

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP - CAUNESP**

**ISÓTOPOS ESTÁVEIS E COMPOSIÇÃO
QUÍMICA DE CACHARAS**

**Fabrizia Sayuri Otani
Zootecnista**

**Jaboticabal, São Paulo
2012**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP - CAUNESP**

ISÓTOPOS ESTÁVEIS E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE CACHARAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, CAUNESP – como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora.

Fabrizia Sayuri Otani
Orientadora: Dr. Léa Silvia Sant’Ana

Jaboticabal, São Paulo

2012



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

REITORIA

CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Isótopos Estáveis e Composição Química de Cacheras

AUTORA: FABRIZIA SAYURI OTANI

ORIENTADORA: Profa. Dra. LEA SILVIA SANTANA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Aquicultura, pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. LEA SILVIA SANTANA

Departamento de Gestão e Tecn Agro-Industrial / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

Prof. Dr. PEDRO DE MAGALHAES PADILHA

Departamento de Química e Bioquímica / Instituto de Biociências de Botucatu

Prof. Dr. EDUARDO GIANINI ABIMORAD

Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / Polo Regional do Noroeste Paulista, Votuporanga/SP

Prof. Dr. JORGE ANTONIO FERREIRA DE LARA

Departamento de Ciência e Tecnologia de Carnes / Embrapa / Pantanal / MS

Profa. Dra. JULIANA CELIA DENADA

Departamento de Física e Biofísica / Instituto de Biociências de Botucatu

Data da realização: 28 de maio de 2012.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO -
SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Otani, Fabrizia Sayuri, 1983-
087i Isótopos estáveis e composição química de cacharas / Fabrizia Sayuri
Otani. - Jaboticabal : [s.n.],2012
iv, 62 f. : il., color., gráfs., tabs.

Tese(Doutorado)- Universidade Estadual Paulista, Centro
de Aquicultura da UNESP- CAUNESP
Orientador: Léa Silvia Sant'Ana
Inclui bibliografia

1. Isótopos estáveis. 2. Ácidos graxos. 3. Aminoácidos.
4. Minerais. I. Sant'Ana, Léa Silvia. II. Universidade Es-
tadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"(Campus de Jaboti-
cabal). Centro de Aquicultura da UNESP- CAUNESP. III. Títu-
lo.

ÍNDICE

Isótopos Estáveis e Composição Química de Cacharas

	Página
Lista de Abreviaturas.....	i
Lista de Ilustrações.....	iii
Dedicatória.....	01
Oferecimento.....	02
Agradecimentos.....	03
Resumo geral.....	05
Abstract.....	06

Capítulo I

Isótopos Estáveis e Composição Química de Cacharas

1. Introdução.....	08
1.1. <i>Pseudoplatystoma reticulatum</i>	09
1.2 Projeto AQUABRASIL.....	11
1.3. Rastreabilidade.....	12
1.4. Origem de Produção.....	13
1.5. Isótopos Estáveis.....	14
1.6 Fator de Condição de Fulton.....	16

1.7. Composição Química.....	17
2. Objetivos.....	19
3. Referências.....	20

Capítulo II

Identificação de Cacharas de Aquicultura e Captura, por Isótopos Estáveis de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$

Resumo.....	27
Abstract.....	28
1. Introdução.....	29
2. Material e Métodos.....	31
2.1. Material Biológico.....	31
2.2. Isótopos Estáveis.....	32
2.3. Delineamento Experimental e Análise Estatística.....	33
3. Resultados e Discussão.....	33
4. Conclusões.....	40
5. Referências.....	40

Capítulo III

Composição Química de Cacharas Cultivados e Capturados

Resumo.....	44
Abstract.....	45
1. Introdução.....	46
2. Material e Métodos.....	46

2.1. Material Biológico.....	46
2.2 Análises químicas.....	47
2.2.1. Composição Química.....	47
2.2.2. Perfil de Aminoácidos.....	47
2.2.3. Determinação de Lipídeos Totais e Ácidos Graxos..	48
2.2.4. Composição mineral.....	49
2.3. Delineamento Experimental e Análise Estatística.....	50
3. Resultados e Discussão.....	50
4. Conclusões.....	59
5. Referências.....	59

Lista de Abreviaturas

AGMS	Ácidos graxos monoinsaturados
AGS	Ácidos graxos saturados
Ca	Cálcio
cm	Centímetro
CO₂	Dióxido de carbono
Cu	Cobre
¹³C	Carbono – 13
Fe	Ferro
²H	Deutério
IA	Índice de aterogenicidade
IRMS	Espectrômetro de massa de razão isotópica
IT	Índice de trombogenicidade
K	Potássio
kg	Quilograma
mg	Miligrama
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
Na	Sódio
¹⁵N	Nitrogênio – 15

