisaram a fração de lipídios neutros e detectaram o ácido graxo EPA em concentração de traços no músculo de tambaqui, enquanto neste experimento o valor encontrado foi de 0,12%. Para o DHA, no entanto, estes autores encontraram um valor de 0,2%, semelhante ao encontrado no músculo do peixe de cultivo neste estudo.

3.3.1 Somatória dos grupos em ácidos graxos da fração dos lipídios neutros

A Tabela 5 mostra os resultados das somatórias das percentagens relativas em ácidos graxos dos lipídios neutros por grupo de ácidos graxos, tais como saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI), diinsaturados (AGDI), altamente insaturados (AGAI), poliinsaturados (AGPI), no músculo e no tecido adiposo da cavidade ocular do tambaqui, para as três diferentes situações de captura.

Na fração dos lipídios neutros, o grupo dos ácidos graxos monoinsaturados predominou em todas as situações de captura nos dois tecidos estudados e o segundo grupo foi o grupo dos ácidos graxos saturados (Tabela 5).

Tabela 5. Somatória dos grupos (% de área relativa) em ácidos graxos da fração dos lipídios neutros do músculo e cavidade ocular do tambaqui (*C. macropomum*) para as diferentes situações de captura.

GRUPOS	Época sazonal					
	Cultivo		Cheia		Seca	
	Músculo	Cavidade Ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade Ocular
AGS	40,66±0,89a	41,37±0,77a	26,44±0,86c	31,17±1,56b	26,97±1,02c	26,99±0,68c
AGMI	44,05±1,33a	43,19±1,25a	43,35±1,65a	40,01±1,23a	36,27±1,29a	35,96±1,52a
AGDI	9,49±1,21c	10,41±1,10c	22,03±1,20b	21,79±1,15b	29,73±1,18a	24,25±1,15ab
AGAI	3,02±0,56b	3,33±0,43b	6,91±0,61a	7,58±0,24a	9,73±0,52a	9,47±0,42a
AGPI	12,51±1,10c	13,74±0,09c	28,94±1,53b	29,37±1,32b	39,46±1,61a	33,72±1,02ab

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente em nível de 5%.

AGS – ácidos graxos saturados, AGMI – ácidos graxos monoinsaturados, AGDI – ácidos graxos diinsaturados, AGAI – ácidos graxos altamente insaturados, AGPI – ácidos graxos poliinsaturados.

Comparando o músculo e o tecido adiposo da cavidade ocular, foi observado que somente no peixe capturado no período da cheia ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$) entre os dois tecidos, apenas em relação ao grupo dos ácidos graxos saturados.

Comparando um mesmo tecido (músculo) entre o peixe de cultivo e os capturados na natureza nos dois períodos estudados, houve diferença estatística ($p < 0,05$) em relação a todos os grupos, com exceção do grupo dos monoinsaturados. Entre os peixes provenientes de recurso natural, o grupo dos diinsaturados e dos poliinsaturados diferiu estatisticamente ($p < 0,05$).

Estabelecendo uma comparação do tecido adiposo da cavidade ocular, entre o peixe de cultivo e os capturados na natureza no período da cheia e da seca, foi observado um comportamento semelhante ao que ocorreu no músculo. Entre o tecido adiposo da cavidade ocular dos peixes capturados na natureza no período da cheia e da seca, somente o grupo dos ácidos graxos saturados diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) e o maior valor observado foi de 31,17% na cavidade ocular dos peixes capturados na cheia.

O músculo do tambaqui de cultivo apresentou para o grupo dos diinsaturados um valor de 9,49%, para os altamente insaturados, 3,02% e 12,51% para os poliinsaturados, que foram superiores aos valores encontrados por Maia & Rodriguez-Amaya (1992), de 8,7%, 1,4% e 10,1%, respectivamente.

3.4 Composição em ácidos graxos da fração dos fosfolipídios

Na fração de fosfolipídios foi encontrado um total de 63 componentes. As percentagens relativas dos ácidos graxos poliinsaturados aumentaram na fração de fosfolipídios em relação aos lipídios totais (Tabela 6). Isto ocorre porque nos lipídios estruturais, constituídos pelos fosfolipídios, encontra-se a maior parte de ácidos graxos poliinsaturados.

Os principais ácidos graxos encontrados no músculo nos peixes de cultivo na fração dos fosfolipídios, em ordem decrescente de percentagem, foram o oléico, palmítico, esteárico e o linoléico, mostrando que houve uma inversão do valor percentual entre os peixes de cultivo e os capturados na natureza, onde os

principais ácidos graxos encontrados foram o esteárico, oléico, palmítico e linoléico para os períodos de cheia e da seca.

Os ácidos araquidônico e DHA e os dimetilacetais 16:0 DMA, 18:0 DMA, 18:1 DMA tiveram suas percentagens de área relativa aumentadas nos fosfolípidios em todas as situações em estudo. Este aumento foi também observado para várias espécies de peixes de água doce (Maia & Rodriguez-Amaya, 1992; Maia *et al.*, 1995; Maia, 1992; Visentainer, 2003; Inhamuns, 2000; Maia *et al.*, 1994).

Tabela 6. Composição em ácidos graxos dos fosfolipídios (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular do tambaqui (*C. macropomum*) de cultivo e capturado em diferentes épocas sazonais.

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
1	12:0	0,08±0,00b	0,11±0,02b	0,12±0,02b	0,37±0,12a	0,10±0,03b	0,35±0,18a
2	13:0	0,05±0,02	0,09±0,03	tr	0,04±0,02	tr	0,03±0,02
3	i14:0	0,05±	0,03±	tr	tr	tr	tr
4	14:0	0,99±0,05b	1,54±0,08a	0,56±0,09bc	0,95±0,06b	0,26±0,06c	1,48±0,04a
5	14:1ω9	0,06±0,04	0,03±0,00	0,08±0,00	tr	0,28±0,05	tr
6	14:1ω7	0,04±0,00	0,04±0,01	0,14±0,01	tr	0,18±0,04	tr
8	i15:0	0,04±0,01	tr	tr	0,05±0,02	0,09±0,04	tr
9	ai15:0	nd	tr	nd	tr	tr	tr
10	15:0	0,13±0,05b	0,25±0,07a	0,07±0,02c	0,21±0,02ab	0,14±0,08b	0,24±0,04a b
11	15:1ω9	tr	0,05±0,02	0,09±0,03	tr	tr	tr
12	15:1ω7	0,03±0,00	0,06±0,01	0,06±0,01	0,03±0,00	0,05±0,00	tr
14	i16:0	0,13±0,02b	0,11±0,04b	0,27±0,02a	0,09±0,00b	0,25±0,02a	0,29±0,02a

continua...

continuação...

Tabela 6. Composição em ácidos graxos dos fosfolipídios (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular do tambaqui (*C. macropomum*) de cultivo e capturado em diferentes períodos sazonais.

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
15	16:0DMA	2,53±0,09a	1,05±0,08a	0,28±0,02b	0,33±0,02b	0,37±0,02b	0,31±0,02b
16	X1	0,50±0,04a	0,58±0,02a	0,11±0,02b	0,09±0,00b	0,13±0,01b	0,14±0,01b
17	16:0	22,40±6,35a	23,84±1,96a	8,67±2,06b	4,06±0,06bc	7,23±194b	2,09±1,20c
18	16:1ω11	0,06±0,01	tr	0,07±0,01	tr	tr	tr
19	16:1ω9	0,34±0,08ab	0,53±0,09a	0,15±0,02c	0,21±0,13b	0,26±0,02b	0,21±0,03b
20	16:1ω7	2,83±1,07d	3,47±0,38d	13,16±1,98b	16,87±0,70a	8,06±4,74c	13,53±1,96b
21	16:1ω5	0,03±0,00	tr	0,14±0,05	0,14±0,08	0,18±0,14	tr
22	i17:0	tr	0,02±0,00	0,25±0,04	0,39±0,01	0,16±0,06	tr
23	16:2ω7	0,06±0,0e1	0,14±0,07d	0,34±0,05bc	0,99±0,16a	0,54±0,04b	0,23±0,06c
24	ai17:0	0,14±0,02c	0,08±0,01d	018±0,04bc	0,07±0,01d	027±0,07b	1,61±0,41 ^a
25	17:0	0,24±0,07ab	0,36±0,03a	0,29±0,05ab	0,37±0,06a	0,22±0,08ab	0,16±0,08b
26	17:1ω9	tr	tr	0,08±0,02	tr	0,05±0,01	tr

continua...

continuação...

Tabela 6. Composição em ácidos graxos dos fosfolipídios (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular do tambaqui (*C. macropomum*) de cultivo e capturado em diferentes períodos sazonais.

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
15	16:0DMA	2,53±0,09a	1,05±0,08a	0,28±0,02b	0,33±0,02b	0,37±0,02b	0,31±0,02b
16	X1	0,50±0,04a	0,58±0,02a	0,11±0,02b	0,09±0,00b	0,13±0,01b	0,14±0,01b
17	16:0	22,40±6,35a	23,84±1,96a	8,67±2,06b	4,06±0,06bc	7,23±194b	2,09±1,20c
18	16:1ω11	0,06±0,01	tr	0,07±0,01	tr	tr	tr
19	16:1ω9	0,34±0,08ab	0,53±0,09a	0,15±0,02c	0,21±0,13b	0,26±0,02b	0,21±0,03b
20	16:1ω7	2,83±1,07d	3,47±0,38d	13,16±1,98b	16,87±0,70a	8,06±4,74c	13,53±1,96b
21	16:1ω5	0,03±0,00	tr	0,14±0,05	0,14±0,08	0,18±0,14	tr
22	i17:0	tr	0,02±0,00	0,25±0,04	0,39±0,01	0,16±0,06	tr
23	16:2ω7	0,06±0,0e1	0,14±0,07d	0,34±0,05bc	0,99±0,16a	0,54±0,04b	0,23±0,06c
24	ai17:0	0,14±0,02c	0,08±0,01d	018±0,04bc	0,07±0,01d	027±0,07b	1,61±0,41 ^a
25	17:0	0,24±0,07ab	0,36±0,03a	0,29±0,05ab	0,37±0,06a	0,22±0,08ab	0,16±0,08b
26	17:1ω9	tr	tr	0,08±0,02	tr	0,05±0,01	tr

continua...

continuação...

Tabela 6. Composição em ácidos graxos dos fosfolipídios (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular do tambaqui (*C. macropomum*) de cultivo e capturado em diferentes períodos sazonais.

Pico	Ácido graxo	Cultivo		Época sazonal			
		Músculo	Cavidade ocular	Cheia		Seca	
				Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
47	20:0	0,18±0,06b	0,07±0,00c	0,07±0,03c	0,21±0,07ab	0,21±0,08a _b	0,28±0,03a
49	20:1ω9	0,09±0,00	0,03±0,00	0,04±0,01	tr	tr	tr
50	20:1ω7	1,29±0,03a	1,43±0,10a	0,36±0,09c	0,50±0,05bc	0,36±0,11c	0,70±0,17b
51	20:2ω9	0,03±0,00	tr	0,04±0,00	tr	tr	0,06±0,04
52	19:4ω3	0,10±0,08	0,11±0,01	tr	tr	tr	tr
53	20:2ω6	0,72±0,03a	0,60±0,03a	0,82±0,06a	0,73±0,06a	0,72±0,03a	0,77±0,05a
54	20:3ω9	0,28±0,03ab	0,13±0,03abc	0,37±0,02a	0,18±0,08abc	0,10±0,01bc	0,05±0,01a
55	X3	0,05±0,01	tr	0,13±0,06	0,04±0,00	0,12±0,05	tr
56	20:3ω6	1,44±0,04a	0,82±0,14a	1,21±0,04a	0,84±0,03a	1,26±0,40a	1,12±0,04a
57	20:4ω6	5,08±0,04b	2,70±0,07c	12,97±1,47a	5,01±0,92bc	14,90±1,72 _a	7,49±2,56b
58	20:3ω3	0,07±0,02ab	0,03±0,00c	0,15±0,04a	0,03±0,01c	0,09±0,01b	0,10±0,00b
59	X4	0,04±0,02	tr	tr	0,04±0,00	0,04±0,02	tr

continua...

continuação...

Tabela 6 Composição em ácidos graxos dos fosfolipídios (% de área relativa) do músculo e cavidade ocular do tambaqui (*C. macropomum*) de cultivo e capturado em diferentes períodos sazonais.

Pico	Ácido graxo	Época sazonal					
		Cultivo		Cheia		Seca	
		Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
60	20:4 ω 3	0,05 \pm 0,003	tr	0,11 \pm 0,01	0,14 \pm 0,06tr	0,03 \pm 0,00	tr
61	20:5 ω 3	0,45 \pm 0,04cd	0,11 \pm 0,03d	1,28 \pm 0,26b	0,48 \pm 0,06dc	1,92 \pm 0,29a	0,77 \pm 0,22c
62	22:0	0,05 \pm 0,03ab	0,04 \pm 0,00ab	0,04 \pm 0,00ab	0,16 \pm 0,02a	0,09 \pm 0,02ab	0,05 \pm 0,00ab
67	22:2 ω 6	0,10 \pm 0,04	0,12 \pm 0,04	0,08 \pm 0,03	tr	tr	tr
69	22:4 ω 6	0,12 \pm 0,05b	0,18 \pm 0,03ab	0,20 \pm 0,03ab	0,37 \pm 0,03a	0,10 \pm 0,07b	0,12 \pm 0,07b
70	22:3 ω 3	0,51 \pm 0,06b	0,32 \pm 0,09b	1,92 \pm 0,04a	0,80 \pm 0,06b	2,07 \pm 0,51a	1,66 \pm 0,06a
71	22:4 ω 3	2,67 \pm 0,09b	1,30 \pm 0,04b	6,60 \pm 1,05a	2,00 \pm 0,06b	6,94 \pm 1,18a	3,17 \pm 0,04b
72	22:5 ω 3	0,54 \pm 0,01cd	0,28 \pm 0,06d	2,14 \pm 0,09a	0,92 \pm 0,07bc	2,13 \pm 0,30a	1,34 \pm 0,07b
73	24:0	0,33 \pm 0,09b	0,29 \pm 0,09b	0,50 \pm 0,07a	0,48 \pm 0,05a	0,21 \pm 0,04c	0,19 \pm 0,01c
74	22:6 ω 3	3,12 \pm 0,06bc	2,20 \pm 0,04c	10,54 \pm 1,87a	3,44 \pm 0,63bc	9,96 \pm 1,92a	5,70 \pm 1,81b

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente em nível de 5%.

ai = anteiso, i = iso, x = não identificado, tr = traços (valor inferior a 0,03%) nd = não detectado, dma = dimetilacetato

Comparando os dois tecidos, músculo e cavidade ocular do peixe de cultivo, em relação aos principais ácidos graxos, somente o ácido araquidônico diferiu significativamente ($p < 0,05$) entre todos os ácidos graxos majoritários e os de importância nutricional. O músculo e cavidade ocular dos peixes capturados na época da cheia diferiram significativamente ($p < 0,05$) em relação a todos os ácidos graxos majoritários e os de importância nutricional, exceto para os ácidos graxos palmítico, esteárico e o α -linolênico. Durante o período da seca houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre o músculo e a cavidade ocular em relação aos ácidos palmítico, oléico, α -linolênico, araquidônico, EPA e DHA, sendo que os ácidos palmítico, araquidônico, EPA e DHA apresentaram maiores valores no músculo e os ácidos oléico e α -linolênico apresentaram maiores valores no tecido adiposo da cavidade ocular.

Comparando um mesmo tecido (músculo) entre o peixe de cultivo e os peixes capturados na natureza nos dois períodos, houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos ácidos palmítico, esteárico, oléico, araquidônico, EPA e DHA, sendo que apenas os ácidos palmítico e araquidônico predominaram no peixe de cultivo. Entre o peixe de recurso natural, capturado na época da cheia e seca, foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) somente para o EPA, o maior valor ocorreu no músculo dos peixes capturados na época da seca.

Comparando um mesmo tecido (cavidade ocular) entre o peixe de cultivo e o capturado no período da cheia, ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos ácidos palmítico, oléico e linoléico, sendo que os ácidos palmítico e oléico predominaram nos peixes de cultivo. Entre o peixe de cultivo e o capturado no período da seca, houve diferença significativa em relação aos ácidos palmítico, α -linolênico, araquidônico, EPA e DHA, sendo que o ácido graxo saturado apresentou maior valor nos peixes de cultivo e os poliinsaturados no peixe capturado no período da seca, porém, comparando este mesmo tecido entre os peixes capturados na natureza, somente os ácidos linoléico e α -linolênico diferiram significativamente ($p < 0,05$).

