



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA  
MESTRADO EM QUÍMICA**

**HAMILTON HERMES DE OLIVEIRA**

**RAZÃO ENTRE ÔMEGA-6/ÔMEGA-3, AGPI/AGS E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-  
QUÍMICA DO ÓLEO DE *Collossoma macropomum* (TAMBAQUI) CULTIVADOS NO  
ESTADO DE RORAIMA**

**BOA VISTA – RR  
2008**

**HAMILTON HERMES DE OLIVEIRA**

**RAZÃO ENTRE ÔMEGA-6/ÔMEGA-3, AGPI/AGS E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO ÓLEO DE *Colossoma macropomum* (TAMBAQUI) CULTIVADOS NO ESTADO DE RORAIMA**

**Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Química da Universidade Federal de Roraima como requisito para obtenção do Título de Mestre em Química**

**Orientador: Prof. Dr. Antonio Alves de Melo Filho**

**Boa Vista – RR  
2008**

**Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)**

**Oliveira, Hamilton Hermes**

**Razão entre ômega-6/ômega-3, AGPI/AGS e caracterização físico-química do óleo de *Colossoma macropomum* (tambaqui) cultivados no Estado de Roraima**

**/ Hamilton Hermes de Oliveira. Boa Vista, 2008**

**Orientador: Prof. Dr. Antonio Alves de Melo Filho  
Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Química  
Universidade Federal de Roraima**

**1 – Tambaqui. 2 - Óleos de peixe. 3 - Ácidos graxos. 4 - *Colossoma macropomum*. 5- ômega-6 e ômega-3**

**I. Melo Filho, Antonio Alves**

**II. Universidade Federal de Roraima**

**HAMILTON HERMES DE OLIVEIRA**

**RAZÃO ENTRE ÔMEGA-6/ÔMEGA-3, AGPI/AGS E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO ÓLEO DE *Colossoma macropomum* (TAMBAQUI) CULTIVADOS NO ESTADO DE RORAIMA**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Química da Universidade Federal de Roraima, defendida em 25 de novembro de 2008 e avaliada pela seguinte banca examinadora:

---

Prof. Dr. Antonio Alves de Melo Filho  
Orientador/Departamento de Química-UFRR

---

Prof. Dr. Antonio Flavio de Carvalho Alcantara  
Departamento de Química - UFMG

---

Prof. Dr. Francisco das Chagas do Nascimento  
Departamento de Química-UFRR

## **Dedicatória**

A memória de meu pai, **Antonio Hermes de Oliveira** e a saúde de minha mãe **Maria Auri Albuquerque de Oliveira**, pela vida, luta, fé e esperança durante toda a vida.

## **Agradecimentos**

A **Deus** por me iluminar com sua força suprema me fortalecendo a cada dia e permitindo que enfrentasse todos os obstáculos que muitas vezes me amedrontavam.

A minha esposa, **Andréa Andrade de Oliveira**, em especial pelo companheirismo e compreensão nos momentos de ausências por conta dos trabalhos.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Antonio Alves de Melo Filho**, pela orientação na construção deste trabalho, meus sinceros reconhecimentos.

Aos professores da **Universidade Federal de Roraima** pelos ensinamentos científicos.

Ao **Prof. Dr. Francisco das Chagas do Nascimento** que colaborou com pontos decisivos para esse trabalho.

A minha amiga **Prof. Dra. Elizanilda Ramalho do Rego** pela organização na montagem dos dados estatísticos.

Ao **Prof. Dr. Carlos Ramon Franco** pela obtenção das análises termogravimétricas.

Aos **amigos do Programa de Pós-Graduação em Química (Mestrado)**, pelos momentos de decisões.

Ao amigo **José Carlos** que em muitos momentos juntos, trabalhamos em nossas pesquisas.

A **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária** por ter concedido seus equipamentos para ajudar no desenvolvimento desse trabalho, e a Mestre Rita de Cássia na colaboração de secagem das amostras.

A **Universidade Federal de Minas Gerais** por ter concedido parte de seus equipamentos para a realização desse trabalho, também a Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup> Vani Perpétua desta Instituição por ter colaborado na obtenção dos cromatogramas deste trabalho.

Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Nesse trabalho foi realizado o estudo das características físico-químicas, análises qualitativas e quantitativas do óleo de filé de peixe da espécie *Collossoma macropomum* (tambaqui) criado no regime semi-intensivo em quatro pontos do Estado de Roraima, como também, apresentar as razões entre os ácidos graxos insaturados das séries omega-6 e omega-3. Os municípios de Alto Alegre, Bonfim e Boa Vista com as localidades do Uraricoera e Passarão foram escolhidas porque possuem pontos estratégicos que favorecem a criação dessa espécie e estão locados os maiores produtores de pescados do Estado. Nas análises do filé de peixe das quatro localidades, obteve-se como resultados médios: a umidade de  $68,55 \pm 5,85$  % e  $6,57 \pm 2,41$  % de lipídios totais. Nas análises físico-químicas do óleo de filé do peixe, obteve-se como resultado um valor médio para a densidade a  $25$  °C de  $0,907 \pm 0,002$  g/cm<sup>3</sup>; ponto de fusão  $29,00 \pm 0,82$  °C; substâncias orgânicas insolúveis em éter  $7,07 \pm 0,009$  %; rendimento  $7,07 \pm 2,58$  %; lipídios totais  $6,57 \pm 2,41$  %; teor de cinzas  $0,042 \pm 0,01$  %; umidade  $0,051 \pm 0,005$  %; índice de acidez  $3,75 \pm 2,72$  mg de KOH/g de óleo; acidez em ácido oléico  $1,88 \pm 1,36$  %; índice de iodo  $147,65 \pm 3,04$  g I<sub>2</sub> / 100 g de óleo; índice de refração  $1,459 \pm 0,001$  a  $40$  °C e viscosidade utilizando o modelo exponencial proposto por Andrade (1930) onde se ajustou bastante aos dados experimentais com um coeficientes de correlação superiores a 94 %. Foi realizada a análise termogravimétrica em atmosfera dinâmica de nitrogênio a um intervalo de temperatura de  $20$  a  $600$  °C onde foi observado e comparado o comportamento térmico. Na identificação e quantificação dos ácidos graxos, foi utilizado um cromatógrafo gasoso, onde foram feitas as comparações dos picos das amostras com os ácidos graxos metilados (Supelco 37) todos nas mesmas condições de processamento no qual foram identificados quatro ácidos graxos majoritários de maior concentração: ácido oléico (C18:1 $\omega$ 9), ácido palmítico (C16:0), ácido linoléico (C18:2 $\omega$ 6c) e ácido esteárico (C18:0) com média de  $24,83 \pm 1,68$  %,  $17,88 \pm 1,91$  %,  $13,86 \pm 2,45$  % e  $9,17 \pm 0,78$  % respectivamente, para os peixes das quatro localidades. Os ácidos graxos das séries ômegas-6 e ômegas-3 foram identificados com  $20,49 \pm 1,62$  % e  $2,45 \pm 0,51$  % respectivamente, resultando uma razão igual a 8,58; as concentrações médias de ácidos graxos saturados e insaturados encontradas foram  $28,56 \pm 2,38$  % e  $56,80 \pm 2,37$  %, respectivamente.

**Palavras-chave:** Tambaqui; óleo de peixe; ácidos graxos; *Collossoma macropomum*; ômega-6 e ômega-3.

## ABSTRACT

In this paper it was studied the physical-chemical characteristics, qualitative and quantitative analysis of the oil of steak of the fish *Colossoma macropomum* (tambaqui), which is grown in a semi-intensive regime, in four different places in the State of Roraima. This paper also presents the ratio between unsaturated fatty acids of the omega-6 and omega-3 series. The cities of Alto Alegre, Bonfim and Boa Vista as well as the villages of Uraricoera and Passarão were chosen in this study because they present strategic points that favor the growing of this fish species and it is where the biggest producers of fish in the state are located. In the analysis of the oil of steak of tambaqui fish, the results obtained were: humidity of  $68,55 \pm 5,85$  % and  $6,57 \pm 2,41$  % of total lipid. In the physical-chemical analysis of the oil of fish steak, it was obtained as result an average value for density to  $25^{\circ}\text{C}$  of  $0,907 \pm 0,002$   $\text{g}/\text{cm}^3$ ; fusion point of  $29,00 \pm 0,82$   $^{\circ}\text{C}$ ; insoluble organic substances in ether  $7,07 \pm 0,009$  %; rendimento  $7,07 \pm 2,58$  %; total lipid  $6,57 \pm 2,41$  %; ash amount  $0,042 \pm 0,01$  %; humidity  $0,051 \pm 0,005$  %; acidity rate  $3,75 \pm 2,72$  mg of KOH/g of oil; acidity in oil acid  $1,88 \pm 1,36$  %; iodine rate  $147,65 \pm 3,04$  g  $\text{I}_2/100$  g of oil; refraction indice to  $40^{\circ}\text{C}$   $1,459 \pm 0,001$  and viscosity using the exponential model proposed by Andrade (1930) pretty adjusted to the experimental data with correlation coefficient above 94 %. It was made thermal gravimetric analysis in nitrogen atmosphere in a break of temperature from 20 to  $600^{\circ}\text{C}$  where the finetil fatty behavior was observed and compared. In the identification and qualification of the fatty acids, it was used gas chromatograph, where it was made the comparisons of the highest points of the samples with metylated fatty acids (Supelco 37), all of them in the same processing conditions in which four major fatty acids of bigger concentration were identified: linoleic acid (C18:1 $\omega$ 9); palmitic acid (C16:0), linoleic (C18:2 $\omega$ 6) and estearic acid (C18:0) with an average of  $24,83 \pm 1,68$  %,  $17,88 \pm 1,91$  %,  $13,86 \pm 2,45$  % e  $9,17 \pm 0,78$  %, respectively to the fish found in the four locations. The fatty acids of the omega 6 and omega 3 series were identified  $20,49 \pm 1,62$  % and  $2,45 \pm 0,51$  %, respectively, resulting in ratio equal to 8,56; the average concentrations of saturated and unsaturated fatty acids found were  $28,56 \pm 2,38$  % and  $56,80 \pm 2,37$  %, respectively.

**Key-words:** Tambaqui; fish oil; fatty acids; *Colossoma macropomum*; omega-6 and omega-3.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - <i>Colossoma macropomum</i> (tambaqui) .....	15
FIGURA 2 - Relação metabólica dos ácidos graxos poliinsaturados das famílias ômega-6 e ômega-3 .....	25
FIGURA 3 - Divisão geográfica do Estado de Roraima.....	36
FIGURA 4 - Tanques de oxigenação de alevinos .....	37
FIGURA 5 - Tanques para desenvolvimento de alevinos .....	37
FIGURA 6 - Tanques para engorda de alevinos - Boa Vista .....	38
FIGURA 7 - Vazão do tanque por gravidade - Bonfim .....	39
FIGURA 8 - Momentos da alimentação dos peixes - Bonfim .....	39
FIGURA 9 - Vista do lago de abastecimento de água dos tanques - Bonfim .....	40
FIGURA 10 - Arrastão .....	40
FIGURA 11 - Ao chegar à feira .....	40
FIGURA 12 - Venda nas feiras.....	40
FIGURA 13 - Após a captura .....	52
FIGURA 14 - Filé do peixe .....	52
FIGURA 15 - Filé moído .....	52
FIGURA 16 - Misturador .....	52
FIGURA 17 - Extração .....	52
FIGURA 18 - Concentração-Rotaevaporador .....	52
FIGURA 19 - Viscosímetro AVS 350 .....	59
FIGURA 20 - Curva exponencial da viscosidade em função da temperatura do óleo do filé de tambaqui cultivado no Alto Alegre - RR .....	68
FIGURA 21 - Curva exponencial da viscosidade em função da temperatura do óleo do filé de tambaqui cultivado no Bonfim - RR .....	68
FIGURA 22 - Curva exponencial da viscosidade em função da temperatura do óleo do filé de tambaqui cultivado no Uraricoera - RR .....	69
FIGURA 23 - Curva exponencial da viscosidade em função da temperatura do óleo do filé de tambaqui cultivado no Passarão - RR.....	69
FIGURA 24 - Curva exponencial da viscosidade em função da temperatura do óleo do filé de tambaqui cultivado em Roraima - Média entre as localidades..	70
FIGURA 25 - Comportamento cinemático da viscosidade do óleo de tambaqui da localidades Alto Alegre, Bonfim, Uraricoera e Passarão .....	70
FIGURA 26 - Comportamento térmico do óleo de tambaqui cultivado em diferentes localidades de Roraima .....	71
FIGURA 27 - Cromatograma do padrão (Supelco 37) .....	72
FIGURA 28 - Cromatograma do óleo do tambaqui - Alto Alegre .....	74
FIGURA 29 - Cromatograma do óleo do tambaqui - Bonfim .....	76

FIGURA 30 - Cromatograma do óleo do tabaqui - Uraricoera.....	78
FIGURA 31 - Cromatograma do óleo do tabaqui - Passarão .....	80
FIGURA 32 - Cromatogramas dos ésteres de ácidos graxos dos lipídios totais do filé de tabaqui cultivados no Estado de Roraima. ....	86
FIGURA 33 - Estruturas dos 24 ácidos graxos identificados nos lipídios totais de óleo no tabaqui cultivados no Estado de Roraima. Seqüência 1.....	87
FIGURA 34 - Estruturas dos 24 ácidos graxos identificados nos lipídios totais de óleo no tabaqui cultivados no Estado de Roraima. Seqüência 2.....	88
FIGURA 35 - Estruturas dos 24 ácidos graxos identificados nos lipídios totais de óleo no tabaqui cultivados no Estado de Roraima. Seqüência 3.....	89

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Dados da massa corporal de <i>Colossoma macropomum</i> (tambaqui) coletados em diferentes localidades de Roraima.....	61
TABELA 2 - Dados de umidade e lipídios totais do filé de tambaqui ( <i>Colossoma macropomum</i> ) coletados em diferentes localidades de Roraima.....	62
TABELA 3 - Dados do rendimento, ponto de fusão e densidade do óleo do filé de tambaqui ( <i>Colossoma macropomum</i> ) cultivados em diferentes localidades de Roraima.....	63
TABELA 4 - Características físico-química do óleo de tambaqui ( <i>Colossoma macropomum</i> ) .....	64
TABELA 5 - Características físico-químicas da amostra do óleo de filé de <i>Colossoma macropomum</i> (tambaqui) cultivados em localidades de Roraima. ....	66
TABELA 6 - Viscosidade do óleo de <i>Colossoma macropomum</i> (tambaqui) cultivado em Roraima em função da variação da temperatura.....	67
TABELA 7 - Resultados da cromatografia do padrão - Sulpelco 37.....	73
TABELA 8 - Resultados da cromatografia do óleo do tambaqui - Alto Alegre.....	75
TABELA 9 - Resultados da cromatografia do óleo do tambaqui - Bonfim .....	77
TABELA 10 - Resultados da cromatografia do óleo do tambaqui - Uraricoera .....	79
TABELA 11 - Resultados da cromatografia do óleo do tambaqui - Passarão. ....	81
TABELA 12 - Resultados (%) dos ácidos graxos encontrados no óleo de tambaqui de Roraima comparados aos dados da literatura. ....	84
TABELA 13 - Somatória dos grupos (%), AGI/AGS e ômega-6/ômega-3 .....	85

## SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

AA:	Ácido araquidônico
ALA:	Ácido alfa-linoléico
AGPI:	Ácido graxo poliinsaturado
AAO:	Acidez em ácido oléico
AGMI:	Ácido graxo monoinsaturado
AGI:	Ácido graxo insaturado
AGS:	Ácido graxo saturado
CLA:	Ácido linoléico conjugado
CG:	Cromatógrafo gasoso
DPA:	Ácido docosapentaenóico
DHA:	Ácido docosahexaenóico
EPA:	Ácido eicosapentaenóico
ECL:	Comprimento equivalente de cadeia
EMBRAPA:	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IA:	Índice de acidez
IAL:	Instituto Adolfo Lutz
IBAMA:	Instituto Brasileiro de Abastecimento e Meio-Ambiente
IP:	Índice de peróxido
IR:	Índice de refração
I.I:	Índice de iodo
LDL:	Low Density Lipoprotein
ND:	Não detectado
Tr:	Tempo de retenção
VLDL:	Very Low Density Lipoprotein

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.1 OBJETIVO.....	18
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	19
2.1 ÁCIDOS GRAXOS.....	20
2.1.1 Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 .....	21
2.1.2 Ácidos graxos poliinsaturados ômega-6 .....	22
2.1.3 Ácido Linoléico Conjugado .....	22
2.1.4 Metabolismo dos ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) das séries ômega-3 e ômega-6 .....	24
2.1.5 Essencialidades dos AGPI das séries $\omega$ -6 .....	26
2.1.6 Essencialidades dos AGPI das séries $\omega$ -3 .....	26
2.2 ASPECTOS NUTRICIONAIS .....	27
2.2.1 Efeitos dos ácidos graxos das séries ômega-3 e ômega-6 na prevenção de doenças coronárias .....	28
2.2.2 Redução dietética de risco de câncer .....	30
2.3 EICOSANÓIDES .....	30
2.4 ÁCIDOS GRAXOS EM PESCADOS .....	31
2.4.1 Composições e fontes de ácidos graxos em pescados .....	31
2.4.2 Visão Mundial .....	31
2.4.3 Visão Brasileira .....	32
2.5 PESCADOS .....	34
2.5.1 Sistemas dos cultivos de pescados .....	34
2.5.2 Meio Ambiente .....	35
2.5.3 Criação de tambaqui no Estado de Roraima .....	36
2.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS .....	41
2.6.1 Ponto de fusão .....	41
2.6.2 Densidade .....	41
2.6.3 Índice de Acidez .....	42
2.6.4 Acidez em ácido oléico (ácidos graxos livres) .....	43
2.6.5 Índice de saponificação .....	43
2.6.6 Índice de iodo .....	44
2.6.7 Índice de peróxidos .....	44

2.6.8 Índice de refração .....	45
2.6.9 Teor de umidade .....	45
2.6.10 Teor de cinzas .....	46
2.6.11 Lipídios totais .....	47
2.7 VISCOSIDADE .....	48
2.7.1 Viscosímetro capilar .....	48
2.7.2 Modelo de Andrade .....	49
2.8 ANÁLISE TÉRMICA .....	49
2.8.1 Análise Termogravimétrica .....	50
2.9 CROMATOGRAFIA A GÁS .....	50
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>51</b>
3.1 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS .....	51
3.2 SECAGEM, EXTRAÇÃO E RENDIMENTO DO ÓLEO .....	51
3.3 RENDIMENTO DO ÓLEO DO FILÉ DO TAMBAQUI.....	52
3.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO ÓLEO .....	52
3.4.1 Ponto de Fusão .....	53
3.4.2 Densidade .....	53
3.4.3 Insolúveis orgânicos no éter .....	54
3.4.4 Índice de Acidez .....	54
3.4.5 Acidez em ácido oléico .....	54
3.4.6 Índice de saponificação .....	55
3.4.7 Índice de iodo .....	55
3.4.8 Índice de peróxidos .....	56
3.4.9 Índice de refração .....	56
3.4.10 Teor de umidade .....	57
3.4.11 Teor de cinzas .....	57
3.4.12 Lipídios Totais .....	57
3.5 VISCOSIDADE .....	58
3.6 ANÁLISE TÉRMICA .....	59
3.7 ANÁLISE CROMATOGRÁFICA DOS ÉSTERES METÁLICOS DE ÁCIDOS GRAXOS .....	59
3.7.1 Análises qualitativas e quantitativas dos ácidos graxos .....	59
3.7.2 Preparação dos ésteres metílicos .....	60

3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	60
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>61</b>
4.1 MASSA DO PEIXE .....	61
4.2 UMIDADE E LIPÍDIOS TOTAIS NO FILÉ DO PEIXE .....	61
4.3 RENDIMENTO, PONTO DE FUSÃO E DENSIDADE .....	62
4.4 UMIDADE DO ÓLEO, INSOLÚVEIS EM ÉTER E TEOR DE CINZAS .....	66
4.5 VISCOSIDADE .....	67
4.6 ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA DO ÓLEO.....	71
4.7 QUALIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS NOS LIPÍDIOS TOTAIS DO FILÉ DE TAMBAQUI .....	72
4.7.1 Composição de ácidos graxos nos lipídios totais .....	72
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>90</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>92</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O *Colossoma macropomum* (tambaqui) é nativo da bacia Amazônica, Orenoco e seus afluentes. É a espécie que mais tem despertado interesse para a piscicultura, principalmente pela alta preferência do consumidor e o alto preço do mercado. Adaptado com sucesso para a piscicultura, por sua capacidade de aproveitar vários tipos de alimentos, apresenta-se como excelente filtrador de plâncton possui crescimento rápido, alcança de 700 a 900 g no primeiro ano de cultivo e apresenta boa resistência ao manuseio. O hábito alimentar dos adultos é bem amplo e predominantemente herbívoro, porém pode alimentar-se de insetos, caramujos e raramente de outros peixes (ARAUJO; GOULDING, 1998).

É um peixe de escamas com corpo romboidal, nadadeira adiposa curta com raios nas extremidades; dentes molariformes e rastros branquiais longos e numerosos. Boca prognata pequena e forte com dentes molariformes. A coloração parda é geralmente na metade superior e preta na metade inferior do corpo, mas pode variar para mais clara ou mais escura dependendo da cor da água. Os alevinos são cinza claro com manchas escuras espalhadas na metade superior do corpo. O tambaqui, Figura 1, alcança cerca de 90 cm de comprimento e a décadas eram capturados exemplares com até 45 kg. Hoje, por causa da sobre-pesca, praticamente não existem exemplares desse porte. É uma espécie que realiza migrações reprodutivas, tróficas e de dispersão. Durante a época de cheia entra na mata inundada, onde se alimenta de frutos ou sementes. Durante a seca, os indivíduos jovens ficam nos lagos de várzea onde se alimentam de zooplâncton e os adultos migram para os rios de águas barrentas para desovar. Na época de desova não se alimentam, vivendo da gordura que acumularam durante a época da cheia (ARAUJO; GOULDING, 1998).



**Figura 1** - *Colossoma macropomum* (tambaqui)

O tambaqui tem sido criado intensivamente em cativeiro no Brasil e em alguns países da América Latina, por apresentar grande potencial para essa atividade e possuir boas qualidades zootécnicas. O cultivo intensivo de peixes requer a utilização de uma alimentação balanceada, à base de rações que são formuladas com os mais diversos ingredientes e processos de elaboração, para um melhor aproveitamento pelos peixes. Nesse modelo de cultivo, o custo com alimentação poderá representar de 60 a 80 % dos custos de produção de uma piscigranja. Uma das alternativas para baratear esses custos seria o uso de ingredientes regionais introduzidos nas formulações das rações. Em estudos de nutrição não bastam os conhecimentos dos itens que o animal consome, nem dos teores de nutrientes e energia, mas é necessário se ter a idéia dos níveis de aproveitamento pela espécie, para que se possa subsidiar com informações mais precisas a elaboração de dietas que efetivamente o peixe tenha aproveitamento máximo (SILVA; PEREIRA, 2003).

Roraima exporta todos os anos para o Amazonas 40 % da produção anual de peixe em cativeiro. Isso significa que das 2.492 toneladas comercializadas, 996 vão parar na mesa dos amazonenses. O *Colossoma macropomum* (tambaqui) é a espécie mais comum na piscicultura de Roraima e também representa o maior volume de vendas de pescado para o Amazonas (RABELO, 2007).

Por outro lado, desde 2004 vem aumentando a produção de pescado em cativeiro em Roraima, com pesados investimentos da iniciativa privada. Existem 18 piscicultores produzindo em escala (RABELO, 2007). Alguns criadores chegam a retirar dos tanques 500 toneladas em um ano. Mas por enquanto, o volume máximo de produção individual na piscicultura não passa das 600 toneladas. A expectativa, porém, é que em três anos cada um dos produtores alcance as mil toneladas anuais (Paulo Acorde - Presidente da Associação dos Piscicultores, 2007).

Atualmente existem grandes interesses das indústrias alimentícias e farmacêuticas, na questão do óleo de peixes, tendo em vista uma tendência para o desenvolvimento de suplementos alimentares e concentrados com ômega-3, isso em consequência das pesquisas sobre ácidos graxos poliinsaturados que apresentam em seus resultados os efeitos benéficos, implicando no consumo da carne e óleo de peixes (ALMEIDA; FRANCO, 2004).

As dietas para humanos, atualmente, apresentam muita quantidade de ácidos graxos insaturados. No entanto, estas dietas contêm pouca e desigual quantidade dos ácidos graxos

poliinsaturados da família ômega-3 e ômega-6 e ainda 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 da diminuição do colesterol sérico. A baixa taxa de ômega-3 na dieta dos ocidentais é em função da pequena quantidade no consumo de peixe e devido à produção de animais alimentados com grãos ricos em ômega-6 o que deixa a carne rica com esse tipo de ácido graxo e pobre em ômega-3, isso ocorre também na produção de peixe (SIMOPOULOS, 1991).

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 linoléico não deva exceder 10 % do total de calorias. Nas dietas ocidentais a razão ômega-6/ômega-3 é aproximadamente 20 à 30:1, porém, recomenda-se que a proporção de ácidos graxos ômega-6/ômega-3 seja de no máximo 5:1 até 10:1, porém os valores considerados ideais são de 1:1 a 2:1. O Departamento de saúde da Inglaterra recomenda que o valor da razão ômega-6/ômega-3 seja de no máximo igual a quatro. Isso demonstra que não há ainda um consenso em relação à questão nutricional (SIMOPOULOS, 1991).

Diante destes aspectos, este estudo apresenta a caracterização físico-química, qualificação e quantificação dos ácidos graxos dos lipídios totais do óleo de *Collossoma macropomum* (tambaqui) criados em cultivos semi-intensivos em quatro localidades do Estado de Roraima: municípios do Alto Alegre, Bonfim, Uraricoera e Boa Vista (localidade do Passarão).