^{18}O	Oxigênio – 18
P	Fósforo
P/S	Razão entre ácidos graxos poli-insaturados e saturados
PUFA	Ácidos graxos poli-insaturados
Zn	Zinco
δ	Delta
μg	Micrograma
$\omega 3/\omega 6$	Razão entre ácidos graxos ômega-3 e ômega-6
$\omega 6/\omega 3$	Razão entre ácidos graxos ômega-6 e ômega-3
Σ AAE	Somatória dos aminoácidos essenciais
Σ AANE	Somatória dos aminoácidos não essenciais
Σ AAT	Somatória do total de aminoácidos
Σ AGMS	Somatória dos ácidos graxos monoinsaturados
Σ AGS	Somatória dos ácidos graxos saturados
Σ PUFA	Somatória dos ácidos graxos poli-insaturados
Σ PUFA $\omega 3$	Somatória dos ácidos graxos poli insaturados ômega 3
Σ PUFA $\omega 6$	Somatória dos ácidos graxos poli-insaturados ômega 6
Σ PUFA $\omega 3/\Sigma$ PUFA $\omega 6$	Razão entre ácidos graxos ômega 3 e ômega 6

Lista de Ilustrações

Capítulo 1 - Isótopos Estáveis e Composição Química de Cacharas	Pág.
Figura 1. Ilustração da espécie nativa cachara <i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	10
Figura 2. <i>Pseudoplatystoma reticulatum</i>	11
Capítulo 2 - Identificação de Cacharas de Aquicultura e Captura, por Isótopos Estáveis de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$	
Tabela 1. Dados biométricos de cacharas cultivados e capturados...	34
Tabela 2. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) e $\delta^{15}\text{N}$ (‰) em diferentes tecidos, de cacharas <i>Pseudoplatystoma reticulatum</i> cultivados e capturados.....	35
Tabela 3. Variáveis da análise de componentes principais (PC_1 e PC_2), de origem de produção e dos tecidos músculo, pele e ossos, de cacharas <i>Pseudoplatystoma reticulatum</i>	38
Figura 1. Análise de componentes principais, de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$, de músculo, pele e ossos de cacharas cultivados e capturados.....	36
Figura 2. Análise de componentes principais, de (a) tecido muscular, (b) pele e (c) ossos de cacharas cultivados (1) e capturados (2).....	37
Figura 3. Análise de componentes principais, de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$, de tecidos com diferentes atividades metabólicas, em cacharas cultivados.....	39
Figura 4. Análise de componentes principais, $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$, de tecidos com diferentes atividades metabólicas, em cacharas capturados.....	39

Capítulo 3 - Composição Química de Cacharas Cultivados e Capturados

Tabela 1. Dados biométricos e fator de condição de Fulton (K) de cacharas <i>Pseudoplatystoma reticulatum</i> cultivados e capturados.....	51
Tabela 2. Composição química, em porcentagem (%), de carne cacharas <i>Pseudoplatystoma reticulatum</i> de aquicultura e de captura.....	51
Tabela 3. Aminoácidos totais (em mg/100g), em músculo de cacharas <i>Pseudoplatystoma reticulatum</i> cultivados em tanque-rede e cultivados.....	53
Tabela 4. Determinação de lipídeos totais e composição em ácidos graxos, de cacharas <i>Pseudoplatystoma reticulatum</i> de aquicultura e da captura.....	55
Tabela 5. Índices de qualidade nutricional dos lipídeos de cacharas <i>Pseudoplatystoma reticulatum</i> de aquicultura e captura.....	56
Figura 1. Comparação de teores de minerais (mg/kg), de cacharas <i>Pseudoplatystoma reticulatum</i> cultivados e capturados.....	58

À Bela mais bela,

DEDICO

“Nenhum sucesso na vida compensa o fracasso no lar”

David O. McKay

Aos cacharas deste trabalho,
em respeito às vidas sacrificadas,

OFEREÇO

Agradecimentos

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos, à EMBRAPA, ao Ministério da Pesca e Aquicultura MPA - Projeto Aquabrazil e ao CNPq, pelos auxílios financeiros.

Ao Centro de Aquicultura da UNESP - Caunesp - em especial, aos secretários de pós-graduação Veralice Capatto e David Lorente, e a todos os colegas e professores da pós-graduação.

À Prof. Dr. Léa Silvia Sant'Ana, pela orientação, parceria, ensinamentos e críticas durante quase 1 década de orientação. Sem dúvida, é meu exemplo de dedicação profissional.

Aos membros do exame de qualificação, Prof. Dr. Carlos Ducatti e Pedro de Magalhães Padilha, e aos membros da banca de defesa de tese, Prof. Pedro Padilha, Dr. Eduardo Abimorad, Dra. Juliana Denadai e Dr. Jorge A. F. Lara, pelas valiosas considerações, sugestões e críticas.

Ao pesquisador Dr. Jorge A. Ferreira de Lara, pela parceria, em nome da EMBRAPA Pantanal, neste trabalho.

Ao Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial - FCA - UNESP Botucatu, em especial aos funcionários João, Chico, Marcos, Mario, Nivaldo e à Prof. Dr. Pricila Veiga, pelas preciosas colaborações.

Ao Prof. Dr. Pedro de Magalhães Padilha, e sua equipe que atua no Laboratório de Química, do Departamento de Química e Bioquímica - IB - UNESP Botucatu, em especial aos alunos Renato Cássio e Felipe, e aos técnicos José e Cilene Padilha, pelo auxílio nas análises minerais. Foi uma honra trabalhar com o Prof. Pedro, pesquisador apaixonado por sua carreira, de extrema humildade e generosidade.

Ao Centro de Isótopos Estáveis - IB - UNESP Botucatu, em nome do Prof. Dr. Carlos Ducatti, e seus funcionários Silvia, Evandro, Cibele, Juliana Denadai e

Maria Márcia Sartori. A todos os funcionários meu agradecimento, pois fui muito bem assistida durante as análises. Meu agradecimento especial à Prof. Dr. Maria Márcia Sartori, pelo auxílio às análises estatísticas.