3.4.1 Somatória dos grupos em ácidos graxos da fração de fosfolipídios

A Tabela 7 mostra os resultados das somatórias da percentagem relativa dos ácidos graxos de fosfolipídios por grupo de saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI), diinsaturados (AGDI), altamente insaturados (AGAI), poliinsaturados (AGPI), do músculo e da cavidade ocular do tambaqui para as diferentes situações de captura.

Houve uma mudança na composição de ácidos graxos, em relação as frações de fosfolipídios e lipídios totais. Ocorreu na fração de fosfolipídios uma redução dos grupos de saturados, monoinsaturados e diinsaturados e um aumento no grupo dos poliinsaturados, em relação aos lipídios totais (Tabelas 3 e 7).

Analisando o músculo e a cavidade ocular dos peixes de cultivo, foi observado que não houve diferença significativa ($p < 0,05$) para todos os grupos de ácidos graxos. Porém, comparando estes dois tecidos em relação aos peixes capturados na época da cheia, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre todos os grupos de ácidos graxos, exceto para o grupo dos saturados. Entre o músculo e tecido adiposo da cavidade ocular dos peixes capturados na época da seca, somente o grupo dos ácidos graxos diinsaturados não diferiu significativamente ($p < 0,05$).

Tabela 7. Somatória dos grupos (% de área relativa) em ácidos graxos da fração dos fosfolipídios do músculo e da cavidade ocular do tambaqui (*C. macropomum*) para as diferentes situações de captura.

GRUPOS	Época Sazonal					
	Cultivo		Cheia		Seca	
	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade Ocular	Músculo	Cavidade Ocular
AGS	35,82±1,96a	38,13±1,67a	22,07±1,33bc	18,18±1,20bc	22,41±1,53b	16,65±1,15c
AGMI	35,04±2,02ab	39,64±2,30a	24,91±1,97bc	41,17±2,27a	19,16±2,12c	41,40±1,59a
AGDI	9,38±1,30b	8,60±1,27b	9,96±0,99b	15,69±1,07a	7,00±1,59b	9,11±1,11b
AGAI	15,13±2,56cb	8,72±0,97c	38,46±2,33a	17,53±2,27bc	39,93±2,49a	22,70±1,56b
AGPI	24,51±1,57c	17,32±2,12c	48,42±1,69a	33,22±1,94b	46,93±2,34a	31,81±2,65b

Média seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente em nível de 5%.

AGS – ácidos graxos saturados, AGMI – ácidos graxos monoinsaturados, AGDI – ácidos graxos diinsaturados, AGAI – ácidos graxos altamente insaturados AGPI – ácidos graxos poliinsaturados.

Comparando um mesmo tecido (músculo) entre os peixes de cultivo e os capturados na natureza, na época da cheia houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos grupos dos ácidos graxos saturados, altamente insaturados e poliinsaturados. O músculo do peixe de cultivo apresentou maior valor para os saturados, enquanto os outros foram maiores no músculo dos peixes capturados na época da cheia. Entre o peixe de cultivo e o capturado no período da seca, ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$) em relação a todos os grupos dos ácidos graxos, exceto para o grupo dos diinsaturados. Entre os peixes capturados na natureza nos dois períodos sazonais não houve diferença significativa ($p < 0,05$) para todos os grupos dos ácidos graxos.

Comparando a cavidade ocular dos peixes de cultivo e os capturados no período da cheia, os grupos dos ácidos graxos saturados, diinsaturados e poliinsaturados diferiram estatisticamente ($p < 0,05$). Entre os peixes de cultivo e os capturados na época da seca, ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos grupos dos saturados, altamente insaturados e poliinsaturados. O tecido adiposo da cavidade ocular dos peixes capturados no período da seca apresentou maior valor para o grupo dos ácidos graxos altamente insaturados e poliinsaturados. Entre os peixes capturados na natureza, somente o grupo dos diinsaturados diferiu significativamente ($p < 0,05$) e o tecido adiposo da cavidade ocular dos peixes capturados na época da cheia apresentou o maior valor.

3.5 Teores médios de lipídios totais, umidade e composição dos ácidos graxos das rações

Os teores de lipídios totais e umidade nas rações administradas ao tambaqui foram de 5,29 e de 12,83%, respectivamente. O teor de lipídios totais de 5,29% está abaixo dos comumente encontrado nas rações comerciais, que são de aproximadamente 13% (Nutron Alimentos, 1998). Valores de 10 a 20% de lipídios totais nas rações são considerados ideais para o desenvolvimento de diversas espécies de peixes (Martino & Takahashi, 2001)

A tabela 8 mostra a composição percentual em ácidos graxos das rações administradas ao tambaqui cultivado.

Na análise de ácidos graxos foram detectados 42 componentes na ração administrada ao peixe de cultivo. Os ácidos graxos majoritários, em ordem decrescente de percentagem, foram os ácidos linoléico (29,96%), oléico (23,28%), palmítico (20,26%) e esteárico (13,89%).

Os ácidos graxos de maior interesse nesta pesquisa são os ácidos graxos majoritários e os de importância nutricional, e os únicos que não foram detectados na ração foram os ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa AA e DHA.

Os ácidos graxos α -linolênico e EPA foram detectados com 2,14% e 0,20%, respectivamente. O teor de EPA detectado na ração pode ser explicado pelo fato do uso de farinha de peixe como um dos componentes utilizado na formulação da ração. O ácido graxo DHA não foi detectado na ração.

O total de ácidos graxos saturados foi de 37,76% e o de poliinsaturados foi de 33,32%. A somatória dos ácidos graxos da família ômega 6 foi de 30,42% e a de ômega 3 foi de 2,75%. A razão encontrada para $\omega 6/\omega 3$ foi de 11,06, indicando o desbalanceamento entre as duas séries de ácidos graxos.

No entanto, apesar deste desbalanceamento das rações, os peixes de cultivo foram nutricionalmente comparáveis aos peixes de recurso natural, quando capturados na época da cheia. Este estudo feito com tambaqui, juntamente com

Os resultados obtidos para o matrinxã de cativeiro (capítulo II), estão indicando que o sistema de cultivo semi-intensivo (viveiro escavado com adubação da água) da região do Amazonas, permite boa qualidade nutricional das espécies. Isto pode representar para a região Amazônica um potencial bastante grande, principalmente seguindo a recomendação que a ração deve ainda melhorar para que o peixe possa atingir o mesmo nível nutricional daquele capturado na época da seca.

Tabela 8. Composição de ácidos graxos das rações, em percentagem de área relativa (%).

Ácido Graxo	Média±dp(%)	Ácido Graxo	Média±dp (%)	Ácido Graxo	Média±dp(%)
12:0	0,06±0,01	17:0	0,83±0,01	18:3ω3	2,14±0,01
13:0	0,11±0,00	17:1ω9	0,32±0,02	X4	0,11±0,00
14:0	1,57±0,02	17:1ω7	0,24±0,00	20:0	0,31±0,10
X1	0,20±0,00	18:0	13,89±1,15	20:1ω11	0,27±0,00
14:1ω9	0,27±0,40	18:1ω9	23,28±0,43	20:1ω9	0,46±0,07
14:1ω7	0,30±0,03	18:1ω7	2,24±0,01	X5	0,09±0,05
15:0	0,43±0,06	18:1ω6	0,25±0,09	20:4ω3	0,16±0,03
15:1ω9	0,24±0,00	18:1ω5	0,14±0,01	20:5ω3	0,20±0,05
16:0	20,26±0,15	X	0,07±0,00	22:0	0,17±0,02
16:1ω9	0,19±0,3	X3	0,14±001	22:1ω11	0,26±0,01
16:1ω7	0,74±0,21	18:2ω6	29,96±2,15	22:1ω9	0,30±0,00
16:2ω7	0,28±0,05	18:2ω4	0,11±0,03	22:3ω6	0,15±0,01
ai17:0	0,43±0,07	19:0	0,13±0,01	22:3ω3	0,11±0,03
X2	0,11±0,00	18:3ω6	0,06±0,00	22:5ω3	0,14±0,03

ai = anteiso, x = não identificado

4. CONCLUSÃO

Foram identificados 61 ácidos graxos nos lipídios totais, 67 nos neutros e 63 nos fosfolipídios do tambaqui proveniente de sistema de cultivo semi-intensivo e os capturados nos dois períodos sazonais (cheia e seca) da Amazônia Central.

Nos peixes de cultivo e nos capturados no habitat natural os mesmo ácidos graxos majoritários foram encontrados nos lipídios totais e nas frações de lipídios neutros e fosfolipídios, porém, houve inversão da ordem dos principais ácidos graxos dos peixes de cultivo e os capturados na natureza, no período da cheia e seca.

Ocorreu a mesma ordem de ácidos graxos majoritários nos lipídios totais e neutros, tanto para os peixes de cultivo como para os capturados do habitat natural. Na fração de fosfolipídios a ordem dos ácidos graxos principais, nos peixes de cultivo foi similar a dos lipídios totais e neutros, porém ocorreu inversão em relação aos peixes capturados na natureza.

O peixe de cultivo foi inferior aos peixes de recurso natural em relação à quantidade dos ácidos graxos poliinsaturados, entretanto a razão $\omega 6/\omega 3$ dos peixes de cultivo foi menor no músculo e no tecido adiposo da cavidade ocular do que a razão encontrada nos peixes capturados no período da cheia.

O peixe capturado do habitat natural foi considerado melhor para o consumo, principalmente quando capturado no período da seca, por apresentar maior teor dos ácidos graxos EPA e DHA essenciais para a dieta.

Não houve diferença de qualidade e quantidade entre o músculo e o tecido adiposo da cavidade ocular, que possa garantir ser o tecido adiposo da cavidade ocular melhor fonte de AGPI que o músculo.

A característica sazonal da região Amazônica influenciou a composição de ácidos graxos da espécie em estudo.

O percentual de AGPI da gordura cavitária dos peixes de natureza foi superior ao dos três tecidos do peixe de cultivo.

A obtenção das classes de lipídios neutros e fosfolipídios permite avaliar as características da composição dos ácidos graxos de cada classe, mostrando maiores teores de certos grupos ou de determinados ácidos graxos em determinadas classes de lipídios do tambaqui. Do ponto de vista tecnológico o fracionamento pode fornecer informações importantes para a indústria de pescado, para o preparo, armazenamento e concentração de ácidos graxos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKMAN, R. G. Nutritional composition of fats in seafood. **Progress in Food and Nutrition Science**, v.13, p. 161-241, 1989.
- ALMEIDA, N.M. **Alterações *post-mortem* em *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), procedentes da piscicultura e conservados em gelo**. 1998. 90p. Tese de Mestrado. Faculdade de Farmácia, Universidade Federal do Amazonas.
- ANDRADE, A. D., RUBIRA, A. F., MATSUSHITA, M., SOUZA, N. E. ω - 3 Fatty acids in freshwater fish from south Brazil. **Journal American Oil Chemistry Society**. v. 72, p. 1207- 1210, 1995.
- ARUAJO-LIMA, C & GOULDING, M **Os Frutos do Tambaqui - Ecologia, Conservação e Cultivo na Amazônia**. Sociedade Civil Mamirauá, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – MCT, CNPq, 1998, 186p.
- ARBELÂES-ROJAS, G. A.; FRACALOSSI, D. M.; FIM J. D. I Composição Corporal de Tambaqui *Colossoma macropomum*, e Matrinxã, *Brycon Cephalus*, em Sistemas de Cultivo Intensivo, em Igarapé, e semi-Intensivo, em viveiros. **R. Bras. Zootec.** , v.31(3) p.1059-69,2000.
- BITTENCOURT, M.M.; COX-FERNANDES, C., Peixes migradores sustentam pesca comercial. **Ciência Hoje** ed. SBPC, v.11, fasc. 64, p. 20-24, jun/jul,1990.
- BORGLETTI, J.R Estimativa da Pesca e Aquicultura de água doce e Marinha. **Instituto de Pesca, Agencia Paulista de tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento**. A Sustentabilidade das Atividades de Aquicultura e pesca. Série relatórios, técnicos Nº 3, 2001.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Biochemist. Physiology**. v.37, 1959.
- CARVALHO, L. M **Alimentação do Tambaqui jovem (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) e sua relação com a comunidade zooplancônica do lago**

- Grande – Manaquiri, Solimões – Am.** 1981. 91p. Tese de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia - Universidade Federal do Amazonas.
- CASTELO, P. F, **Aproveitamento e características da gordura cavitária do tambaqui, *Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818.** Tese (mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1979.
- CONOR, W. E., Importance of n-3 fatty acids in health and disease. **The American Journal Clinical Nutrition**, v. 71:1 171S- 175Sp. 2000.
- CRAWFORD, M. A., BLOOM, M., BROADHURST, C.L., SCHMIDT, w. F., CUNNANE, S. C., GALLI, C., GEHBREMESKEL, K., LINSEISEN.,F, LLOYD-SMITH, J., PARKINGTON, J., Evidence for the unique function of docosahexaenoic acid during the evolution of the modern hominid brain. **Lipids** 35:S39-S74, 1999.
- DEPARTMENT OF HEALTH. Report on Health and Social Subjects. nº 46 **Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease.** HMSO, London, 1994.
- DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY. Report on Health and Social Subjects nº 28. **Diet and cardiovascular Disease.** HMSO, London, 1984. *Apud*: Meat Science, v. 42, p.443-56,1996.
- DUARTE, G. R. M. **Estudo da composição de ácidos graxos e colesterol em óleos de peixes do Rio Araguaia.** Goiânia. 2001. (tese de mestrado - Universidade Federal de Goiás).
- FAO, World Review of Fisheries and Aquaculture, Fisheries Resources: Trends in **Production, Utilization and trade**, 2003 .[www document]
<http://www.Fao.org/docrep/003/x8002e04.htm>
- GRAEF, E. W., As espécies de peixes com potencial para criação no Amazonas. In: **Criando Peixe na Amazônia.** VAL. A. L. & HONCZARY, A. 19º ed. p. 29-43. Manaus. 1995.
- HENDERSON, R.J & TOCHER,D. R., The lipid composition and biochemistry of freshwater fish, **Prog. Lipids Res**, v.26, p.281-347, 1987.

- HUNTER, B.J., ROBERTS, D. C. K., Potential impact of the fat composition of farmed fish on human health. **Nutrition Research**. v.20, n.7, p.1047-1058, 2000.
- INHAMUNS, A. J. **Composição de ácidos de peixes de água doce da Região Amazônica brasileira**. Tese de doutorado – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- INHAMUNS, A. J., FRANCO, M. R. B. Composition of total, neutral, and phospholipids in Mapará (*Hypophthalmus sp.*) from Brazilian Amazonian area. **Journal Agriculture Food Chemistry**. v. 49, p. 4859 – 4863, 2001.
- JOHNSTON, J. J.; GHANBARI, H. A.; WHEELER, W. B.; KIRK, J. R. Characterization of shirimp lipids. **Journal Food Science**. V. 48, p. 33-5, 1983.
- JOSEPH, J. D. ACKMAN, R. G. Capillary column gas chromatographic method for analysis of encapsulated fish oils and fish oil ethyl esters: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.75, p.488-506, 1992.
- KINSELLA, J. E., Food components with potential therapeutic benefits: The n-3 polyunsaturated fatty acids of fish oils. **Food technology**. February, 1986.
- MAIA, E. L.; **Otimização da metodologia para caracterização de constituintes lipídicos e determinação da composição em ácidos graxos e aminoácidos de peixes de água doce**. Campinas, 1992. 242 p. Tese de Doutorado Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- MAIA, E. L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; HOTTA, L. K. Fatty acids composition of the total, neutral and phospholipids of pond-raised Brazilian piaractus mesopotamicus. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 30, 591-97, 1995.
- MAIA, E. L., RODRIGUEZ - AMAYA, FRANCO, M. R.B. Fatty acid of total, neutral, and phospholipids of the Brazilian freshwater fish *Prochilodus scrofa*. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 7 p. 240 – 251, 1994.
- MAIA, E. L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Fatty acid composition of the total, neutral and phospholipids of the brazilian freshwater fish *Colossoma macropomum*. **Food Science and Human Nutrition**. p. 633-42, 1992.