## 1.1 OBJETIVO

Esta pesquisa tem como objetivo:

Determinar as características físico-químicas: índice de acidez, acidez em ácido oléico, índice de iodo, índice de peróxido, índice de saponificação, índice de refração, teor de umidade, teor de cinzas, ponto de fusão, densidade, lipídios totais e substâncias orgânicas solúveis em éter;

Determinar a viscosidade em temperaturas de 40 à 90 °C obtendo as variáveis de ajuste dos dados experimentais comparando ao modelo exponencial proposto por Andrade (1930);

Demonstrar o comportamento termogravimétrico destacando a semelhança dos constituintes presentes nos óleos de tambaqui através de um gráfico com as variáveis de massas e tempos;

Realizar análises qualitativas e quantitativas dos ácidos graxos constituintes, destacando as razões entre os ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) / ácidos graxos saturados (AGS) e ômega-6/ômega-3 que são parâmetros relevantes no contexto da dieta humana;

Levar informações relacionadas a uma dieta saudável quando a alimentação estiver enfocada mais no consumo de pescados;

Mostrar os pontos estratégicos dos criatórios de peixes, do Estado de Roraima, no intuito de proporcionar interesses de futuros estudos relacionados ao meio ambiente com a criação da espécie *Colossoma macropomum* (tambaqui) no Estado de Roraima.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

O *Colossoma macropomum* (tambaqui) é uma espécie nativa da Amazônia que apresenta bom desempenho em criação intensiva, sendo a mais cultivada na Região Norte do Brasil (VAL; HONCZARY, 2000).

Criações de tambaqui em tanques-redes instalados em lagos de várzea da Amazônia Central têm alcançado alta produtividade, sendo apontadas como uma atividade promissora para a sua criação entre as populações ribeirinhas da Amazônia (CHAGAS; VAL, 2003).

O manejo alimentar é de grande importância para êxito na criação de peixes. A adoção de estratégias de alimentação adequadas, nas diferentes fases de vida dos peixes, permite melhorar o seu crescimento, a sua sobrevivência e conversão alimentar, contribuindo para reduzir o desperdício de ração, o que prejudica a qualidade da água de cultivo e a produção (CHO, 2003).

Muitas espécies de peixes são ricas em ácido eicosapentaenóico (EPA) e ácido docosahexaenóico (DHA) que são as duas formas longas de poliinsaturados ativos da série ômega-3, utilizada diretamente no metabolismo (MARTINO; TAKAHASHI, 2001).

Pesquisas revelam que peixes de água doce contêm proporções elevadas de ácidos graxos saturados e poliinsaturados com 18 átomos de carbono, mas, baixos teores de ácidos graxos insaturados com 20 e 22 átomos de carbono quando comparados aos lipídios de peixes marinhos (HENDERSON; TOCHER, 1987).

Os novos hábitos alimentares, o aumento do consumo de óleos vegetais e o avanço da industrialização são fatores que proporcionam 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 ômega-6/ômega-3. Uma alternativa para que ocorra uma mudança deste quadro está no incentivo a um aumento do consumo de óleos e carnes de pescado, que seja de origem marinho ou de água doce. O consumo de pescado per capita no Brasil é de 6,4 kg/ano, valor extremamente baixo quando comparado ao Japão, que é de aproximadamente 71,9 kg/ano e Portugal, com o consumo de 60,2 kg/ano. Entretanto, os dados revelam que na Amazônia o consumo per capita é de 55 kg/ano, valor próximo ao de países considerados grandes consumidores (FORTI et al., 1998).

A composição em ácidos graxos em lipídios totais é influenciada pelas classes de lipídios constituintes. Os tecidos ricos em gorduras têm os triagliceróis como principais constituintes, enquanto os fosfolipídios predominam naqueles de baixo teor de lipídios. As flutuações sazonais influenciam o conteúdo de lipídios totais e composição de ácidos graxos totais sendo observada em peixes de água doce tropical e temperada. 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. O perfil de ácidos graxos em peixes é influenciado por sua dieta. 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 podem ter a taxa de crescimento e a composição de sua dieta controlada. Desta forma, o conteúdo de lipídios pode ser modificado para melhorar qualitativamente e quantitativamente o peixe (ALMEIDA; FRANCO, 2004).

O interesse dos pesquisadores pela importância dos ácidos graxos poliinsaturados da série ômega-3 (AGPI-ômega-3) surgiu a partir dos estudos realizados por Dyerberg e Bang (1979). Neste estudo, foi observado que a taxa de mortalidade da população dos esquimós da Groenlândia era de nove vezes inferior em relação à da Dinamarca, a pesquisa revelou que esse fato era em decorrência da dieta dos esquimós, que é rica em AGPI-ômega-3, devido ao alto consumo de algas e peixes marinhos.

O alto índice de mortalidade associada às doenças cardiovasculares chamou a atenção das autoridades. Estas doenças possuem uma etiologia, multifatorial e as suas origens surgem de uma combinação de diversos fatores de riscos nos quais vários desses fatores negativos podem ser positivamente modificados pela ação dos ácidos graxos poliinsaturados da série ômega-3 (RAMOS, S.; RAMOS, M.E.M., 2005).

## 2.1 ÁCIDOS GRAXOS

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.

Os óleos de muitas espécies de peixes, marinhos, são ricos em ácidos graxos eicosapentaenóico (EPA) e ácidos graxos docosahexaenóico (DHA) que são duas formas

longas de ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) ativas da série ômega-3 utilizados diretamente no metabolismo.

Os peixes de água doce contêm proporções elevadas de ácidos 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. Apresentam enzimas capazes de saturar e alongar os ácidos graxos precursores da família ômega-3 e ômega-6, ou seja, o  $\alpha$ -linolênico e linoléico em outros ácidos graxos, como os ácidos araquidônico, eicosapentaenóico e docosahexaenóico. Enquanto as espécies marinhas apresentam variações muito grandes de atividades enzimáticas, algumas espécies possuem baixas ou mesmo nenhuma capacidade de bioconversão (SIMOPOULOS, 2002).

### 2.1.1 Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3

São ácidos graxos poliinsaturados de cadeias longas com duas ou mais duplas ligações, e a última dupla ligação no 3º carbono a partir do último (ômega) da molécula.

O ácido linolênico, com 18 carbonos e três duplas ligações (18:3), é o principal representante ômega-3 e pode ser encontrado principalmente nos fitoplânctons marinhos de locais frios, nos peixes que se alimentam deles, e nos óleos de vegetais de linhaça e canola. Os fitoplânctons sintetizam os ácidos eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA) existentes em grandes concentrações nos óleos de peixes de águas frias e profundas, como a sardinha, cavala, salmão, truta e atum. As funções biológicas do ácido linolênico ocorrem pela conversão eicosapentaenóico (EPA 20:5) e docosahexaenóico (DHA 22:6), ambos com efeitos fisiológicos. O ômega-3 é incorporado na membrana da célula e influencia a fluidez da membrana, a função de receptor, a atividade enzimática, as citocinas e a produção de eicosanóides. A suplementação oral com ômega-3 de óleo de peixe em pessoas saudáveis decresce a produção de citocinas pró-inflamatórias interleucinas-2 e interleucinas-1 nos monócitos isolados, e o fator de necrose tumoral (ALMEIDA; FRANCO, 2004).

Efeitos biológicos dos ômegas-3 são caracterizados pela diminuição na aderência de plaquetas, diminuição nos níveis de triglicerídios, diminui o colesterol sérico, melhora a fluidez da membrana (eritrócitos) e mudanças no endotélio vascular resultantes na produção de compostos antiinflamatórios. O ômega-3 promove também a formação da prostaglandinas da série E1, estimuladora da liberação de somatotropina. Os indicativos recentes relacionam-

se mais ao desempenho de atividades aeróbias devido às propriedades vasodilatadoras do ômega-3, melhorando o fluxo de O<sub>2</sub> e nutrientes para os tecidos musculares durante o exercício (SIMOPOULOS, 2002).

### 2.1.2 Ácidos graxos poliinsaturados ômega-6

São ácidos graxos poliinsaturados de cadeias longas com duas ou mais duplas ligações, e a última dupla ligação no 6º carbono a partir do último (ômega) da molécula.

### 2.1.3 Ácido Linoléico Conjugado

Os produtos animais contribuem significativamente para os nutrientes totais na alimentação humana. Eles são as principais fontes de proteínas, mas também de energia e minerais. A meta em aumentar a eficiência de produção animal foi e continua sendo uma importante decisão na produção de alimentos e seus derivados. Todavia, não podemos esquecer, nos diferentes sistemas de exploração animal, o bem estar do produtor, que pode ser alterado quando se busca como meta apenas a eficiência da produção (MEDEIROS, 2002).

Segundo Medeiros (2002) os alimentos podem contribuir também como fatores na prevenção e desenvolvimento de algumas doenças. Os produtos alimentares derivados dos animais são conhecidos também por conterem micros componentes que têm efeitos positivos na saúde humana e na prevenção de doenças, além de estarem associados a valores nutritivos tradicionais. O ácido linoléico conjugado (CLA) representa um destes micros componentes presentes nos produtos de origem animal. Os produtos alimentares derivados dos animais ruminantes (bovinos, ovinos e caprinos) são as maiores fontes de CLA em dietas humanas. A descoberta deste ácido ocorreu quando se encontrou na carne bovina um fator que teria propriedades anti-carcinogênicas. Trabalhos subseqüentes verificaram que dietas com CLA poderiam reduzir a incidência de tumores malignos localizados na glândula mamária, estômago, cólon e tumores de pele em animais de laboratório. A possível propriedade anti-carcinogênica do CLA foi a primeira a atrair interesse. Talvez este seja o mais potente anti-carcinogênica de origem animal conhecido pelo homem, sendo que ele não só previne, mas ataca as células tumorais já presentes no organismo, reduzindo tumores previamente formados. O outro potente efeito identificado para o CLA foi a notável capacidade de inibir a síntese de gorduras no organismo. Observou-se que este efeito de modificador do metabolismo é causado por uma molécula de CLA específica, conhecida como CLA-trans 10,

12. O CLA inibe a síntese de gordura em animais de laboratório. Essa ação faz com que uma maior proporção dos nutrientes seja redirecionada para a síntese de proteína (MEDEIROS, 2002).

Da mesma forma que o CLA inibe a síntese de gordura no leite, a suplementação de CLA na dieta de suínos e ratos reduz a síntese de tecido adiposo. Experimentos conduzidos na Austrália demonstraram a redução na espessura de gordura de suínos que receberam doses crescentes de CLA. Como a gordura ocupa um lugar central no metabolismo animal e é a porção energeticamente mais cara da composição do animal, uma substância com os efeitos do CLA pode ter utilizações práticas bastante interessantes em termos econômicos.

Os pesquisadores já encontraram uma forma de aumentar o CLA no leite e na carne, através do enriquecimento da alimentação dos animais com o próprio CLA. Estes relatam que essa é a maneira mais garantida de aumentar a concentração do ácido linoléico conjugado e permite aproveitar os benefícios metabólicos da molécula. A suplementação com CLA por períodos prolongados não causou qualquer tipo de problema para os animais, quer seja digestivo/metabólico, reprodutivo ou sanitário. A suplementação com CLA aumentou a produção de leite em ambos os estudos. Ainda mais significativo é o fato de que a suplementação com CLA aumentou também a persistência da lactação, ou seja, reduziu a queda da produção que ocorre à medida que a lactação progride. Este efeito de melhora na persistência da lactação continuou mesmo após a suspensão do fornecimento de CLA. Isto demonstra um efeito residual benéfico da utilização deste ácido graxo no período inicial da lactação (MEDEIROS, 2002).

A utilização de um composto natural como o CLA para reduzir a deposição de gordura e aumentar a produção de músculo na “carcaça” é um sistema bastante interessante, uma vez que o uso de anabolizantes para esse mesmo fim não é permitido no Brasil. Além desse fator, fornecendo uma mistura contendo CLA é possível aumentar a sua concentração na gordura animal. Ou seja, é possível diminuir o teor de gordura saturada, porém elevando-se o teor de gordura polinsaturada (anti-carcinogênica). Este ácido pode reduzir também o colesterol presente na carne, devido à capacidade de reduzir a gordura.

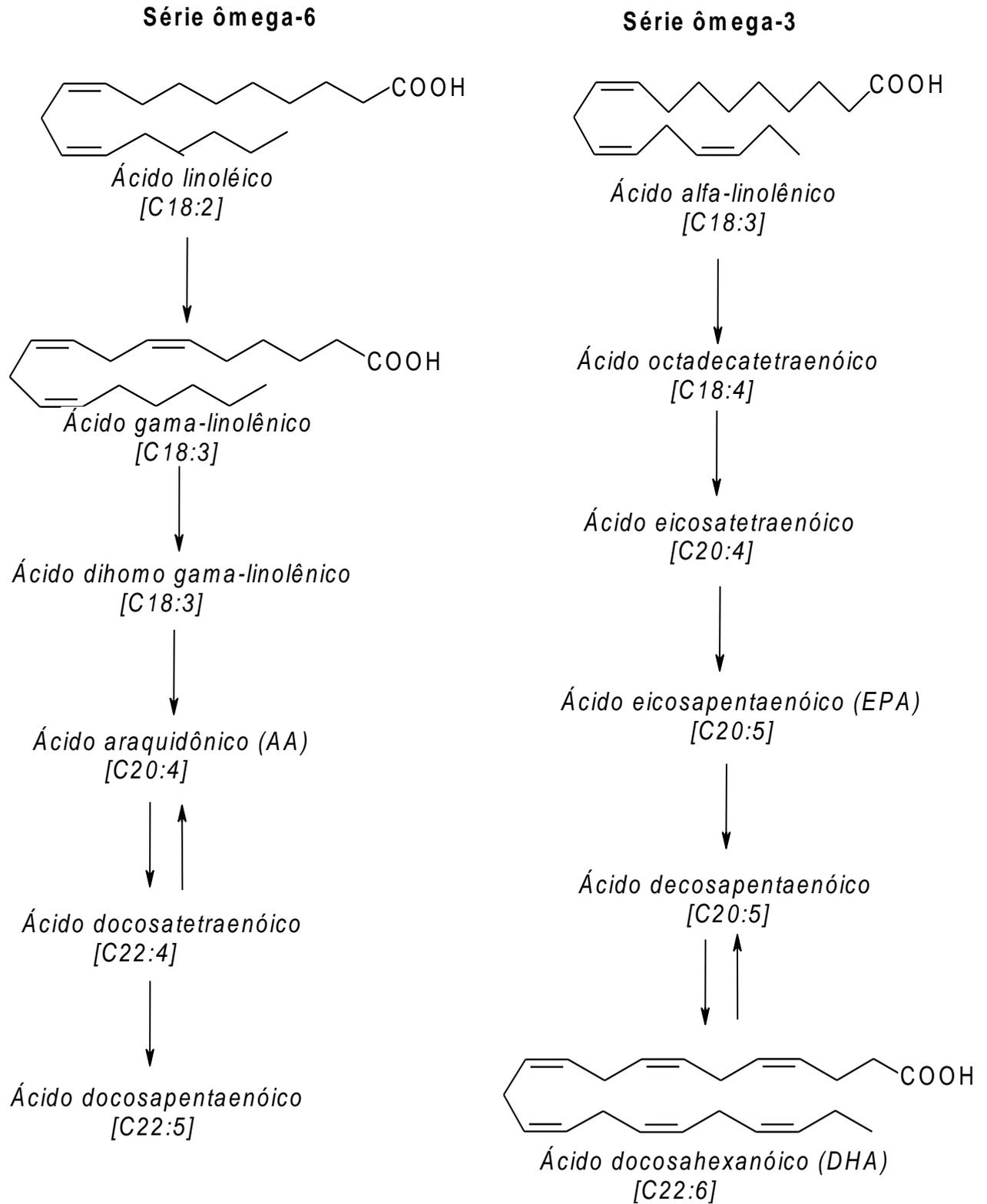
Para o setor leiteiro, a vantagem que os estudos oferecem é maior, tanto no aspecto das propriedades nutracêuticas (propriedades benéficas à saúde de quem consome o alimento) do mesmo, como no aumento de produtividade. Estudos demonstraram que a concentração de

CLA no leite humano, aumenta proporcionalmente à ingestão de produtos lácteos pela mãe, com eventuais efeitos preventivos benéficos à saúde do bebê lactente. Segundo pesquisadores da Universidade de Cornell, existe grande variação nos teores de CLA na gordura do leite, que são influenciados pelo tipo de dieta e manejo do rebanho. Algumas formas de aumentar esses teores são: utilização de pastagens; dietas com maior proporção de CLA; utilização de forragens verdes; fornecimento de gordura insaturadas na dieta; inclusão de maior nível de óleo vegetal na dieta; utilização de gordura protegida na dieta (MEDEIROS, 2002).

#### **2.1.4 Metabolismo dos ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) das séries ômega-3 e ômega-6**

O homem, assim como outros animais são capazes de sintetizar certos ácidos graxos saturados e insaturados, mas não sintetizam os ácidos graxos poliinsaturados, linoléico e linolênico, sendo estes essenciais aos seres humanos e somente adquiridos através da alimentação. Os vegetais e algas marinhas são fontes primárias desses ácidos graxos. No organismo, esses ácidos são metabolizados a compostos importantíssimos (GUIDORIZZI; PACHECO, 2005).

A Figura 2 apresenta a relação metabólica dos ácidos graxos poliinsaturados das séries ômega-6 e ômega-3.



**Figura 2** - Relação metabólica dos ácidos graxos poliinsaturados das famílias ômega-6 e ômega-3  
(Figura adaptada de LINKO; HAYAKAWA, 1996).

Os ácidos graxos apresentam um 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 dos 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 ômega-6, o ácido linoléico, o EPA e o DHA são sintetizados a partir do ácido  $\alpha$ -linolênico através das enzimas  $\Delta 6$ ,  $\Delta 5$  e  $\Delta 4$ -desaturadas. Porém, o ácido graxo de uma determinada classe não pode ser biologicamente convertido em outra classe, isto é, nenhum membro da classe ômega-9 (ácido oléico) pode ser convertido em ômega-6 (ácido linoléico) (GUIDORIZZI; PACHECO, 2005).

#### **2.1.5 Essencialidades dos AGPI das séries ômega-6**

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 ômega-6 foi verificada em humanos, a partir de sintomas dérmicos ocorridos em crianças recém-nascidas submetidas a dietas 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 ressecamento, espessamento com aspecto de couro, descamação e eczemas. A suplementação de leite com ácido linoléico reverteu todos os sintomas e a composição sérica voltou ao normal. Essas observações caracterizam os efeitos da deficiência de ácidos graxos poliinsaturados em humanos (HOLMAN, 1998).

#### **2.1.6 Essencialidades dos AGPI das séries ômega-3**

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 e no funcionamento ideal dos mesmos. Os animais ou crianças submetidas a dietas pobres em ácidos graxos poliinsaturados ômega-3

sofrem alterações em suas capacidades de aprendizado, menor acuidade visual, diminuição na tolerância ao etanol e anestésicos e aumento na mortalidade devido à neurotoxina trietiltina. A principal fase em que é necessário haver ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 na dieta é quando há um desenvolvimento rápido do cérebro, o que depende da espécie e em humanos, ocorre do terceiro trimestre da gestação até 18 meses após o nascimento (FORTI et al., 1998).

A presença de 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 e EPA (VISENTAINER, 2000).

Os ácidos graxos poliinsaturados da família ômega-6, originados da dieta ou provenientes dos depósitos celulares, podem seguir uma transformação metabólica bastante similar as dos ácidos graxos ômega-3. Como precursor de eicosanóides (prostaglandinas, leucotienos, 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 (VISENTAINER, 2000).

Advertências são feitas 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 aquelas produzidas a partir de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3, especialmente EPA. Os eicosanóides formados do ácido araquidônico são biologicamente ativos em pequena quantidade e quando formados em grandes quantidades, contribuem para formação de trombose e ateroma, desordens alérgicas e inflamatórias (VISENTAINER, 2000).

## 2.2 ASPECTOS NUTRICIONAIS

A essencialidade dos ácidos graxos tem dois requisitos, em primeiro lugar deve-se saber que tipo de ácido graxo é indispensável ao organismo e segundo, quais ácidos graxos não podem ser sintetizados pelo homem. Na natureza, os ácidos graxos podem se apresentar totalmente saturados ou contiver duplas ligações em número variável de 1 a 6, que contêm na configuração *cis*. Os ácidos graxos monoinsaturados são representados pelo ácido oléico (C18:1 $\omega$ -9), e podem ser sintetizados por todos os mamíferos. Os ácidos graxos

poliinsaturados são formados por duas classes de ácidos graxos, a série ou família ômega-3 e ômega-6. O que distingue as duas séries é a localização da primeira dupla ligação, contando a partir do último grupo metila 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 retirar de sua dieta (HOLMAN, 1998).

### **2.2.1 Efeitos dos ácidos graxos das séries ômega-3 e ômega-6 na prevenção de doenças coronárias**

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 prostaglandinas e leucotrienos com ação antiinflamatória. 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) (LIMA et al., 2000).

Um baixo nível de colesterol HDL e um aumento da relação de ácidos graxos C20:4 $\omega$ 6/C20:5 $\omega$ 3 estão relacionados a uma depressão e um risco mais alto de doença cardiovascular. Existem vários estudos que avaliam os efeitos terapêuticos de EPA e DHA em depressão (LIMA et al., 2000).

Os resultados das pesquisas vêm confirmando que um aumento na ingestão de AGPI-ômega-3 reduz a taxa total de colesterol no sangue. Além disso, estudos realizados com base em intervenções de dietas comprovam que o consumo de AGPI e/ou óleos de pescados reduz fatores bioquímicos de risco associados às doenças cardiovasculares e pode estar envolvido na fertilidade humana (GARCIA et al., 2004).

Os ácidos ômega-6 e ômega-3 são conhecidos como ácidos gordurosos essenciais, porque os humanos tais como os mamíferos, não podem sintetizá-los e, portanto, precisam obtê-los a partir da dieta. Os humanos e os animais carnívoros podem converter o ácido linoléico (LA, ômega-6) em ácido araquidônico (C20:4 $\omega$ 6), e o ácido alfa-linoléico (ALA, ômega-3) em ácido eicosapentaenóico (EPA, C20:5 $\omega$ 3), ácido docosaenóico (DHA, C 22:6 $\omega$ 3) e ácido docosapentaenóico (DPA, C22:5 $\omega$ 3). Ainda que seja reconhecida a competição entre

as famílias ômega-6 e ômega-3 pelas mesmas enzimas de dessaturação (delta-6 saturase), estas preferem os ácidos ômega-3 em relação ao ácido ômega-6 (FAGUNDES, 2002).

A família ômega-6 produz eicosanóides inflamatórios e cancerígenos, aumentando o risco de situações como: câncer, morte súbita, doenças cardíacas, aumento da pressão arterial, elevação da taxa de triglicerídios, artrite, depressão entre outras doenças inflamatórias. Os ácidos graxos ômega-3 são antiinflamatórios, antitrombóticos, antiarrítmicos e reduzem os lipídios do sangue, tendo propriedades vasodilatadoras. Esses efeitos benéficos foram demonstrados na prevenção de doenças cardíacas, da hipertensão, da diabetes tipo 2, da artrite reumatóide entre outras (YEHUDA; McFARLAME, 1997).

De acordo com vários estudos, as doenças degenerativas como diabetes, artrite e o câncer, estão relacionadas em parte à desproporção atual da concentração dos ácidos ômega-6 e ômega-3 que constituem nossa alimentação, ou seja, uma grande concentração de ômega-6 e uma escassez de ômega-3. Assim, segundo Simopoulos (2002), é consenso científico de que é necessário reduzir a quantidade de ácidos graxos poliinsaturados ômega-6 das dietas e aumentar a concentração de ácidos ômega-3. A afirmação tem como ponto central de embasamento, a justificativa de que, nas dietas do mundo ocidental, são utilizados de forma excessiva óleos vegetais ricos em ômega-6. A Hidrogenação de óleo e gordura é um tipo de processamento verificado intensamente na indústria e objetiva fazer com que os óleos vegetais tornem-se mais estáveis e menos susceptíveis a rancificação, apresentando, portanto, um maior tempo de vida útil de “prateleira”.

Segundo Fagundes (2002), este desequilíbrio entre essas duas famílias de ácidos é “apenas parte do problema” relativo às doenças degenerativas. Ainda mais difícil é a previsão sobre os resultados finais deste desequilíbrio sobre a composição da gordura, uma vez que estes ácidos competem em humanos pela mesma enzima para dessaturação (delta-6 dessaturase), assim como, seus principais derivados (AA e EPA) também apresentam concorrência por um único sítio para sua dessaturação realizada pela enzima delta-5 dessaturase.

### 2.2.2 Redução dietética de risco de câncer

A dieta ocidental moderna contém um excesso de ácidos graxos ômega-6, fazendo com que pareça reduzir o risco para câncer, porém não é verdadeira, por que a relação de ácidos graxos ômega-3 para ácidos graxos ômega-6 na dieta afetam a vantagem competitiva de ômega-3. Parece ser lógico que o consumo de ácidos graxos ômega-6 deveria ser reduzido e o consumo de ácidos graxos ômega-3 deveria ser aumentado. Como recomendado pelo Instituto para Pesquisa de câncer e pelo Departamento norte-americano de Agricultura, nossas dietas deveriam incorporar menos carne e deveriam incluir mais frutas, legumes e grãos para reduzir o consumo total de gorduras (HARDMAN, 2002). Tal mudança aumentaria também os antioxidantes benéficos que contiverem nas frutas e legumes.

Incorporar gorduras saudáveis para o coração na dieta teve como princípio diminuir o uso de ácidos graxos saturados por insaturados como óleo de milho e de soja em frituras e assados. Estes óleos contêm uma quantia muito alta de ácidos graxos ômega-6 e baixo teor de ácidos graxos ômega-3. O uso de óleo de colza ou azeite de oliva em vez de óleo de milho ou óleo soja para fritar e cozinhar alimentos reduz o teor de ácidos graxos ômega-6 e aumentam significativamente o teor de ácidos graxos ômega-3 (HARDMAN, 2002).

Não foram encontrados estudos definitivos para demonstrar que ácidos graxos ômega-3 reduzam o crescimento de metástase de câncer ou diminua a taxa de retorno de câncer. Porém, existem evidências disponíveis indicando que aumentando a quantidade de ômega-3 na dieta trazem benefícios e prevenção de câncer (HARDMAN, 2002).