Às colegas de laboratório Eliriane Jamas, Gelcirene Costa, Grazielle Carvalho e Débora Santiago, aos amigos que me ofereceram estadia durante as disciplinas em Jaboticabal, em especial à Natália e Amanda Leitão, Thiago Nogento, Rafael Micuim, Gustavo Henrique Vurto e toda sua república, e aos amigos “do peixe” Hellen Buzollo, Rodrigo Gimbo, Juliana Tomomi, Olívia Taxinha, Carol Nebo e ao casal Marina e Ivan (já fugidos). Torço para que todos alcancem a vida que desejarem, e que todo encontro seja a mesma diversão que sempre foi!

Aos amigos japoneses: ex-companheiros de casa Leonardo Gueli, Maria Angélica e Aline Maria, Vitor Gamba e demais membros da república, Matheus, Soxo e Cauê, às melhores vizinhas Carol Nebo e “Taiyane” Clariana, e a única estrangeira Maira Lótus. Meu agradecimento especial a Humberto Pupo, que me fez hesitar em partir, correspondendo ao verdadeiro significado de companheiro. Obrigada por tornarem o Centro de Tradições Japonesas (CTJ) tão popular, de forma que com vocês “praticamente” eu me sentia no Japão.

Às grandes amigas da república ZOO na: Adélia Celú, Camila Pop, Camila Antonio, Ellen Judocão, Karollina Cronã, Regina Sucuri, e Carla Carlona. Sem dúvida, as melhores zootecnistas, veterinária e agrônoma que eu tive a sorte de conviver em Jabuka. Onde quer que a vida nos leve, sempre torcerei por vocês. Foi um prazer conhecê-las!

À minha família - Isabela, meus pais, Tadayoshi e Lilia, Bibi, Fernando, Fellipe, Érika, Giulia, Glória e Meg - para onde sempre voltarei, mesmo sem nunca partir. Meu agradecimento especial às meninas que dividiram muitos momentos marcantes e me mantiveram conectadas ao verdadeiro significado de família, e à minha mãe, Lilia, por nunca desistir de me ensinar a ser filha e mãe...

A Deus, por sempre me lembrar de que já ganhei o maior tesouro da vida...

A todos que colaboraram com este trabalho... *Muito obrigada.*

Isótopos Estáveis e Composição Química de Cacharas

Resumo Geral

O presente trabalho objetivou determinar a origem de produção de cacharas *Pseudoplatystoma reticulatum*, pela técnica de isótopos estáveis de ^{13}C e ^{15}N , e análise de composição química. Este estudo está dividido em três capítulos. O capítulo I apresenta uma introdução, abordando os principais assuntos que justificam este trabalho. Os capítulos II e III apresentam os resultados. Cacharas foram capturados e cultivados em Ladário, no rio Paraguai, região da cidade de Corumbá, MS, sacrificados em gelo e transportados para a UNESP, Univ. Estadual Paulista, câmpus de Botucatu. O pescado foi avaliado em relação à origem de produção - de aquicultura ou captura. A origem de produção influenciou os resultados da análise de isótopos estáveis de ^{13}C e ^{15}N ($p < 0,01$), pela análise de componentes principais. Os peixes cultivados apresentaram menor enriquecimento isotópico que os peixes capturados ($p < 0,01$). Além disso, ao comparar tecidos com metabolismo distinto - pele, músculo e ossos - foi possível diferenciar os pares isotópicos entre músculo e ossos para cacharas capturados e pele, músculo e ossos para os peixes de aquicultura ($p < 0,01$). Na determinação da composição química, origem do pescado influenciou os componentes centesimais e a composição mineral ($p < 0,05$). O perfil de aminoácidos não foi alterado pela origem ($p > 0,05$), mas a composição de ácidos graxos foi influenciada ($p < 0,05$). Os resultados permitem concluir que é possível diferenciar a origem de produção pela técnica de isótopos estáveis e composição química.

Palavras-chave: ácidos graxos, aminoácidos, minerais, *Pseudoplatystoma reticulatum*, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$.

Stable Isotopes and Chemical Composition of Brazilian Catfishes

Abstract

This study aimed to determine the differences between cultured and wild Brazilian catfishes *Pseudoplatystoma reticulatum*, by stable carbon $\delta^{13}\text{C}$ and nitrogen $\delta^{15}\text{N}$ isotopes technique, and to determine the chemical composition. This study is divided into three chapters. The Chapter I contains an introduction, justifying this work. Chapters II and III present the results. The fish were captured and farmed in the area of Corumbá city, Mato Grosso do Sul state, than the fish were slaughtered and sent to São Paulo State University, in Botucatu city. The Brazilian catfish was evaluated in relation to the source - aquaculture or wild. The production source affected the results of ^{13}C and ^{15}N ($p < 0,01$) by principal component analysis. The farmed fish had lower isotopic enrichment of the wild fish ($p < 0,01$). Furthermore, when comparing tissues with different metabolic activity - skin, muscle and bones - the isotopic pairs differed between muscle and bone, to wild fish, and skin, muscle and bones for cultured fish ($p < 0,01$). The production source induced the chemical and mineral composition ($p < 0,05$). The amino acid profile was not affect by the source ($p > 0,05$), but the fatty acid profile was affected ($p < 0,05$). Thus, cultured and wild Brazilian catfishes may be differentiated using stable isotopes technique, and the chemical composition is affected by the production source.