- MARTINO, R.; TAKAHASHI, N. S. A importância da adição de lipídios em rações para a aquicultura. **Óleos e grãos**. n. 58, p. 32-7, jan/fev. 2001.
- MMA, IBAMA, CEPENE, **Estatística da Pesca** - Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação, Tamandaré, abril, 2003.
- MMA/IBAMA, - SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL NO AMAZONAS. **Relatório da operação defeso 1996/1997**. Operação defeso, 1989 à 1997
SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO AMAZONAS - Manaus-Am. 19 p. 1997.
- MOREIRA, A. B.; VISENTAINER, J. V.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M. Fatty acids profile and cholesterol contents of three Brazilian *Brycon* freshwater fishes. **Journal of Food Composition and Analysis**. v.14, p. 565-74, 2001.
- NAGESWARI, K.; BANERJEE R.; MENON, V. P. Effect of saturated, ω - 3 and ω - 6 polyunsaturated fatty acids on myocardial infarction. **Journal Nutrition Biochemistry**, v. 10, p. 338-344, 1999.
- NUTRON ALIMENTOS LTDA. Uma empresa Eridania Bélghin-say. **Rações Nutron Peixes**. Catálogos de rações. Campinas, 1998, 4p.
- PITOMBO, R. N.M. A liofilização como técnica de conservação de material de pesquisa. **Ciência e Cultura**, v. 41, (5), p. 427-431, 1989.
- ROCHA, Y. R., AGUIAR, J. P. L. & MARINHO, H. A., & SHRIMPTON, R., Aspectos nutritivos de alguns peixes da Amazônia. **Acta Amazônica**, v.12 (4), p.787-794, 1982.
- ROSE, D. P.; CONNOLLY, J. M. Omega-3 fatty acids as cancer chemopreventive agents. **Pharmacology & Therapeutics**, v.83, p. 217-244, 1999.
- SAS Statistical Analytical System, SAS Institute INC., SAS Campus drive, Cary, Caroline, USA, Version 6.0, 1996.
- SILVA, J.A.M. da; PEREIRA-FILHO, M. OLIVEIRA-PEREIRA, M.I. Seasonal Variation of Nutrients and Energy in Tambaqui's (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) Natural Food. **Rev. Brasil. Biol.**, v.60(4) p. 599-605, 2000.
- SIMOPOULOS, A. P., The Importance of the ratio of omega – 6/ omega-3 essential fatty acids. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 56, p.365-379, 2002.
- SIMOPOULOS, A. P., Commentary on the Workshop **Statement. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, v. 63:3 ,p. 123-124, 2000.

- SIMOPOULOS, A. P., Essential Fatty Acids in Health and Chronic disease. **Food Rev. Int.**, 13:4,623-631,1997.
- SIMOPOULOS, A. P., Omega -3 Fatty Acids in Health and disease and in growth and development. **Am. J. Clin. Nutrition**, v.54, p. 438-463, 1991.
- SIMOPOULOS, A. P.; LEAF, A.; SALEM, N. Essentiality and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. **Annals of Nutrition and Metabolism**. v. 43, p. 127-30, 1999.
- STRÀNSKY, K.; JURŠÍK, T.; VITEK, A. Standard equivalent chain length values of monoenic and polyenic (methylene interrupted) fatty acids. **J. High Resol. Chromatograph**. v. 20, 143-58, 1997.
- THE AMERICAN HERITAGE. Dictionary of English Language. 4^a ed., published by the Houghton Mifflin Company. <http://www.bartleby.com/61/22/P/P0432200.html>
- THOMPSON, R. H. A simplified fatty acid analyses in multicomponent foods with a standard set of isothermal GLC conditions couplet with ECL determinations. **J. Chrom. Sci.** v.34, p. 495-504, 1996.
- VILLACORTA-CORREA, M. A & SAINT-PAUL, U Structural Indexes and Sexual maturity of Tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Characiformes: Characidae) in Central Amazon, Brazil. **Rev. Brasil. Biol.**, v.54(4) p.637-52. 1999.
- VISENTAINER, J. V., 2003. **Composição de ácidos graxos e quantificação dos ácidos graxos LNA, EPA e DHA no tecido muscular de tilápias (*Oreochromis niloticus*), submetidas a diferentes tratamentos com óleo de linhaça.** Tese (doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

CAPITULO V

QUANTIFICAÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS POLIINSATURADOS EICOSAPENTAENÓICO (EPA) E DOCOSAHEXAENÓICO (DHA) EM TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) CULTIVADOS E CAPTURADOS NA AMAZONIA CENTRAL

Almeida, Neiva Maria¹, e Franco, Maria Regina Bueno²

¹ UFBA – Dep. de Bromatologia, Centro de Ciências da Saúde
CEP 41830-380, Salvador-BA. E-mail: neivaa@yahoo.com

² UNICAMP - Dep. Ciências de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, C.P. 6121,
CEP 13081-970, Campinas-SP. E-mail: franco@fea.unicamp.br

Este trabalho será enviado à revista Journal of the American Oil Chemists' Society.

RESUMO

A globalização, os novos hábitos alimentares, o aumento do consumo de óleos vegetais e o avanço da industrialização são fatores que proporcionaram um aumento na ingestão de ácidos graxos da família ômega-6 em relação a ingestão de ácidos graxos da família ômega-3. O objetivo deste trabalho foi determinar os teores de EPA e DHA para o tambaqui (*Colossoma macropomum*), no tecido muscular e na cavidade ocular, dos peixes de cultivo semi-intensivo e em dois períodos sazonais da Amazônia Central. Para o tambaqui de cultivo, os resultados de EPA (eicosapentaenóico) e DHA (docosahexaenóico) no músculo foram de 5,03mg/g e 25,10mg/g e, para o tecido adiposo da cavidade ocular, foram de 4,41mg/g e 8,12mg/g, respectivamente. Para os exemplares capturados no período da cheia, os teores de EPA e DHA no músculo foram de 3,84mg/g e 14,15mg/g e para o tecido adiposo da cavidade ocular, de 5,54mg/g e 9,31mg/g, respectivamente. Para os peixes capturados na época da seca os teores de EPA e DHA no músculo foram de 9,35mg/g e 40,18mg/g e para o tecido adiposo da cavidade ocular de 7,05 mg/g, e 8,95 mg/g. A característica sazonal da região Amazônica influenciou os teores de EPA e DHA no tambaqui. O tambaqui apresentou equilíbrio entre músculo e cavidade ocular para o ácido graxo EPA, enquanto apresentou um maior teor de DHA no músculo do que no tecido adiposo da cavidade ocular. De acordo com a recomendação de 200mg/dia sugerida pelo *Department of Health* para AGPI ω 3 (considerando somente EPA e DHA, como fonte de AGPI ω 3) um indivíduo deveria ingerir 138,29g/dia, 444,74g/dia e 144,21g/dia do músculo dos peixes de cultivo e dos capturados no habitat natural no período da cheia e seca, respectivamente. De acordo com os teores de EPA e DHA, o tambaqui, principalmente o capturado na natureza, durante a época da seca, pode ser considerado uma fonte rica em ácidos graxos essenciais (AGE) da família ω 3 e ser indicado por nutricionistas quando o objetivo for balancear dietas, para melhorar a razão ω 6: ω 3. Os teores de EPA e DHA no músculo do tambaqui de cultivo foram superiores ao encontrados para o peixe de recurso natural capturado na época da cheia.

Palavras – chaves: quantificação de EPA e DHA, tambaqui, peixe de água doce, Amazônia Central.

ABSTRACT

Globalization, new eating habits, the increased consumption of vegetable oils and advancing industrialization are factors leading to increased consumption of omega-6 fatty acids in relation to omega-3 fatty acids. This research aimed to determine the levels of EPA and DHA for the tambaqui (*Colossoma macropomum*), in the muscular tissue and the orbital cavity of semi-intensively farmed fish during two seasonal periods of the Central Amazon. For farmed tambaqui the eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) results in the muscle were 5.03mg/g and 25.10mg/g and for the fatty tissue of the orbital cavity they were 4.41mg/g and 8.12mg/g respectively. For the samples caught during the flood EPA and DHA levels were 3.84mg/g and 14.15mg/g and for the fatty tissue of the orbital cavity 5.54mg/g and 9.31mg/g respectively. For the fish captured during the dry season the levels of EPA and DHA in the muscle were 9.35mg/g and 40.18 mg/g, in the fatty tissue of the orbital cavity they were 7.05mg/g and 8.95mg/g. The seasonal characteristics of the Amazon region influenced the levels of EPA and DHA in the tambaqui. The tambaqui presented equilibrium between the muscle and orbital cavity for the fatty acid EPA, whilst it had a greater level of DHA in the muscle than the fatty tissue of the orbital cavity. According to the recommendations of the Department of Health for ω 3 PUFAs (considering EPA and DHA as sources of ω 3 PUFAs) an individual should consume 138,31g/day, 444,74g/day and 144,21g/day of the muscles of farmed fish and those captured in the wild in the dry and flood season respectively. According to the levels of EPA and DHA, the tambaqui, especially when captured in the wild during the dry season can be considered a rich source of essential fatty acids (EFA) of the omega-3 family and thus be indicated by nutritionists when the objective is to balance diets to increase the ω 6: ω 3 ratio. The EPA and DHA levels in the farmed tambaqui's muscle tissue were above those found in fish captured in the wild during the flood.

Key words: fatty quantification of EPA and DHA, tambaqui, freshwater fish, Central Amazon

1. INTRODUÇÃO

As propriedades e os efeitos benéficos dos ácidos graxos poliinsaturados presentes nos peixes e no óleo de peixes, atraíram a atenção das indústrias alimentícias e farmacêuticas.

A baixa taxa de mortalidade por doenças cardiovasculares da população de esquimós, que é nove vezes inferior à da Dinamarca, foi relacionada ao alto conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3, presente em algas marinhas e em peixes, comumente consumidos pelos esquimós. Esta relação mostrou a importância dos ácidos graxos ômega-3 e impulsionou as pesquisas na área (Dyerberg & Bang, 1979).

A globalização, os novos hábitos alimentares, o aumento do consumo de óleos vegetais e o avanço da industrialização são fatores que proporcionaram um aumento na ingestão de ácidos graxos poliinsaturados da família ômega-6 em relação a ingestão de ácidos graxos da família ômega-3 e, conseqüentemente, um aumento da razão $\omega 6/\omega 3$. Esses fatores levaram a realização de inúmeras pesquisas com relação à dieta humana. Por exemplo, relatos mostraram que os produtos metabólicos de eicosanóides, produzidos a partir do ácido araquidônico (20:4 $\omega 6$), (prostaglandinas, tromboxanos e leucotrienos) são formados em maiores quantidades do que aqueles produzidos a partir da família $\omega 3$, especificamente a partir do ácido eicosapentaenóico (EPA). Os eicosanóides produzidos a partir do ácido araquidônico são biologicamente ativos em pequenas quantidades, e, caso sejam formados em grandes quantidades, contribuem para a formação de trombose e ateroma, desordens alérgicas e inflamatórias, além de proliferações de células (Schmidt, 2000; Simopoulos, 2002; Simopoulos, 2000; Simopoulos *et al.* 1999).

Atualmente, vem sendo observada uma constante mudança de hábitos alimentares. Essas mudanças levaram a população a se preocupar em consumir uma maior quantidade de ácidos graxos poliinsaturados da família $\omega 3$. O consumo per capita de pescado no Brasil é de 6,4kg/ano, valor extremamente baixo quando comparado ao do Japão, que é de 71,9kg/ano e de Portugal, de 60,2kg/ano.

Entretanto, os dados revelam que na Amazônia o consumo per capita é de 55kg/ano, valor próximo ao dos países considerados grandes consumidores (Borgletti, 2001). A alternativa para que ocorra essa mudança é o incentivo ao aumento do consumo de pescado, quer seja de água doce ou marinho.

A quantidade de ácidos graxos poliinsaturados da família ômega 3 (AGPI ω 3), difere entre espécies e pode ser influenciada por um grande número de fatores. Os peixes marinhos são ricos em AGPI ω 3, devido ao fato dos peixes se alimentarem de plâncton, por sua vez, peixes de água doce podem apresentar altos níveis de AGPI com 18 átomos de carbonos e menores concentrações dos ácidos graxos de cadeia longa, como o eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA) (Steffens, 1997).

O número de pesquisas relacionadas à quantificação de ácidos graxos no Brasil ainda é reduzido. Os resultados são normalmente expressos em termos percentuais relativos, utilizando somente o método de normalização simples.

Inhamuns (2000) e Visentainer (2003), quantificaram os teores de EPA e DHA em peixes de água doce e mostraram a importância da quantificação adequada dos ácidos graxos, cujos resultados permitem aplicações em termos nutricionais e tecnológicos nos diversos processos industriais.

A quantificação dos ácidos graxos EPA e DHA no tecido adiposo da cavidade ocular possibilitará o incentivo do consumo deste tecido como fonte de AGPI por populações que atualmente o rejeita e também um possível interesse por parte da indústria.

Este trabalho teve como objetivo quantificar os ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa da série ω 3, EPA e DHA, nos músculos dorsais e no tecido adiposo da cavidade ocular do tambaqui proveniente de sistema de cultivo semi-intensivo e capturado na Amazônia Central, em diferentes períodos sazonais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Amostragem

Para os peixes provenientes de sistema de cultivo semi-intensivo, foram coletados três lotes de três piscicultores distintos, localizados no município de Rio Preto da Eva, no estado do Amazonas, sendo que cada lote foi constituído de 3 peixes.

Para os peixes capturados no ambiente natural, também foram coletados três lotes, de três barcos diferentes, no Porto de Manaus (Amazônia Central), durante as duas épocas sazonais distintas (período da cheia – janeiro a julho e período da seca – julho a dezembro). Cada lote foi constituído de 3 peixes.

Para cada indivíduo proveniente da piscicultura e do ambiente natural foram aferidos peso e comprimento total. Para todos os exemplares foram extraídos os músculos dorsais e o tecido adiposo da cavidade ocular, que após trituração, foram liofilizados, estocados a -18°C sob atmosfera de N₂ e transportados para o Laboratório de Análise de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (LAA/FEA/UNICAMP), para realização de análises químicas. Cada lote foi constituído em uma amostra, que foi analisada em duplicata.

2.2 Determinação de umidade

A umidade foi determinada nas amostras liofilizadas nos músculos dorsais de cada espécie estudada, de acordo com Pitombo (1989).

2.3 Extração dos lipídios totais

Para a extração dos lipídios totais foi utilizado o método proposto por Bligh & Dyer (1959) nos músculos dorsais e no tecido adiposo da cavidade ocular após a liofilização.

2.4 Análise de ácidos graxos

A transesterificação dos ácidos graxos e quantificação dos ácidos, EPA e DHA nos lipídios totais foram realizadas segundo os procedimentos de Joseph & Ackman (1992). Todas as etapas do processo foram realizadas sob atmosfera de N_2 gasoso de acordo com o seguinte procedimento: Em um tubo de vidro com tampa rosqueável foi adicionado 1mL de uma solução com concentração de 1mg/mL de metil-tricosanoato (padrão interno) em isooctano, em seguida o solvente foi completamente removido com fluxo de N_2 gasoso. Posteriormente, aproximadamente 25mg de lipídios totais foram pesados no tubo contendo o padrão interno e, a este foi adicionado 1,5mL de uma solução metanólica de NaOH 0,5mol/L. Em seguida, a solução foi aquecida em banho-maria a 100°C por aproximadamente 5 minutos e resfriada à temperatura ambiente.

Após o resfriamento foi adicionado 2,0 mL de uma solução (12%) de BF_3 (trifluoreto de boro) em metanol que foi novamente aquecido em banho-maria a 100°C, durante 30 minutos e resfriado em água corrente, até a temperatura ambiente. Imediatamente após, foi adicionado 1mL de isooctano, agitado vigorosamente por 30 segundos e finalmente, adicionou-se 5mL de solução aquosa saturada de NaCl. A amostra esterificada foi deixada em repouso na geladeira, para permitir uma melhor separação das duas fases. O sobrenadante foi retirado e transferido para um frasco âmbar de 5mL e mais 1mL de isooctano foi adicionado ao tubo e após agitação, retirado e adicionado à fração anterior, que foi então concentrada para um volume final de aproximadamente 1mL, sob atmosfera de N_2 gasoso.