## 2.3 EICOSANÓIDES

Os eicosanóides são grupos de compostos biologicamente ativos de vinte átomos de carbonos (C:20) que incluem as prostaglandinas, tromboxanos e leucotrienos. Todos eicosanóides são derivados do ácido araquidônico. São sintetizados a partir dos ácidos graxos poliinsaturados componentes dos fosfolipídios das membranas celulares. São hormônios parácrinos, substâncias que agem somente nas células próximas onde são sintetizados. Estão envolvidas na função reprodutiva, na inflamação, febre, dor associada à lesão ou doença, formação das plaquetas e regulação da pressão arterial, secreção de ácidos gástricos, e uma variedade de outros processos importantes na saúde ou doença humana (RAMOS, S.; RAMOS, M.E.M., 2005).

## 2.4 ÁCIDOS GRAXOS EM PESCADOS

### 2.4.1 Composições e fontes de ácidos graxos em pescados

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 (CASTRO et al., 2004).

Os lipídios para a nutrição dos peixes foram estudados exaustivamente nas últimas décadas e salientaram a importância de se conhecer o tipo e a quantidade de lipídios na dieta de animais, devido a sua influência na qualidade e quantidade de AGPI nos tecidos e nas células (CASTRO et al., 2004).

### 2.4.2 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 ômega-3 na prevenção de doenças cardiovasculares. Esses estudos têm mostrado que as quantidades dos ácidos graxos poliinsaturados da família ômega-3 difere entre as espécies e que dependem de uma série de fatores e ainda que peixes marinhos sejam ricos em AGPI- $\omega$ 3, principalmente EPA (C20:5  $\omega$ 3) e DHA (C22:6  $\omega$ 3) (VISENTAINER et al., 2003).

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 relacionado com a saúde humana, principalmente por prevenir e reduzir fatores bioquímicos de riscos associados às doenças cardiovasculares, artrite, câncer e desenvolvimento do sistema nervoso central (VISENTAINER et al., 2003).

Pesquisas têm demonstrado que peixes de água doce contêm menor proporção de ácidos graxos poliinsaturados da família ômega-3 (AGPI- $\omega$ 3) do que os peixes de origem marinha. A composição de ácidos graxos de peixes de água doce é caracterizada por alta proporção de AGPI- $\omega$ 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

AGPI-ômega-3 (VISENTAINER et al., 2003). Desta maneira Wang et al. (1990), estudando oito espécies de peixes de água doce observaram que a concentração de EPA e DHA foi geralmente maior do que a encontrada em peixe de origem marinha, e os ácidos graxos ômega-3 foram os que mais contribuíram para o total de AGPI em todos os peixes estudados.

Várias espécies de peixes marinhos são ricas em AGPI-ômega-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 ômega-3 para ômega-6 é muito menor para peixes de água doce do que peixes marinhos, mostrando a razão de 1 para 4. Na Turquia, mais de 80 % dos peixes são capturados na região oeste do Mar Negro. A indústria pesqueira por ser a segunda e a mais importante fonte econômica desse país, tem um papel importante, principalmente em relação aos ácidos graxos da família ômega-3, na prevenção e redução dos riscos de doenças coronárias (ALMEIDA; FRANCO, 2004).

#### 2.4.3 Visão Brasileira

No Brasil, existem poucos trabalhos de identificação e qualificação de ácidos graxos em pescados, 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 fontes 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 mostram também que há diferenças entre peixes procedentes de sistema de cultivo e peixes de “habitat” natural (VISENTAINER et al., 2003).

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%.

Maia e Rodriguez-Amaya (1998) determinaram a composição de ácidos graxos de 11 espécies de peixes do Rio Amazonas. A identificação dos ácidos graxos foi feita 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 onde a presença desse ácido é uma característica dos peixes de água doce.

Andrade et al. (1995) estudaram dezessete espécies de peixes de água doce da região sul do Brasil. Para a identificação dos ácidos graxos, foi feita a comparação dos tempos de retenção dos padrões com os da amostra. Os ácidos graxos palmítico e esteárico foram os majoritários entre os ácidos graxos saturados. Dentre os ácidos graxos monoinsaturados os ácidos palmitoléico (C16:1 $\omega$ 7) e o ácido oléico (C18:1 $\omega$ 9) foram os mais abundantes. Foi observado que na covina (*Plasgioscion squamosissimus*) o ácido oléico (C18: $\omega$ 9) apresentou uma maior quantidade percentual do que o ácido palmitoléico (C16:1 $\omega$ 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 AGPI. A truta (*Salmo trutta*) apresentou 28 % de AGPI do total de ácidos graxos. O dourado (*Pterodoras granulosus*) apresenta em torno de 20 % de AGPI. A razão  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 obtido para a truta foi de 26,3 onde basicamente todos os AGPI eram da família ômega-3, e os dois mais importantes ácidos graxos dessa família apresentou 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 mifrei*), foram maiores que o EPA em porcentagem. Nesta pesquisa, o EPA não foi detectado em algumas espécies, dentre elas a carpa (*Cyprinus carpio*), o cascudo abacaxi (*Megaloancistus aculeatus*), dourado (*Salminus maxilloca*), juropoca (*Hemisorubim platyrhinchos*), mandi (*Pimelodus maculatus*) e piapara (*Leporinus elongatus*).

De acordo com os autores, dentre as espécies estudadas, o barbado (*Pirirampus pirirampus*), truta e covina podem ser recomendados como boa fonte de EPA e DHA (VISENTAINER et al., 2000).

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 trigliceróis. As análises de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*), tilápia (*Oreochromis niloticus*) e curimatá (*Prochilodus scrofa*) mostram que os ácidos majoritários foram mirístico, palmítico, palmitoléico, esteárico, oléico, linoléico e linolênico nas frações de lipídios totais e lipídios neutros (VISENTAINER et al., 2000).

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 curimatá e tilápia e na fração de lipídios neutros de

curimatá. Na fração de fosfolipídios, os ácidos palmítico, esteárico, oléico e araquidônico encontram-se entre os majoritários em todos os peixes. O ácido palmítico predominou em curimatá, 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 do ômega-3, sendo que o contrário ocorreu nas três frações de curimatá. Foram identificados 64, 71, 46 e 46 ácidos graxos nos lipídios totais de pacu, curimatá, tilápia e tambaqui respectivamente. Os valores encontrados para a razão  $\omega 3/\omega 6$  foram baixos para os peixes cultivados: pacu (0:13), tambaqui (0:18) e tilápia (0:13) (VISENTAINER et al., 2005).

Para a espécie de curimatá, não cultivada, foi encontrada a razão de 1:6, valor dentro da média esperada para peixes de água doce (ALMEIDA; FRANCO, 2004).

Estudando o aproveitamento da gordura cavitária do tambaqui, Castelo (1979) identificou os ácidos graxos esteáricos e oléicos como os prioritários. As amostras estudadas não apresentaram os ácidos graxos eicosapenteenóico-EPA (C20:5 $\omega$ 3) e (C22:6), porém apresentaram um teor significativo de ácido linoléico (C18:2 $\omega$ 6).

## 2.5 PESCADOS

### 2.5.1 Sistemas dos cultivos de pescados

Os peixes são criados em diversos sistemas de cultivos. No **sistema extensivo**, os peixes são cultivados normalmente em represas e, neste caso, o criador dispensa muito trabalho e pouco gasto com os peixes. A quantidade de peixe por área inundada é muito pequena, não existe interferência do produtor na alimentação do peixe, sendo somente aconselhável onde já existem grandes áreas inundada sem utilidade, ou voltadas a outras atividades. No **sistema semi-intensivo** ocorrem gastos, tanto na mão de obra para cuidar dos animais quanto 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 completar a ração fornecida. Neste caso, a quantidade de peixe criada por área inundada é maior que no sistema extensivo (GARCIA et al., 2004).

No **sistema intensivo**, ao contrário dos outros dois sistemas, 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 e pequenos espaços e, além do extremo cuidado que se deve ter com a alimentação, não podem ser esquecidos os aspectos ligados à quantidade de água (GARCIA et al., 2004).

### 2.5.2 Meio Ambiente

A produção da pesca de captura, aquicultura e o consumo de pescado para alimentação humana são naturalmente os maiores registrados, com uma produção total de 130 milhões de toneladas em 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, onde proporciona mais de 15 % do consumo total de proteína animal. O número de emprego nos setores da produção primária de pesca e aquicultura se mantêm relativamente estável desde 1995, com cerca de 35 milhões de pessoas trabalhando nesse setor (IBAMA, 2003).

No Brasil, a produção da pesca extrativista e da aquicultura superou um milhão de toneladas no ano de 2004 (SEAP - Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca). A região Norte apresenta a maior produção de peixes de água doce do Brasil com produção total de aproximadamente 230000 toneladas/ano. O Estado do Amazonas destaca-se em primeiro lugar na produção extrativista continental com 28 % do total produzido no Brasil (IBAMA, 2003).

Entretanto, somente 20 espécies possuem importância comercial no Estado do Amazonas. O total desembarcado concentra-se principalmente em cinco espécies, entre elas o tambaqui (*Colossoma macropomum*) (ALMEIDA; FRANCO, 2004).

A reprodução do tambaqui ocorre na época chuvosa nos rios de água branca. Na Amazônia central a desova começa em novembro e vai até março e em virtude da sobre-pesca o Instituto do Meio-Ambiente, colocou essa espécie na lista de proteção durante o período da piracema (IBAMA, 2003).

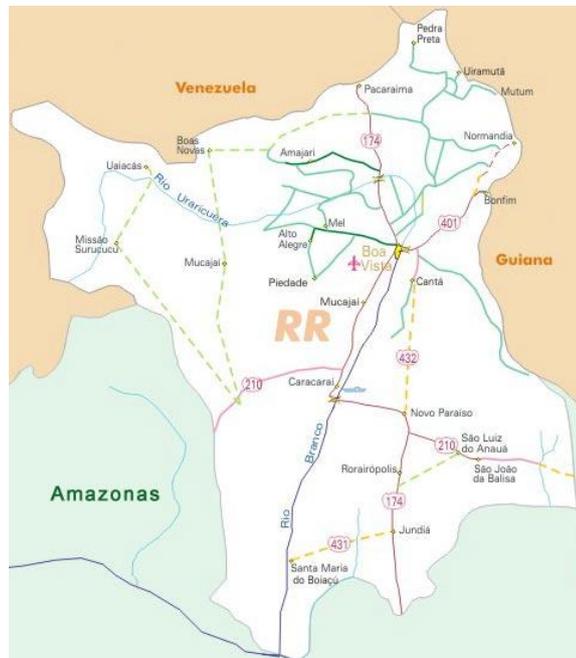
### 2.5.3 Criação de tambaqui no Estado de Roraima

Existem poucos trabalhos, literaturas e levantamentos abordando a criação de peixes no Estado de Roraima.

As Fazendas, locais escolhidos para criação de peixes, são os criatórios de tambaqui do Estado de Roraima, um dos peixes mais apreciados na região. Além de estar adaptado, é um peixe “de primeira” em termos de qualificação comercial. Nos criatórios estão instalados, em média, 44 tanques em 10 hectares. Com a utilização do berçário é possível produzir tambaqui com massa comercial de venda após seis meses de engorda.

As fazendas escolhidas para a realização desse trabalho foram nas localidades do município de Alto Alegre, Bonfim, Uraricoera e Boa Vista (Passarão), que possuem os mesmos modelos de berçários e estilos de criações.

A Figura 3 apresenta a divisão política geográfica do Estado de Roraima que está situado no planalto das Guianas, indicando os municípios do Alto Alegre, Bonfim, Uraricoera e Boa Vista (Passarão), onde foram coletados os exemplares de peixes *Colossoma macropomum* (tambaqui).



**Figura 3** - Divisão geográfica do Estado de Roraima

Fonte: [www.networks-are.us/brasil/mapabrasil.hmt](http://www.networks-are.us/brasil/mapabrasil.hmt)

Por motivos econômicos, os produtores de Roraima compram ainda alevinos dos centros de alevinagem de São Paulo, Rio Grande do Norte, Mato Grosso e Acre. Os preços dos alevinos variam muito, dependendo da distância e da espécie. Existem em Boa Vista no bairro da Piscicultura, produtores de alevinos que possuem tanques de oxigenação (Figura 4), tanques de desenvolvimento (Figura 5) e engorda (Figura 6) que servem como alternativa de fornecedor de alevinos, porém não satisfazem a demanda e os preços não são competitivos.



**Figura 4** - Tanques de oxigenação de alevinos



**Figura 5** - Tanques para desenvolvimento de alevinos



**Figura 6** - Tanques para engorda de alevinos - Boa Vista.

A criação de tambaqui é simples, os produtores compram os alevinos e os põem nos berçários, que são tanques de 1 a 2 mil m<sup>2</sup>, de 20 x 50 ou de 40 x 50 m (Figuras 7 e 8). Durante dois meses, eles recebem, quatro vezes ao dia, ração extrusada com 32 % de proteína, feita com farelo de soja, de milho e de arroz, além de farinha de carne, de ossos e de peixes, acrescida de minerais e vitaminas próprios para a criação.

Os alevinos entram nos berçários com 5,0 g e alcançam mais de 100 g em 60 dias, quando vão para os tanques de engorda (Figuras 7 e 8). Nesses tanques, de 4 a 5 mil m<sup>2</sup> e até 1,5 m de profundidade, os peixes recebem ração balanceada com 27 % de proteína, três vezes ao dia, durante seis meses, quando estão prontos para o consumo.

Para calcular a capacidade do tanque, divide-se a área total pela massa final do peixe para chegar à densidade. O ideal é 1 kg de peixe/m<sup>2</sup>.

Depois de 6 a 8 meses, o peixe atinge a massa comercial, é retirado com rede (Figura 10), o tanque é esvaziado e faz-se novo repovoamento. É preciso corrigir a acidez da água, conforme o resultado da análise, além de equilibrar a população de plâncton, por meio de adubação nitrogenada, usando esterco ou adubo químico.

Nas condições de Roraima é necessário 1,4 kg de ração para produzir 1 quilo de peixe. Isso significa que o custo do quilograma do peixe depende muito do preço da ração.

Cada tanque de 5000 m<sup>2</sup> produz aproximadamente 10000 kg de tambaqui.



**Figura 7** - Vazão do tanque por gravidade - Bonfim



**Figura 8** - Momentos da alimentação dos peixes - Bonfim

A Figura 9 mostra o lago que abastece as lagoas de engorda e de alevinos no município do Bonfim. Este lago encontra-se acima do nível das lagoas de criação, com finalidade de abastecer por gravidade.



**Figura 9** - Vista do lago de abastecimento de água dos tanques – Bonfim

As vendas para o Estado do Amazonas acontecem seis vezes ao ano, especialmente no período das chuvas, quando o Amazonas sofre com as inundações e não dispõe de peixe em abundância. Apesar do volume de peixe exportado para o Estado do Amazonas, Roraima ainda importa pescado do Amazonas. Por ano, “chegam por aqui” 550 toneladas de peixes, mas este número já foi maior. Até 2004, os roraimenses consumiam 800 toneladas de peixe/ano vindas de Manaus. O Município de Alto Alegre concentra a maior área de criação de peixes do Estado, seguido pelo Amajari e Bonfim.

As Figuras 10, 11 e 12 mostram desde o arrastão de tambaqui em tanque de engorda até a venda ao consumidor nas feiras livres.



**Figura 10** - Arrastão



**Figura 11** - Ao chegar à feira



**Figura 12** - Venda nas feiras

## 2.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

### 2.6.1 Ponto de fusão

Ponto de fusão de um sólido é a faixa de temperatura em que este inicia a sua transformação para o estado líquido, até se fundir totalmente. A determinação é feita em aparelhos com precisão.

Aparelho - Consiste essencialmente de um recipiente de vidro de capacidade apropriada para um banho de líquido incolor; um agitador que poderá ser um bastão de vidro, convenientemente dobrado duas vezes em ângulo reto; um termômetro cuidadosamente aferido e controlado de -10 a 365 °C (em lugar deste termômetro único, pode-se usar com vantagens, uma coleção de termômetros de escala curta, cada um abrangendo um intervalo de 50 graus); um tubo capilar de 9 cm de altura, 0,9 a 1,1 mm de diâmetro interno e paredes de espessura entre 0,2 a 0,3 mm; uma lente de aumento (cerca de 10 vezes) e uma fonte de calor elétrica ou chama direta (IAL, 1985).

Os líquidos empregados no banho são escolhidos de acordo com a temperatura a ser determinada:

Até 100°C .....	Água
Até 150°C .....	Glicerol
Até 250°C .....	Parafina líquida
Até 400°C .....	Siliconas

Aparelho elétrico para determinação do ponto de fusão - para determinação do ponto de fusão pelo método do capilar são necessários alguns miligramas de amostra. A determinação do ponto de fusão de frações dessas quantidades poderá ser efetuada com um aparelho provido de uma câmara metálica aquecida eletricamente, adaptada a um microscópio para a observação da fusão (IAL, 1985).

### 2.6.2 Densidade

A determinação da densidade é feita geralmente em análise de alimentos que se apresentam no estado líquido. Pode ser medida por vários aparelhos sendo os mais usados: balança de westphal, picnômetros e densímetros.

O método mais comum na determinação de densidade consiste na medida da massa de um recipiente, com volume conhecido, volume este que seja calibrado de acordo com a massa de água pura no mesmo recipiente; esses recipientes são chamados picnômetros, são feitos de vidros resistentes, com baixo coeficiente de expansão térmica.

Os picnômetros fornecem resultados precisos e são construídos e graduados de modo a permitir a pesagem de volumes exatamente iguais de líquidos a uma dada temperatura. Da relação destas massas e volumes resulta a densidade dos mesmos à temperatura da determinação. Usando água como líquido de referência, tem-se a densidade relativa à água ou massa específica.

Os decímetros são quase sempre de forma cilíndrica com um bulbo central terminando em haste fina e graduada, são construídos de modo que o ponto de afloramento indique, sobre a escala, a densidade do líquido no qual está imerso o aparelho. Existem vários tipos de decímetros com valores diversos, em função da sensibilidade exigida para sua aplicação. A leitura deve ser feita sempre abaixo do menisco. As diferentes escalas usadas pelo densímetros podem dar a leitura direta da densidade ou graus de uma escala arbitrária como Brix, Gay-Lussac, Baumé, Quevenne, correspondentes aos sacarômetros, alcoômetros e lactômetros há tanto tempo utilizados em bromatologia.

Conforme MORETTO e FETT (1998), a densidade é expressa em  $\text{g/cm}^3$ , que é a relação entre a massa de uma substância e a massa de igual volume de água a 4 °C. Para os triglicerídios, quanto menor for sua massa molecular mais alta será o seu grau de insaturação.

### 2.6.3 Índice de acidez

É definido como o número de miligramas de hidróxido de potássio necessário para neutralizar os ácidos graxos livres presentes em um grama de óleo ou gordura (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004). Os resultados revelam que o estado de conservação do óleo está intimamente relacionado com a natureza e qualidade da matéria-prima, com a qualidade e o grau de pureza do óleo, com o processamento e, principalmente, com as condições de conservação. A decomposição dos glicerídios é acelerada por aquecimento e pela luz, enquanto que a rancidez é quase sempre acompanhada por formação de ácidos graxos livres.

Segundo Angelucci et al. (1987), o alto teor de acidez de um óleo bruto aumenta a perda da neutralização, sendo também indicador de grãos de baixas qualidades, de manuseio e armazenamento impróprios ou de um processamento insatisfatório.

Conforme Santos et al. (2001), os óleos com acidez inferior a 1 % são classificados como do tipo 1 e quando o óleo apresentar no máximo 2,5 % de acidez livre é considerado do tipo 3. Poderá ser expressa também em gramas de ácido oléico por cento (p/p).

A acidez livre de uma gordura decorre da hidrólise parcial dos glicerídios, razão pela qual não é uma constante ou característica, mas, sim, uma variável intimamente relacionada com a natureza e a qualidade da matéria-prima, com a qualidade e o grau de pureza da gordura, com o processamento e com as condições de conservação da gordura (MORETTO; FETT, 1998).

#### **2.6.4 Acidez em ácido oléico (ácidos graxos livres)**

O método determina a porcentagem de ácidos graxos livres, expressa como ácido oléico, em óleos comuns, brutos e refinados.

#### **2.6.5 Índice de saponificação**

O índice de saponificação é definido como o número de miligrama de hidróxido de potássio (KOH) necessários para saponificar os ácidos graxos, resultantes da hidrólise de um grama da amostra; é inversamente proporcional a média da massa molecular dos ácidos graxos dos triglicerídios presentes é importante para demonstrar a presença de óleos e gorduras de alta proporção de ácidos graxos, de baixa massa molecular, em misturas com outros óleos e gorduras. Quanto menor a massa molecular do ácido graxo, tanto maior será o índice de saponificação. Para as gorduras vegetais, quanto mais altos os índices de saponificação mais se prestam para fins alimentares (MORETTO; FETT, 1998).

Conforme Ribeiro e Seravalli (2004), a reação de saponificação pode estabelecer o grau de deteriorização e a estabilidade, verificar se as propriedades dos óleos estão de acordo com as especificações e identificar possíveis fraudes e adulterações.

### 2.6.6 Índice de iodo

É o número de gramas de iodo absorvido por 100g de gordura ou óleo; proporcionam medida do grau de insaturação das gorduras extraídas com éter ou, ainda, medida do grau de insaturação dos ácidos graxos presentes na gordura; assim, uma molécula de triglicerídios representa a verdadeira insaturação das gorduras ou dos ácidos graxos, quanto às duplas ligações não são conjugadas nem se situam em posições adjacentes à carboxila, pois nesses casos a adição de halogênio é incompleta, ou seja, não é quantitativa. Sob determinadas condições, o iodo pode ser quantitativamente introduzido nas duplas ligações dos ácidos graxos insaturados e triglicerídios, razão por que, quanto maior a insaturação de um ácido graxo, maior será a sua capacidade de absorção de iodo e, conseqüentemente, maior também será também o índice (MORETTO; FETT, 1998). Segundo Cecchi (2003), esta determinação é importante para a classificação de óleos e gorduras e para o controle de alguns processamentos.

Para cada óleo existe um intervalo característico do valor do índice de iodo; cujo valor está relacionado também com o método empregado em sua determinação, geralmente pelo método de Hubl, Wijs, que é utilizado em laboratórios oficiais de vários países enquanto o método de Hanus é utilizado em laboratórios de indústrias e nas análises para fins comerciais (IAL, 1985).

### 2.6.7 Índice de peróxidos

Determinam, em mols por 1000g de amostra, todas as substâncias que oxidam o iodeto de potássio; devido à sua ação fortemente oxidante, os peróxidos orgânicos formados no início da rancificação, atuam sobre o iodeto de potássio, liberando o iodo que será titulado com tiosulfato de sódio em presença de amido, como indicador (MORETTO; FETT, 1998).

Conforme Cecchi (2003), este é um dos métodos mais utilizados para medir o estado de oxidação de óleos e gorduras. Segundo Malacrida (2003) nos óleos não deve ultrapassar o valor de 10 meq/1000g de amostra. Estes valores indicam uma baixa possibilidade de deterioração oxidativa.

### 2.6.8 Índice de refração

O índice de refração de uma substância pura é constante quando mantidas as condições de temperatura e pressão e pode ser usado como meio de identificação. Em análise de alimentos, embora não se trate de substâncias puras no escrito sentido, em certos casos como o de óleos, gorduras, óleos essenciais, o índice de refração apresenta variação muito pequena e é usado então para uma avaliação do produto (IAL, 1985).

O índice de refração da água a 20 °C é 1,3330. A presença de sólidos solúveis na água resulta numa alteração no índice de refração. É possível determinar a quantidade de soluto pelo conhecimento do índice de refração da solução aquosa. Esta propriedade é utilizada para determinar a concentração de sólidos solúveis de soluções de açúcar (IAL, 1985).

A medida do índice de refração pode ser feita diretamente em aparelhos, como o refratômetro de Abbé, ou em refratômetro de imersão, que possui pequeno intervalo de leitura, mas de grande precisão; devem ser previamente aferidos com água (IAL, 1985).

A determinação desse índice tem grande utilidade no controle dos processos de hidrogenação, não só para os óleos, mas, também para as gorduras, cuja temperatura indicada é de 40 °C. Os óleos e as gorduras possuem poderes de refringência diferentes e, de acordo com sua natureza desviam, com maior ou menor intensidade, os raios luminosos que os atravessam; assim, o índice de refração de uma gordura aumenta com o comprimento da cadeia hidrocarbonada e com o grau de insaturação dos ácidos graxos constituintes dos triglicerídios (MORETTO; FETT, 1998).

O índice de refração de óleos e gorduras é muito usado como critério de qualidade e identidade, pois, quando referente a um óleo, este índice aumenta com o índice de iodo e pode ser usado no controle de processos de hidrogenação de óleos insaturados (CECCHI, 2003).

### 2.6.9 Teor de umidade

Umidade corresponde à perda de massa sofrida pelo produto quando aquecido em condições no qual a água é removida. Na realidade, não é somente a água a ser removida, mas outras substâncias que se volatilizam nessas condições. O resíduo obtido no aquecimento direto é chamado de resíduo seco. O aquecimento direto da amostra a 105 °C é o processo mais usual. Amostras de alimentos que se decompõem ou indicam transformações a essa

temperatura devem ser aquecidas em estufas a pressão reduzida, onde se reduz a pressão e se mantém a temperatura de 70 °C (IAL, 1985).

No caso em que outras substâncias voláteis estão presentes, a determinação de umidade real deve ser feita por processos de destilação com líquidos imiscíveis. Outros processos usados são baseados em reações que se dão em presença de água. Dentre eles, o método de Karl-Fisher, baseado na redução de iodo pelo dióxido de enxofre, só se dá em presença de água. Assim, a reação entre água e solução de dióxido de enxofre, iodo e piridina em metanol faz-se em aparelho especial que exclui a influência da umidade do ar e fornece condições para uma titulação cujo ponto final seja bem determinado. Em alimentos de composição padronizada, certas medidas físicas como, por exemplo, índice de refração, densidade e condutividade elétrica fornecem uma avaliação da umidade de modo rápido, mediante o uso de tabelas ou gráficos já estabelecidos (IAL, 1985).

#### 2.6.10 Teor de cinzas

Resíduo por incineração ou cinzas é o nome dado ao resíduo obtido por aquecimento de um produto a temperaturas entre 550-570 °C. Nem sempre este resíduo apresenta toda a substância inorgânica presente na amostra, pois alguns sais podem sofrer redução ou volatilização sob este aquecimento. Geralmente as cinzas são obtidas por ignição de quantidade conhecida da amostra entre 1 e 5g, em cadinho, cápsula de platina, porcelana ou outro material resistente ao calor mantida em mufla a 550 °C, até a eliminação completa do carvão. As cinzas deverão ficar brancas ou ligeiramente acinzentadas. (Em caso contrário, esfriar, adicionar 0,5mL de água, secar e incinerar novamente) (IAL, 1985).