Keywords: fatty acid, amino acid, minerals, *Pseudoplatystoma reticulatum*, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$.

Capítulo I

1. Introdução

Segundo o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, pescado é uma definição genérica que compreende peixes, crustáceos, moluscos, anfíbios, quelônios, mamíferos marinhos e de água doce e plantas aquáticas, utilizados na alimentação humana. A produção continental de pescado encontra-se em crescimento, devido ao desenvolvimento do setor. No Brasil, em 2010, 388.513 toneladas de pescado de água doce foram produzidas pela aquicultura (FAO, 2012a), e a pesca extrativista produziu 242.315 toneladas de peixes (FAO, 2012b).

Dentre as espécies de pescado produzidas no Brasil, destacam-se os peixes nativos do gênero *Pseudoplatystoma*, como o cachara *Pseudoplatystoma reticulatum* (BUIRAGO-SUÁREZ; BURR, 2007). Sua carne apresenta boa aceitação, entretanto, pouco se sabe sobre seu potencial nutricional, sendo necessárias pesquisas nesta área. Além de avaliar a qualidade nutricional da carne de cacharas, pesquisas relacionadas à segurança do alimento são importantes porque há um aumento da preocupação dos consumidores com a segurança dos alimentos que consomem.

Para garantir a segurança do alimento, é necessário considerar todos os aspectos da cadeia produtiva, desde a produção primária e da alimentação animal, até a venda e estocagem dos alimentos ao consumidor, pela rastreabilidade (REGULAMENTO EC n° 178/2002). Assim, neste contexto, a rastreabilidade do pescado torna-se importante ferramenta para produzir pescado de qualidade.

Rastreabilidade é definida como a habilidade de traçar e seguir um alimento, matéria-prima, animais de produção ou substâncias que serão incorporadas aos alimentos, em todas as fases de produção, processamento e distribuição (REGULAMENTO EC n° 178/2002).

Um item que deve ser monitorado na cadeia produtiva é a origem de produção, pois este fator pode influenciar na composição do pescado. Para auxiliar na rastreabilidade, métodos analíticos são utilizados. As principais

análises para diferenciar origem de produção são: análises morfológicas, genômicas, composição química, como análises de proteínas, lipídeos e minerais, e análise de isótopos estáveis (MARTÍNEZ et al., 2010). A utilização de mais de uma análise proporciona maior precisão dos resultados.

Há previsão de que a rastreabilidade seja obrigatória pra exportação dos produtos de pescado, assim, o desenvolvimento de métodos como ferramentas de rastreabilidade são extremamente importantes na cadeia produtiva de pescado.

1.1. *Pseudoplatystoma reticulatum*

O Brasil apresenta 13,7% da água doce disponível no planeta, tendo assim enorme variedade de peixes em seus rios espalhados pelo país, refletindo em grande número de espécies sendo produzidas. Apesar da introdução de espécies exóticas, como a tilápia (*Oreochromis sp.*) e a carpa (*Cyprinos carpio*), vários peixes nativos são cultivados e consumidos em todo Brasil (SUPLICY, 2007).

Em relação à diversidade de espécies, peixes da família Pimelodidae, encontram-se distribuídos nas principais bacias hidrográficas sul-americanas (CREPALDI et al., 2006). O gênero *Pseudoplatystoma* desta família é consumido na América do Sul, principalmente no Brasil, Peru, Colômbia e Bolívia. Espécies desse gênero, conhecidos como surubim, apresentam como aspecto morfológico, o corpo alongado e roliço, cabeça longa e achatada, menor que a largura total do corpo, mandíbula com a maxila superior menor e dentes viliformes no palato (BRITSKI et al., 1999; TAVARES, 1997).

A denominação comum de surubim e o desconhecimento da diversidade deste gênero, ocasiona identificações de espécies incorretas, mas Buitrago-Suárez e Burr (2007) identificaram oito espécies deste gênero., dentre elas *P. reticulatum*. Esta espécie é originária da *P. fasciatum* (da região Guiana), mas está distribuída nas bacias Amazônica e do rio Paraná. Por apresentarem características morfológicas semelhantes, muitas vezes as identificações são confundidas. Apresentam coloração de fundo escuro do flanco, esmaecendo

abruptamente abaixo da linha lateral, com faixas escuras transversais, ao longo do dorso, irregulares, combinadas com manchas grandes arredondadas, até no dorso (BRITSKI et al., 1999). No Brasil, *P. reticulatum* é conhecido como cachara.



Figura 1. Ilustração da espécie nativa cachara *Pseudoplatystoma fasciatum*.

Fonte: Suplicy, 2007.

Os surubins apresentam hábitos noturnos, mas alimentam-se preferencialmente ao amanhecer ou anoitecer. São ictiófagos, com uma variedade extensa de espécies predadas (CREPALDI et al., 2006; RESENDE et al., 1996)

A produção de híbridos de *P. reticulatum*, vem crescendo em todo país, principalmente na região centro-oeste, devido a características comerciais e zootécnicas desejáveis. O estado do Mato Grosso do Sul destaca-se no cenário da piscicultura nacional pelo pioneirismo na produção de surubins em escala comercial (CAMPOS, 2005; INOUE et al., 2009). A maior parte dos surubins é de origem de captura (MPA, 2012), e a pesca extrativista desses peixes está se tornando limitada, fazendo assim a aquicultura desse gênero altamente prioritária.