A separação dos ésteres metílicos foi realizada em um cromatógrafo a gás Varian, mod. 3300, equipado com detector de ionização de chama, injetor split e coluna capilar de sílica fundida DB-WAX 20M (30m X 0,25mm X 0,25 μ m) (J&W Scientific, USA). Os parâmetros de análises foram os seguintes: temperatura do injetor 250°C; temperatura do detector 280°C; temperatura da coluna 170°C; por 16 minutos e programada a 2°C por minuto até 210°C, permanecendo nesta temperatura por 30 minutos. Hidrogênio foi utilizado como gás de arraste a 1mL/min., velocidade linear de 38cm/s com filtro de oxigênio acoplado à linha do gás; nitrogênio foi utilizado como gás *make up* a 30mL/min., fluxo do gás

hidrogênio 30mL/min., ar sintético de 300mL/min.. O injetor utilizado foi split/splitless no modo split e a razão de split foi de 1:50. As injeções foram realizadas em duplicatas e o volume de injeção de 1µL. O tempo de retenção e a área dos picos foram obtidos com o uso de um integrador Varian modelo 4290.

2.5 Quantificação dos ácidos EPA e DHA

Os ácidos graxos EPA e DHA foram quantificados em mg/g de lipídios totais, através da padronização interna e utilizando padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos da marca Sigma com 99% de pureza. O metil éster do ácido tricosanóico (23:0, metil-tricosonoato) foi utilizado como padrão interno, por não estar presente nas amostras analisadas. Os cálculos foram realizados seguindo a metodologia de Joseph & Ackman (1992), conforme a equação:

$$\text{EPA OU DHA (mg/g)} = [(A_X \times M_P \times F_{CX}) / (A_P \times M_A \times F_C)] \times 1000$$

onde:

A_X = Área de EPA ou DHA;

A_P = Área do padrão interno;

F_{CX} = Fator de correção teórico dos ácidos EPA e DHA.

M_P = Massa do padrão interno adicionado à amostra em miligramas;

M_A = Massa da amostra de lipídios totais em miligramas;

F_C = Fator de conversão para expressar os resultados em mg de ácido graxo/g de lipídios totais a partir dos metil ésteres de EPA e DHA. Foi utilizado o valor de 1,04 para EPA e DHA.

2.6 Análise estatística

Os dados foram tratados pelo teste de variância ANOVA e pelo teste de comparações múltiplas de Tukey, em nível de 5% de probabilidade utilizando o software SAS for Windows (1996).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Lipídios totais e umidade

A Tabela 1 mostra os resultados dos teores de umidade e lipídios totais no músculo, além do comprimento e peso dos exemplares do tambaqui. Os resultados são as médias finais dos três lotes relativos aos exemplares capturados no sistema de cultivo e dos três lotes relativos aos dois períodos sazonais da Amazônia Central.

Tabela 1. Teores de lipídios totais (%), umidade (%) e valores de comprimento (cm) e peso (kg) do tambaqui (*C. macropomum*) de cultivo e capturados em diferentes períodos sazonais

Situação de captura	Lipídios totais	Umidade	Comprimento	Peso
Cultivo	4,80±0,80	71,66±1,65	41,13±2,50	2,52±0,61
Época da cheia	2,52±0,33	76,74±1,44	43,12±3,30	3,39±0,63
Época da seca	2,80±0,81	74,11±2,61	44,55±2,80	3,19±0,52

Cada valor é a média das duplicatas com a respectiva estimativa dos desvios padrões.

De acordo com a classificação de Ackman (1989), os exemplares provenientes do cultivo em sistema semi-intensivo, com 4,80%, pode ser considerado peixe de médio teor de gordura, e os capturados no período da cheia (2,52%) e no período da seca (2,80%) com baixos teores de gordura.

O conhecimento da composição centesimal do pescado proporciona importante subsídio do ponto de vista nutricional para a indústria pesqueira, na escolha da tecnologia a ser utilizada no beneficiamento, processamento e conservação. Na piscicultura é um elemento importante na análise do desenvolvimento e no ajuste das rações para cada espécie. O teor de lipídios totais pode variar em uma mesma espécie de acordo com a idade, maturação sexual, além da variação sazonal entre outros fatores.

Verificou-se que o teor de gordura do tambaqui de cultivo apresentou valor superior ao encontrado no tambaqui capturado na natureza nos dois períodos sazonais. O teor de lipídios totais (4,80%) no tambaqui de cultivo foi superior ao encontrado por Arbeláez-Rojas *et al.* (2000), de 1,4%, para os peixes de cultivo intensivo e 2,4% para os de cultivo semi-intensivo e, inferior ao encontrado por Almeida (1998), de 7,60% e por Maia *et al.* (1992), de 6,0%, mostrando que as condições de manejo e cultivo podem influenciar os resultados de teor de lipídios totais.

O tambaqui possui uma dieta alimentar mista, que está diretamente relacionada com a flutuação do nível de água, que determina a oferta de alimentos. Durante a época da cheia há um maior consumo de alimentos e estes se constituem basicamente de frutos e sementes. Enquanto que na seca, período de menor consumo alimentar, o tambaqui se alimenta com maior predominância de zooplâncton (Carvalho, 1981; Junk *et al.*, 1997; Junk, 1984 Silva *et al.*, 2000; Araújo Lima & Goulding, 1998).

Os valores encontrados para o teor de lipídios, foram de 2,52% e 2,80% na época da cheia e da seca, respectivamente. Rocha *et al.* (1982) encontraram no músculo de tambaqui um teor de lipídio de 6,9% e, portanto o peixe foi classificado na categoria de peixe semigordo, os autores relataram que os exemplares foram adquiridos no mercado central de Manaus durante o mês de maio (época da cheia), mas sem referencia ao local de captura.

É importante ressaltar que os peixes migradores, onívoros ou herbívoros, com desova total uma vez por ano, como o tambaqui, tem variação de gordura cavitária ao longo do seu desenvolvimento, apresentado um maior teor desta na época da cheia (Villacorta-Correa & Saint-Paul 1999).

Neste experimento, os valores encontrados para o teor de lipídios totais no músculo foram bastante semelhantes nas duas estações sazonais, esses resultados podem ser explicados pela variação do nível da água durante o ciclo hidrológico existente na Amazônia de ano a ano.

Outro fator que pode ter influenciado o teor de lipídios foi o fato de que os exemplares utilizados neste experimento, das duas épocas de captura, foram peixes jovens, indicando que estes peixes não realizaram sua primeira migração para desova, permanecendo ainda nos lagos. A grande variedade da paisagem florística que compõem os lagos de várzeas da Amazônia, influência na oferta de alimentos, portanto, o local de captura dos exemplares pode ser um outro fator que influenciou o teor de lipídios, uma vez que os peixes foram adquiridos nos próprios barcos no porto de Manaus e não se conhece a procedência exata dos indivíduos analisados.

3.2 Fator de resposta para os ácidos graxos EPA e DHA

Craske & Bannon (1988) definiram dois tipos de fator resposta para correção das áreas dos picos obtidos da análise de metil ésteres de ácidos graxos por cromatografia gasosa. Fator de resposta teórico relativo é o fator de resposta encontrado de acordo com o conceito teórico proposto por Ackman & Sipos (1964) cujo o cálculo é baseado no peso proporcional de carbonos ativos na molécula de ácido graxo. O fator de correção empírico é calculado a partir dos resultados da análise entre padrões e amostra.

O uso do fator de correção teórico (F_{cx}) nas determinações quantitativas de ácidos graxos poliinsaturados é recomendado por vários pesquisadores (Joseph & Ackman, 1992; Shanta & Ackman, 1990; Bannon *et al.*, 1986), porém para que este fator seja utilizado é necessário que os parâmetros químicos e instrumentais também estejam otimizados, para tentar assegurar que erros oriundos destes parâmetros sejam eliminados. A recomendação do fator teórico é baseada na instabilidade oxidativa dos ácidos graxos insaturados, pois é impossível a obtenção e manutenção de padrões desta natureza com alto grau de pureza livres da autooxidação (Bannon *et al.* 1986).

Em relação ao metil-tricosanoato (padrão interno), os ácidos EPA e DHA apresentaram fator de correção empírico de $1,06 \pm 0,14$ e $0,96 \pm 0,01$, respectivamente, enquanto que os fatores de correção teóricos, encontrados por

Craske & Bannon (1988), são de 0,98 para EPA e 0,97 para DHA. Inhamuns (2000) e Visentainer (2003) usando como base o trabalho de Craske & Bannon (1988) encontraram um fator de correção experimental para o EPA de 1,02 e de 0,99, enquanto para o DHA de 0,94 e 0,98, respectivamente.

Neste experimento foi utilizado o metil-eicosanoato (20:0) para verificar a resposta do detector para um ácido graxo saturado, em relação ao padrão interno metil-tricosanoato (23:0). O fator de resposta experimental obtido foi de $1,006 \pm 0,03$, e o fator de resposta teórico é também de 1,006. Isto demonstrou que as condições de aplicação da metodologia estavam otimizadas e, portanto, adotaram-se os fatores de correção teóricos para os cálculos em mg/g de EPA e DHA em relação ao padrão interno utilizado, conforme recomendando por Joseph & Ackman (1992).

3.3 Quantificação dos ácidos graxos EPA e DHA nos músculos dorsais e no tecido adiposo da cavidade ocular do tambaqui

Os valores dos ácidos graxos EPA e DHA em mg/g de lipídios totais em tambaqui proveniente de sistema de cultivo semi-intensivo e capturado em duas épocas sazonais distintas, período da enchente e seca estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Teores de EPA e DHA (mg/g de lipídios totais) no músculo e no tecido adiposo da cavidade ocular do tambaqui de cultivo e capturado na Amazônia Central em diferentes períodos sazonais.

Origem	EPA (mg/g)		DHA (mg/g)	
	Músculo	Cavidade ocular	Músculo	Cavidade ocular
Cultivo	5,03±0,81de	4,41±1,44de	25,10±6,70b	8,12±3,72d
Natureza (Cheia)	3,84±1,11e	5,54±1,32de	14,15±4,60c	9,31±2,01d
Natureza (Seca)	9,35±2,02d	7,05±1,22d	40,18±4,9a	8,95±2,11d

Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente em nível de 5%.

Comparando o músculo e o tecido adiposo da cavidade ocular dos peixes de cultivo não houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos teores de EPA, porém ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao DHA. Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre o músculo e o tecido adiposo da cavidade ocular dos peixes capturados na natureza, nos dois períodos em relação ao EPA, porém, entre estes dois tecidos, os teores de DHA diferiram significativamente nos períodos da cheia e da seca.

Comparando um mesmo tecido (músculo), entre os peixes de cultivo e os capturados no recurso natural, nos dois períodos, os teores de EPA não diferiram significativamente ($p < 0,05$). Entre os peixes capturados na época da cheia e da seca, porém, houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao EPA, sendo que o maior valor foi de 9,35mg/g no músculo dos peixes capturados na época da seca. Para o DHA, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as três situações de captura e o maior valor (40,18mg/g) foi também no músculo dos peixes capturados da época da seca.

Comparando o tecido adiposo da cavidade ocular entre os peixes de cultivo e os capturados na natureza, nos dois períodos, não ocorreu diferença

significativa ($p < 0,05$) para o EPA e também para o DHA, nas três situações de estudo.

O tambaqui apresentou no músculo os maiores teores de EPA e DHA nos peixes capturados na época da seca. Para o tecido adiposo da cavidade ocular, o maior teor de EPA foi de 7,05mg/g, observado nos peixes capturados no período da seca, porém o maior valor de DHA (9,31mg/g) foi encontrado nos peixes capturados na época da cheia.

Os maiores valores dos ácidos graxos EPA e DHA encontrados no músculo do tambaqui capturado no período da seca podem ser explicados pelo fato de que nesse período o tambaqui se alimenta basicamente de zooplâncton. Araújo Lima & Goulding (1998) relataram que 58% do total de alimento consumido pelo tambaqui é constituído de zooplâncton no período da seca. Desde que ácidos graxos EPA e DHA são constituintes naturais de plâncton e insetos aquáticos (Herdenson & Tocher, 1987), o zooplâncton pode ser considerado um alimento de qualidade, e, portanto influenciando os teores de EPA e DHA. Deve-se também comentar a necessidade metabólica específica desta espécie para a produção de ovos (Araújo Lima & Goulding, 1998).

O valor encontrado de 25,10mg/g para a concentração de DHA no tambaqui de cultivo também surpreendeu, sendo superior ao encontrado para os peixes capturados na época da cheia (14,15mg/g). Esperava-se que os peixes de habitat natural apresentassem maiores concentrações desses ácidos graxos, por possuírem uma alimentação mais variada. Provavelmente, o sistema de cultivo semi-intensivo utilizado pode ter contribuído significativamente para que a alimentação dos peixes fosse diversificada, através da possibilidade de consumo de zooplâncton, além da ração granulada. Araújo-Lima & Goulding (1998) comentaram que no cultivo intensivo e semi-intensivo, o zooplâncton é mais importante qualitativamente do que quantitativamente.

Na composição da ração foi detectado o ácido graxo EPA, esse fato pode ter contribuído para o maior teor de EPA encontrado no músculo do peixe de cultivo, em relação ao peixe capturado no período da cheia. Isso permite supor que a qualidade do peixe proveniente da piscicultura pode ser melhorada a partir

de uma melhor formulação da ração administrada aos peixes, como observado por Visentainer (2003), que elaborou uma ração enriquecida com óleo de linhaça obtendo maiores teores de EPA e DHA para a tilápia.

Visentainer (2003), pesquisou a composição lipídica do músculo de tilápia (*Oreochromis niloticus*) criadas em sistema de cultivo intensivo, fornecendo rações com níveis de suplementação crescente de óleo de linhaça, encontrou no músculo teores de EPA de 2,54mg/g e de DHA, 26,13mg/g após o tratamento a que foi adicionado o maior percentual de óleo de linhaça. O teor de EPA encontrado no músculo de tambaqui foi superior ao da tilápia, enquanto o de DHA foi similar.

Inhamuns (2000), encontrou no músculo de tucunaré (*Cichla ocellaris*) capturado na bacia Amazônica, valores médios de concentração de EPA de 5,0mg/g, valor superior ao encontrado no músculo do tambaqui (3,84mg/g) capturado no período da cheia. O teor de EPA de 3,0mg/g no músculo do tucunaré capturado na época da seca foi inferior ao encontrado no músculo do tambaqui (9,35mg/g) capturado nesse mesmo período.

O teor de DHA encontrado no músculo do tucunaré capturado na época da cheia foi de 55,0mg/g, valor superior ao encontrado no músculo do tambaqui de 14,15mg/g, capturado nessa mesma época, entretanto o teor encontrado de 21,0mg/g no músculo do tucunaré na época da seca foi inferior ao encontrado para o tambaqui, de 40,18mg/g.

No tecido adiposo da cavidade ocular do tucunaré, os teores de EPA e DHA foram inferiores ao encontrados para o tambaqui neste mesmo tecido e capturados nesses mesmos períodos sazonais.

Esse mesmo autor relatou para o mapará (*Hypophthalmus sp*), capturados nos dois períodos cheia e seca, respectivamente, e encontrou teores de EPA de 20,0mg/g e de 16,0mg/g para o músculo e para o tecido adiposo da cavidade ocular, teores de 14,0mg/g e de 13,0mg/g.

O teor de DHA no músculo do mapará foi de 18mg/g, no período da cheia, sendo superior ao encontrado no músculo do tambaqui (14,15mg/g), capturado nesse mesmo período, porém o teor de DHA (15mg/g) no músculo do mapará

capturado na época da seca foi inferior ao de 40,18mg/g, encontrado no músculo do tambaqui capturado também na época da seca.

No tecido adiposo da cavidade ocular do mapará, o teor de DHA foi superior ao do tambaqui, nas duas épocas de captura.

O tambaqui apresentou maiores teores de EPA e DHA nos peixes capturados no período da seca, porém para o tecido adiposo da cavidade ocular o maior teor de DHA foi encontrado nos peixes capturados no período da cheia. Isto constituiu uma inversão dos valores encontrados para os teores de EPA e DHA, em relação ao tucunaré e mapará, que apresentaram maiores teores desses ácidos durante a época da cheia. Este fato ocorreu devido à biologia da espécie e comprova que a composição de ácidos graxos pode variar de espécie para espécie e também que a variação sazonal da Amazônia influencia a composição de ácidos graxos dos peixes.