Algumas gotas de azeite comestível adicionadas inicialmente à amostra facilitam a carbonização. Algumas amostras contendo sais de metais alcalinos, que retêm proporções variáveis de dióxido de carbono nas condições da incineração, são tratadas, inicialmente com solução de carbonato de amônio ou ácido sulfúrico diluído, e após a secagem do excesso do reagente, aquecidas e pesadas. O resíduo é denominado então de “cinzas carbonatadas” ou “cinzas sulfatizadas”, respectivamente. Muitas vezes é vantajoso combinar a determinação direta de umidade e a determinação de cinzas, incinerando o resíduo obtido na determinação da umidade (IAL, 1985).

### 2.6.11 Lipídios totais

A determinação de lipídios em alimentos é feita, na maioria dos casos, pela extração com solventes (éter, éter de petróleo ou outro solvente pouco polar) seguida pela remoção por evaporação ou destilação do solvente empregado. O resíduo obtido não é constituído unicamente por lipídios, mas por todos os compostos, que nas condições por determinação que possam ser extraídos pelo solvente. Geralmente são esteróis, fosfatídeos, vitaminas A e D, carotenóides e óleos essenciais, mas em quantidades relativamente pequenas, que não chegam a representar uma diferença significativa na determinação. Nos produtos em que estas concentrações se tornam maiores, a determinação terá a denominação mais adequada de extrato etéreo. Uma avaliação mais rigorosa dos lipídios pode ser feita pela determinação dos ácidos graxos. Extração direta é feita pela agitação da amostra com o solvente, em frascos que permitem decantar ou separar o solvente, que é então evaporado. Quase sempre se torna mais simples fazer uma extração contínua em aparelho do tipo Soxhlet. Uma extração completa torna-se difícil em produtos contendo alta proporção de açúcares, e a presença de proteínas também interfere. Faz-se então um tratamento prévio, com álcali ou ácido (IAL, 1985).

No tratamento com ácido, emprega-se ácido clorídrico em concentração próxima a 6N e aquecimento. A proteína dissolve-se no ácido e os lipídios ficam livres para extração com solvente. No tratamento com álcali, o produto é tratado com hidróxido de amônio e álcool. O álcool precipita a proteína que se dissolve no hidróxido, ficando os lipídios para extração com mistura de éter de petróleo. Uma vez evaporado ou destilado o solvente, determina-se gravimetricamente o resíduo obtido. Em certos casos especiais determinam-se volumetricamente os lipídios obtidos, tratando-se a amostra com os reagentes (solvente mais ácido ou álcali) em tubos calibrados, fazendo-se em seguida uma centrifugação. O solvente com os lipídios extraídos fornece uma leitura na escala dos tubos. Estes processos além de serem convenientes na rotina, apresentam boa precisão, como, por exemplo, o método de Gerber, para leite e derivados. Ao lado destes métodos clássicos, há os que se baseiam em medidas físicas, como índice de refração propriedades dielétricas (IAL, 1985).

## 2.7 VISCOSIDADE

A reologia é definida como ciência que estuda o modo pelo qual a matéria se deforma ou escoar, quando submetida a forças externas (MACHADO, 1996). Conforme Toledo (1991) é a ciência que estuda a resposta de um material à aplicação de uma tensão ou deformação. A variação contínua da taxa ou grau de deformação em função das forças ou tensões aplicadas caracteriza um escoamento (MACHADO, 1996).

Segundo Moretto e Fett (1998), a viscosidade aumenta com o comprimento das cadeias dos ácidos graxos dos triglicerídios e diminui quando aumenta a insaturação; é, portanto, função das dimensões da molécula e de sua orientação, ou seja, aumenta a hidrogenação.

Os óleos que contêm ácidos graxos de baixa massa molecular são ligeiramente menos viscosos que aqueles com alta massa molecular, mas como em outros líquidos, nos óleos, também a viscosidade diminui com o aumento da temperatura, havendo uma relação linear entre o logaritmo da viscosidade e o da temperatura. Segundo Castro (1999), ao estudar a viscosidade do óleo de babaçu verificou as viscosidades decrescerem consideravelmente a altas temperaturas.

Os valores de viscosidade dos óleos são obtidos experimentalmente em laboratório, utilizando-se um aparelho chamado viscosímetro, que mede o tempo que determinada quantidade de fluido leva para escoar através de um pequeno tubo (capilar) a uma temperatura constante.

### 2.7.1 Viscosímetro capilar

São os viscosímetros mais antigos, nos quais a tensão de cisalhamento é fornecida em função da pressão a que o fluido é submetido ao fluir através de um tubo capilar. Eles são precisos nas medidas de viscosidade de fluidos newtonianos, até valores de 20.000 mPa.s. Uma desvantagem deste tipo de viscosímetro é que a velocidade de cisalhamento varia de zero, no centro do capilar, a um valor máximo nas paredes (POSSA; POSSA, 2000). A viscosidade é medida pela velocidade de escoamento do líquido através de um tubo capilar de vidro, medido pelo tempo gasto por uma quantidade definida de certo líquida para fluir através de um tubo de raio e comprimento conhecidos.

Nele, a massa da coluna do próprio fluido é a força que causa o escoamento no interior do capilar. Conforme Machado (1996), este tipo de viscosímetro tem sido largamente usado na determinação de vários fluidos, transparentes ou opacos, a maioria newtoniano.

Conforme Machado (1996), os fluidos podem ser classificados, reologicamente, como newtonianos e não-newtonianos.

No escoamento de um fluido newtoniano em regime laminar, existe uma relação linear entre a tensão cisalhante e a taxa de cisalhamento, nos quais a viscosidade só é influenciada pela temperatura e pressão. São exemplos de fluidos newtonianos, o ar, a água, os óleos finos e seus derivados. Os modelos empíricos de comportamento reológicos podem ser representados conforme o fluido, para os líquidos newtonianos.

### 2.7.2 Modelo de Andrade

Representado pela equação 1 o modelo exponencial conforme Andrade (1930) caracteriza a viscosidade dos líquidos incompressíveis e varia inversamente com a temperatura, apresentando um comportamento exponencial.

$$\mu = A.e^{B/T} \quad \text{equação 1, em que:}$$

$\mu$  = viscosidade do fluido

A e B= constantes dependentes da natureza de cada líquido

T= temperatura (°C).

## 2.8 ANÁLISE TÉRMICA

Análise térmica é um termo usado para descrever as técnicas analíticas que medem as propriedades físicas e químicas de uma amostra com uma função da temperatura. A amostra está sujeita a um esquema de temperatura que consiste de uma série de segmentos pré-selecionados no qual a amostra é aquecida ou resfriada a uma taxa constante ou mantida a uma temperatura constante. Em diversos experimentos a atmosfera é igualmente importante. Particularmente, ela diferencia entre o uso de gases inerte e oxidante.

### 2.8.1 Análise termogravimétrica

São medições por meio de análise termogravimétrica da massa da amostra que está sujeita a uma variação de temperatura. A medição é realizada em uma atmosfera definida, geralmente em condições inertes (nitrogênio) ou em um ambiente oxidativo (ar ou possivelmente oxigênio). A massa é medida em uma balança eletrônica altamente sensível. Os efeitos de interferência da flutuação e fluxo de gás são compensados por uma correção de curva branca.

## 2.9 CROMATOGRAFIA A GÁS

A cromatografia a gás é definida como um método físico-químico de separação, na qual os componentes de uma amostra podem ser separados quando esta é injetada no interior de uma coluna e entram em contato com duas fases, classificadas como fase móvel e fase estacionária. A fase móvel é constituída por um gás de alta pureza e a fase estacionária formada por um material sólido ou líquido, na qual ocorre a separação dos componentes da amostra, através dos processos de absorção ou partição. Através destes processos, cada componente presente na amostra desenvolve afinidade diferente pela fase estacionária. Como existe uma pressão exercida pelo gás (fase móvel) no interior da coluna, os componentes presentes na amostra que apresentam a menor força de atração pela fase estacionária passam a ser conduzidos com maior facilidade pelo gás, ocorrendo, assim, a separação dos componentes da amostra. Os componentes que apresentarem maior afinidade pela fase estacionária serão transportados posteriormente, completando, assim, o processo separativo (VAITSMAN, 2000).

Cada um dos componentes, ao chegarem ao final da coluna, passará pelo sistema de detecção, que emitirá um sinal traduzindo a informação sobre o componente e enviando-a ao sistema de aquisição de dados. Neste sistema, o sinal é traduzido e registrado, sendo este registro chamado cromatograma, que revela as informações de identificação de cada componente da amostra. Desta forma, o método cromatográfico apresenta grande eficiência em separar, identificar e qualificar componentes que constituem uma amostra, mesmo aquelas complexas (VAITSMAN, 2000).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os reagentes utilizados apresentaram-se em grau de pureza analítica e em todos os procedimentos realizados foi utilizada água destilada quando necessário. No preparo das soluções, foram feitas padronizações e as vidrarias foram calibradas conforme as normas adotadas para cada análise. Nas medidas das massas para foi utilizada uma balança analítica de marca Shimadzu modelo AX200 com precisão 0,0001 g. Todas as análises físico-químicas foram realizadas em triplicata possibilitando os cálculos estatísticos onde os resultados foram submetidos a teste de variância ANOVA e pelo teste de comparação de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Na elaboração dos cálculos e gráficos foi utilizado o Software Estatística versão 6.0.

#### 3.1 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS

Os peixes criados em cativeiros (lagos e açudes) em regime semi-intensivo, nas localidades do município do Alto Alegre, Bonfim, Uraricoera e Boa Vista (localidades do Passarão) do Estado de Roraima foram coletados três exemplares de peixes aleatoriamente de um lote de aproximadamente duas toneladas de tambaqui que haviam sido capturados de quatro lagoas em cada uma das localidades escolhidas para este estudo. Esse procedimento foi realizado nas quatro localidades, onde as amostras foram identificadas e analisadas separadamente. Os peixes, abatidos, possuíam em média, oito meses e foram capturados no mês de julho.

#### 3.2 SECAGEM, EXTRAÇÃO E RENDIMENTO DO ÓLEO

Após o abate dos peixes foram retirados os filés com faca inoxidável, triturados e levados à secagem em estufa com circulação de ar. Esse procedimento foi realizado na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em Roraima. A matéria seca foi encaminhada para o laboratório de pesquisa em produtos naturais do Departamento de Química da Universidade Federal de Roraima (UFRR) onde se procederam a extração e as análises físico-químicas do óleo. O método utilizado para a secagem e extração do óleo foi a partir de modificações descrita por Duarte (2001) como a seguir:

Foram retirados os filés dos tambaquis, em seguida trituraram-se em um liquidificador, pesaram-se 100g do filé triturado, a seguir, foram levados para secagem a uma

temperatura de 100 °C em estufa de circulação de ar durante um tempo de aproximadamente 8 horas até massa constante. O tecido seco foi transferido para um erlenmeyer de 1000 mL e foram acrescentados 20 g de sulfato de sódio anidro e 400 mL de hexano de grau analítico e bidestilado, em seguida levado a um misturador promovendo a agitação por 1h. Após a agitação foram feitas a filtração e evaporação do solvente em rotaevaporador. O óleo extraído foi acondicionado em frasco âmbar em atmosfera de nitrogênio para posteriores análises.

### 3.3 RENDIMENTO DO ÓLEO DO FILÉ DO TAMBAQUI

O cálculo do rendimento foi obtido pela relação entre a massa de óleo obtida em 100 g do filé de peixe e o resultado expresso em massa de óleo/100g de filé.

Segue as ilustrações dos procedimentos da extração do óleo do peixe, Figuras 13 a 18



**Figura 13** - Após a captura



**Figura 14** - Filé do peixe



**Figura 15** - Filé moído



**Figura 16** - Misturador



**Figura 17** - Extração



**Figura 18** - Concentração-Rotaevaporador

### 3.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO ÓLEO

As determinações feitas nas análises de óleos e gorduras são geralmente as dos chamados índices, que são expressões de propriedades físicas ou químicas dos mesmos e não as porcentagens dos seus constituintes. São estes índices que, juntamente com as reações características, servem para identificar e avaliar a maioria dos óleos e gorduras, sendo o resultado da análise baseado neste conjunto de dados.

Para as análises das constantes físicas desse óleo, foram realizadas as análises de Ponto de fusão, densidade, insolúveis orgânicos em éter, índice de acidez, acidez em ácido oléico, índice de saponificação, índice de iodo, índice de peróxido, índice de refração, teor de umidade, teor de cinzas e lipídios totais conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (1985). Todas as análises foram feitas em triplicata e os resultados foram obtidos com seus desvios padrões. Os dados foram tratados pelo teste de variância ANOVA e pelo teste de comparações multiplas de Tukey, em níveis de 5 % de probabilidade utilizando o software Estatística, versão 6.0.

#### 3.4.1 Ponto de fusão

A determinação do ponto de fusão do óleo foi determinada em um aparelho de marca Químis modelo Q340D23 provido de um banho de líquido (água) agitador mecânico, lente de aumento, termômetro aferido, uma fonte elétrica de calor e tubos capilares de 0,9 a 1,1 mm de diâmetro a uma temperatura ambiente inicial de 20 °C. Os procedimentos utilizados seguem as normas IAL, 1985.

#### 3.4.2 Densidade

O método utilizado na determinação da densidade do óleo consistiu na medida da massa de um picnômetro (vidros resistentes com baixo coeficiente de expansão térmica) de volume igual a 10 cm<sup>3</sup>, volume que foi calibrado de acordo com a massa de água pura no mesmo picnômetro. Para a verificação da massa da água e do óleo foi utilizada uma balança analítica de marca Shimadzu modelo AX200 com precisão 0,0001 g as medições foram feitas em triplicata a uma temperatura de 25 °C.

O cálculo para determinação da densidade foi baseado na Equação:

$$D = m/V$$

D: densidade em g/cm<sup>3</sup>

m: massa da amostra em grama

V: volume do picnômetro em cm<sup>3</sup>.

### 3.4.3 Insolúveis orgânicos no éter

Conforme as Normas do Instituto Adolfo Lutz, o resíduo resultante da determinação de umidade foi dissolvido em éter etílico de grau analítico e, em seguida, foi filtrado em papel filtro colocado previamente em pesa-filtro e aquecido em estufa a 105 °C por 1h, resfriado em dessecador até a temperatura ambiente e pesado até a uma massa constante. Lavaram-se a cápsula e o filtro com éter até eliminar toda a substância gordurosa. A massa obtida forneceu a quantidade de insolúveis totais. Diminuído dessa massa, o número de gramas de cinzas correspondentes, obteve-se a massa de insolúveis orgânicos no éter.

O cálculo para determinação da porcentagem de substâncias insolúveis em éter foi baseado na Equação:

Insolúveis orgânicos no éter por cento p/p =  $(100 \cdot N) / P$

N = massa em grama de insolúveis orgânicos no éter

P = massa em grama da amostra.

### 3.4.4 Índice de acidez

Na determinação do índice de acidez pesaram-se, aproximadamente, 2,0 g da amostra em um erlenmeyer e adicionaram-se 25 mL de solução de éter-álcool (2:1) neutralizada previamente com uma solução de hidróxido de sódio 0,1 N. Em seguida, foram adicionadas duas gotas do indicador fenolftaleína e titulou-se com solução de hidróxido de sódio 0,1 N até atingir a coloração, levemente, rósea. Os procedimentos utilizados seguem as normas IAL (1985).

O cálculo para determinação do índice de acidez foi baseado na Equação:

Índice de acidez =  $(V \cdot f \cdot 5,61) / P$ , em que:

V = volume, em mL, de solução de hidróxido de sódio a 0,1 N gasto na solução;

f = fator da solução de hidróxido de sódio

P = massa, em grama, da amostra.

### 3.4.5 Acidez em ácido oléico

Na determinação da acidez em ácido oléico, pesaram-se 5,0g da amostra em um erlenmeyer e adicionaram-se 50mL de álcool etílico a 95%, neutralizado previamente com

solução aquosa de hidróxido de sódio 0,1 N, utilizando 0,5 mL de solução etanólica de fenolftaleína a 1 % como indicador. Em seguida, aqueceram-se a solução sobre uma placa térmica até a ebulição. Depois, titulou-se ainda quente com solução aquosa de hidróxido de sódio 0,1 N, até coloração rósea persistente por 15 segundos. Os procedimentos utilizados seguem as normas IAL (1985).

O cálculo na determinação da acidez em ácido oléico baseou-se na equação:

Acidez em ácido oléico =  $(V.f.28,2)/P$  em que:

V = volume, em mL, de solução de hidróxido de sódio a 0,1 N gasto na solução;

f = fator da solução de hidróxido de sódio.

P = massa, em grama, da amostra.

#### 3.4.6 Índice de saponificação

Na determinação do índice de saponificação pesaram-se, aproximadamente, 2,0 g da amostra em um erlenmeyer e adicionaram-se 20 mL de solução alcoólica de hidróxido de potássio a 4 %. Em seguida, adaptou-se o erlenmeyer a um condensador de refluxo e aqueceu-se até ebulição branda, durante 30 min, logo após adicionaram-se 2 gotas de indicador fenolftaleína e, em seguida, titulou-se à quente com ácido clorídrico 0,5 N até o desaparecimento da cor rosa. Os procedimentos utilizados seguem as normas IAL (1985).

O cálculo para determinação do índice de saponificação foi baseado na Equação:

Índice de saponificação =  $(V.f.28)/P$  em que:

V = diferença entre os volumes do ácido clorídrico 0,5 N gastos nas duas titulações;

f = fator de ácido clorídrico 0,5 N e

P = massa, em grama, da amostra.

#### 3.4.7 Índice de iodo

O índice de iodo indica o grau e a quantidade de insaturação em condições específicas de ensaio. O índice de iodo exprime-se na quantidade de halogênio fixado em 100g de gordura ou óleo. Os resultados obtidos por este método dependem de fatores tais como: o tempo de contato, a natureza de portadora do iodo (solução utilizada na determinação) e o excesso de iodo, sendo necessário cumprir estritamente as mesmas condições.

O índice de iodo foi determinado pelo método de Hübl, em que uma quantidade conhecida da amostra foi dissolvida em clorofórmio e permitiu-se a reação da solução com o excesso de halogênio durante um determinado tempo a temperatura ambiente e na ausência de luz. O iodo na solução quebra as ligações insaturadas das moléculas que compõem as gorduras ou óleos, permanecendo as mesmas ligadas a estas. Após a reação, a diferença na quantidade iodo foi determinada por titulação com uma solução de tiosulfato de sódio de concentração conhecida. Os procedimentos utilizados seguem as normas IAL (1985).

O índice de iodo foi calculado pela expressão:

Índice de iodo =  $(V.f.1,27)/P$  em que:

V = diferença entre os volumes, em mL; de solução de tiosulfato de sódio 0,1 N gastos nas titulações;

f = fator da solução de tiosulfato de sódio 0,1 N

P = massa, em grama, da amostra.

#### 3.4.8 Índice de peróxidos

As análises de índices de peróxidos nesse trabalho foram realizadas para acompanhar o nível de conservação do óleo. As análises foram realizadas pelo método IAL, 1985 conforme procedimento a seguir:

Pesaram-se 5g da amostra em frasco Erlenmeyer de 125 mL. Adicionaram-se 30 mL de solução ácido acético – clorofórmio (3:2) de grau analítico. Agitou-se o frasco até a dissolução da amostra. Foram adicionados 0,5 mL de solução saturada de iodeto de potássio, mantendo-se a mistura por 1 min. Após a adição de 30 mL de água, foi feita a titulação com tiosulfato de sódio 0,01 N, sob agitação. A titulação prosseguiu até que a coloração amarela tenha quase desaparecido. Adicionaram-se 0,5 mL de solução de amido 1 % e prosseguiu a titulação até o ponto final, quando todo o iodo se libera da camada de clorofórmio. Foi adicionado gota a gota da solução de tiosulfato de sódio 0,01 N, até que a coloração azul tenha desaparecido. Foi preparada uma prova em branco, nas mesmas condições.

#### 3.4.9 Índice de refração

Esta determinação foi feita com ajustamento prévio do refratômetro de Analytuk Jena com sistema Abbé com água destilada. Foi aferido previamente fazendo circular uma corrente

de água a 40 °C pelo aparelho até estabilizar a temperatura. Adicionaram-se duas gotas de óleo entre os prismas e feita a leitura. A verificação do valor do índice de refração foi feita a 40 °C.

#### 3.4.10 Teor de umidade

Umidade corresponde à perda de massa do produto quando aquecido em condições em que a água é removida. Na verdade, não somente a água é removida como, também, outras substâncias que se volatilizam nessas condições. Os materiais utilizados foram: cápsula de porcelana de 50 mL estufa a 105 °C e dessecador com cloreto de cálcio anidro. Todas as amostras foram feitas em triplicata e os resíduos foram reservados para determinação de insolúveis orgânicos no éter. Os procedimentos seguiram as Normas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

#### 3.4.11 Teor de cinzas

Resíduo por incineração ou cinzas é aquele obtido por aquecimento de um produto a temperaturas entre 550 e 570 °C. Nem sempre este resíduo representa toda a substância inorgânica presente na amostra, pois alguns sais podem sofrer redução ou volatilização sob esse aquecimento. Geralmente, as cinzas são obtidas por ignição de quantidades conhecidas da amostra, entre 1,0 e 5,0 g, em cadinhos ou cápsula de platina, porcelana ou outro material resistente ao calor, mantido em mufla a 550 °C, até a eliminação completa do carvão. As cinzas deverão ficar brancas ou acinzentadas. As determinações de cinzas seguem as Normas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

#### 3.4.12 Lipídios Totais

O procedimento para o cálculo dos lipídios totais foi realizado por subtrair de 100 g da amostra a massa de umidade por cento e a massa percentual de insolúveis totais no éter. Foi considerada a diferença como lipídios por cento (IAL, 1985). O cálculo na determinação em lipídios totais baseou-se na equação:

$100 - (A + B) = \text{lipídios por cento p/p}$ , A = massa, em grama, de umidade a 105 °C por cento,  
B = massa, em grama, de insolúveis totais no éter por cento.

### 3.5 VISCOSIDADE

Nesse trabalho foram feitos os testes de viscosidade em viscosímetro com banho digital marca Schott modelo AVS 350 com medição automática, capilar 1,01 mm de constante  $k$  igual a  $0,09148 \text{ mm}^2/\text{s}$ , utilizando as temperaturas 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85 e 90 °C. Após a aferição do equipamento foram adicionados 8,0mL da amostra no tubo capilar. A contagem de tempo de descida do óleo foi feita após o equilíbrio da temperatura da amostra com a do equipamento após 5 min. Cada leitura do tempo de descida foi feita com três repetições. A Figura 19 mostra o viscosímetro AVS 350 em que foi realizada a análise.

A expressão a seguir foi utilizada na determinação da viscosidade:

$$V = K \cdot T \text{ onde}$$

$V$  = viscosidade

$K$  = constante do capilar ( $0,09148 \text{ mm}^2/\text{s}$ )

$T$  = tempo de descida do óleo.

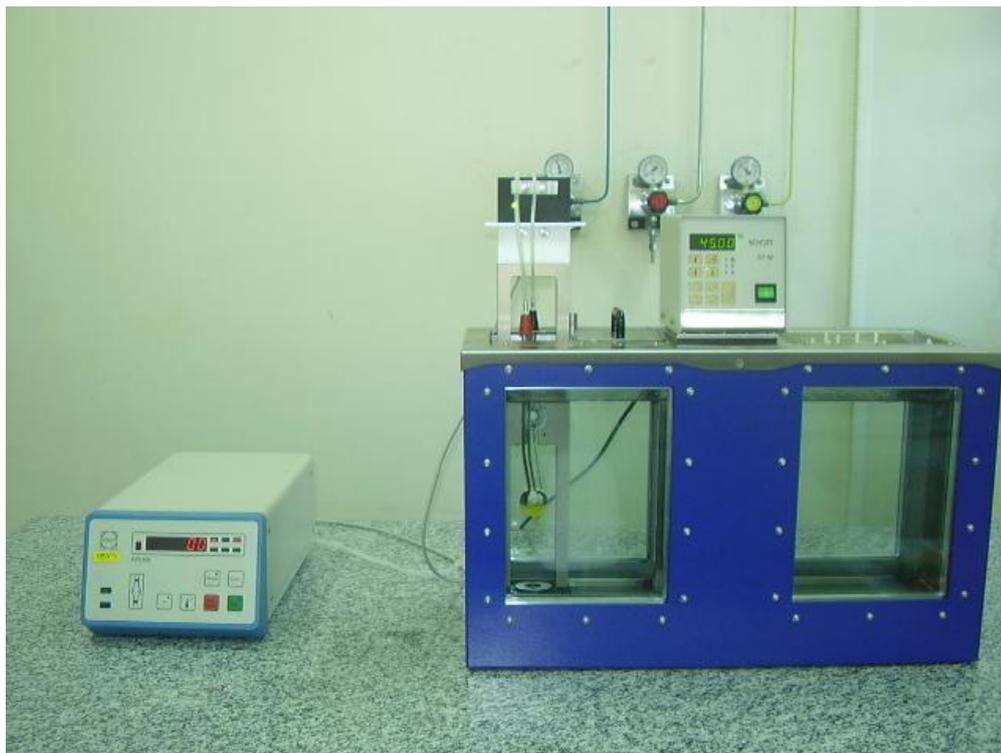
Realizou-se uma análise de regressão dos dados, utilizando-se o Software Estatística, versão 6.0, utilizando a equação polinomial:

$$\mu = A \cdot e^{B/T}, \text{ onde:}$$

$\mu$  é a viscosidade em  $\text{mm}^2/\text{s}$ ;

$A$  e  $B$  são as variáveis independentes;

$T$  é a temperatura em °C.