A carne apresenta coloração clara, sabor suave, presença de poucos espinhos (INOUE et al., 2009), além de se obter bom rendimento no processamento (CREPALDI et al., 2006).

Ainda pouco se sabe sobre o potencial nutricional da maioria das espécies brasileiras (RAMOS FILHO, 2008). Há vários estudos sobre aspectos isolados do cultivo das diferentes espécies nativas, mas pesquisas são necessárias para avaliar o processo, estabelecendo um pacote tecnológico, que solucione as principais deficiências da cadeia produtiva (RESENDE, 2006). Neste contexto, este trabalho está inserido no projeto AQUABRASIL – bases tecnológicas para o desenvolvimento da aquicultura no Brasil.



Figura 2. *Pseudoplatystoma reticulatum*

Fonte: Buitrago-Suárez; Burr, 2006.

1.2. Projeto AQUABRASIL

A cadeia produtiva do pescado brasileiro ainda se apresenta desestruturada. Apesar do potencial produtivo, o desempenho da aquicultura brasileira é baseado em espécies exóticas, com a utilização de tecnologia importada. Para melhorar este desempenho, é necessária a promoção de um salto tecnológico, com sustentabilidade da atividade, para a produção de espécies nativas. Assim, a Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – desenvolve o Projeto AQUABRASIL, em parceria com instituições públicas e privadas, no qual este trabalho está inserido. A liderança do projeto é da Embrapa Pantanal (RESENDE, 2006).

O projeto visa abordar os principais fatores de estrangulamento da atividade: melhoramento genético, nutrição e alimentação, biossegurança e sanidade, manejo e gestão ambiental dos sistemas de produção, e aproveitamento agroindustrial. Para assegurar a remoção dos entraves ao desenvolvimento da aquicultura brasileira, este projeto é proposto em rede, ou seja, de forma integrada, de espécies prioritárias e dos principais problemas, ao longo da cadeia produtiva.

O beneficiamento do pescado é um dos principais gargalos da cadeia, pois é preciso controlar a alta perecibilidade do pescado, preservando o valor nutritivo

deste alimento. O projeto componente do aproveitamento agroindustrial visa a sustentabilidade da aquicultura, almejando qualidade da água, do organismo aquático e do produto final.

As espécies eleitas foram as principais cultivadas no Brasil: as exóticas tilápia *Oreochromis niloticus* e o camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, e as espécies nativas tambaqui *Colossoma macropomum*, o pintado *Pseudoplatystoma corruscans* e seus híbridos. O projeto inicial foi desenvolvido para pintados, mas posteriormente foi substituído por cacharas pois demonstraram ser mais adaptados à produção em cativeiro.

Os surubins quase não apresentam diversificação tecnológica, sugerindo que poucas pesquisas foram feitas quanto à qualidade do produto e sua conservação, sendo assim necessários estudos sensoriais, bioquímicos, físico-químicos e microbiológicos para a espécie. Assim, após a geração de tecnologia, o projeto se encarregará de transferir as informações ao setor produtivo.

1.3. Rastreabilidade

A aceitação do pescado pelos consumidores depende de vários atributos de qualidade, relacionados com segurança do alimento, valor nutritivo e características sensoriais desejáveis (HAARD, 1992).

Rastreabilidade é definida como a habilidade de traçar e seguir um alimento, matéria-prima, animais de produção ou substâncias que serão incorporadas aos alimentos, em todas as fases de produção, processamento e distribuição (REGULAMENTO EC n° 178/2002).

Problemas com a segurança do alimento tem aumentado a atenção de países como Japão, EUA, Austrália, Nova Zelândia, Canadá e toda a Europa, em relação à rastreabilidade de alimentos. Além disso, com a globalização do comércio, aumentou-se a dificuldade de identificação da origem e do histórico dos produtos de pescado (THOMPSON et al., 2005).

Neste contexto, barreiras comerciais são estabelecidas (THOMPSON et al., 2005). É necessário se adequar às legislações específicas de cada país, na

cadeia produtiva de alimentos, porque são exigências para exportação (REGULAMENTO EC n° 178/2002).

Dentre os principais destinos do pescado brasileiro, estão três países europeus: Espanha, França e Holanda. Em 2010, foram exportados 9.204.145 kg de pescado nacional, significando US\$ 49.077.352,00 de comercialização (MPA, 2012). Mas a União Européia merece destaque também devido às legislações específicas de comercialização. Desde 2005, exigências do comércio europeu estão em vigor, relacionadas à rastreabilidade do pescado e segurança do alimento. A comunidade européia estabeleceu que pelo menos seja indicado o nome comercial e científico dos peixes, além da origem geográfica e o método de produção, para que os consumidores tenham informações mínimas a respeito da origem do pescado (BUSETTO et al. 2008; REGULAMENTO EC n° 2065/2001; REGULAMENTO EC n° 178/2002).

Além da União Européia, informações sobre origem de produção são obrigatórias no Japão e EUA (MARTÍNEZ et al., 2010). Ambos os países também fazem parte dos maiores consumidores de pescado brasileiro (MPA, 2012).