Convém ressaltar que o tambaqui apresentou maiores teores de EPA e DHA quando capturado na época da seca, coincidindo com o período em que ocorre menor disponibilidade de alimento e que a alimentação da espécie nesse período, segundo Araújo Lima & Goulding (1998) é constituída por 58% de zooplâncton, fato observado também para o mapará que apresentou maiores teores de EPA e DHA quando sua dieta é constituída de cerca de 90% de zooplâncton, porém no período da cheia (Inhamuns, 2000).

3.4 Ingestão de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa

Visando facilitar as discussões em relação às recomendações de ingestão quanto às quantidades de AGPI foram calculadas (como hipótese) as concentrações de EPA e DHA, em mg por 100g do tecido muscular do tambaqui de cultivo e dos capturados na época da cheia e da seca (Tabela 3). Foi utilizado como base de cálculo a percentagem de LT (Tabela 1) e a concentração de cada ácido em mg/g de LT (Tabela 2) do tambaqui.

Tabela 3. Concentrações de EPA e DHA do tambaqui de cultivo e capturados nos períodos da cheia e da seca e somatória destes ácidos, em mg por 100g do tecido muscular e a quantidade diária de tecido muscular, para suprir as necessidades de EPA e DHA do indivíduo.

Constituintes	Cultivo	Época Sazonal	
		Cheia	Seca
EPA	24,14mg/100g	9,60 mg/100g	26,18 mg/100g
DHA	120,48 mg/100g	35,37 mg/100g	112,50 mg100/g
ΣEPA+DHA	144,62 mg/100g	44,97 mg/100g	138,68 mg/100g
Tecido muscular	138,29g	444,74g	144,21g

O tambaqui apresentou a menor concentração de EPA (9,60mg/100g) e DHA (35,37mg/100g) nos peixes capturados na época da cheia. A somatória de EPA e DHA foi maior nos peixes de cultivo devido principalmente ao teor de DHA de 25,10mg/g (Tabela 2) e ao percentual de lipídios totais de 4,80% (Tabela1).

A partir desses dados foi possível calcular as quantidades diárias de tecido muscular do tambaqui que o indivíduo deve consumir para assegurar a ingestão diária de 200mg/dia (*Department of Health*, 1994) dos ácidos graxos poliinsaturados da família ω 3, EPA e DHA (Tabela 3), para a prevenção de doenças cardiovasculares e inflamatórias.

De acordo com os resultados e considerando somente os ácidos EPA e DHA, como única fonte de AGPI ω 3, um indivíduo necessitaria ingerir 138,29g/dia do tecido muscular dos peixes de cultivo. Isso ocorreu devido ao valor de DHA e ao teor de lipídios totais encontrados no músculo dos peixes de cultivo (Tabelas 1 e 2). Um indivíduo necessitaria ingerir 144,21g/dia do músculo do peixe capturado no período da seca e 444,74g/dia do músculo do peixe capturado no período da cheia.

Estes resultados indicam que o tambaqui de cultivo apresentou a menor quantidade diária necessária para suprir as necessidades de EPA e DHA do indivíduo, porém este apresentou menores teores de EPA e DHA que os peixes capturados na época da seca e também apresentou maior teor de lipídios totais que os peixes capturados na natureza na época da cheia e da seca.

Apesar da quantidade diária necessária para suprir as necessidades de EPA e DHA do indivíduo encontrada para o peixe de cultivo ter sido um pouco menor que a encontrada para o peixe capturado na seca, é mais recomendável consumir o peixe capturado durante o período da seca, uma vez que este apresentou um menor teor de lipídios totais e maiores teores de EPA e DHA.

Inhamuns (2000) determinou as concentrações de EPA e DHA em mapará (*Hypophthalmus* sp) e tucunaré (*Cichla ocellaris*) e de acordo com os resultados mostrados para os lipídios totais e as concentrações de EPA e DHA, foi possível realizar o cálculo para a ingestão diária do tecido muscular que o indivíduo deve consumir para garantir a necessidade diária de EPA e DHA, visando uma discussão comparativa com os dados encontrados para o tambaqui.

Considerando somente os ácidos EPA e DHA, como única fonte de AGPI ω 3, um indivíduo necessitaria ingerir 27,70g/dia do músculo do mapará capturado no período da cheia e 43,01g/dia do capturado na seca, para o tucunaré a quantidade do músculo a ser consumida pelo indivíduo seria de 416,66g/dia e 396,82g/dia nos peixes capturados na época da cheia e da seca, respectivamente.

O tambaqui pode ser considerado melhor fonte em ácidos graxos essenciais da série ω 3, quando comparado ao tucunaré capturado nesses mesmos períodos.

4. CONCLUSÕES

Os teores de EPA não mostraram distinção de quantidade entre o tambaqui de cultivo e de recurso natural capturado no período de cheia, porém estes peixes apresentaram o maior teor de EPA no tecido adiposo da cavidade ocular em todas as situações de captura em estudo.

O peixe capturado no recurso natural na época da seca foi considerado melhor para o consumo, pois apresentaram, no músculo, os maiores teores de EPA e DHA.

O peixe proveniente do cultivo apresentou maior percentual de lipídios totais e maiores quantidades de EPA e DHA no músculo, sendo considerado melhor para o consumo que o peixe de recurso natural capturado no período da cheia.

O tecido adiposo da cavidade ocular não apresentou quantidade de EPA e DHA que justifique ser este tecido melhor fonte de ácidos graxos essenciais que o músculo.

A característica sazonal da Amazônia influenciou o teor de EPA e DHA da espécie estudada.

O tambaqui de cultivo e o capturado na natureza, tanto na época da cheia como da seca, pode ser utilizado em dietas balanceadas visando o aumento da ingestão de PUFA's, para melhorar a proporção entre $\omega 6:\omega 3$, que é considerada alta em países ocidentais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKMAN, R. G. Nutritional composition of fats in seafood. **Progress in Food and Nutrition Science**, v.13, p. 161-241, 1989.

ACKMAN, R.G.; SIPOS, J.C. Application of specific response factors in the gas chromatography analysis of methyl esters of fatty acids with flame ionization detectors. **Journal American Oil Chemistry Society**, v.41, p.377-378, 1964.

ALMEIDA, N.M. **Alterações *post-mortem* em *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), procedentes da piscicultura e conservados em gelo**. 1998.

90p. Tese de Mestrado. Faculdade de Farmácia, Universidade Federal do Amazonas.

ARAUJO-LIMA, C & GOULDING, M **Os Frutos do Tambaqui - Ecologia, Conservação e Cultivo na Amazônia**. Sociedade Civil Mamirauá, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – MCT, CNPq, 1998, 186p.

ARBELÁES-ROJAS, G. A.; FRACALOSSO, D. M.; FIM J. D. I Composição Corporal de Tambaqui *Colossoma macropomum*, e Matrinxã, *Brycon cephalus*, em Sistemas de Cultivo Intensivo, em Igarapé, e semi-Intensivo, em viveiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31(3) p.1059-69,2000.

BANNON, C. D.; CRASKE, J. D.; HILLIKER, A. E. Analysis of fatty acid methyl esters with high accuracy and reliability. Validation of theoretical relative response factors of unsaturated esters in the flame ionization detector. **Journal American Oil Chemistry Society**. v. 63, p. 105-110, 1986.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Biochem. Physiol.** v.37, 1959

BORGLETTI, J.R Estimativa da Pesca e Aquicultura de água doce e Marinha. **Instituto de Pesca, Agencia Paulista de tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento**. A Sustentabilidade das Atividades de Aquicultura e pesca. Série relatórios, técnicos Nº 3, 2001.

CARVALHO, L. M **Alimentação do Tambaqui jovem (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) e sua relação com a comunidade zooplanctônica do lago Grande – Manaquiri, Solimões – Am**. 1981. 91p. Tese de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia - Universidade Federal do Amazonas.

CRASKE, J. D.; BANNON, C. D. Letter to the editor. **Journal American Oil Chemistry Society**. v. 65, p. 1190-91, 1988.

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

DYERBERG, J.; BANG, H. O. Haemostatic function and platelet polyunsaturated fatty acids in Eskimos. **Lancet**, v2, p. 433-35, 1979.

- HENDERSON, R.J & TOCHER,D. R., The lipid composition and biochemistry of freshwater fish, **Progress Lipids Research**, v.26, p.281-347, 1987.
- INHAMUNS A. J. **Composição de ácidos graxos de peixes da Região Amazônica**. Campinas, 2000. 128 p. Tese de doutorado - Universidade Estadual de Campinas.
- JOSEPH, J. D. ACKMAN, R. G. Capillary column gas chromatographic method for analysis of encapsulated fish oils and fish oil ethyl esters: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.75, p.488-506, 1992.
- JUNK, W.J.; SOARES. M.G.M.; SAINT-PUAL, U. The fish. In: Junk, W.J. (ed) The Central Amazon Floodplain: Ecology of a pulsing system. **Ecological Studies**, v.126, p. 385-408, 1997.
- JUNK, W. J. Ecology, fisheries and fish culture in Amazonian. In: **The Amazon**. ed. H. Sioli. Dr. W. Junk Pulb. Dordrecht. 763 p. 1984.
- MAIA, E. L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Fatty acid composition of the total, neutral and phospholipids of the brazilian freshwater fish *Colossoma macropomum*. **Food Science and Human Nutrition**. p. 633-42, 1992.
- PITOMBO, R. N.M. A liofilização como técnica de conservação de material de pesquisa. **Ciência e Cultura**, v. 41, (5), p. 427-431, 1989.
- ROCHA, Y. R., AGUIAR, J. P. L. & MARINHO, H. A., & SHRIMPTON, R., Aspectos nutritivos de alguns peixes da Amazônia. **Acta Amazônica**, v.12 (4), p.787-794, 1982.
- SAS Statistical Analytical System, SAS Institute INC., SAS Campus drive, Cary, Caroline, USA, Version 6.0, 1996.
- SCHMIDT, M. A. **Gorduras inteligentes**. Trad. de Dirceu Henrique Pereira. São Paulo – SP. Editora Roca LTDA, 2000. 231 p.
- SHANTHA, N. C.; ACKAMN, R.G. Nervonic acid versus tricosanoic acid as internal standards in quantitative gas chromatographic analysis the fish oil longer-chain n-3 polyunsaturated acid methyl esters. **Journal Chromatography B**,533, p.1-10, 1990.

- SILVA, J.A.M. da; PEREIRA-FILHO, M. OLIVEIRA-PEREIRA, M.I. de. Seasonal Variation of Nutrients and Energy in Tambaqui's (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) Natural Food. **Revista Brasileira Biologica**. v.60(4) p. 599-605, 2000.
- SIMOPOULOS, A. P. The importance of the ratio omega6/omega3 essential fatty acids. **Biomedicine Pharmacotherapy**. v. 56, p. 365-79, 2002.
- SIMOPOULOS, A. P. Commentary on the workshop statement. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**. v. 63(3), p. 123-24. 2000.
- SIMOPOULOS, A. P.; LEAF, A.; SALEM, N. Essentiality and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v. 43, p. 127-30, 1999.
- STEFFENS, W. Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. **Aquaculture**, v. 151, p. 97-119, 1997.
- VILLACORTA-CORREA, M. A & SAINT-PAUL, U Structural Indexes and Sexual maturity of Tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Characiformes: Characidae) in Central Amazon, Brazil. **Rev. Brasil. Biol.**, v.54(4) p.637-52. 1999.
- VISENTAINER, J. V., **Composição de ácidos graxos e quantificação dos ácidos graxos LNA, EPA e DHA no tecido muscular de tilápias (*Oreochromis niloticus*), submetidas a diferentes tratamentos com óleo de linhaça**. 2003. Tese (doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

CONCLUSÕES GERAIS

Foram detectados 64 ácidos graxos nos lipídios totais, 66 nos neutros e 55 nos fosfolipídios do matrinxã de cultivo semi-intensivo e de reserva natural capturados nos dois períodos sazonais (cheia e seca) da Amazônia Central.

Nos peixes de cultivo e nos capturados no habitat natural os mesmo ácidos graxos majoritários foram encontrados nos lipídios totais e nas frações de lipídios neutros e fosfolipídios, porém ocorreu uma inversão nos lipídios totais e neutros dos peixes capturados na época da seca.

Os ácidos graxos poliinsaturados não mostraram distinção de qualidade e quantidade para o matrinxã de cultivo quando comparado ao de recurso natural capturado no período da cheia.

No tambaqui foram detectados 61 ácidos graxos nos lipídios totais, 67 nos neutros e 63 nos fosfolipídios do tambaqui proveniente de sistema de cultivo semi-intensivo e de reserva natural capturados nos dois períodos sazonais (cheia e seca) da Amazônia Central.

Nos peixes de cultivo e nos capturados no habitat natural, os mesmo ácidos graxos majoritários foram encontrados nos lipídios totais e nas frações de lipídios neutros e fosfolipídios, porém, houve uma inversão da ordem dos principais ácidos graxos dos peixes de cultivo e dos capturados na natureza, nos períodos da cheia e seca.

O tambaqui de cultivo foi inferior aos peixes de recurso natural em relação à quantidade dos ácidos graxos poliinsaturados, entretanto a razão $\omega 6/\omega 3$ dos peixes de cultivo foi menor no músculo e no tecido adiposo da cavidade ocular do que a razão encontrada nos peixes capturados no período da cheia.

O percentual de AGPI da gordura cavitária do tambaqui de natureza foi superior ao dos três tecidos do peixe de cultivo.

A característica sazonal da região Amazônica influenciou a composição de ácidos graxos das espécies em estudo.

A obtenção das classes de lipídios neutros e fosfolipídios permite avaliar as características da composição dos ácidos graxos de cada classe, e do ponto de

vista tecnológico, o fracionamento pode fornecer informações importantes para a indústria.

O matrinxã e tambaqui de habitat natural capturado na época da seca foram considerados melhores para o consumo, por apresentarem maiores concentrações dos ácidos graxos EPA e DHA. O matrinxã proveniente do cultivo foi considerado melhor para o consumo do que o peixe de recurso natural capturado no período da cheia.

O tambaqui proveniente do cultivo apresentou um maior percentual de lipídios totais e maiores quantidades de EPA e DHA no músculo, sendo considerado melhor para o consumo do que o peixe de recurso natural capturado no período da cheia.