**Figura 19** - Viscosímetro AVS 350

### 3.6 ANÁLISE TÉRMICA

As curvas termogravimétricas foram obtidas em um equipamento de marca SHIMADZU modelo TGA 50 no laboratório de Fitoquímica da Universidade Federal de Roraima. O intervalo de temperatura explorado foi de 20 a 600 °C e a razão de aquecimento de 10 °C min<sup>-1</sup>. Foi utilizada uma atmosfera dinâmica de nitrogênio a uma vazão de 50 mL min<sup>-1</sup>. Utilizaram-se um cadinho de  $\alpha$ -alumina e massas das amostras variando de 5,0 a 10,0 mg, aproximadamente.

### 3.7 ANÁLISE CROMATOGRÁFICA DOS ÉSTERES METÍLICOS DE ÁCIDOS GRAXOS

#### 3.7.1 Análises qualitativas e quantitativas dos ácidos graxos

Os ésteres de ácidos graxos foram separados em um cromatógrafo gasoso de Alta Resolução Varian CP – 3380 equipado com coluna capilar de sílica fundida (DB-Wax de 30m x 0,25 mm) e detector de ionização de chamas. Essas análises foram realizadas no Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais. Os fluxos de gases foram de 2,0 mL.min<sup>-1</sup> para o gás de arraste H<sub>2</sub>. A razão de divisão (split) da amostra foi de 1:200. A temperatura da coluna foi programada para 100 °C no tempo inicial sendo elevada

para 240 °C a uma taxa de 7 °C.min<sup>-1</sup>. As temperaturas de injetor e detector foram de 260 °C. O volume de injeção foi de 2 µL. As áreas dos picos foram determinadas pelo método da normalização, utilizando um integrador-processador (J & W Scientif) e a identificação dos picos foi feito por comparação dos tempos de retenção (tr) de padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos (Supelco 37).

### 3.7.2 Preparação dos ésteres metílicos

Pesaram-se 4g da fase oleosa em balão de destilação de 125 mL. Após adição de 5 mL de solução alcoólica de hidróxido de potássio 0,5 N o sistema foi mantido sob refluxo por 3 min. Adicionaram-se ao balão ainda quente 15 mL da solução cloreto de amônio/ácido sulfúrico em metanol (16 g de cloreto de amônio, 480 mL de metanol e 24 mL de ácido sulfúrico concentrado) e colocou-se o balão novamente sob refluxo por três min. Após a amostra ter sido esfriada foram adicionados 10 mL de heptano. A mistura obtida foi transferida para funil de separação de 60 mL, agitando-se o funil vigorosamente por 15 s. A fase solúvel no heptano foi extraída e filtrada através de papel filtro com ±3,0 g de sulfato de sódio anidro. A fase do heptano foi transferida para um frasco âmbar de 5 mL com tampa e em atmosfera de nitrogênio para análises posteriores (HARTMAN; LAGO, 1973).

## 3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos a teste de Variância ANOVA e pelo teste de comparações múltiplas de Tukey, em níveis de 5 % de probabilidade utilizando o Software Estatística 6.0. Foram feitas comparações de médias das somatórias de grupos dos ácidos graxos analisados nesse trabalho com valores da literatura em nível de significância ( $p < 0,05$ ).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 MASSA DO PEIXE

A Tabela 1 mostra os resultados da massa total de três exemplares de tambaqui, a massa corporal média por peixe e a média das massas para o peixe das referidas localidades.

**Tabela 1** - Dados da massa corporal de *Colossoma macropomum* (tambaqui) coletados em diferentes localidades de Roraima.

Localidade	Quantidade	Massa(g) /peixe
Alto Alegre	3	2607,72±35,56 <sup>b</sup>
Bonfim	3	2917,45±104,97 <sup>a</sup>
Uraricoera	3	2891,65±73,58 <sup>a</sup>
Passarão	3	2870,71±49,31 <sup>a</sup>
<b>Média</b>		2821,88±137,74

As médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey em nível de 5 % de probabilidade.

Após a captura dos peixes, o valor médio da massa corporal apresentados, é considerado ideal para comercialização após oito meses de engorda. Existem evidências, no intervalo de 95 % de confiança, de que os peixes do Alto Alegre possuem diferença significativa em relação às outras localidades e a “hipótese nula” de que as massas corporais não apresentam diferenças significativas pode ser rejeitada. Essa diferença pode ser resultado de dietas diferenciadas para os peixes entre essas localidades ou, até mesmo, diferentes procedências dos alevinos. Comparando os resultados das massas médias corporais, em grama, entre as localidades analisadas nesse trabalho com os resultados obtidos por Almeida, 2004, (2520±61,0g) para tambaqui criados em regime semi-intensivos, pode-se dizer que diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey em nível de 5 % de probabilidade. São necessários estudos mais detalhados, como por exemplo, experimentos fatoriais que possa justificar, melhor, essas diferenças.

### 4.2 UMIDADE E LIPÍDIOS TOTAIS NO FILÉ DO PEIXE

A Tabela 2 mostra os resultados dos teores de umidade e lipídios totais no filé do tambaqui. Os resultados apresentam as médias finais obtidos de 100g de filé.

**Tabela 2** - Dados de umidade e lipídios totais do filé de tambaqui (*Colossoma macropomum*) coletados em diferentes localidades de Roraima.

Localidade	Massa úmida (g)	Massa seca (g)	Umidade (%)	Lipídio Total (%)
Alto Alegre	100	22,92	77,08±0,54 <sup>a</sup>	3,05±0,19 <sup>c</sup>
Bonfim	100	32,57	67,43±0,32 <sup>b</sup>	8,16±0,13 <sup>a</sup>
Uraricoera	100	34,36	65,64±1,81 <sup>b,c</sup>	6,97±0,08 <sup>b</sup>
Passarão	100	35,94	64,06±0,10 <sup>c</sup>	8,11±0,52 <sup>a</sup>
<b>Média</b>		31,45±5,85	68,55±5,36	6,57±2,19

As médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey em nível de 5 % de probabilidade.

Os resultados das análises de umidade entre os filés de peixes indicam estatisticamente ao nível de 5 % pelo teste de Tukey que o filé de tambaqui do Alto Alegre possui valores de umidade mais elevados que os resultados encontrados das umidades do filé dos peixes das outras localidades. O filé dos peixes das localidades do Bonfim e Uraricoera, Uraricoera e Passarão não possuem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre eles. Os valores de lipídios totais no filé indicam que apenas aqueles do Bonfim e Passarão não apresentam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). Os teores de lipídios variaram de 3,05 % a 8,16 % (média de  $6,57 \pm 2,41$  %) e, portanto, não apresentam diferenças significativas em nível de 5 % de probabilidade com os resultados obtidos por Almeida, 1998 (7,6%) e Maia, 1992 (6,0%).

De acordo com os valores apresentados na Tabela 2, o peixe da região do Alto Alegre pode ser classificado como peixe de baixo teor de gordura, o peixe do Uraricoera médio teor e do Bonfim e Passarão com alto teor de gordura, segundo a classificação de Ackman (1989).

As diferenças existentes entre os lipídios totais nos filés desses peixes podem variar numa mesma espécie de acordo com a idade, maturação sexual, variação sazonal, dieta alimentar entre outros fatores (CASTRO et al., 2004).

#### 4.3 RENDIMENTO, PONTO DE FUSÃO E DENSIDADE

Na Tabela 3, encontram-se os resultados de rendimento do óleo do filé (%), ponto de fusão (°C), densidade ( $\text{g/cm}^3$ ) e as médias dos resultados encontrados.

**Tabela 3** - Dados do rendimento, ponto de fusão e densidade óleo do filé de tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivados em diferentes localidades de Roraima.

Localidade	Rendimento (%)	PF (°C)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
Alto Alegre	3,28±0,14 <sup>c</sup>	30 <sup>a</sup>	0,910±0,003 <sup>a</sup>
Bonfim	8,74±0,19 <sup>a</sup>	29 <sup>b</sup>	0,908±0,001 <sup>ab</sup>
Uraricoera	7,58±0,21 <sup>b</sup>	29 <sup>b</sup>	0,905±0,001 <sup>b</sup>
Passarão	8,69±0,29 <sup>a</sup>	29 <sup>b</sup>	0,906±0,001 <sup>ab</sup>
<b>Média</b>	7,07±2,09	29,00±0,82	0,907±0,002

As médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey em nível de 5 % de probabilidade.

Comparando os resultados dos rendimentos do óleo do filé de peixe das localidades estudadas, verifica-se que o óleo do peixe da localidade do Alto Alegre possui significativamente ( $p < 0,05$ ), um valor menor quando comparado ao óleo de peixe das localidades do Bonfim, Uraricoera e Passarão. Os maiores rendimentos foram encontrados nos óleos de tambaqui do Bonfim e Passarão. Na análise dos resultados dos pontos de fusões, apenas o óleo de peixe do Alto Alegre possui diferença significativa ( $P < 0,05$ ). Esse fato deve-se possivelmente a presença de uma maior concentração de ácidos graxos saturados quando comparado com os óleos de peixes das outras localidades, como pode ser observado na Tabela 13 (página 85). As densidades dos óleos de peixes em todas as localidades estudadas apresentaram valores muito próximos, porém existe uma diferença significativa em nível de 5 % de probabilidade entre os cultivados em Alto Alegre e Uraricoera. Essas pequenas variações de densidades pode ter ocorrido devido a uma diferença de ácidos graxos saturados entre os óleos, pois quanto maior o porcentual de ácidos graxos insaturados, menor será a densidade (Moreto; Fett, 1998).

Na Tabela 4, encontram-se os resultados das características físico-químicas do óleo de filé de tambaqui: índice de acidez (mgKOH/g amostra), acidez em ácido oléico (%), índice de iodo (gI<sub>2</sub>/100g amostra), índice de saponificação (mgKOH/g amostra), índice de refração, índice de peróxido (nº. de mols/1000g da amostra) e as médias desses resultados.

**Tabela 4** - Características físico-química do óleo de tambaqui (*Collossoma macropomum*).

Características Físico-químicas*	Alto Alegre	Bonfim	Uraricoera	Passarão	MORAIS (2001)	HARTMAN e ESTEVES (1981)
IA (mgKOH/g amostra)	4,27±0,26 <sup>a</sup>	4,37±0,29 <sup>a</sup>	1,93±0,08 <sup>b</sup>	1,42±0,17 <sup>b</sup>	6,80±0,70	7,50±5,50
AAO (%)	2,14±0,04 <sup>a</sup>	2,34±0,36 <sup>a</sup>	0,97±0,04 <sup>b</sup>	0,91±0,04 <sup>b</sup>	-	-
II (gI <sub>2</sub> /100g amostra)	143,17±0,16 <sup>b</sup>	148,63±0,54 <sup>a</sup>	149,91±0,82 <sup>a</sup>	148,89±0,54 <sup>a</sup>	130±8,0	155±15
IS (mgKOH/g amostra)	195,45±0,43 <sup>a</sup>	196,37±0,59 <sup>a</sup>	196,12±0,69 <sup>a</sup>	194,98±0,09 <sup>a</sup>	191±1,0	179,3±15
IR (40°C)	1,459±0,001 <sup>a</sup>	1,459±0,001 <sup>a</sup>	1,461±0,001 <sup>a</sup>	1,460±0,003 <sup>a</sup>	-	-
IP (n°. de moles/1000g da amostra)	2,65±0,18 <sup>a</sup>	2,72±0,29 <sup>a</sup>	2,66±0,30 <sup>a</sup>	2,31±0,15 <sup>a</sup>	2,5±0,3	-

\* IA - índice de refração; AAO - acidez em ácido oléico; II - índice de iodo; IS - índice de saponificação; IR - índice de refração e IP - índice de peróxido.

As médias seguidas por uma mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey em nível de 5 % de probabilidade.

Observando os resultados do índice de acidez desse trabalho pode-se dizer que existe uma diferença significativa em nível de 5 % de probabilidade entre os resultados encontrados nos óleos de peixe da localidade do Alto Alegre e Bonfim com os resultados do Uraricoera e Passarão. Conforme Santos et al. (2001), óleos que apresenta acidez em ácido oléico inferior a 1 % são classificados como do tipo 1, apresentando no máximo 2,5 % de acidez são considerados do tipo 2 e acima desse valor são considerados do tipo 3. Os resultados confirmam que, segundo essa classificação, os óleos dos peixes do Alto Alegre e Bonfim são do tipo 2, enquanto os óleos dos peixes do Uraricoera e Passarão são do tipo 1. Essa é uma variável intimamente relacionada com a natureza e a qualidade da matéria-prima, grau de pureza da gordura, como também, depende do processamento e as condições de conservação do óleo (MORETO; FETT, 1998).

Os resultados desse trabalho quando comparado com aqueles obtidos por Morais (2001) e Hartman e Esteves (1981) para a acidez dos óleos indicam que o processamento na extração do óleo e a sua conservação resultaram em um bom desempenho.

O índice de iodo é um indicativo qualitativo nos óleos, ou seja, quanto maior for a insaturação de um ácido graxo, maior será a sua capacidade de absorção de iodo e,

consequentemente, maior será esse índice (MORETO; FETT, 1998). Os óleos dos peixes da localidade do Alto Alegre possuem diferenças significativas em nível de 5 % de probabilidade em relação aos óleos das demais regiões. Esse fato possibilita informar que o óleo de peixe da localidade do Alto Alegre possui uma menor quantidade de ácidos graxos insaturados que os óleos dos peixes das outras localidades estudadas implicando em um maior grau de saturação. Comparando esses resultados com aqueles de Morais (2001) e Hartman e Esteves (1981), pode-se propor que os óleos dos peixes analisados nesse trabalho, possuem valores intermediários de insaturação.

Os resultados demonstram que não existem diferenças significativas em nível de 5 % de probabilidade entre os resultados dos índices de saponificação. Isso indica que os óleos dos peixes das localidades estudadas possuem semelhanças em termos de massas moleculares dos ácidos graxos, pois esse índice é um indicativo na qualidade dos óleos, como pode estabelecer o grau de deteriorização e a estabilidade do óleo. Comparando os resultados da literatura com os resultados desse trabalho, pode-se propor que os valores obtidos por Morais (2001) possuem massas moleculares aproximadas, enquanto que os valores obtidos por Hartman e Esteves (1981) indicam que as massas moleculares dos ácidos graxos possuem valores inferiores aos do presente trabalho.

Os índices de peróxidos foram obtidos para avaliar o estado de oxidação dos óleos, pois uma variação desse índice indica um avanço na oxidação do óleo. Segundo Malacrida (2003), os óleos não devem ultrapassar o valor de 10 meq/1000g de amostra, pois indica uma baixa possibilidade de deterioração oxidativa. Os resultados apresentados na Tabela 4 indicam valores baixos, não evidenciando avanços significativos na oxidação, pois durante os procedimentos não ocorreram mudanças expressivas.

#### 4.4 UMIDADE DO ÓLEO, INSOLÚVEIS EM ÉTER E TEOR DE CINZAS.

A Tabela 5 mostra os resultados das análises do óleo em relação às substâncias orgânicas insolúveis em éter (%), teor de cinzas (%) e umidade (%).

**Tabela 5** - Características físico-químicas da amostra do óleo de filé de *Collossoma macropomum* (tambaqui) cultivados em localidades de Roraima.

Localidade	Insolúveis em éter (%)	Teor de cinzas (%)	Umidade (%)
Alto Alegre	6,97±0,08 <sup>a</sup>	0,033±0,005 <sup>a</sup>	0,046±0,004 <sup>b</sup>
Bonfim	7,05±0,08 <sup>a</sup>	0,056±0,005 <sup>a</sup>	0,057±0,002 <sup>a</sup>
Uraricoera	7,08±0,18 <sup>a</sup>	0,043±0,002 <sup>a</sup>	0,051±0,003 <sup>a,b</sup>
Passarão	7,19±0,18 <sup>a</sup>	0,037±0,004 <sup>a</sup>	0,049±0,004 <sup>a,b</sup>

As médias seguidas de uma mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey em nível de 5 % de probabilidade.

Os valores obtidos para a porcentagem de substâncias orgânicas insolúveis em éter não possuem diferenças significativas em nível de 5 % de probabilidade. Esse fato pode ter ocorrido pelas semelhanças das composições de minerais presentes no óleo e/ou substâncias orgânicas insolúveis em éter.

Para os teores de cinzas não ocorreu diferença significativa entre os óleos analisados. Isso pode ser um fato de que os óleos apresentam semelhanças na qualidade e/ou quantidades de metais presentes nas amostras.

Na análise de umidade pode ser observada estatisticamente uma diferença significativa em nível de 5 % de probabilidade no óleo do peixe procedente do Alto Alegre em relação aos óleos dos peixes das demais localidades. Essas diferenças podem ter ocorrido devido a um valor mais expressivo de substâncias voláteis nos óleos, resultando em maiores valores de umidades.

## 4.5 VISCOSIDADE

Na Tabela 6 são apresentados os resultados obtidos para as viscosidades cinemáticas dos óleos de filé de peixe das diferentes localidades de Roraima a temperaturas entre 40 e 90°C com uma variação de 5 °C para cada tempo de escoamento em tubo capilar.

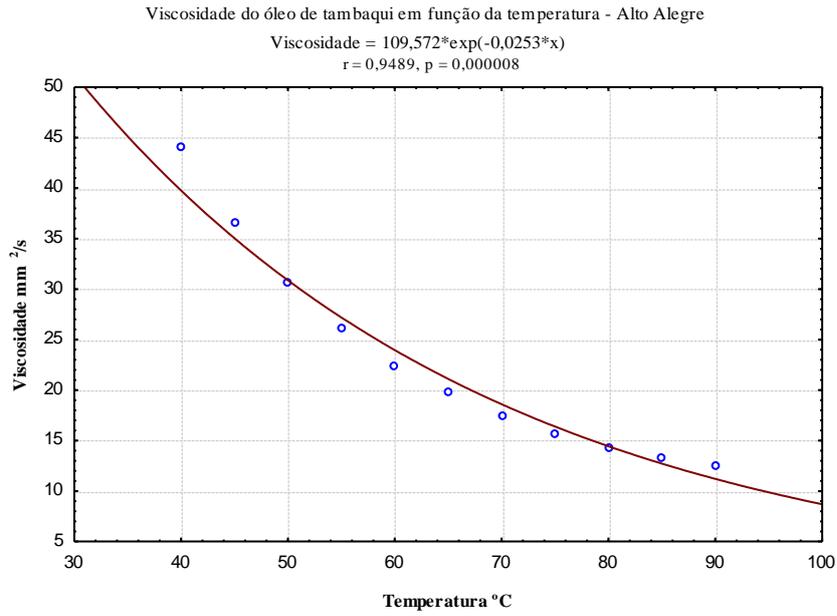
**TABELA 6** - Viscosidade do óleo de *Colossoma macropomum* (tambaqui) cultivado em Roraima em função da variação da temperatura.

Temperatura °C	VISCOSIDADE/mm <sup>2</sup> /s				
	Alto Alegre	Bonfim	Uraricoera	Passarão	Média
40	44,14	42,69	39,20	40,73	41,69±2,17
45	36,63	34,93	32,27	33,85	34,42±1,83
50	30,57	29,58	27,48	28,93	29,14±1,29
55	26,12	25,30	23,65	24,62	24,92±1,05
60	22,45	22,03	20,33	21,07	21,47±0,95
65	19,89	19,07	17,72	18,31	18,75±0,94
70	17,46	16,68	15,56	16,03	16,43±0,83
75	15,57	14,87	13,82	14,17	14,61±0,78
80	14,20	13,20	12,29	12,55	13,06±0,85
85	13,30	11,82	11,00	11,35	11,87±1,01
90	12,53	10,75	9,90	10,18	10,84±1,18

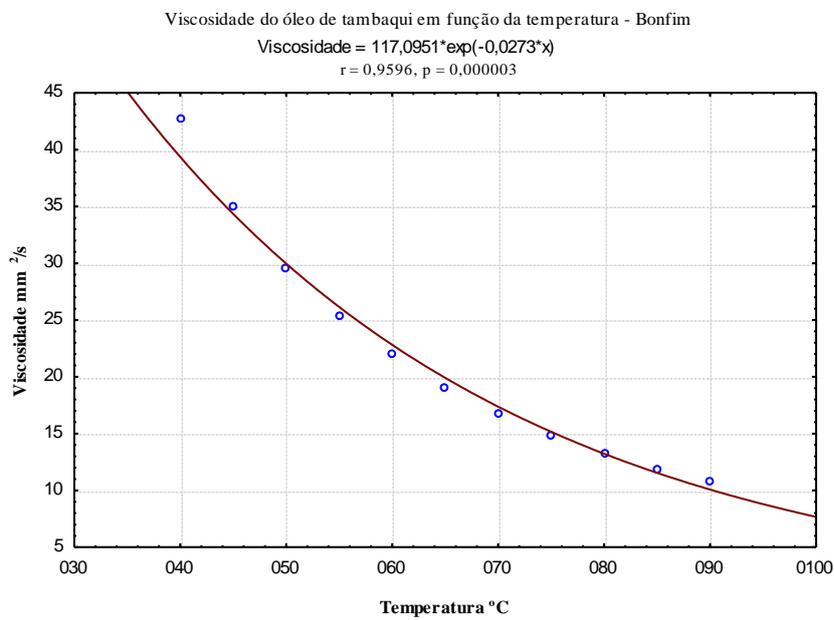
Pode ser observado que a viscosidade varia inversamente com a temperatura. Assim, um aumento da temperatura provoca uma redução na viscosidade dos líquidos, apresentando um comportamento exponencial. Os resultados experimentais obtiveram um bom ajuste para a equação exponencial proposta por Andrade (1930).

As Figuras 20 a 24 apresentam os comportamentos dos óleos em uma curva exponencial (viscosidade x temperatura) proposta por Andrade (1930). Os resultados indicam que os mesmos, acompanham esse comportamento, onde se ajustou aos dados experimentais com coeficientes de correlação variando de 94,89 a 96,29%. Esses comportamentos referem-se a um líquido newtoniano em que o valor da viscosidade diminui com o aumento da temperatura em uma curva exponencial.

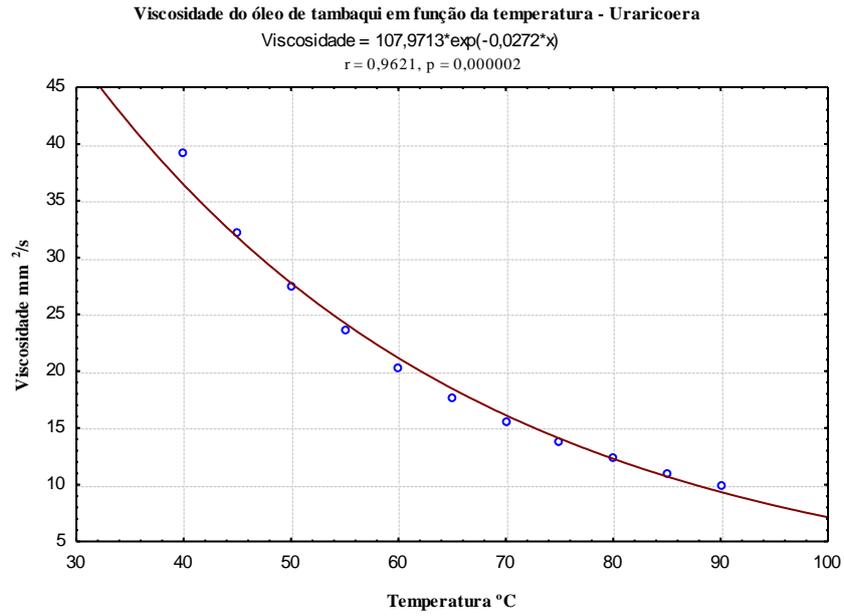
A Figura 25 mostra comportamento cinemático do óleo de tambaqui das localidades do Alto Alegre, Bonfim, Uraricoera e Passarão.