Os consumidores europeus, americanos e japoneses detêm informações sobre origem geográfica e de produção do pescado, o que não ocorre no Brasil. Mas os consumidores não estão prevenidos totalmente contra fraudes. Métodos analíticos podem ser uma ferramenta adicional para evitar possíveis fraudes (MOLKENTIN et al., 2007).

1.4. Origem de Produção

A produção de pescado proveniente da aquicultura aumentou a partir da década de 80, para atender a demanda, pois o pescado proveniente da captura começou a diminuir, pelo comprometimento dos estoques pesqueiros (FAO, 2010).

Em 2010, o Brasil produziu 37% a mais de pescado continental oriundo da aquicultura (388.513 toneladas), que pescado capturado em água doce (242.315 toneladas). Mas a pesca extrativista ainda é bastante expressiva no Brasil, e

apesar da década de 80 evidenciar o início da sobrepesca de alguns estoques pesqueiros, nos anos de 2009 e 2010 houve um aumento de aproximadamente 4% da pesca continental (FAO, 2012).

A aquicultura apresenta inúmeras vantagens sobre a produção extrativista de peixes, como maior controle e qualidade do pescado, conforme mercados específicos, além da possibilidade do pescado capturado apresentar parasitas prejudiciais aos humanos, o que ocorre em menor proporção em peixes de aquicultura. Entretanto, peixes cultivados podem apresentar como desvantagens a possibilidade de contaminação por substâncias químicas, e por questões relativas ao valor nutritivo (HAARD, 1992; MARTÍNEZ et al., 2010). Além disso, a aquicultura, como outras atividades agropecuárias, pode ser poluidora do ambiente, degradando a qualidade da água, devido ao enriquecimento provocado por substâncias provenientes de excretas e sobras de ração (ABIMORAD et al., 2009).

Os métodos de produção podem influenciar na composição do pescado. As diferenças proporcionadas pelo método produtivo na composição do pescado podem ser atribuídas, dentre outros fatores, pela dieta dos peixes (ALASALVAR et al., 2002). Durante o período de produção, peixes cultivados recebem a mesma dieta alimentar, ao longo de todo período, e não se reproduzem (BUSETTO et al., 2008). Na natureza, cacharas apresentam hábitos migratórios (CAMPOS, 2005) e sua alimentação varia conforme a disponibilidade de alimento.

Vários estudos foram conduzidos para avaliar diferenças de qualidade entre peixes de aquicultura e capturados (BELL et al., 2007; BUSETTO et al., 2008; FALLAH et al., 2011; SANT'ANA et al., 2010). As principais análises para diferenciar métodos de produção são: análises morfológicas, genômicas, composição química, como análises de proteínas, lipídeos e minerais, e análise de isótopos estáveis (MARTÍNEZ et al., 2010).

1.5. Isótopos Estáveis

A técnica de isótopos estáveis é utilizada para auxiliar na diferenciação de produção, certificação de origem, e controle de fraudes de produtos de origem animal (ROSSMAN, 2001), em diversas organismos aquáticos, como as espécies *Pseudoplatystoma fasciatum* (SANT'ANA et al., 2010), *Maccullochella peelii peelii* (TURCHINI et al, 2009), *Salmo salar* (DEMPSON; POWER, 2004), *Sparus aurata* (MORRISON et al., 2007; SERRANO et al., 2007), *Dicentrarchus labrax* (BELL et al., 2007) e *Psetta máxima* (BUSETTO et al., 2008).

Isótopos são átomos do mesmo elemento químico com diferentes massas, pois apresentam igual número de prótons, mas diferem no número de nêutrons. Podem ser estáveis ou radioativos. Cada elemento apresenta um isótopo estável leve, dominante, e um ou dois isótopos pesados. Apresentam propriedades químicas iguais, mas diferem nas propriedades físicas (DUCATTI, 2007).

A determinação de isótopos estáveis é utilizada para o estabelecimento de um esboço geral da via metabólica, empregando a forma isotópica de um elemento químico para marcar um metabólito, considerando que a composição dos tecidos reflete a sua dieta (MANETTA; BENEDITO-CECILIO, 2003). Mas a composição isotópica é baseada no que foi assimilado, e não apenas nos alimentos ingeridos (HOBSON; CLARK, 1992).

Os isótopos estáveis mais utilizados em estudos de alimentação trófica, em pesquisas ecológicas e biológicas (MORETTI et al., 2003) são o do carbono (^{13}C) e do nitrogênio (^{15}N) (MANETTA; BENEDITO-CECILIO, 2003), e os valores de enriquecimento relativo são expressos em delta (δ) per mil (‰), em sua abundância natural.

Processos de enriquecimento isotópico são específicos para cada tecido animal (TIESZEN et al., 1983), pois diferentes tecidos de um mesmo animal podem apresentar tempos distintos de assimilação de nutrientes (HOBSON; CLARK, 1992). Cada tecido e/ou fração bioquímica pode apresentar *memória isotópica* própria, em função do conteúdo isotópico da alimentação e da taxa de renovação bioquímica (DUCATTI, 2007).

A assinatura isotópica de uma dieta depende, em parte, do *turnover* nos tecidos (HOBSON; CLARK, 1992). O *turnover* consiste na síntese de um novo tecido corporal e degradação de um tecido antigo, e a taxa de *turnover* está

associada à taxa de crescimento (MANETTA; BENEDITO-CECILIO, 2003), sendo a renovação contínua dos compostos (DUCATTI, 2007).