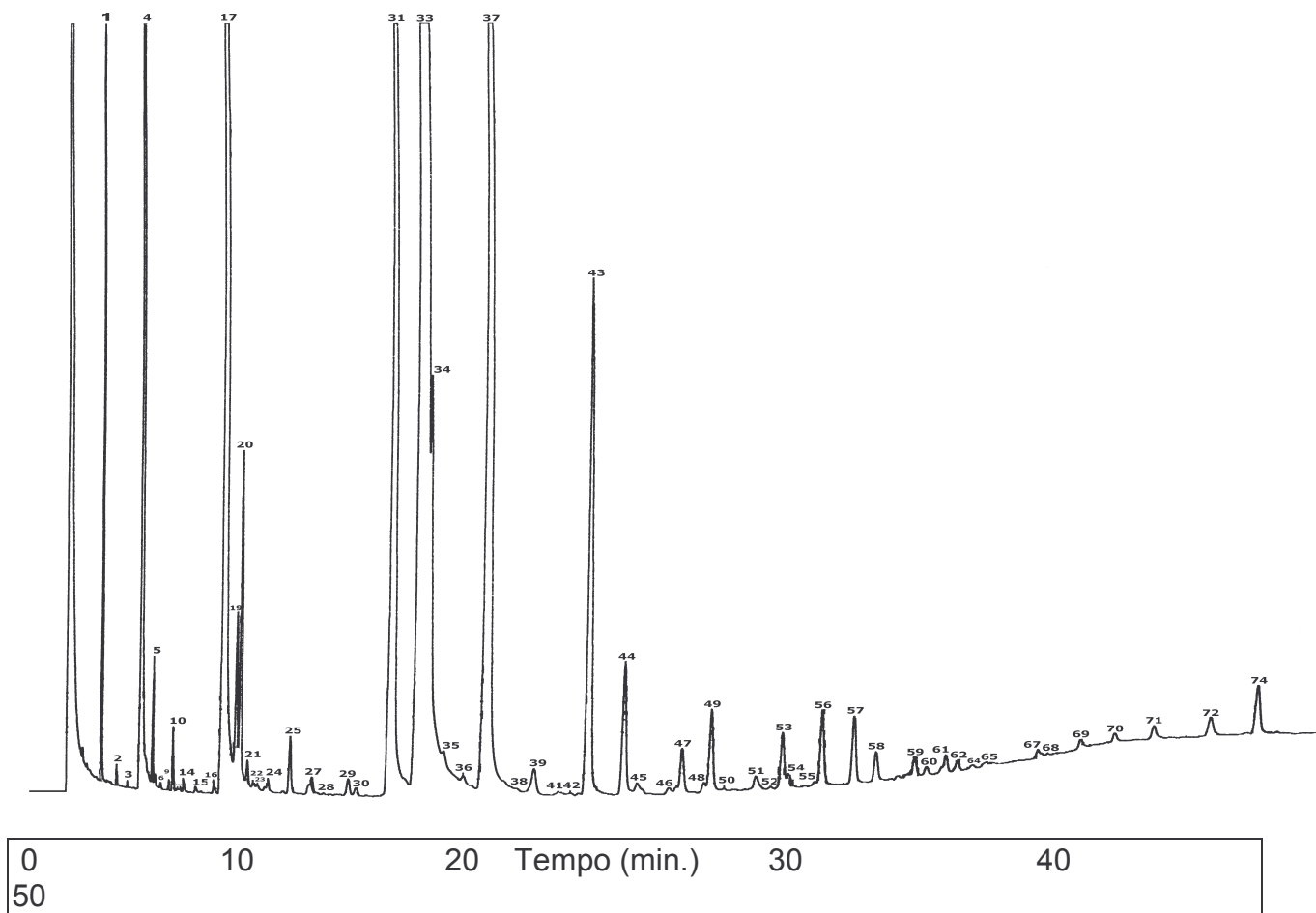
Este estudo, portanto está indicando que a criação de algumas espécies, como o matrinxã e o tambaqui, no sistema semi-intensivo na região Amazônica, está adequado, permitindo boa qualidade nutricional da espécie, comparável ao peixe de recurso natural capturado na época da cheia. Isto pode representar um potencial para a Amazônia, indicando que a atividade da piscicultura pode ser mais explorada e ainda melhorada através de modificações da ração para que o peixe possa atingir o mesmo nível nutricional daquele capturado na época da seca.

O tecido adiposo da cavidade ocular não apresentou uma quantidade de EPA e DHA que indicasse ser este tecido uma melhor fonte dos ácidos graxos essenciais do que o músculo.

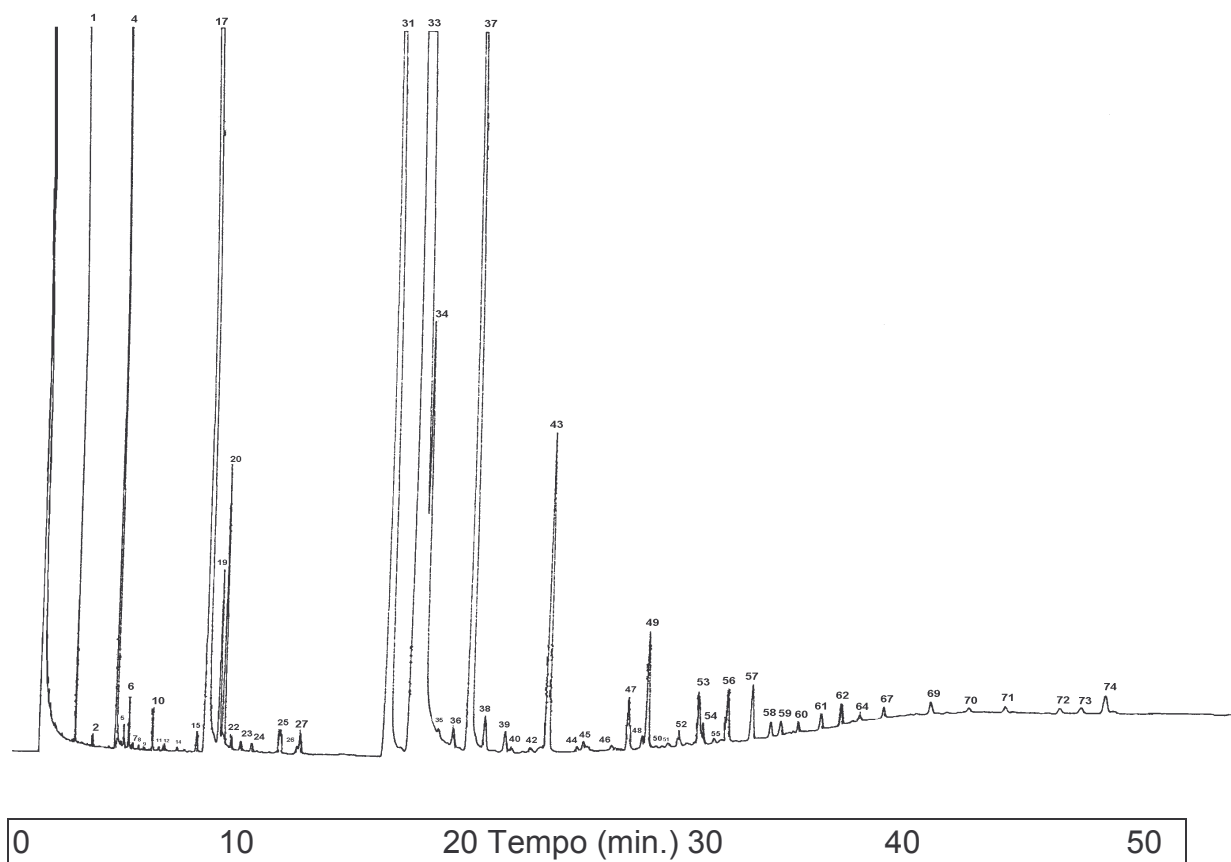
O matrinxã e o tambaqui de cultivo e os peixes de recurso natural, capturados nas duas épocas sazonais podem ser utilizados em dietas balanceadas, visando o aumento da ingestão de EPA e DHA para melhorar a proporção entre $\omega 6:\omega 3$, que é considerada alta em países ocidentais.

ANEXOS

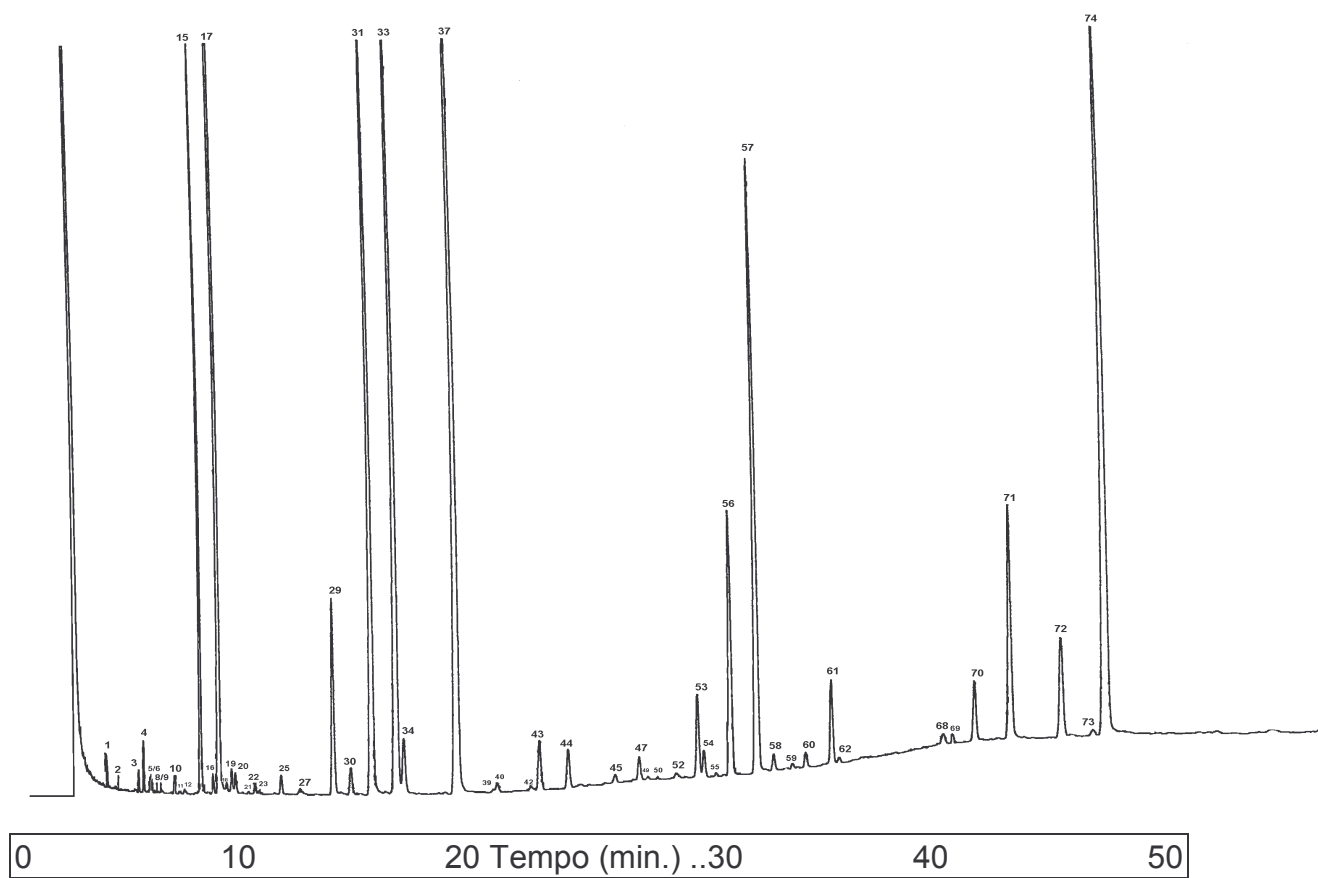
ANEXO I - Cromatograma de ésteres metílicos dos ácidos graxos de Lipídios Totais de matrinxã (*B cephalus*).
Coluna DB – WAX 20M (170°C por 16min., 2°C/min. até 210°C)



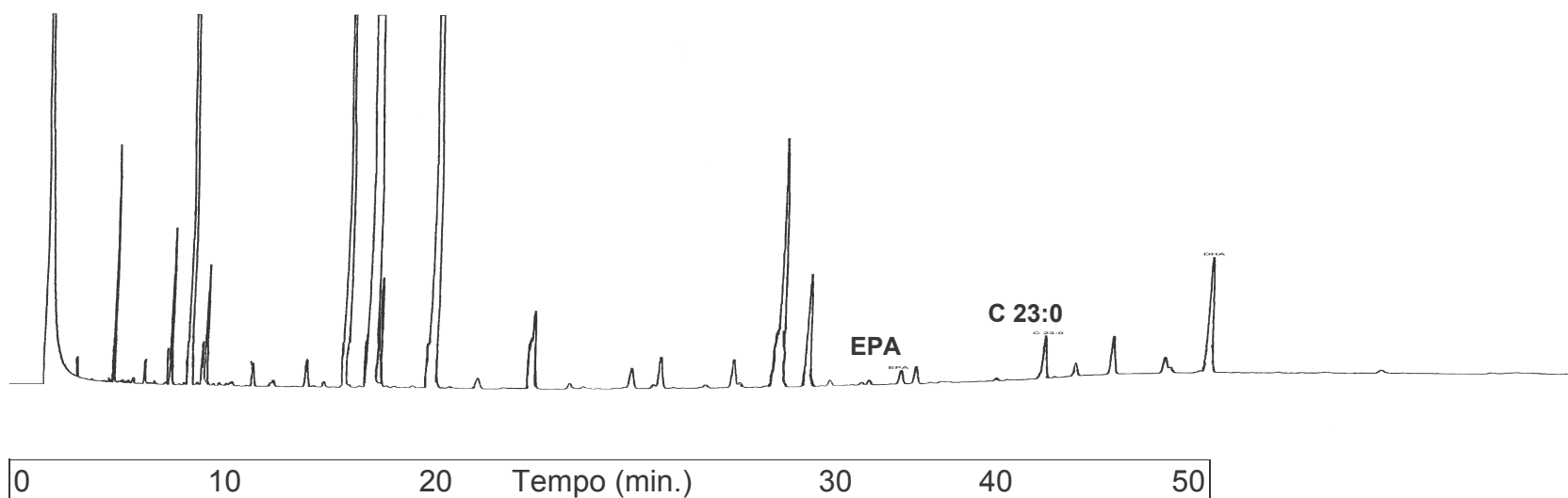
ANEXO II - Cromatograma de ésteres metílicos dos ácidos graxos de Lipídios Neutros de matrinxã (*B. cephalus*).
Coluna DB – WAX 20M (170°C por 16min., 2°Cmin. até 210°C).



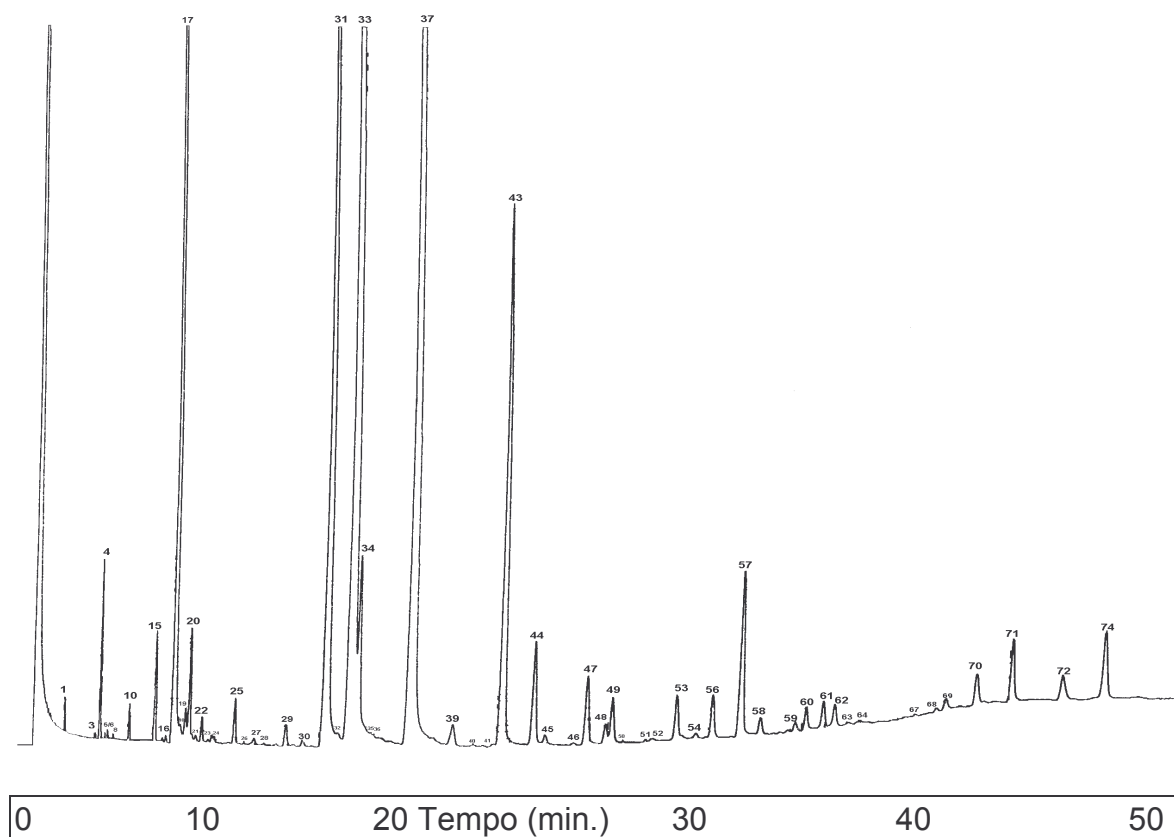
ANEXO III - Cromatograma de ésteres metílicos dos ácidos graxos de Fosfolipídios de matrinxã (*B. cephalus*).
Coluna DB – WAX 20M (170°C por 16min., 2°Cmin. até 210°C).