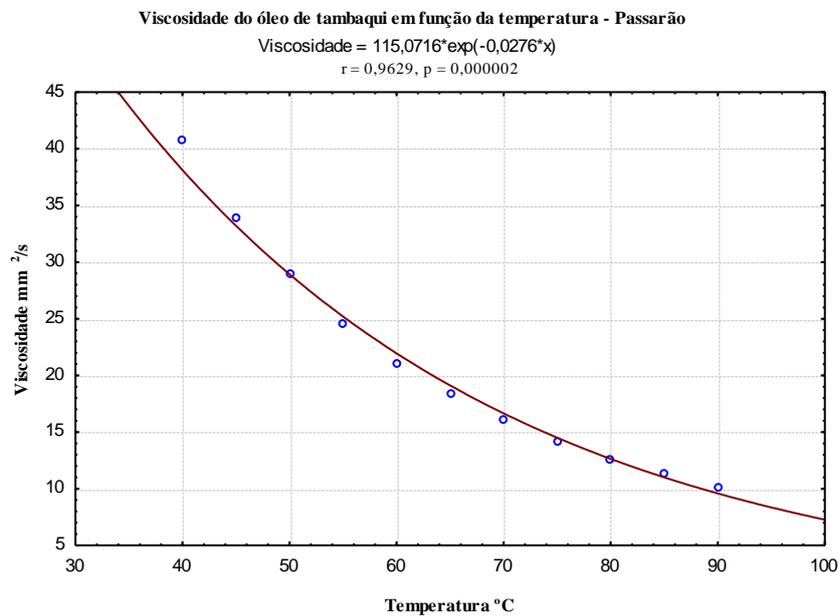
**Figura 20** - Curva exponencial da viscosidade em função da temperatura do óleo do filé de tabaqui cultivado no Alto Alegre – RR



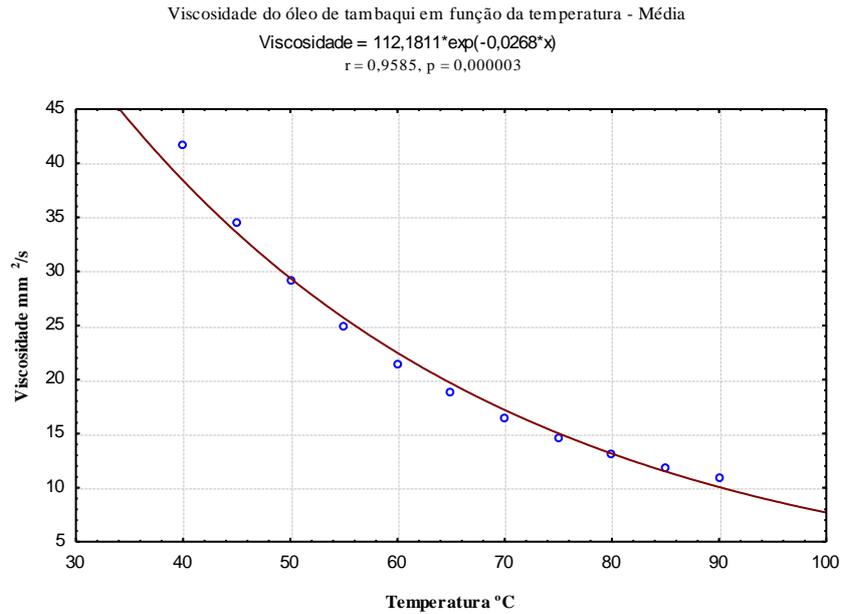
**Figura 21** - Curva exponencial da viscosidade em função da temperatura do óleo do filé de tabaqui cultivado no Bonfim - RR



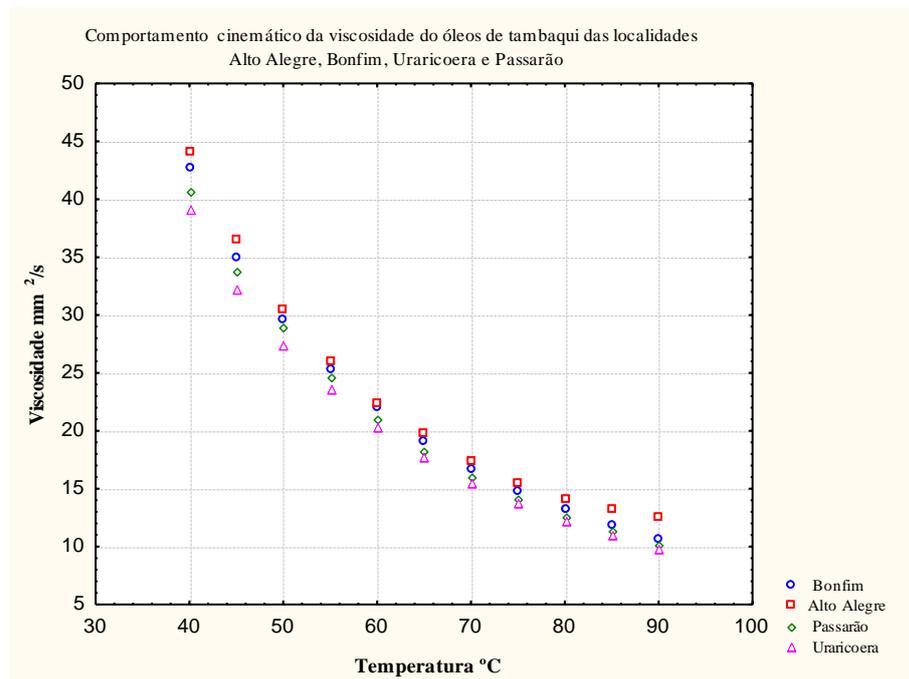
**Figura 22** - Curva exponencial da viscosidade em função da temperatura do óleo do filé de tabaqui cultivado no Uraricoera - RR



**Figura 23** - Curva exponencial da viscosidade em função da temperatura do óleo do filé de tabaqui cultivado no Passarão – RR



**Figura 24** - Curva exponencial da viscosidade em função da temperatura do óleo do filé de tambaqui cultivado em Roraima - Média entre as localidades



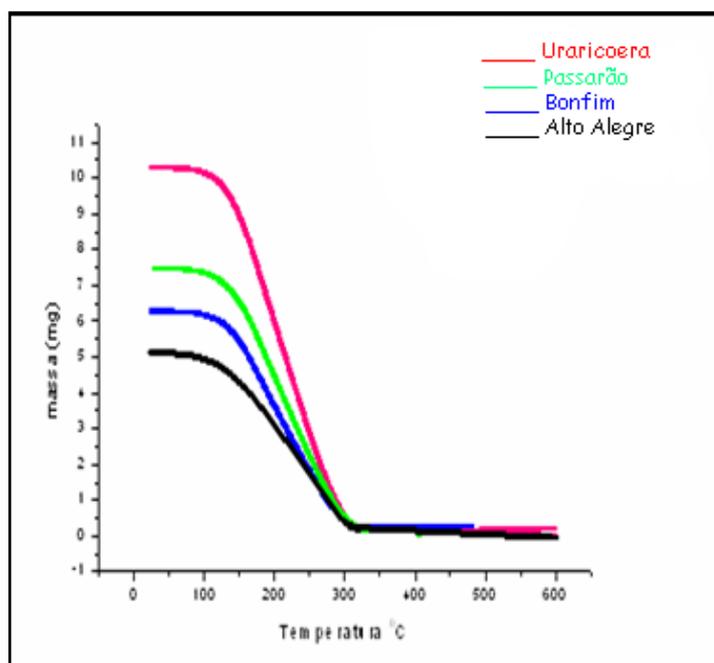
**Figura 25** - Comportamento cinemático da viscosidade do óleo de tambaqui das localidades Alto Alegre, Bonfim, Uraricoera e Passarão.

Os resultados mostram que o óleo de peixe de Alto Alegre possui um maior valor de viscosidade em todas as temperaturas analisadas. Isso pode ser atribuído a um valor maior de ácidos graxos saturados em relação aos outros óleos de peixes das localidades.

Conforme Moretto e Fett (1998), a viscosidade aumenta com o comprimento da cadeia dos ácidos graxos dos triglicerídios e diminui quando aumenta a insaturação. Para o primeiro caso é menos provável, já que os peixes possuem semelhanças na composição qualitativa, diferenciando apenas em termos quantitativos de ácidos graxos.

#### 4.6 ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA DO ÓLEO

A Figura 26 apresenta as curvas termogravimétricas dos óleos de peixes em diferentes localidades de Roraima. Os perfis desses óleos apresentam-se semelhantes, com perda de massa (94,27 a 96,51%) em uma única etapa, entre 103 e 321°C, relativas à volatilização e/ou decomposição do óleo. As amostras analisadas apresentaram temperatura final de decomposição entre 317 e 338°C. Essa semelhança nos perfis das curvas deve-se, possivelmente, à similaridade entre as composições de ácidos graxos dos óleos de peixes de Roraima. Esses óleos apresentam os ácidos graxos majoritários: oléico (C18:1 $\omega$ 9c), palmítico (C16:0), linoléico (C18:2 $\omega$ 6c) e esteárico (C18:0). Esse comportamento termogravimétrico está de acordo com a literatura de GARCIA et al.(2004).



**Figura 26** - Comportamento térmico do óleo de tambaqui cultivado em diferentes localidades de Roraima



**Tabela 7** - Resultados da cromatografia do padrão - Sulpelco 37.

Nº	Nome	Nomenclatura	Resultado (%)	Tempo de Retenção (min)	Área
1	C8:0	Ácido octanóico	4,12	2.171	24.462
2	C10:0	Ácido decanóico	6,20	3.762	36.740
3	C11:0	Ácido undecanóico	3,12	4.898	18.531
4	C12:0	Ácido dodecanóico	6,52	6.207	38.685
5	C13:0	Ácido tricosanóico	3,29	7.604	19.520
6	C14:0	Ácido tetradecanóico (Mirístico)	6,42	9.033	38.088
7	C14:1	Ácido miristoléico	3,02	9.483	17.923
8	C15:0	Ácido pentadecílico	2,95	10.462	17.490
9	C15:1 $\omega$ 9	Ácido 6-pentadecenóico	2,92	10.908	17.330
10	C16:0	Ácido palmítico	8,36	11.865	49.558
11	C16:1	Ácido palmitoléico	2,51	12.143	14.876
12	C17:0	Ácido heptadecanóico	2,15	13.229	12.769
13	C17:1 $\omega$ 9	Ácido <i>cis</i> -10-heptadecenóico	2,66	13.503	15.803
14			0,45	13.663	2.662
15	C18:0	Ácido esteárico	5,17	14.554	30.650
16	C18:1 $\omega$ 9c	Ácido oléico	8,98	14.736	53.240
17	C18:1 $\omega$ 9t	Ácido <i>trans</i> -9-octadecanóico	0,56	15.036	3.342
18	C18:2 $\omega$ 6c	Ácido <i>cis</i> -linoléico	1,15	15.203	6.806
19	C18:2 $\omega$ 6ct	Ácido <i>cis,trans</i> -linoléico	1,96	15.271	11.615
20	C18:2 $\omega$ 6t	Ácido <i>trans</i> -linoléico	1,43	15.331	8.478
21	C18:3 $\omega$ 3	Ácido $\alpha$ -linolênico	1,12	15.610	6.649
22	C18:3 $\omega$ 6	Ácido $\gamma$ -linolênico	1,02	16.035	6.043
23			0,12	16.386	0.698
24	C20:0	Ácido Araquídico	3,91	17.070	23.184
25	C20:1 $\omega$ 9	Ácido <i>cis</i> -10-eicosaenóico	1,68	17.251	9.982
26	C20:2	Ácido <i>cis</i> -11,14-eicosadienóico	0,33	17.439	1.962
27	C20:3 $\omega$ 6	Ácido $\gamma$ -linolênico	0,85	17.770	5.035
28			0,62	18.050	3.670
29	C20:3 $\omega$ 3	Ácido $\alpha$ -linolênico	2,30	18.267	13.641
30	C20:4 $\omega$ 6	Ácido araquidônico (AA)	0,50	18.495	2.954
31	C21:0	Ácido undocosaenóico	0,25	19.011	1.460
32	C20:5 $\omega$ 3	Ácido eicosapentaenóico (EPA)	3,30	19.418	19.592
33	C22:0	Ácido docosaenóico	1,39	19.609	8.256
34	C22:1 $\omega$ 9	Ácido <i>cis</i> - 14-docosaenóico	1,66	19.795	9.819
35	C22:2	Ácido <i>cis</i> -13,16-docosadienóico	0,52	20.112	3.067
36	C23:0	Ácido tricosanóico	1,57	20.575	9.340
37	C24:0	Ácido tetracosanóico	3,07	21.951	18.219
38	C22:6 $\omega$ 3	Ácido docosahexanóico (DHA)	0,93	22.238	5.501
39	C24:1 $\omega$ 9	Ácido <i>cis</i> -15-tetracosenóico	0,91	22.530	5.395
Total			100,00		593.035



Figura 28 - Cromatograma do óleo do tampaqui - Alto Alegre.

**Tabela 8** - Resultados da cromatografia do óleo do tambaqui - Alto Alegre.

Nº	Nome	Nomenclatura	Resultado (%)	Tempo de Retenção (min)	Área
1	C14:0	Ácido Mirístico	1,05	9.023	42.032
2	C14:1	Ácido miristoléico	0,45	9.602	17.967
3			0,16	9.783	6.461
4	C15:0	Ácido pentadecílico	0,19	10.443	7.608
5	C16:0	Ácido palmítico	20,48	11.895	823.467
6			0,23	12.042	9.089
7	C16:1	Ácido palmitoléico	2,94	12.137	118.265
8			8,44	12.413	339.204
9			0,27	12.578	10.932
10			1,21	12.660	48.833
11			0,22	12.775	8.734
12	C17:0	Ácido heptadecanóico	0,36	13.212	14.478
13			0,20	13.722	8.060
14	C18:0	Ácido esteárico	9,60	14.586	386.134
15	C18:1 $\omega$ 9c	Ácido oléico	26,84	14.788	1.079.110
16	C18:1 $\omega$ 6c	Ácido cis-12-octadecenóico	2,09	14.836	83.883
17	C18:1 $\omega$ 9t	Ácido trans-9-octadecanóico	3,86	15.057	155.091
18	C18:2 $\omega$ 6c	Ácido cis-linoléico	10,81	15.233	434.597
19	C18:2 $\omega$ 6t	Ácido trans-linoléico	5,47	15.281	219.907
20	C18:3 $\omega$ 3	Ácido $\alpha$ -linolênico	1,82	15.731	73.018
21			0,80	16.027	32.001
22			0,17	16.372	6.825
23			0,36	16.475	14.581
24	C20:0	Ácido Araquídico	0,15	17.085	5.972
25	C20:1 $\omega$ 9	Ácido cis-10-eicosaenóico	0,90	17.263	36.173
26	C20:3 $\omega$ 6	Ácido $\gamma$ -linolênico	0,31	17.694	12.516
27			0,25	17.784	9.976
28	C21:0	Ácido undocosaenóico	0,16	18.059	6.273
29	C22:1 $\omega$ 9	Ácido cis- 14-docosaenóico	0,25	19.813	9.903
Total			100,00		4.021.090

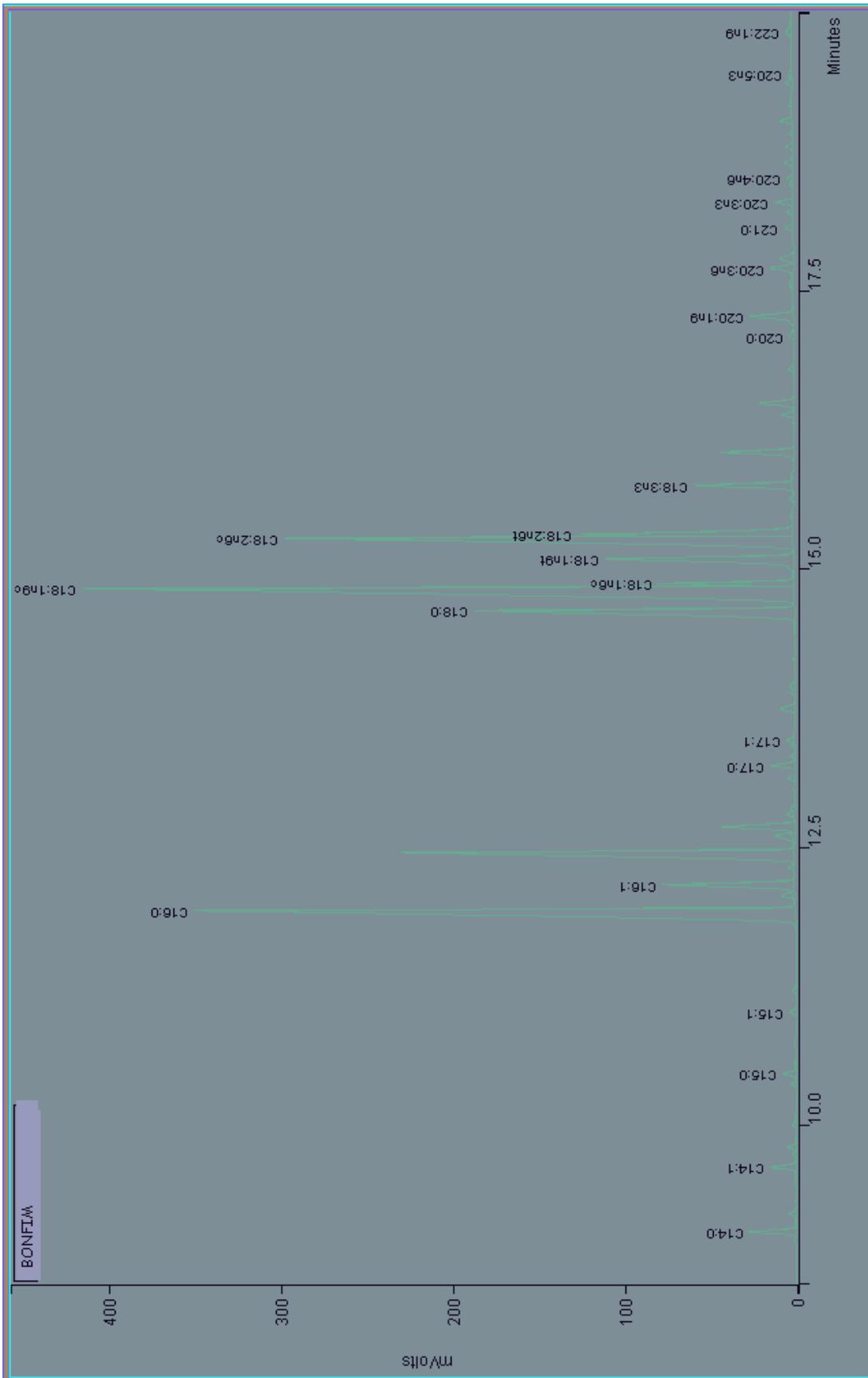
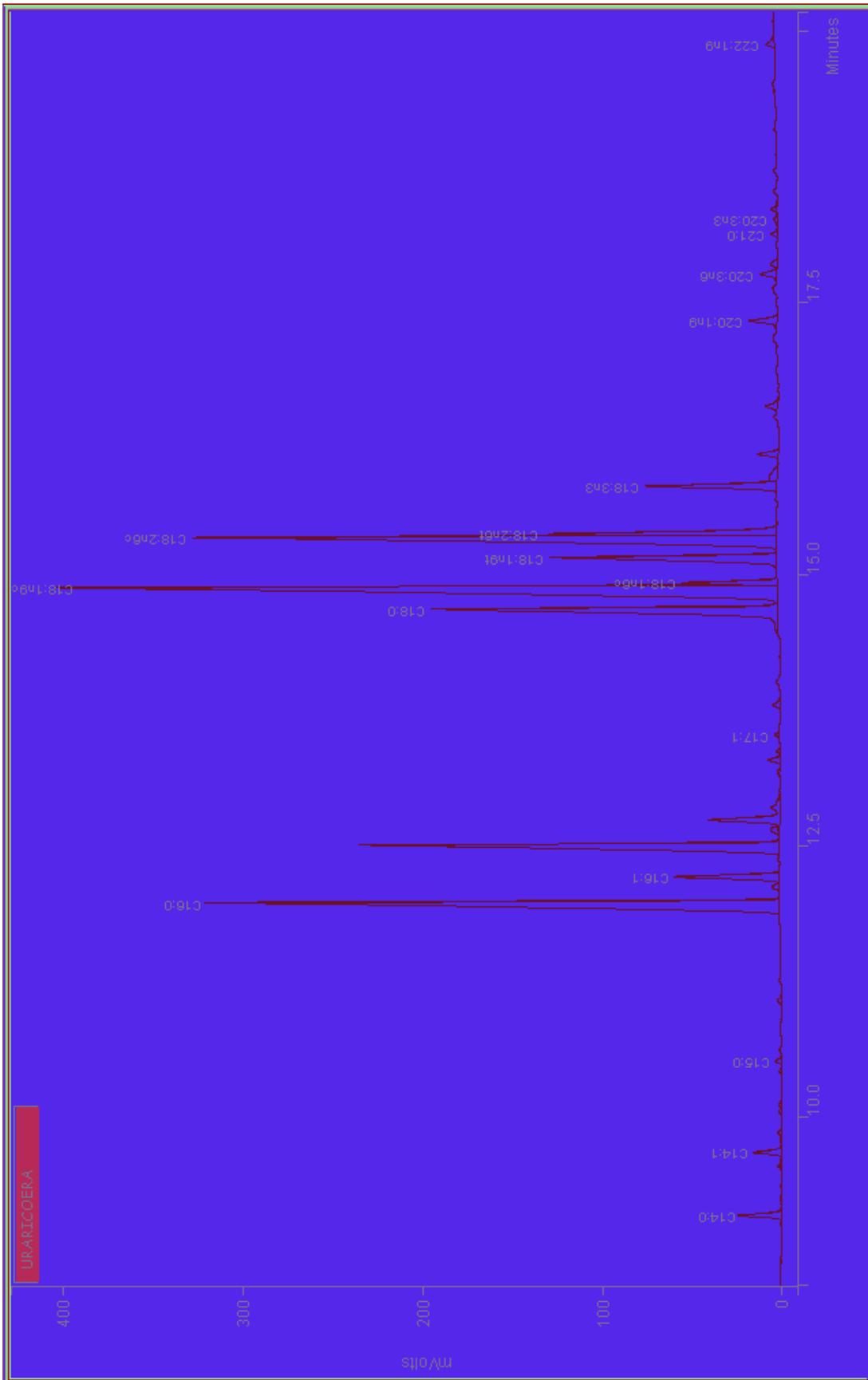


Figura 29 - Cromatograma do óleo do tabaqui - Bonfim.

**Tabela 9 - Resultados da cromatografia do óleo do tambaqui - Bonfim**

Nº	Nome	Nomenclatura	Resultado (%)	Tempo de Retenção (min)	Área
1	C14:0	Ácido tetradecanóico (Mirístico)	0,83	9.033	55.985
2			0,13	9.196	8.786
3	C14:1	Ácido miristoléico	0,47	9.614	31.965
4			0,08	9.729	5.297
5			0,17	9.796	11.243
6			0,10	9.998	6.646
7			0,08	10.365	5.729
8	C15:0	Ácido pentadecílico	0,24	10.455	16.518
9	C15:1	Ácido 6-pentadecenóico	0,13	11.013	9.083
10	C16:0	Ácido palmítico	18,11	11.925	1.225.418
11			0,21	12.057	14.495
12	C16:1	Ácido palmitoléico	2,68	12.158	181.497
13			0,10	12.314	6.983
14			10,06	12.448	680.350
15			0,39	12.597	26.312
16			1,50	12.678	101.308
17			0,18	12.789	11.895
18			0,08	12.842	5.621
19			0,15	13.118	10.239
20	C17:0	Ácido heptadecanóico(Margárico)	0,47	13.229	31.776
21			0,07	13.311	5.054
22	C17:1	Ácido <i>cis</i> -10-heptadecenóico	0,14	13.458	9.544
23			0,35	13.741	23.625
24			0,08	13.888	5.715
25			0,12	13.950	8.351
26	C18:0	Ácido esteárico	8,03	14.626	543.194
27	C18:1 $\omega$ 9c	Ácido oléico	23,17	14.821	1.567.968
28	C18:1 $\omega$ 6c	Ácido <i>cis</i> -12-octadecenóico	1,81	14.868	122.723
29	C18:1 $\omega$ 9t	Ácido <i>trans</i> -9-octadecanóico	4,34	15.091	293.497
30	C18:2 $\omega$ 6c	Ácido <i>cis</i> -linoléico	13,20	15.273	893.293
31	C18:2 $\omega$ 6t	Ácido <i>trans</i> -linoléico	3,95	15.313	267.204
32	C18:3 $\omega$ 3	Ácido $\alpha$ -linolênico	1,81	15.751	122.521
33			1,42	16.048	95.994
34			0,25	16.386	16.705
35			0,76	16.489	51.113
36			0,13	16.794	9.056
37	C20:0	Ácido Araquídico	0,12	17.090	8.166
38	C20:1 $\omega$ 9	Ácido <i>cis</i> -10-eicosaenóico	1,04	17.271	70.695
39			0,13	17.574	9.123
40	C20:3 $\omega$ 6	Ácido $\gamma$ -linolênico	0,56	17.704	37.605
41			0,31	17.790	20.946
42	C21:0	Ácido undocosaenóico	0,16	18.069	10.925
43			0,11	18.211	7.524
44	C20:3 $\omega$ 3	Ácido $\alpha$ -linolênico	0,33	18.298	22.460
45	C20:4 $\omega$ 6	Ácido araquidônico (AA)	0,12	18.516	7.907
46			0,20	18.652	13.206
47			0,14	18.799	9.615
48			0,22	19.031	15.071
49			0,11	19.369	7.765
50	C20:5 $\omega$ 3	Ácido eicosapentaenóico (EPA)	0,09	19.448	6.181
51	C22:1 $\omega$ 9	Ácido <i>cis</i> - 14-docosaenóico	0,18	19.827	12.309
52			0,11	21.041	7.153
53	C24:0	Ácido tetracosanóico	0,25	21.958	16.670
Total			100,00		6.766.024



**Figura 30** - Cromatograma do óleo do tabaqui - Uraricoera.

**Tabela 10 - Resultados da cromatografia do óleo do tambaqui - Uraricoera**

Nº	Nome	Nomenclatura	Resultado (%)	Tempo de Retenção (min)	Área
1	C14:0	Ácido tetradecanóico (Mirístico)	0,90	9.093	56.409
2	C14:1	Ácido miristoléico	0,57	9.675	35.458
3			0,08	9.855	5.126
4			0,09	10.070	5.683
5	C15:0	Ácido pentadecílico	0,11	10.514	6.989
6	C16:0	Ácido palmítico	16,16	11.969	1.012.958
7			0,21	12.117	12.975
8	C16:1	Ácido palmitoléico	2,30	12.210	144.428
9			10,70	12.500	670.902
10			0,21	12.648	12.966
11			1,62	12.734	101.672
12			0,31	12.845	19.536
13			0,25	13.284	15.693
14	C17:1	Ácido <i>cis</i> -10-heptadecenóico	0,08	13.515	5.305
15			0,18	13.791	11.345
16	C18:0	Ácido esteárico	9,29	14.676	582.517
17	C18:1n9c	Ácido oléico	23,77	14.873	1.490.016
18	C18:1n6c	Ácido <i>cis</i> -12-octadecenóico	1,44	14.917	90.033
19	C18:1n9t	Ácido <i>trans</i> -9-octadecanóico	5,59	15.149	350.518
20	C18:2n6c	Ácido <i>cis</i> -linoléico	16,57	15.333	1.038.766
21	C18:2n6t	Ácido <i>trans</i> -linoléico	3,85	15.368	241.407
22	C18:3n3	Ácido $\alpha$ -linolênico	2,83	15.809	177.414
23			0,38	15.858	24.039
24			0,40	16.101	25.160
25			0,30	16.542	18.950
26	C20:1n9	Ácido <i>cis</i> -10-eicosaenóico	0,67	17.329	41.760
27	C20:3n6	Ácido $\gamma$ -linolênico	0,37	17.757	23.484
28			0,18	17.851	11.158
29	C21:0	Ácido undocosaenóico	0,12	18.126	7.823
30	C20:3n3	Ácido $\gamma$ -linolênico	0,08	18.263	5.045
31			0,12	18.355	7.661
32	C22:1n9	Ácido <i>cis</i> -14-docosaenóico	0,22	19.872	14.093
Total:			100,00		6.267.289