A escolha do tipo de tecido analisado depende da questão de interesse (HOBSON; CLARK, 1992). Tecidos com *turnover* isotópico rápido refletem dietas disponibilizadas recentemente, ao passo que tecidos com *turnover* lento refletem dietas disponibilizadas em um período maior. Músculos apresentam assinatura isotópica uniforme e baixas taxas de *turnover* (CARBANELLAS-REBOREDO et al., 2009), enquanto ossos apresentam taxas mais lentas de incorporação isotópica (CARLETON, et al., 2008). A avaliação de tempos distintos de assimilação isotópica, em tecidos com atividades metabólicas diferentes, é aplicada em estudos para identificação de espécies (LIMA, 2010).

Há grande potencial de aplicabilidade de isótopos estáveis na aquicultura, principalmente como ferramenta do sistema de rastreabilidade, entretanto, outros métodos também auxiliam o sistema, como análises de composição química do pescado (REDMOND et al., 2010).

1.6. Fator de Condição de Fulton

Análises morfológicas podem ser utilizadas para diferenciar métodos de produção, mas existem poucos trabalhos que aplicam estas análises, concentrando estudos de caracterização morfológica da espécie, anatomia e análise do fator de condição corporal (MARTÍNEZ et al., 2010).

O termo condição corporal é utilizado para definir a condição energética dos organismos (CAMARA et al., 2011), como indicador de bem-estar geral, gordura e desenvolvimento gonadal (LE CREN, 1951). É uma forma de mensurar o tamanho relativo das reservas energéticas (carboidratos, proteína, lipídeos), comparadas com estruturas corporais que não representam reservas energéticas, como pelos e escamas. Pode ser mensurada por medidas estruturais e de peso, e suas combinações, na forma de índices (CAMARA et al., 2011).

O fator de condição de Fulton (K) é o índice mais utilizado em peixes (CAMARA et al., 2011; NASH et al., 2006). É uma relação entre peso e

comprimento, com influência de fatores exógenos e endógenos, que fornece estimativa indireta do armazenamento energético dos peixes. É definido pela fórmula:

$$K = W \times L^{-3} \times C$$

Na fórmula, **W** representa o peso observado, L^{-3} é o comprimento e **C** é a constante (uma potência de 10, dependente da unidade utilizada na pesagem, de forma a aproximar o valor de 1 - escala do fator de condição de Fulton).

Apesar do nome do cientista Fulton, a aplicação da fórmula de K, como medida da condição corporal, foi utilizada primeiramente por Heincke (1908), em que se observou que quanto maior o valor de K, melhor a condição corporal dos peixes.

1.7. Composição Química

O pescado é uma das mais importantes fontes de proteína de alta qualidade, disponíveis ao homem. O interesse na composição do pescado está relacionado com sua possível contribuição na dieta e na saúde, aplicação de técnicas corretas de processamento e determinação de características organolépticas (MURRAY; BURT, 1969).

A composição química do pescado pode ser influenciada por vários parâmetros intrínsecos e extrínsecos ao animal, como fatores genéticos e sazonais, dieta, origem geográfica, métodos e tecnologia de produção, espécie, idade, qualidade da água de cultivo ou captura (ALASALVAR et al., 2002; Busetto et al., 2008; FALLAH et al., 2011; SCHRÖDER, 2008). Dentre estes fatores, variações na quantidade e qualidade da dieta são as que mais influenciam a composição química (ALASALVAR et al., 2002; MURRAY; BURT, 1969)

Os principais componentes do pescado são água (umidade), proteína, lipídeos e minerais (GONÇALVES, 2011; MURRAY; BURT, 1969). Determinações de alguns destes componentes específicos podem auxiliar na diferenciação do pescado oriundo de métodos de produção distintos, como a composição química de lipídeos totais, perfil de ácidos graxos e de minerais (ALASALVAR et al., 2002).

Dentre os componentes do pescado, a água é o principal constituinte, podendo constituir até 80% da composição total. A proteína representa de 15 a 20% da fração total, e corresponde a moléculas formadas por cerca de 20 aminoácidos, sendo que alguns são essenciais na dieta humana, como no caso da lisina e metionina (MURRAY; BURT, 1969), e outros são considerados não essenciais.

Lipídeos são formados por ácidos graxos, e são os componentes do pescado que mais apresentam variações (MURRAY; BURT, 1969). Os ácidos graxos são classificados em saturados, monoinsaturados e poli-insaturados. O perfil de ácidos graxos é bastante influenciado pela dieta (BANDARRA et al., 2009).

A qualidade nutricional dos ácidos graxos pode ser avaliada por diferentes índices, que indicam a contribuição do alimento em influenciar ou prevenir doenças coronárias. A razão entre ácidos graxos poli-insaturados e saturados (P/S) indica a potencialidade na indução do aumento de colesterol sanguíneo (RAMOS FILHO et al., 2008). Quanto maior esta razão, menor será a chance de aumento do colesterol sanguíneo. A razão entre ácidos graxos ômega-6 e ômega-3 ($\omega 6/\omega 3$) indica a prevenção no risco de doenças cardiovasculares, e seu valor deve ser inferior a 4,00 (DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY, 1984).