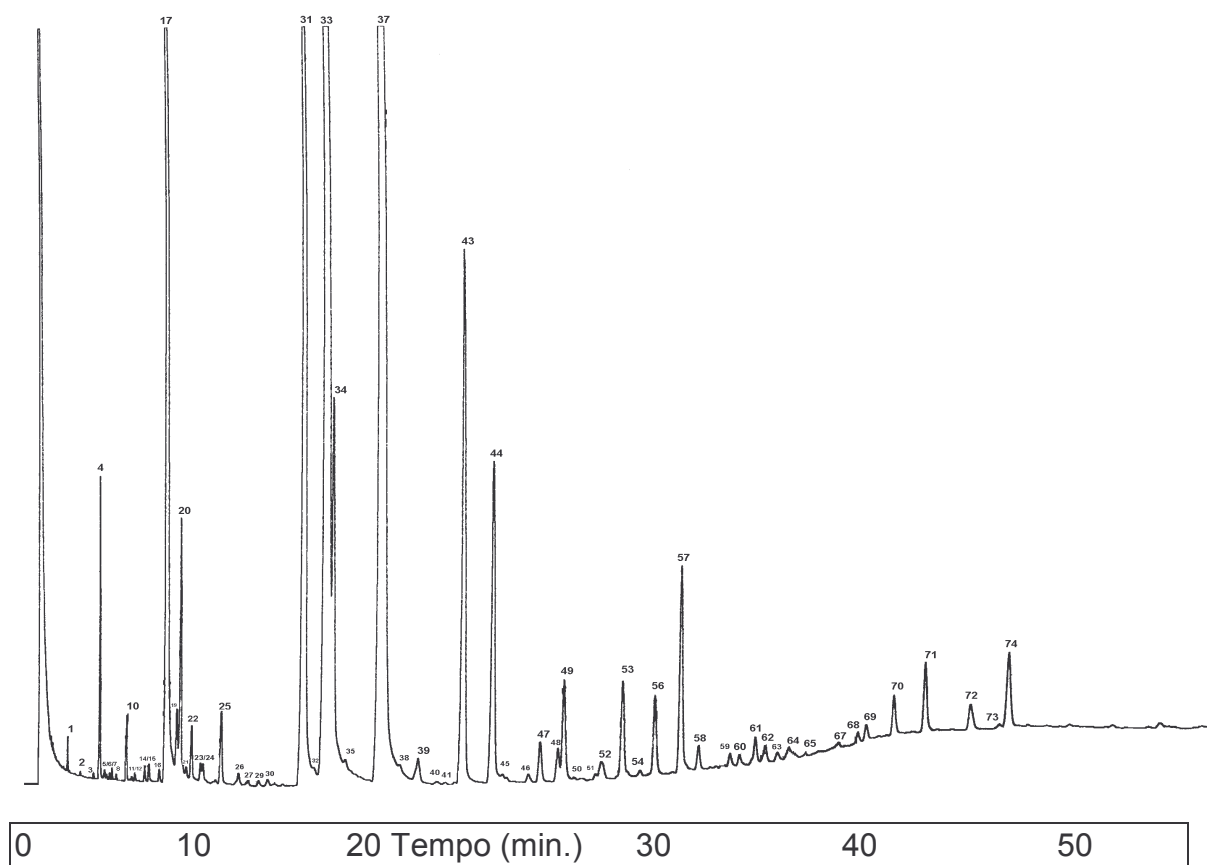
ANEXO IV - Cromatograma de ésteres metílicos dos ácidos graxos de LT de matrinxã (*B. cephalus*) com o padrão interno C 23:0 para a quantificação de EPA e DHA. Coluna DB – WAX 20M (170°C por 16min., 2°Cmin. até 210°C).



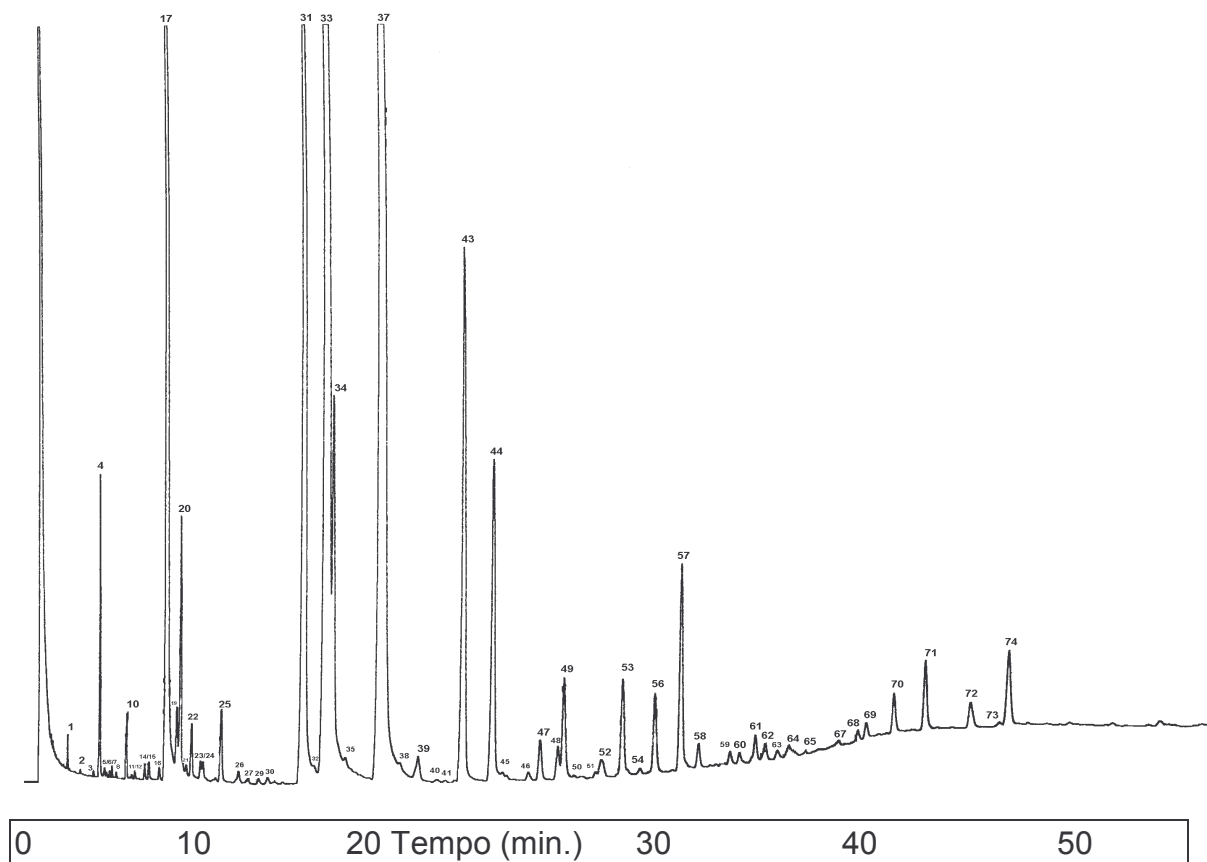
ANEXO V - Cromatograma de ésteres metílicos dos ácidos graxos de Lipídios Totais de tambaqui (*C. macropomum*). Coluna DB – WAX 20M (170°C por 16min. 2°Cmin., até 210°C)



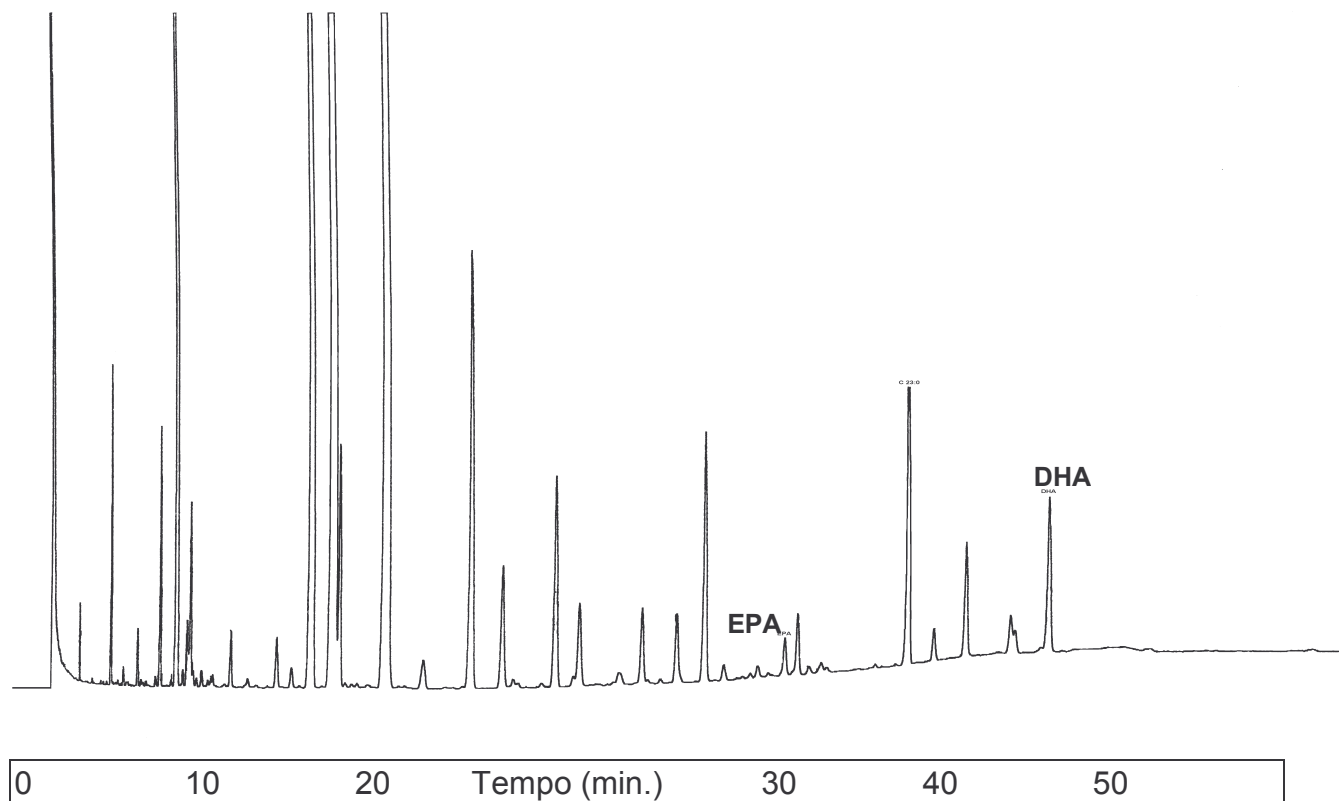
ANEXO VI - Cromatograma de ésteres metílicos dos ácidos graxos de Lipídios Neutros de tambaqui (*C macropomum*). Coluna DB – WAX 20M (170°C por 16min., 2°Cmin. até 210°C).



ANEXO VI - Cromatograma de ésteres metílicos dos ácidos graxos de Lipídios Neutros de tambaqui (*C macropomum*). Coluna DB – WAX 20M (170°C por 16min., 2°Cmin. até 210°C).



ANEXO VIII - Cromatograma de ésteres metílicos dos ácidos graxos de LT de tambaqui (*C. macropomum*) com o padrão interno C 23:0 para a quantificação de EPA e DHA. Coluna DB – WAX 20M (170°C por 16min., 2°Cmin. até 210°C).



ANEXO IX - Valores de comprimento equivalente de cadeia, calculados a partir do tempo de retenção corrigido (ECL') de ésteres metílicos de ácidos graxos de amostras de matrinxã e tambaqui, padrões e literatura.

Pico	Ácido graxo	VALORES DE ECL'					
		Amostra ^a ±dp	Padrões ^a ±dp	Literatura ^b			
				1	2	3	4
1	12:0	12,00±0,00	11,99±0,01	12,00	12,00	-	12,00
2	13:0	12,95±0,00	13,01±0,01	13,00	13,00	-	-
3	i14:0	13,52±0,01	-	13,51	13,51	-	-
4	14:0	14,00±0,00	14,00±0,00	14,00	14,00	14,00	14,00
5	14:1ω9	14,24±0,01	-	14,22	-	-	-
6	14:1ω7	14,33±0,02	-	14,31	-	14,30	14,34
7	14:1ω5	14,43±0,02	14,43±0,01	14,42	-	-	14,45
8	i15:0	14,46±0,01	14,51±0,01	14,51	14,51	14,51	14,51
9	ai15:0	14,66±0,01	-	14,67	14,68	14,67	14,63
10	15:0	14,99±0,01	14,99±0,01	14,99	15,00	15,00	14,98
11	15:1ω9	15,24±0,01	-	15,25	-	-	-
12	15:1ω7	15,34±0,01	-	-	-	-	15,32
13	15:1ω5	15,42±0,01	-	-	15,42	-	-
14	i16:0	15,48±0,01	-	15,48	15,51	15,50	15,48
15	16:0DMA	15,64±0,01	-	15,66	15,68	-	15,60
16	X	15,87±0,01	-	-	-	-	15,87
17	16:0	16,00±0,00	16,00±0,00	16,00	16,00	16,00	16,00
18	16:1ω11	16,13±0,02	-	-	-	-	16,14
19	16:1ω9	16,24±0,01	16,25±0,00	16,24	-	16,16	16,24
20	16:1ω7	16,31±0,01	16,33±0,01	16,30	16,31	16,31	16,31

ANEXO IX - Valores de comprimento equivalente de cadeia, calculados a partir do tempo de retenção corrigido (ECL') de ésteres metílicos de ácidos graxos de amostras de matrinxã e tambaqui, padrões e literatura.

Pico	Ácido graxo	VALORES DE ECL'					
		Amostra ^a ±dp	Padrões ^a ±dp	Literatura ^b			
				1	2	3	4
21	16:1ω5	16,42±0,01	16,42±0,01	16,41	16,41	16,41	16,42
22	i17:0	16,47±0,01	-	16,49	16,51	16,51	16,50
23	16:2ω7	16,64±0,01	-	16,59	-	-	16,57
24	ai17:0	16,67±0,01	-	16,67	16,68	16,67	16,68
25	17:0	16,98±	16,98±0,00	16,99	17,00	17,00	16,99
26	17:1ω9	17,25±0,01	17,27±0,01	17,26	17,27	17,25	17,27
27	17:1ω7	17,32±0,01	17,46±0,01	-	17,30	-	17,47
28	17:1ω5	17,42±0,02	-	-	17,39	-	-
29	18:0 DMA	17,59±0,02	-	-	-	-	17,59
30	18:1DMA	17,81±0,01	-	17,80	-	-	17,81
31	18:0	18,00±0,01	18,00±0,00	18,00	18,00	18,00	18,00
32	18: 1ω11	18,16±0,01	18,16±0,03	18,15	18,20	-	18,16
33	18:1ω9	18,27±0,01	18,25±0,01	18,24	18,23	18,24	18,26
34	18:1ω7	18,30±0,01	18,31±0,01	18,31	18,30	18,30	18,32
35	18: 1ω6	18,36±0,02	18,35±0,01	18,36	18,35	-	-
36	18:1ω5	18,43±0,01	-	18,42	18,36	18,42	18,44
37	18:2ω6	18,72±0,01	18,72±0,01	18,72	18,70	18,69	18,74
38	18: 2ω4	18,93±0,02	19,92±0,02	18,92	-	18,89	18,95
39	18:3ω6	19,04±0,01	19,04	19,04	19,02	19,01	19,05
40	19:0	18,99±0,00	19,00±0,00	19,00	19,00	19,00	19,07

ANEXO IX - Valores de comprimento equivalente de cadeia, calculados a partir do tempo de retenção corrigido (ECL') de ésteres metílicos de ácidos graxos de amostras de matrinxã e tambaqui, padrões e literatura.