**Tabela 11** - Resultados da cromatografia do óleo do tambaqui – Passarão.

Nº	Nome	Nomenclatura	Resultado (%)	Tempo de Retenção (min)	Área
1	C14:0	Ácido tetradecanóico (Mirístico)	0,96	9.018	68.418
2	C14:1	Ácido miristoléico	0,48	9.599	34.484
3			0,10	9.988	7.038
4	C15:0	Ácido pentadecílico	0,11	10.440	7.564
5	C15:1	Ácido 6-pentadecenoico	0,09	10.999	6.371
6	C16:0	Ácido palmítico	16,78	11.892	1.196.821
7	C16:1	Ácido palmitoléico	2,73	12.137	194.479
8			9,32	12.417	664.773
9			1,37	12.660	97.845
10			0,20	12.775	14.522
11			0,09	13.100	6.559
12	C17:0	Ácido heptadecanóico (Margárico)	0,27	13.212	19.253
13	C17:1	Ácido <i>cis</i> -10-heptadecenoico	0,16	13.437	11.306
14			0,14	13.722	9.840
15			0,11	13.928	7.893
16	C18:0	Ácido esteárico	9,75	14.629	695.505
17	C18:1n9c	Ácido oléico	25,54	14.819	1.821.718
18	C18:1n6c	Ácido <i>cis</i> -12-octadecenoico	1,41	14.858	100.567
19	C18:1n9t	Ácido <i>trans</i> -9-octadecanoico	5,22	15.084	372.082
20	C18:2n6c	Ácido <i>cis</i> -linoléico	14,85	15.266	1.059.047
21	C18:2n6t	Ácido <i>trans</i> -linoléico	4,68	15.307	333.466
22	C18:3n3	Ácido $\alpha$ -linolênico	2,69	15.736	191.850
23			0,46	16.024	32.486
24			0,09	16.365	6.099
25			0,24	16.462	16.767
26	C20:0	Ácido Araquídico	0,11	17.077	7.817
27	C20:1n9	Ácido <i>cis</i> -10-eicosaenoico	0,60	17.251	42.620
28			0,15	17.555	10.753
29	C20:3n6	Ácido $\gamma$ -linolênico	0,37	17.684	26.252
30			0,22	17.776	15.983
31	C21:0	Ácido undocosaenoico	0,18	18.047	12.538
32			0,08	18.188	5.577
33	C20:3n3	Ácido $\alpha$ -linolênico	0,13	18.274	8.960
34	C20:4n6	Ácido araquidônico (AA)	0,11	18.440	7.801
35			0,10	18.629	7.377
36	C22:1n9	Ácido <i>cis</i> -14-docosaenoico	0,14	19.794	10.208
Total			100,00		7.132.639

Foram identificados 24 ácidos graxos e, como pode ser observado, a área de maior concentração em todos os óleos de tambaqui analisados ficou por conta dos ácidos com 18 carbonos (C18) em que o ácido oléico (C18:1 $\omega$ 9c) da série ômega-9 e conformação *cis*, se destaca com a maior porcentagem. Seguindo em uma ordem decrescente de porcentagem dos ácidos majoritários, vem logo em seguida o ácido palmítico (C16:0), *cis*-linoléico

(C18:2 $\omega$ 6c), esteárico (C18:0), trans-9-octadecenóico (C18:1 $\omega$ 9t), trans-linoléico (C18:2 $\omega$ 6t), palmitoléico (C16:1 $\omega$ 7),  $\alpha$ -linolênico (C18:3 $\omega$ 3) e cis-12-octadecenóico (C18:1 $\omega$ 6c). O ácido palmítico (C16:0) foi o que apresentou a maior concentração entre os ácidos saturados, essa seqüência de resultados não sofreu inversão em nenhum dos óleos analisados nas diversas localidades pesquisadas. Em relação aos ácidos saturados, ocorreu uma variação de 26,58 para 31,99 % do óleo dos peixes do Uraricoera e Alto Alegre, respectivamente. Para os ácidos insaturados, a variação foi de 54,01 % do óleo dos peixes do Bonfim para 59,20 % do Passarão, não apresentando diferença significativa em nível de 5 % de probabilidade. Comparando o óleo do filé de tambaqui das quatro regiões em relação aos principais ácidos graxos, observa-se que não ocorreu diferença significativa em nível de 5 % de probabilidade entre o ácido trans-9-octadecenóico (C18:1 $\omega$ 9t), esteárico (C18:0) e palmitoléico (C16:1). Porém, existem diferenças entre os ácidos palmítico (C16:0) e os ácidos cis-linoléico (C18:2 $\omega$ 6c), pode-se notar a presença do ácido araquidônico (C20:4 $\omega$ 6) apenas, nos lipídios totais do tambaqui do Bonfim e Passarão e o ácido eicosapentaenóico (C20:5 $\omega$ 3) (EPA) nos lipídios totais do tambaqui da localidade de Bonfim.

Andrade et al. (1995) estudaram a composição dos lipídios totais de 17 espécies de peixes de água doce em que o *Colossoma macropomum* (tambaqui) fazia parte dessas espécies. Foram identificados 46 ácidos graxos, os principais foram os ácidos palmítico e esteárico dentre os saturados. Em relação aos monoinsaturados encontraram-se os ácido oléico e palmitoléico. Essa é a mesma seqüência verificada no presente trabalho. Comparando aos dados do trabalho realizado por Duarte (2001) que estudou a composição de ácidos graxos de 22 espécies de peixes do rio Araguaia, o ácido graxo com maior abundância encontrado na maioria dos óleos analisados foi o ácido palmítico (C16:0), com teor variando de 19,7 a 40,8%, sendo valores maiores que a média verificada nesse trabalho para óleo de filé de tambaqui (17,88 $\pm$ 1,91%). Esses resultados expressam que o filé do tambaqui do Estado de Roraima possui um baixo teor de ácidos graxos saturados comparados aos peixes estudados por Duarte (2001). O indicativo apresenta um caráter relevante para a escolha de uma dieta humana ou produtos industrializados com menor teor de ácidos graxos saturados.

Gutierrez (1993) estudando a composição de ácidos graxos de sete espécies de água doce verificou que os ácidos graxos saturados mais abundantes foram: ácido palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0), o ácido palmitoléico apresentou uma variação de 11,6 a 27 %. Pode-se dizer que os resultados encontrados no presente trabalho possuem semelhanças em

termos de ácidos graxos predominantes, este aspecto demonstra que os óleos analisados pelos trabalhos anteriores possuem uma característica de óleo de peixe de água doce (Henderson; Tocher, 1987).

Castelo (1979) ao estudar a caracterização dos ácidos graxos da gordura cavitária e músculo do tambaqui encontrou uma predominância dos ácidos palmítico, esteárico e oléico. Nas amostras analisadas não foram identificados os ácidos graxos (C20:5 $\omega$ 3) e (C20:6). No entanto, apresentaram um teor significativo de ácido linoléico (C18:2n6c). No presente estudo o ácido eicosapentaenóico (C20:5 $\omega$ 3) foi detectado apenas no óleo dos peixes de Bonfim (0,09%). Como se trata de um ácido da série ômega-3, a presença deste pode ter sido influenciada pela alimentação direta do mesmo ou pelo precursor ácido  $\alpha$ -linolênico (C18:3 $\omega$ 3).

Comparando os parâmetros do óleo de tambaqui analisado nesse trabalho, com os resultados obtidos por Almeida e Franco (2004), que estudou a composição de ácidos graxos nos lipídios totais de músculo de tambaqui cultivados na Amazônia Central e foram detectados 61 ácidos graxos, pode-se dizer que ocorreu uma inversão na ordem apenas entre os ácidos esteárico (C18:0) e linoléico (C18:2 $\omega$ 6t) nos principais ácidos graxos estudados. Os valores encontrados para os ácidos graxos saturados e poliinsaturados foram de 38,36 $\pm$ 0,9 % e 13,77 $\pm$ 2,26 %, respectivamente.

Ao comparar a média dos valores obtidos entre os óleos de tambaqui no presente trabalho com os dados da literatura de Almeida e Franco (2004), foi verificado que o ácido pentadecílico (C15:0) não possui diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

A Tabela 12 apresenta os resultados em porcentagem do óleo de tambaqui nas diferentes localidades estudadas e as médias desses valores são comparadas com os valores da literatura em nível de 5 % de probabilidade.

**Tabela 12** - Resultados (%) dos ácidos graxos encontrados no óleo de tambaqui de Roraima comparados aos dados da literatura.

N°	Nome	Nomenclatura					Média	Almeida e Franco (2004)
			Alto Alegre	Bonfim	Uraricoera	Passarão		
1	<b>C14:0</b>	Ácido tetradecanóico (Mirístico)	1,05±0,03 <sup>a</sup>	0,83±0,03 <sup>c</sup>	0,90±0,03 <sup>b</sup>	0,96±0,01 <sup>b</sup>	0,94±0,09 <sup>b</sup>	1,35±0,09 <sup>a</sup>
2	<b>C14:1</b>	Ácido miristoléico	0,45±0,01 <sup>c</sup>	0,47±0,01 <sup>bc</sup>	0,57±0,01 <sup>a</sup>	0,48±0,01 <sup>b</sup>	0,49±0,05 <sup>a</sup>	0,11±0,06 <sup>b</sup>
3	<b>C15:0</b>	Ácido pentadecílico	0,19±0,01 <sup>b</sup>	0,24±0,01 <sup>a</sup>	0,11±0,01 <sup>c</sup>	0,11±0,01 <sup>c</sup>	0,16±0,06 <sup>a</sup>	0,19±0,04 <sup>a</sup>
4	<b>C15:1</b>	Ácido 6-pentadecenóico	nd	0,13±0,01 <sup>a</sup>	nd	0,09±0,01 <sup>b</sup>	0,06±0,07	Nd
5	<b>C16:0</b>	Ácido palmítico	20,48±0,01 <sup>a</sup>	18,11±0,01 <sup>b</sup>	16,16±0,06 <sup>c</sup>	16,78±0,012 <sup>c</sup>	17,88±1,91 <sup>b</sup>	24,66±0,79 <sup>a</sup>
6	<b>C16:1</b>	Ácido palmitóico	2,94±0,21 <sup>a</sup>	2,68±0,14 <sup>ab</sup>	2,30±0,14 <sup>b</sup>	2,73±0,09 <sup>a</sup>	2,66±0,27 <sup>b</sup>	3,69±0,17 <sup>a</sup>
7	<b>C17:0</b>	Ácido heptadecanóico(Margárico)	0,36±0,03 <sup>a</sup>	Nd	nd	0,27±0,01 <sup>b</sup>	0,16±0,19	Nd
8	<b>C17:1</b>	Ácido <i>cis</i> -10-heptadecenóico	Nd	0,14±0,03 <sup>a</sup>	0,08±0,01 <sup>b</sup>	0,16±0,03 <sup>a</sup>	0,10±0,07	Nd
9	<b>C18:0</b>	Ácido esteárico	9,60±0,17 <sup>a</sup>	8,03±0,13 <sup>b</sup>	9,29±0,13 <sup>a</sup>	9,75±0,07 <sup>a</sup>	9,17±0,78 <sup>b</sup>	11,79±0,23 <sup>a</sup>
10	<b>C18:1 ω9 c</b>	Ácido oléico	26,84±0,48 <sup>a</sup>	23,17±0,14 <sup>b</sup>	23,77±0,12 <sup>b</sup>	25,54±0,81 <sup>a</sup>	24,83±1,68 <sup>b</sup>	33,52±3,08 <sup>a</sup>
11	<b>C18:1 ω6 c</b>	Ácido <i>cis</i> -12-octadecenóico	2,09±0,08 <sup>a</sup>	1,81±0,06 <sup>b</sup>	1,44±0,03 <sup>c</sup>	1,41±0,03 <sup>c</sup>	1,69±0,32	Tr
12	<b>C18:1 ω9 t</b>	Ácido <i>trans</i> -9-octadecanóico	3,86±0,24 <sup>b</sup>	4,34±0,25 <sup>b</sup>	5,59±0,28 <sup>a</sup>	5,22±0,08 <sup>a</sup>	4,75±0,79	Nd
13	<b>C18:2 ω6 c</b>	Ácido <i>cis</i> -linoléico	10,81±0,54 <sup>d</sup>	13,20±0,13 <sup>c</sup>	16,57±0,27 <sup>a</sup>	14,85±0,58 <sup>b</sup>	13,86±2,45 <sup>a</sup>	8,32±1,20 <sup>b</sup>
14	<b>C18:2 ω6 t</b>	Ácido <i>trans</i> -linoléico	5,47±0,31 <sup>a</sup>	3,95±0,07 <sup>bc</sup>	3,85±0,34 <sup>c</sup>	4,68±0,27 <sup>ab</sup>	4,49±0,75	Nd
15	<b>C18:3 ω3</b>	Ácido α-linolênico	1,82±0,06 <sup>b</sup>	1,81±0,06 <sup>b</sup>	2,83±0,21 <sup>a</sup>	2,69±0,22 <sup>a</sup>	2,29±0,55 <sup>a</sup>	0,54±0,09 <sup>b</sup>
16	<b>C20:0</b>	Ácido Araquídico	0,15±0,01 <sup>a</sup>	0,12±0,01 <sup>b</sup>	Nd	0,11±0,01 <sup>b</sup>	0,06±0,07 <sup>b</sup>	0,10±0,05 <sup>a</sup>
17	<b>C20:1 ω9</b>	Ácido <i>cis</i> -10-eicosaenóico	0,90±	1,04±	0,67±	0,60±	0,80±0,20 <sup>b</sup>	1,28±0,39 <sup>a</sup>
18	<b>C20:3 ω6</b>	Ácido γ- linoléico	0,31±0,01 <sup>c</sup>	0,56±0,02 <sup>a</sup>	0,37±0,03 <sup>b</sup>	0,37±0,03 <sup>b</sup>	0,40±0,11 <sup>b</sup>	0,68±0,15 <sup>a</sup>
19	<b>C20:3 ω3</b>	Ácido <i>cis</i> -11,14,17-Eicosatrienoico (α-linolênico)	nd	0,33±0,02 <sup>a</sup>	0,08±0,03 <sup>c</sup>	0,13±0,01 <sup>b</sup>	0,14±0,14 <sup>a</sup>	0,04±0,01 <sup>b</sup>
20	<b>C20:4 ω6</b>	Ácido araquidônico (AA)	nd	0,11±0,01 <sup>a</sup>	Nd	0,11±0,01 <sup>a</sup>	0,06±0,06 <sup>b</sup>	1,33±0,07 <sup>a</sup>
21	<b>C20:5 ω3</b>	Ácido <i>cis</i> - 5,8,11,14,17-eicosapentaenóico (EPA)	nd	0,09±0,003	Nd	Nd	0,02±0,06 <sup>b</sup>	0,13±0,06 <sup>a</sup>
22	<b>C21:0</b>	Ácido undocosaenóico	0,16±0,01 <sup>b</sup>	0,16±0,01 <sup>b</sup>	0,12±0,01 <sup>c</sup>	0,18±0,01 <sup>a</sup>	0,16±0,03	Nd
23	<b>C22:1 ω9</b>	Ácido <i>cis</i> - 14-docosaenóico	0,25±0,02 <sup>a</sup>	0,18±0,01 <sup>c</sup>	0,22±0,02 <sup>b</sup>	0,14±0,01 <sup>d</sup>	0,20±0,05	Tr
24	<b>C24:0</b>	Ácido tetracosanóico	nd	0,25±0,02	Nd	Nd	0,06±0,13	Nd

**nd:** Não determinado

As médias seguidas de uma mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey em nível de 5 % de probabilidade.

A concentração de ômega-6 variou de 18,68 para 22,23 % entre Alto Alegre e Uraricoera, respectivamente. Enquanto que, para os ácidos da série ômega-3, a variação foi de 1,82 a 2,91 % nos óleos do tambaqui das mesmas localidades. A menor razão ômega-6/ômega-3 foi observada para o óleo dos peixes do Uraricoera e Passarão (7,6). Pode-se dizer que o valor da razão ômega-6/ômega-3 encontrado neste trabalho está dentro do valor recomendado (5:1 até 10:1) para as dietas ocidentais. Porém, é considerado um valor elevado em relação àqueles considerados ideais 1:1 até 2:1 (SIMOPOULOS, 1991).

A razão entre os ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) / ácidos graxos saturados (AGS) de maior valor foi verificada para o óleo dos peixes do Uraricoera (0,89) e a menor ficou para o correspondente de Alto Alegre (0,58%) não apresentando diferença significativa ( $p < 0,05$ ). O Departamento de Saúde e Social da Inglaterra (1994) refere-se que as dietas com valores inferiores a 0,45 de AGPI/AGS são poucas saudáveis e que valores superiores a esse são considerados saudáveis. Baseando-se nesse indicativo pode-se dizer que o óleo de tambaqui cultivados em sistema semi-intensivo do Estado de Roraima é considerado saudável tendo em vista os resultados da Tabela 13.

A Tabela 13 mostra os resultados da somatória da percentagem relativa dos ácidos graxos de lipídios totais do filé de tambaqui em ácidos graxos saturados (AGS), ácidos graxos monoinsaturados (AGMI), ácidos graxos poliinsaturados (AGPI), ácidos graxos insaturados (AGI), razão AGPI/AGS e ômega-6/ômega-3.

**Tabela 13 - Somatória dos grupos (%), AGI/AGS e ômega-6/ômega-3.**

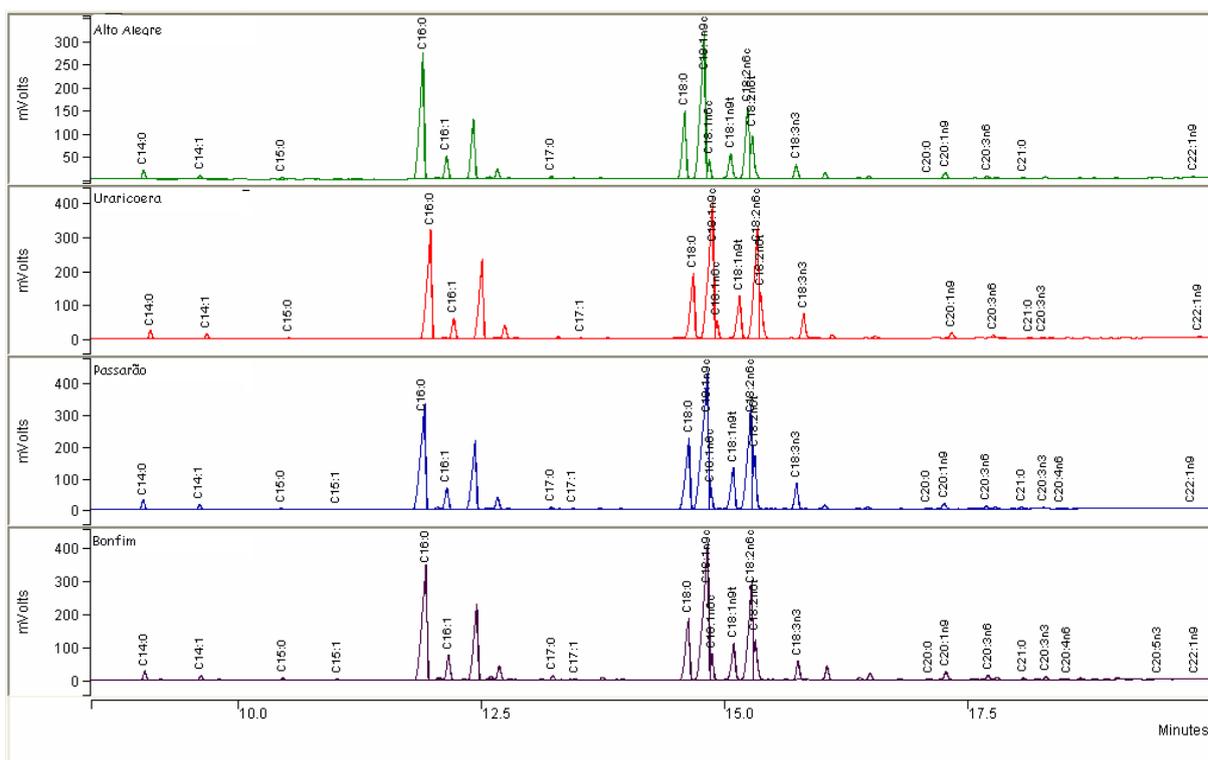
GRUPOS	Alto Alegre	Bonfim	Uraricoera	Passarão	Média	Almeida e Franco (2004)
AGS	31,99	27,49	26,58	28,16	28,56±2,38 <sup>b</sup>	38,36±0,9 <sup>a</sup>
AGMI	37,33	33,96	34,64	36,37	35,58±1,55 <sup>b</sup>	41,44±3,31 <sup>a</sup>
AGPI	18,41	20,05	23,63	22,83	21,23±2,43 <sup>a</sup>	13,77±2,26 <sup>a</sup>
AGI	55,74	54,01	58,27	59,20	56,80±1,99 <sup>a</sup>	55,21±2,36 <sup>a</sup>
<b>AGPI/AGS</b>	0,58	0,73	0,89	0,81	0,75±0,13 <sup>a</sup>	0,35±0,06 <sup>b</sup>
Omega-6	18,68	19,63	22,23	21,42	20,49±1,62 <sup>a</sup>	11,07±1,60 <sup>b</sup>
Omega-3	1,82	2,23	2,91	2,82	2,45±0,51 <sup>a</sup>	2,45±0,88 <sup>a</sup>
<b>ω6/ω3</b>	10,3	8,8	7,6	7,6	8,58±1,28 <sup>a</sup>	4,51±0,08 <sup>b</sup>

Medidas com mesma letra em uma linha não diferem estatisticamente em nível de 5 % de probabilidade, considerando, apenas, as médias representativas com os dados da literatura.

Comparando a média dos valores dos grupos dos ácidos graxos analisados, com os valores de Almeida e Franco (2004), pode-se dizer que os AGPI, AGI e ômega-3 não diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ).

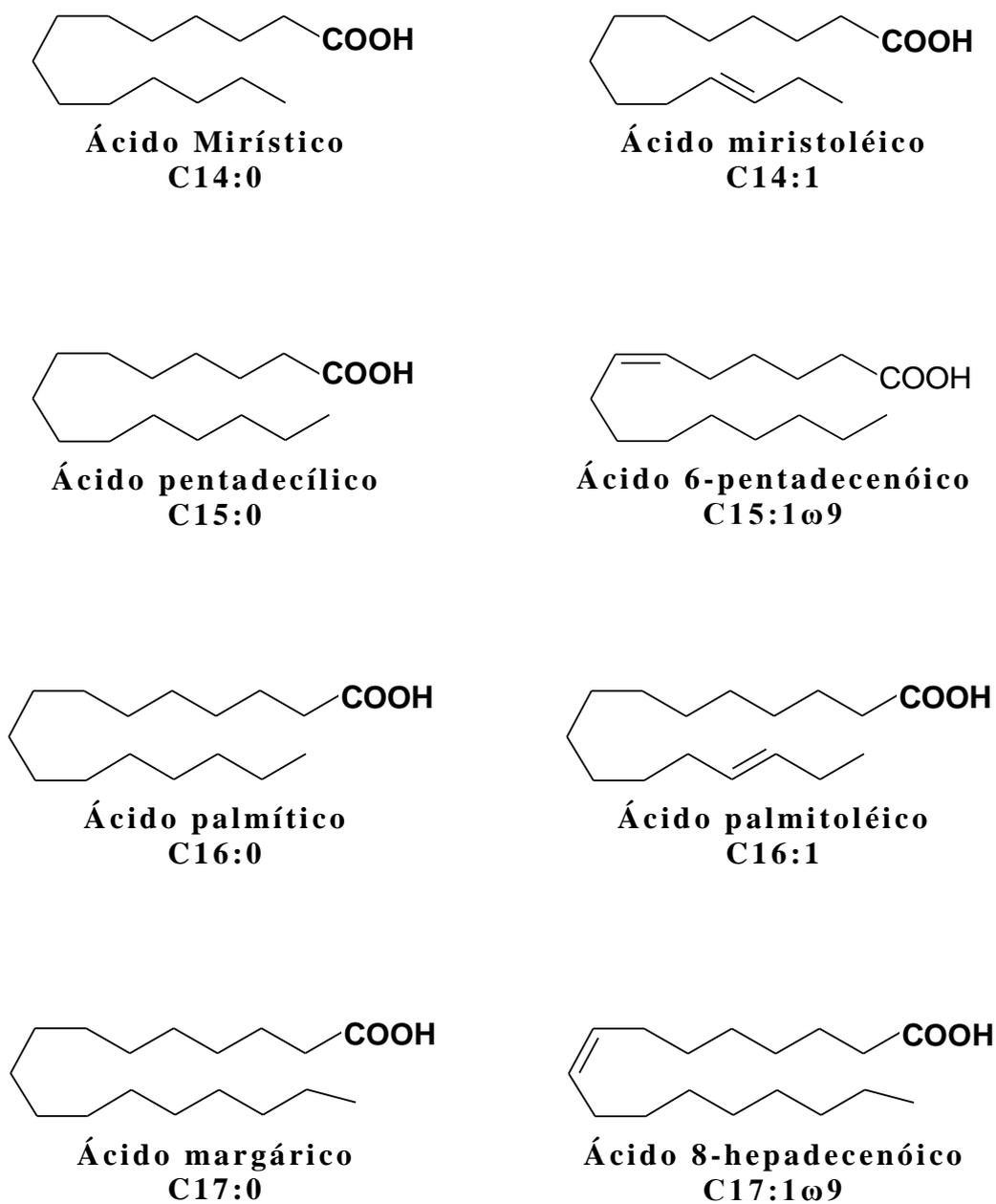
As diferenças percentuais encontradas entre os ácidos podem ocorrer em consequência de uma dieta diferenciada, tendo em vista que os peixes de cultivo semi-intensivo podem ter dietas controladas pelos piscicultores.

A Figura 32 mostra claramente a semelhança dos grupos em cromatogramas agrupados dos ésteres de lipídios totais do tambaqui criado em sistema semi-intensivo do Estado de Roraima.