Pico	Ácido graxo	VALORES DE ECL'					
		Amostra ^a ±dp	Padrões ^a ±dp	Literatura ^b			
				1	2	3	4
41	18:3ω4	19,20±0,02	-	19,20	-	-	-
42	19:1ω7	19,30±0,02	-	-	19,30	-	19,34
43	18:3ω3	19,37±0,01	19,38±0,00	19,38	19,35	19,34	19,38
44	19:2ω7	19,58±0,01	-	19,59	-	-	19,60
45	18:4ω3	19,68±0,02	19,71±0,01	19,70	19,68	19,66	19,71
46	X	19,81±0,01	-	-	-	-	-
47	20:0	20,00±0,00	20,00±0,00	20,00	20,00	20,00	20,00
48	20:1ω11	20,20±0,01	20,16±0,01	20,17	20,17	20,17	20,17
49	20:1ω9	20,25±0,01	20,21±0,01	20,22	20,22	20,22	20,22
50	20:1ω7	20,33±0,02	20,32±0,01	20,31	20,30	20,29	-
51	20:2ω9	20,44±0,02	-	-	-	-	20,40
52	19:4ω3	20,65±0,01	-	-	20,65	-	-
53	20:2ω6	20,72±0,01	20,74±0,01	20,71	20,69	20,68	20,72
54	20:3ω9	20,76±0,01	-	-	20,75	-	20,78
55	X						
56	20:3ω6	20,95±0,01	20,96±0,02	20,96	20,97	20,95	21,00
57	20:4ω6	21,23±0,01	21,25±0,01	21,24	21,20	21,18	21,24
58	20:3ω3	21,41±0,01	21,42±0,01	21,38	21,35	21,33	21,38
59	X4	21,55±0,01	-	-	-	-	-
60	20:4ω3	21,64±0,01	21,66±0,01	21,66	21,62	21,60	21,66
61	20:5ω3	21,87±0,01	21,87±0,01	21,89	21,85	21,83	21,90

ANEXO IX - Valores de comprimento equivalente de cadeia, calculados a partir do tempo de retenção corrigido (ECL') de ésteres metílicos de ácidos graxos de amostras de matrinxã e tambaqui, padrões e literatura.

Pico	Ácido graxo	VALORES DE ECL'					
		Amostra ^a ±dp	Padrões ^a ±dp	Literatura ^b			
				1	2	3	4
62	22:0	22,00±0,00	22,00±0,01	22,00	22,00	22,00	22,00
63	22:1ω11	22,17±0,02	22,13±0,02	22,14	22,14	22,14	-
64	22:1ω9	22,23±0,01	22,20	22,22	22,20	22,20	22,22
65	21:3ω3	22,34±0,01	-	22,36	22,35	-	-
66	21:4ω3	22,59±0,02	-	22,62	22,59	-	-
67	22:2ω6	22,73±0,02	22,73±0,01	22,70	22,69	22,68	21,71
68	22:3ω6	22,95±0,01	22,93±0,01	22,95	-	22,95	22,83
69	22:4ω6	23,20±0,01	23,23±0,02	23,23	23,20	23,18	23,24
70	22:3ω3	23,31±0,01	23,31±0,01	23,33	23,35	23,33	-
71	22:4ω3	23,61±0,01	23,63±0,01	23,63	-	23,60	-
72	22:5ω3	23,84±0,01	23,83±0,01	23,89	23,85	23,83	23,90
73	24:0	24,00±0,00	24,00±0,01	24,00	24,00	24,00	24,00
74	22:6ω3	24,17±0,01	24,17±0,01	24,25	24,13	24,19	24,13

Siglas: DMA = dimetilacetal; ai = anteiso; i = iso; Xn = ácido graxo não identificado.

^a Coluna DB-WAX 20M -30mx0,25mmx0,25µm;200°C/isoterma

^{1b} Silva, A. J. I Coluna DB-WAX 20M -30mx0,25mmx0,25µm;200°C/isoterma)

^{2b}Stránsky,K.et al.,1997 (Coluna DB-WAX 20M -0mx0,25mmx0,25µm;200°C/isoterma)

^{3b}Thompson,R. H.,1996 (Coluna DB-WAX20M-30mx0,25mmx0,25µm;200°C/isoterma)

ANEXO X - Razão m/e e abundância relativa dos principais fragmentos de ésteres metílicos de ácidos graxos de matrinxã e tambaqui, obtidos por espectrometria de massas através de ionização por impacto de elétrons a 70 eV.

Pico	Acido graxo	Principais fragmentos de massa (m/e)										Íon Molecular
1	12:0	74 100	87 48,5	43 41,9	41 33,3	55 23,8	29 21,2	75 12,5	28 11,9	57 11,8	27 10,2	
2	13:0	74 100	43 50,5	87 49,7	41 41,5	55 26,1	75 17,9	57 12,5	69 10,5	59 9,20	42 9,10	228
3	i14:0	74 100	41 90,8	43 78,4	55 67,0	87 40,8	57 40,4	75 24,8	69 20,4	97 16,2	83 16,1	242
4	14:0	74 100	43 50,5	87 49,7	41 41,5	55 26,1	75 17,9	57 12,5	69 10,5	59 9,2	42 9,1	242
5	14:1ω9	41 100	55 97,5	74 46,5	69 40,8	43 39,1	87 24,9	67 23,9	84 23,7	39 23,1	83 22,9	
6	14:1ω7	55 100	41 92,0	74 76,5	69 68,4	43 66,2	96 38,6	84 37,6	87 36,8	67 35,4	83 30,2	238
7	14:1ω5	55 100	41 86,8	74 72,4	69 62,4	43 48,6	87 30,6	96 28,4	84 27,3	49 26,2	59 24,0	
8	i15:0	74 100	43 71,9	87 62,1	41 51,9	55 23,0	57 22,7	75 15,2	69 14,7	40 14,1	42 13,2	256
9	ai15:0	74 100	41 92,4	43 90,6	55 68,0	87 42,4	57 34,9	83 34,6	69 30,6	59 14,0	39 10,4	256
10	15:0	74 100	43 49,7	87 49,6	41 42,2	55 25,1	75 18,7	57 13,8	69 10,2	59 8,3	143 8,1	256
11	15:1ω9	55 100	41 79,7	74 79,9	43 59,4	69 55,8	84 47,0	67 44,9	83 38,7	87 37,9	96 34,5	252
12	15:1ω7	55 100	41 78,0	47 76,0	43 57,0	84 54,6	69 46,8	67 44,2	83 36,4	87 28,6	96 26,2	254
14	i16:0	74 100	43 94,5	41 65,9	87 50,6	57 49,7	55 49,1	42 21,8	71 20,3	69 19,0	39 13,3	270
15	16:0DMA	71 100	75 59,0	41 57,7	82 29,6	43 29,2	69 17,7	55 15,7	67 13,4	96 13,3	81 11,5	255
16	X	74 100	43 98,8	41 89,7	57 78,9	87 63,3	55 57,9	45 30,3	69 28,2	71 28,2	40 26,4	
17	16:0	74 100	43 52,3	87 47,2	41 41,1	55 25,9	75 19,9	57 14,1	69 11,2	59 7,7	39 5,5	270
18	16:1ω11	55 100	41 97,4	69 53,0	84 50,6	96 47,0	83 40,8	98 36,4	54 30,6	81 30,0	67 29,0	268
19	16:1ω9	41 100	55 82,3	43 64,5	74 42,8	69 37,3	67 32,6	84 31,8	96 28,5	83 27,4	98 24,7	268
20	16:1ω7	41 100	55 86,0	43 61,4	69 74,6	74 47,3	83 27,2	67 26,0	87 25,9	84 25,3	96 24,0	268
21	16:1ω5	55 100	41 93,1	43 49,5	74 39,2	69 39,2	87 26,0	83 24,2	67 23,0	96 22,8	84 22,3	268

ANEXO X - Razão m/e e abundância relativa dos principais fragmentos de ésteres metílicos de ácidos graxos de matrinxã e tambaqui, obtidos por espectrometria de massas através de ionização por impacto de elétrons a 70 eV.

Pico	Acido graxo	Principais fragmentos de massa (m/e)										Íon Molecular
22	i17:0	74 100	43 75,5	41 64,9	87 61,0	55 38,7	75 26,6	57 20,8	83 19,8	59 18,8	39 17,8	284
23	16:2 ω 7	67 100	41 93,0	81 64,2	55 60,7	79 48,7	95 46,5	54 45,1	82 41,6	80 36,1	43 36,0	-
24	ai17:0	74 100	43 66,1	87 57,7	55 46,1	41 37,4	57 21,7	69 17,3	83 11,5	42 10,8	59 9,5	284
25	17:0	74 100	43 62,0	87 56,2	41 44,8	55 31,6	75 23,5	57 18,6	69 13,7	83 8,9	53 8,5	284
26	17:1 ω 9	41 100	55 88,5	43 86,1	69 56,1	74 52,5	96 49,7	87 48,0	67 47,6	97 46,7	98 40,2	-
27	17:1 ω 7	41 100	55 72,0	43 62,3	74 47,9	69 38,7	87 32,7	96 32,0	67 30,6	98 28,2	84 27,5	-
29	18:0DMA	71 100	41 69,6	75 51,7	43 42,7	82 36,8	55 21,1	81 22,7	68 21,6	96 20,6	67 18,7	238
30	18:1DMA	75 100	71 43,5	41 42,1	43 34,1	55 15,6	82 12,7	57 10,3	45 8,7	67 7,6	58 6,7	281
31	18:0	74 100	43 56,7	87 52,6	41 40,3	55 28,2	75 23,8	57 18,4	69 13,0	143 9,4	42 8,3	298
32	18:1 ω 11	55 100	41 95,9	43 68,3	67 91,6	95 67,2	54 54,7	84 50,5	68 46,2	83 46,1	81 43,1	296
33	18:1 ω 9	41 100	55 84,5	43 69,2	69 46,7	74 42,5	83 30,2	67 28,0	84 26,6	96 24,4	87 24,3	296
34	18:1 ω 7	41 100	55 81,5	43 67,4	69 45,8	55 41,8	83 28,8	67 27,9	84 25,7	96 24,1	87 23,6	296
35	18:1 ω 6	41 100	55 82,0	43 68,8	69 45,9	74 42,0	83 28,5	67 26,9	84 25,5	96 23,4	87 23,4	-
36	18:1 ω 5	41 100	55 92,0	43 67,1	69 52,0	74 42,0	83 30,0	84 25,5	67 22,2	87 24,3	97 24,2	296
37	18:2 ω 6	41 100	67 60,6	43 50,7	55 50,4	39 41,3	81 39,9	79 39,2	96 37,4	83 34,6	82 30,3	294
38	18:2 ω 4	41 100	55 73,9	67 63,1	81 46,3	43 38,5	82 38,0	95 37,2	69 35,0	44 33,2	68 31,5	294
39	18:3 ω 6	41 100	67 80,9	79 95,4	80 74,2	81 54,0	55 51,5	93 46,4	43 43,0	91 40,4	94 32,3	292
40	19:0	74 100	43 73,9	41 54,7	87 62,6	55 43,9	75 25,9	57 23,0	44 22,8	69 18,4	67 18,2	312
41	18:3 ω 4	79 100	67 88,6	41 86,6	55 62,4	80 56,2	93 46,6	81 34,0	94 28,1	69 27,6	43 26,0	-

ANEXO X - Razão m/e e abundância relativa dos principais fragmentos de ésteres metílicos de ácidos graxos de matrinxã e tambaqui, obtidos por espectrometria de massas através de ionização por impacto de elétrons a 70 eV.

Pico	Acido graxo	Principais fragmentos de massa (m/e)										Íon Molecular
42	19:1 ω 7	55 100	41 74,8	43 60,0	69 45,0	74 43,2	83 25,2	57 22,9	84 22,7	97 21,5	87 19,0	-
43	18:3 ω 3	41 100	79 86,6	67 64,7	55 51,8	95 44,2	80 37,2	93 36,5	81 35,9	43 34,4	108 23,4	292
44	19:2 ω 7	67 100	41 89,2	81 72,6	43 61,3	95 50,3	55 48,2	82 48,0	79 44,8	68 43,6	96 42,8	308
45	18:4 ω 3	79 100	41 84,4	67 46,9	93 40,5	91 40,5	80 40,2	55 33,7	77 26,3	39 23,1	81 20,6	290
47	20:0	74 100	43 68,8	87 44,0	41 44,0	55 35,6	75 28,7	57 27,8	69 18,7	143 14,2	97 11,4	326
48	20:1 ω 11	55 100	43 99,0	41 86,9	69 49,2	74 42,2	83 33,7	84 32,5	67 31,7	57 27,6	96 25,1	324
49	20:1 ω 9	41 100	55 96,5	43 79,3	69 53,9	74 40,9	83 35,9	97 29,2	67 29,2	96 28,5	57 27,8	324
50	20:1 ω 7	41 100	43 93,4	55 68,7	67 47,0	83 46,8	96 45,4	74 41,7	69 37,1	82 33,7	97 33,7	324
51	20:2 ω 9	67 100	81 88,2	41 75,9	43 64,2	82 61,5	55 60,3	79 48,2	80 43,4	96 41,0	44 34,0	322
53	20:3 ω 6	41 100	67 96,1	55 72,4	81 69,5	82 45,3	68 42,3	95 40,2	54 39,4	96 37,7	96 37,7	320
54	20:3 ω 9	41 100	44 97,9	67 70,1	43 68,0	79 51,6	81 49,0	55 4808	80 44,4	95 36,4	91 31,2	-
56	20:3 ω 6	41 100	67 87,0	79 70,2	55 57,3	80 57,2	81 49,2	43 41,2	93 34,9	95 28,3	91 27,6	320
57	20:4 ω 6	41 100	79 80,1	67 67,4	91 55,8	80 53,7	55 44,4	43 39,6	93 38,6	81 29,6	77 26,2	318
58	20:3 ω 3	41 100	79 85,5	95 60,9	67 59,2	55 51,7	44 47,0	80 46,0	81 43,7	93 41,7	91 32,3	320
59	X	41 100	79 93,5	81 70,9	55 67,4	79 58,1	43 47,0	80 39,9	82 30,9	54 29,4	121 23,2	
60	20:4 ω 3	41 100	79 96,7	55 70,9	43 61,2	57 60,4	67 58,6	80 53,5	91 46,3	93 46,0	71 38,2	318
61	20:5 ω 3	41 100	79 57,3	91 57,3	67 56,1	55 39,1	93 34,1	43 31,5	77 30,4	80 29,4	105 26,7	316
62	22:0	74 100	43 84,6	87 75,0	41 50,5	57 48,0	55 47,5	69 22,3	72 19,8	97 19,5	75 19,0	354
63	22:1 ω 11	41 100	79 81,3	67 76,7	80 57,7	55 56,1	91 53,0	81 44,3	93 38,5	43 35,5	95 30,7	-

ANEXO X - Razão m/e e abundância relativa dos principais fragmentos de ésteres metílicos de ácidos graxos de matrinxã e tambaqui, obtidos por espectrometria de massas através de ionização por impacto de elétrons a 70 eV.

Pico	Acido graxo	Principais fragmentos de massa (m/e)										Íon Molecular
64	22:1ω9	41 100	79 83,9	67 65,0	55 57,8	80 57,2	43 52,0	91 45,9	81 45,7	93 39,0	74 33,4	-
65	21:3ω3	55 100	41 92,2	43 67,2	69 50,2	83 33,4	67 31,0	74 28,5	78 24,3	95 21,0	96 19,2	-
66	21:4ω3	41 100	79 76,0	165 71,6	67 61,6	91 58,4	43 58,4	55 57,3	57 48,3	39 40,7	80 40,2	-
67	22:2ω6	67 100	79 73,0	55 64,9	41 56,3	80 42,4	95 40,0	54 38,5	96 32,3	43 29,8	69 29,3	350
68	22:3ω6	41 100	79 99,9	67 93,6	91 93,4	80 79,4	55 60,3	43 57,7	93 56,5	77 37,7	105 35,9	-
69	22:4ω6	41 100	79 99,9	80 80,1	67 77,3	55 60,5	91 50,3	93 47,7	43 43,5	81 42,7	77 31,0	346
70	22:3ω3	41 100	79 82,8	67 71,6	55 59,9	80 57,9	91 47,6	43 37,3	93 31,5	81 31,7	77 23,0	-
71	22:4ω3	41 100	79 64,9	5 51,3	67 47,2	80 44,7	91 37,3	81 29,3	93 28,5	43 23,0	95 21,4	346
72	22:5ω3	41 100	79 83,3	91 62,6	67 56,8	55 31,9	77 31,8	93 30,9	105 26,7	39 24,5	80 23,8	344
73	24:0	74 100	43 90,9	87 62,6	41 46,8	55 41,2	57 41,8	75 32,9	69 19,0	71 12,5	80 11,0	382
74	22:6ω3	41 100	79 92,1	43 72,2	67 60,3	91 58,4	55 43,7	80 38,8	77 32,5	39 31,3	93 30,6	342

Siglas: DMA = dimetilacetal; ai = anteiso; i = iso; X = ácido graxo não identificado.