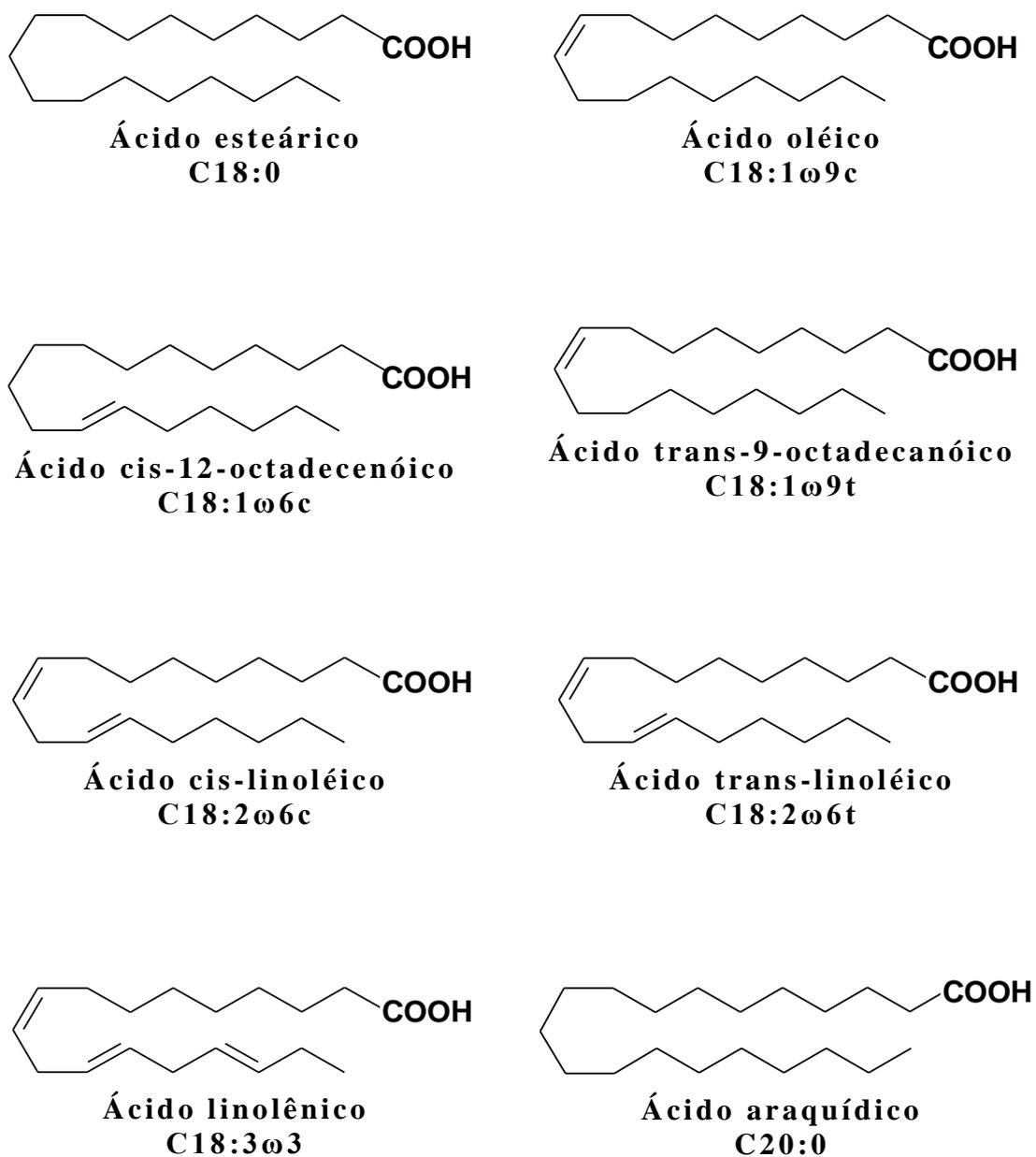


**Figura 32** - Cromatogramas dos ésteres de ácidos graxos dos lipídios totais do filé de tambaqui cultivados no Estado de Roraima.

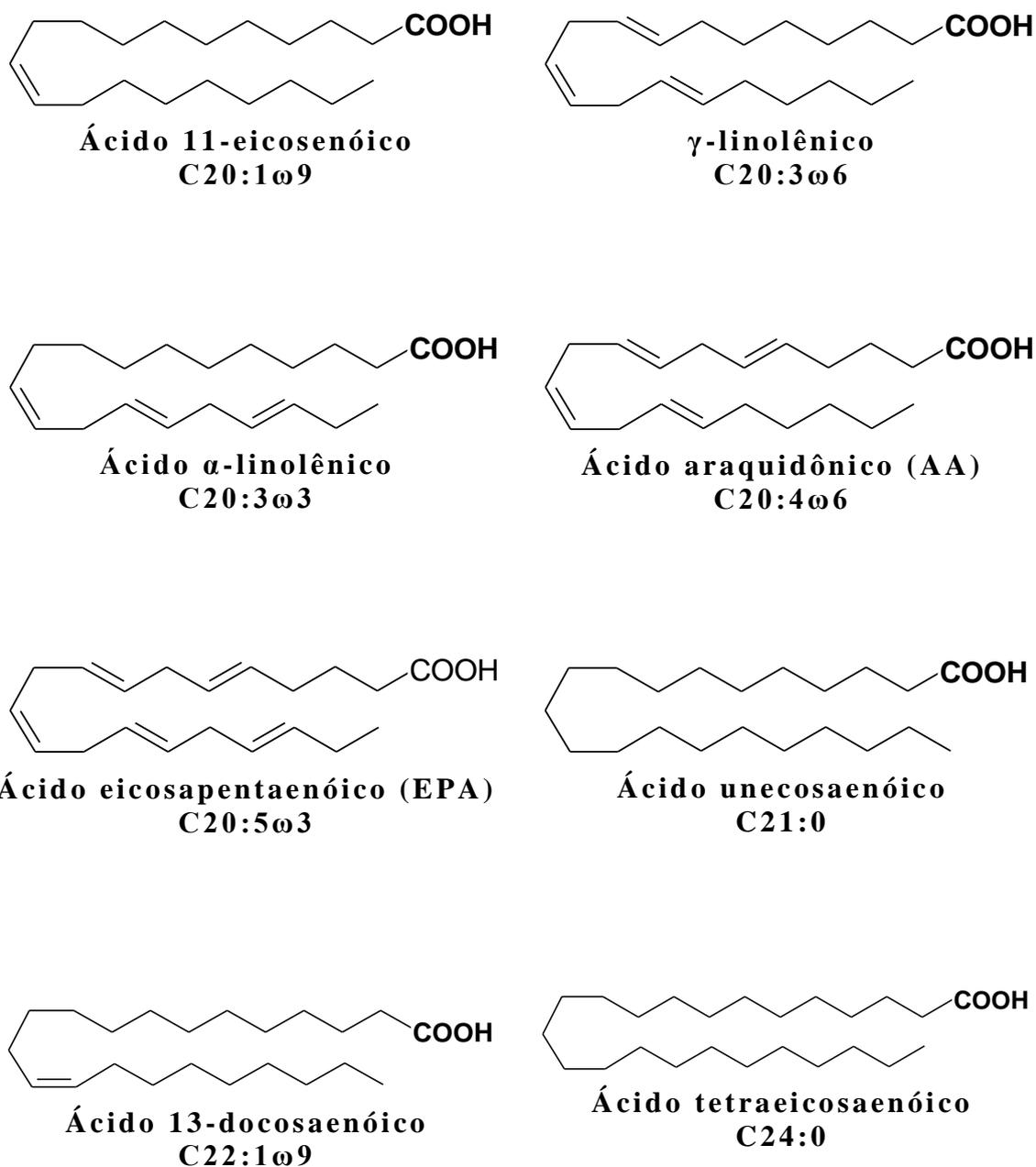
As Figuras de 33 a 35 apresentam as estruturas e nomenclaturas dos 24 ácidos graxos identificados no óleo de *Collossoma macropomum* (tambaqui) cultivados em regime semi-intensivo no Estado de Roraima.



**Figura 33** - Estruturas dos 24 ácidos graxos identificados nos lipídios totais de óleo no tabaqui cultivados no Estado de Roraima. Seqüência 1.



**Figura 34** - Estruturas dos 24 ácidos graxos identificados nos lipídios totais de óleo no tabaqui cultivados no Estado de Roraima. Seqüência 2.



**Figura 35** - Estruturas dos 24 ácidos graxos identificados nos lipídios totais de óleo no tabaqui cultivados no Estado de Roraima. Seqüência 3.

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados físico-químicos obtidos para óleo de filé de tambaqui das localidades do Alto Alegre, Bonfim, Uraricoera e Passarão no Estado de Roraima mostram a importância destas caracterizações, pois, através delas, é possível avaliar a qualidade do óleo em cada localidade. A massa corporal do peixe é um fator importante para os piscicultores, tendo em vista o fator econômico. Nesse caso, seria importante um estudo mais detalhado para saber a causa da diferença significativa que está ocorrendo entre a massa corporal dos peixes da região do Alto Alegre com os peixes das demais localidades estudadas.

Os resultados obtidos pela análise termogravimétrica em atmosfera inerte, de nitrogênio mostraram que o comportamento térmico dos óleos de peixes da espécie tambaqui das localidades estudadas no Estado de Roraima assemelha-se ao comportamento térmico observado para maioria dos óleos de peixes de outras regiões. Todos os óleos tiveram perdas de massa em uma única etapa onde sofreram completa volatilização e/ou decomposição.

A determinação do comportamento do óleo com o aumento da temperatura (viscosidade e análise termogravimétrica) é de muita importância na indústria alimentícia, já que o aumento da temperatura diminui a viscosidade do óleo acelerando o processo oxidativo prejudicando assim, a qualidade do óleo. Se a temperatura for muito elevada, poderá chegar até a perda total do óleo por volatilização. Os resultados obtidos a partir da análise termogravimétrica permitem a técnica como uma ferramenta importante para a investigação do efeito da presença de triglicerídios sobre a temperatura de estabilidade térmica de óleo de peixes, permitindo correlacionar o efeito com o tamanho relativo da cadeia do triglicerídeos (cadeia curta ou longa).

Uma pequena diferença na dieta alimentar dos peixes, o ambiente e outros fatores podem influenciar significativamente o conteúdo de lipídios. Esses fatos podem ter sido um indicador da variação de lipídios dos peixes do Alto Alegre para os peixes do Bonfim. Um controle bem rigoroso na dieta dos peixes criados em regime semi-intensivo pode ajudar a produção de peixes de boa qualidade em termos de lipídios.

O ácido graxo linoléico (C18:2 $\omega$ 6t) conhecido como CLA-trans 10,12 está ganhando com muito destaque nas pesquisas, pelo fato de possuir uma possível propriedade anti-carcinogênica (Medeiro, 2002). Em relação a esse ácido foi verificado um valor expressivo (média de 4,49%) nos óleos dos peixes do Estado de Roraima.

A razão entre os ácidos graxos das séries ômega-6 e ômega-3 vêm ganhando muito destaque nas pesquisas quando se aborda os lipídios. Isso se deve a vários fatores benéficos envolvendo a saúde humana. Tendo em vista as dietas ocidentais em que razão ômega-6/ômega-3 varia de 20 à 30:1 onde o ideal seria 1 à 2:1 (SIMOPOULOS, 1991). Com base nas pesquisas, a razão ômega-6/ômega-3 analisada no óleo de tambaqui do Estado de Roraima (média de 8,58) pode não ser considerada ideal, mas se encontra dentro dos padrões normais. Do ponto de vista tecnológico o fracionamento do óleo de tambaqui do Estado de Roraima pode ser de suma importância para a indústria de pescado em que esse recurso possa ser utilizado na concentração de ácidos graxos a fim de suprir alimentos com carências desses produtos, como também servindo de fonte muito saudável na dieta humana.

Entretanto, há necessidade de estudos, mais detalhados, no sentido de viabilizar economicamente um fortalecimento e controle na dieta dos peixes criados em regime semi-intensivo com fonte mais rica em ômega-3, possibilitando um aumento de ácidos graxos da série ômega-3, diminuindo a razão ômega-6/ômega-3 como também, aumentando a razão AGPI/AGS que são parâmetros relevantes na saúde humana.

## 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.; FRANCO, M.R. **Composição de ácidos graxos e quantificação de EPA e DHA de Matrixã (*Bricom ceptalus*) e *Colossoma macropomum* (tambaqui) cultivados e capturados na Amazônia central**. Campinas, S.P, 2004. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos - UNICAMP.

ANDRADE, A. D. **Ácidos graxos ômega-3 em peixes, óleos de peixes e óleos vegetais comestíveis**. Maringá, 1994. Dissertação de (Mestrado) - Departamento de Química - Universidade Estadual de Maringá.

ANDRADE, A. D; RUBIRA,A.F; MATSUSHITA,M; SOUZA,N.E. **Omega-3 Fatty acids in freshwater fish from south Brazil**. Journal American oil Chemistry Society. V.72, p.1207-1210, 1995.

ANGELUCCI, E.; CARVALHO, L. R.; CARVALHO, N. R. P.; FIGUEIREDO, B. I.; MANTOVANI, B. M. D.; MORAES, M. R. **Análise química de alimentos**: Campinas, São Paulo, 1987. 123p. (Manual Técnico).

ANVISA. Resolução nº 482, de 23 de setembro de 1999, **Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais**, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, p. 82 - 87, 1999.

ARAUJO, Júlio. **Química de Alimentos: Teoria e Prática** 3ª ed.2004.

ARAUJO, L. C.; GOULDING, M. **Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia**. Brasília: MCT-CNPq, 1998. 186p.

ARBELÁEZ-ROJAS, G. A; FRANCALOSSO, D. M.; FIM, J. D. I. **Composição Corporal de *Colossoma macropomum* (tambaqui) e *Matrinxã* (*Brycon cephalus*), em sistemas de Cultivo Intensivo, em Igarapé, e Semi-intensivo, em Viveiros**. Revista Brasileira de Zootecnia. Viçosa. Vol. 31, nº3, p.59-69, 2000.

BRANCO, Pestana. **Química Forense, Sob Olhares Eletrônicos**. São Paulo, 2006, p. 01-42.

CASTELO, P. F. **Aproveitamento e características da gordura cavitária do *Colossoma macropomum* (tambaqui)**. Tese (mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 1979.

CARVALHO, M. L.; **Alimentação do tambaqui jovem (*Colossoma macropomum*) e sua relação com a comunidade zooplânctônica do Lago Grande - Manaquiri, Solimões - AM**. Amazonas, 1981. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade do Amazonas.

CASTRO, Heizir; MENDES, Adriano; SANTOS, Júlio C; AGUIAR, Cláudio. **Modificação de óleos e gorduras por biotransformação.** Quím. Nova v.27, São Paulo, 2004.

CASTRO, Heizir. **Extração, caracterização físico-química, nutricional e reológica do azeite do coco babaçu (*Orbignya spp*).** Campina Grande, 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola - Universidade Federal da Paraíba.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos.** Editora da UNICAMP: 2º Ed. rev.- Campinas, SP, editora da UNICAMP, 2003. 207p

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos.** Editora da UNICAMP: 2º Ed. rev.- Campinas, SP, editora da UNICAMP, 2003, 207p.

CHAGAS; VAL. **Efeito da vitamina C no ganho de peso e em parâmetros hematológicos de tambaqui.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.38, p.397-402, 2003.

CHAGAS, E.C. **Desempenho e estado de saúde de tambaqui cultivados em tanques-rede sob diferentes densidades de estocagem.** In: URBINATI, E.C CYRINO, J.E.P. SIMPÓSIO, 2003.

CHO, S.H. **Effects of feeding rate and feeding frequency on survival, growth, and body composition of Ayu post-larvae. *Plecoglossus altivelis*.** Journal of the World Aquaculture Society, v.34, p.85-91, 2003.

CIOLA, Remolo. **Fundamentos da cromatografia a gás.** São Paulo, 1985. 2ªed. p.01-14.

COSTA, P. L. Oliveira. **Estatística.** São Paulo, 2002. 2ª ed, p. 204-206.

COSTA, Ticiania. **Propriedades físicas e físico-químicas do óleo de duas cultivares de mamona.** Campina Grande, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande.

DEPARTMENT of HEALTH. **Report on Health and social subjects.** nº 46 Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease, London 1994.

DUARTE, G. R. M., **Estudo da composição de ácidos graxos e colesterol em óleos de peixes do Rio Araguaia.** Goiânia, 2001. 98p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás.

DYERBERG, J.; BANG H.O. **Haemostatic function and platelet polyunsaturated fatty acids in Eskimos.** Nutrition, v.11, nº 5, p.474-476, 1995.

DYERBERG, J; BANG, H. O., Acta Med. Scand.192, 1972, 85.

DYERBERG, J; BANG, H. O., Lanc. 3, 1979, 433.

FAGUNDES, L. A. **Ômega-3 & Ômega-6: o equilíbrio dos ácidos gordurosos essenciais na prevenção de doenças**. Porto Alegre: Fundação de Radioterapia do Rio Grande do Sul, 2002. 111 p.

FETT, Alexandre. **Suplementação de Ácidos Graxos Ômega-3 ou Triglicérides de Cadeia Média para Indivíduos em Treinamento de Força**. Vol. 7, nº 2, p.83-91, 2001.

FORTI, Neusa; ISSA, Jaqueline; DIAMENT, Jaime; GIANNINI, Sérgio. **Dislipinêias em crianças e adolescentes**. Revista: Instituto do coração das clínicas, 1998.

GARCIA, J. U.; SANTOS, H. I.; FIALHO, A. P.; GARRO, F. L. T.; ANTONIOSI FILHO, N. R.; LELES, M. I. G. **Estudo da estabilidade térmica de óleos de peixes em atmosfera de nitrogênio**. Ecl. Quim., São Paulo, (29/2); 2004; 41-46.

GEBHARD, Schramm, **Reologia e Reometria - fundamentos teóricos e práticos**. 2ª ed., 2006.

GUIDORIZZI, Selma; PACHECO, Antonio. **Estabilidade oxidativa de óleos de peixe encapsulado e acondicionado em diferentes tipos de embalagens em condição ambiente**. 2005.

GUTIERRE, Silva. **Fatty acids composition of commercially important fish from Brazil**. Society Agriculture, V.50 (3), p.478-483, 1993.

HARDMAN, Elaine. **Omega-3 Fatty Acids to Augment Cancer Therapy**. American Society for Nutritional Sciences, 2002.

HARTMAN; LAGO. **Rapid preparations of fatty acid methyl esters from lipids**. Laboratory Practice, v. 22, n. 8, p. 475-476, 1973.

HARTMAN; ESTEVES. **Tecnologia de Óleos e Gorduras Vegetais**. São Paulo, 1981 - Secretaria da Indústria e Comércio, Ciência e Tecnologia (Série: Tecnologia Agroindustrial).

HENDERSON; TOCHER. **The lipid composition and biochemistry of freshwater fish**, Prog. Lipids Res, v.26, p.281-347, 1987.

HOLMAN, R.T., **The Slow Discovery of the importance of omega-3 Essential fatty Acids**. Human Health. J. Nutr 128: 427S-433S. 1998.

IBAMA/CEPENE – **Estatística da pesca** – Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação, Tamandaré, abril, 2003.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz – Métodos Químicos e Físicos para análise de alimentos**. 3º ed. São Paulo, 1985. v. 1. 533p.

LANARA - Laboratório Nacional de Referência Animal. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes - Métodos físicos e**

**químicos.** Brasília: Ministério da Agricultura – Secretaria Nacional de Defesa, Brasil, 1981.

LEITE, J. T de C. **Obtenção de extrato de insulina de chicória (Cichorium Intybus) por abaixamento de temperatura e secagem por spray.** São Paulo, 2001. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

LIMA, Flávia Emília Leite; MENEZES, Tarciana Nobre; TAVARES, Miriam Paulichenco;  
SZARFARC, Sophia Cornbluth; FISBERG, Regina Mara. **Ácidos graxos e doenças cardiovasculares.** Revista Nutrição, v.13, nº 2, Campinas, 2000.

LINKO: HAYAKAWA, **Docosaheptaenoic acid: is a valuable nutraceutical? Trends in food science and Technology,** v .7, n.2, p. 59-63, 1996.

MACHADO, J. C. V, **Reologia, viscosidade e escoamento,** Petrobrás, SEREC/CENNOR, Rio de Janeiro, 1996. 89p.

MAIA, L.M.A. **Frutos da Amazônia: fonte de alimento para peixes.** Manaus: Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico-SEBRAE/AM, 2001. 143p.

MAIA; RODRIGUEZ-AMAYA. **Fatty acid composition of the total, neutral and phospholipid of the Brazilian freshwater fish Colossoma macropomum.** Food Science and Human Nutrition. P.633-42, 1992.

MAIA; RODRIGUEZ-AMAYA. **Composição de ácidos graxos constituintes de peixes do rio Amazonas – XVI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos,** p.1154, 1998.

MALACRIDA, C. R. **Alterações do óleo de soja e da mistura azeite de dendê - óleo de soja em frituras descontínuas de batatas chips.** *Braz. J. Food Technol.* São Paulo, v.6, n.2, p. 245-249, 2003.

MARTINO, R.; TAKAHASHI N. S. **A importância da adição de lipídios em ração para a aquicultura.** Óleos e grãos, nº 58 p. 32- 37. jan/fev. 2001.

MAKOTO, Matsushita, **Efeito do tempo de fornecimento de ração suplementada com óleo de linhaça sobre a composição físico-química e de ácidos graxos em cabeças de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*).** Ciências e Tecnologia de Alimentos, V.23 nº 3, Campinas, 2003.

MEDEIROS, S.R. **Ácido linélico conjugado: teores nos alimentos e seu uso na produção de leite com maior teor de proteína e perfil de ácidos graxos modificados.** Tese (Doutorado), 2002.

MORAIS. P. **Estudo do processo de refino do óleo de pescado.** Rev. Instituto Adolfo Lutz, 60(1), p. 23-33, 2001.

MOREIRA, A. B.; SOUZA, N. E. de; VISENTAINER, J. V.; MATSUSHITA, M. **Composição de Ácidos Graxos e Teor de Lipídios em Cabeças de Peixes: matrizã**

**(b. *Cephalus*), piraputanga (b. *Microlepis*) e piracanjuba (b. *Orbignyanus*), Criados em Diferentes Ambientes.** Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, (23/2); 2003; 179-183.

MOREIRA, A. B. **Caracterização físico-química e perfil dos ácidos graxos de três espécies de *Brycon*.** Dissertação de Mestrado, 2001- Departamento de Química - Universidade Estadual de Maringá.

MORETTO, E.; FETT, R. **Definição de óleos e gorduras tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos.** São Paulo. Varela, 1998. 144 p.

OLIVEIRA, A. **Isótopos estáveis de C e de N como indicadores qualitativo e quantitativo da dieta do *Colossoma macropomum* (tambaqui) da Amazônia Central.** São Paulo, 2003. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo.

POSSA, M. V.; POSSA, J. R. **Comportamento reológico de polpas de minério.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 37p. 2000. (Série Tecnologia Mineral, 77).

RABELO, Carlos. **Criação de tambaqui no Estado de Roraima. Folha de Boa Vista,** Boa Vista, 03-12-2007.

RAMOS, Salvador; RAMOS, Maria Estela Monserrat. **Dieta e risco cardiovascular.** Revista: Sociedade de cardiologia do Rio Grande do Sul, 2005.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**, p.194. 2004.

SANTOS, R. F.; BARROS, A. L.; MARQUES, F. M.; FIRMINO, P. de T.; REQUIÃO, L. E. G. **Análise Econômica. O agro negócio da mamona no Brasil.** EMBRAPA-SPI, p.17-35. 2001.

SEBRAE/RR. **Criação comercial de peixes em viveiros ou açudes.** Roraima, 2001.

SILVA, Inhamuns. **Produção e caracterização físico-química e microbiológica de pescado comercializado na cidade de Manaus-AM.** Amazonas, 1992. Dissertação, (Mestrado em Biologia) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade do Amazonas.

SILVA, Jorge Antonio; PEREIRA, Manoel; PEREIRA, Maria Inês. **Frutos e sementes consumidos pelo tambaqui (*Colossoma macropomum*) incorporados a rações. Digestibilidade e velocidade de trânsito pelo trato gastrintestinal.** Revista. Brasil Zootecnologia, vol.32 n°. 6 Viçosa, 2003.

SILVA, J.A.M. **Nutrientes, energia e digestibilidade aparente de frutos e sementes consumidos pelo *Colossoma macropomum* (tambaqui) nas florestas inundáveis da Amazônia Central.** Manaus, 1977 - Tese (Doutorado) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade do Amazonas. 142p.

SIMOPOULOS, Artemis. **Omega-3 Fatty Acids in Inflammation and Autoimmune Diseases.** Journal of the American College of Nutrition, Vol. 21, N°. 6, 495–505, 2002.

SIMOPOULOS, Artemis. **ômega-3 Fatty Ácids in Health and disease and in growth and development**. Am. J. Nutrition, v.54, p.438-463, 1991.

VAITSMAN, D. ; FREDDY, C.;. **Análise Instrumental**. São Paulo, 2000.

VAL, A.L; HONCZARY, A. **Criando peixe no Amazonas**.19º ed. p.29-43. Manaus, 2000.

VAL, A.L, **Situação atual da aqüicultura na região Norte**. In: VALENTI, W.C. et al. **Aqüicultura no Brasil**. Brasília: CNPq, 2000. Cap.7, p.247-266.

VISENTAINER J. V.; GOMES T. M. S.; CARMINO H.; OSCAR O. S. J.; ADRIANO B. M. S.; KARIN C. J.; NILSON E. S.; MATSUSHITA, M. **Efeito do tempo e fornecimento de Ração suplementada com óleo de linhaça sobre a composição físico-química e de ácidos graxos em cabeças de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**.Ciências e Tecnologia de Alimentos, V.23 n° 3, Campinas, 2003.

VISENTAINER, Jesuí; SALDANHA, Tatiana; BRAGAGNOLO, Neura; FRANCO, Bueno. **Relação entre teores de colesterol em filés de tilápias e níveis de óleo de linhaça na ração**. Ciências e Tecnologia de Alimentos, vol.25, 2005.

VISENTAINER, Jesuí;; CARVALHO, Patrícia; IKEGAKI, Masaharu; PARK, Yong Kum. **Concentração de ácido eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA) em peixes marinhos da costa brasileira**. Ciências e Tecnologia de Alimentos, v.20 n.1 Campinas, 2000.

YEHUDA, R.; McFARLAME, **Psychobiology of posttraumatic stress disorder**. New York: New York Academy of Science, 1997

WANG, Y.J.; MILLER, L.A.; PERREN, M.; ADDIS, P.B. **Omega-3 fatty acids in lake superior fish**. J. Food Sci. v. 55, p. 71-76, 1990.

XIMENES, Carneiro. **Elaboração e uso de ensilado biológico de pescado na alimentação de alevinos de *Colossoma macropomum* (tambaqui)**. Amazonas, 1991. Dissertação, (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade do Amazonas.