Há também os índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT). São baseados nos efeitos funcionais dos ácidos graxos, em evitar a aterosclerose e trombose coronária, respectivamente (ULBRICHT; SOUTHGATE, 1991). IA é a razão entre a soma dos principais ácidos graxos saturados (AGS), e da somatória dos principais ácidos graxos poli-insaturados (PUFA). IT relaciona os principais

AGS, considerados pró-trombogênicos, e os ácidos graxos monoinsaturados (AGMS) e PUFA ω 6, considerados anti-trombogênicos

As cinzas correspondem principalmente de diferentes minerais, que são constituintes em menor proporção, mas são essenciais para a promoção da saúde (MURRAY; BURT, 1969). Minerais são importantes aos peixes, pois são necessários para a manutenção de diversos processos metabólicos, além de serem componentes de elementos estruturais, como o esqueleto, e de enzimas envolvidas no metabolismo animal (ANDERSON; SILVA, 2003; PEZZATO et al., 2004).

Os minerais podem ser classificados do ponto de vista de essencialidade e de quantidade requerida. Alguns minerais são considerados essenciais do ponto de vista biológico, enquanto outros não (OEHLENSCHLÄGER, 2002). Alasalvar et al. (2002) classificaram os minerais em essenciais, não-essenciais e possivelmente tóxicos. Do ponto de vista de quantidade exigida, podem ser divididos em dois grupos, para o metabolismo normal: macrominerais - que são requeridos em maior quantidade - como o cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio (K), e microminerais - exigidos em menores quantidades - como ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) (ANDERSON; SILVA, 2003).

2. Objetivos

O objetivo do trabalho foi diferenciar cacharas *Pseudoplatystoma reticulatum*, provenientes do estado de Mato Grosso do Sul, por diferentes métodos de produção.

Os objetivos específicos foram:

- Diferenciar cacharas *P. reticulatum*, cultivados em tanques-rede e capturados, pela técnica de isótopos estáveis de carbono (^{13}C) e nitrogênio (^{15}N), utilizando tecidos com atividades metabólicas diferentes (pele, músculo e osso);

- Diferenciar cacharas *P. reticulatum*, cultivados em tanques-rede e capturados, pela composição química do pescado - composição centesimal, perfil de ácidos graxos, aminoácidos e minerais.

3. Referências

ABIMORAD, E. G et al. Silagem de peixe em ração artesanal para tilápia-do-nylo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 5, p. 519-525, 2009.

ALASALVAR, C. et al. Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): total lipid content, fatty acid and trace mineral composition. **Food Chemistry**, Amsterdam, n. 79, p. 145-150, 2002.

ANDERSON, T; SILVA, S. D. Nutrition. In: LUCAS, J.S.; SOUTHGATE, P.C. **Aquaculture - Farming aquatic animals and plants**. Oxford: Blackwell Publishing Company. 2003. p. 146-171.

BANDARRA, N. M.; BATISTA, I.; NUNES, M. L. Chemical composition and nutritional value of raw and cooked black scabbardfish (*Aphanopus carbo*). **Scientia Marina**, Barcelona, v. 73, n. S2, p. 105-113, 2009.

BELL, J. G. et al. Discrimination of wild and cultured European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) using chemical and isotopic analyses. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, n. 55, p. 5934-5941, 2007.

BRITSKI, H. A.; SILIMON, K. Z. S.; LOPES, B. S. **Peixes do Pantanal. Manual de Identificação**. Brasília: EMBRAPA – SPI; Corumbá: EMBRAPA – CPAP, 1999. 184 p.

BUITRAGO-SUÁREZ, U. A.; BURR, B. M. Taxonomy of the catfish genus *Pseudoplatystoma Bleeker* (Siluriformes: Pimelodidae) with recognition of eight species. **Zootaxa**, Auckland, v. 1512, p. 1-38, 2007.

BUSETTO, M. L. et al. Authentication of farmed and wild turbot (*Psetta maxima*) by fatty acid and isotopic analyses combined with chemometrics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, n. 56, p. 2742-2750, 2008.

CAMARA, E. M.; CARAMASCHI, E. P.; PETRY, A. C. Fator de condição: bases conceituais, aplicações e perspectivas de uso em pesquisas ecológicas com peixes. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 249-274, 2011.

CAMPOS, J. L. O cultivo do pintado. In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. p. 327-342. Santa Maria: Ed. UFSM. 2005.

CARBANELLAS-REBOREDO, M.; DEUDERO, S.; BLANCO, A. Stable-isotope signatures (^{13}C and ^{15}N) of different tissues of *Pinna Nobilis* Linnaeus, 1758 (Bivalvia): isotopic variations among tissues and between seasons. **Journal of Molluscan Studies**, London, n. 75, p. 343-349, 2009.

CARLETON, S. A. et al. Should we use one-, or multi-compartment models to describe ^{13}C incorporation into animal tissues? **Rapid Communications in Mass Spectrometry**, West Sussex, v. 22, p. 3008-3014, 2008.

CREPALDI, D. V. et al. O surubim na aquacultura do Brasil. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 30, n. 3/4, p. 150-158, 2006.

DEMPSON, J. B.; POWER, M. Use of stable isotopes to distinguish farmed from wild Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Ecology of Freshwater Fish**, Malden, v. 13, p. 176-184, 2004.

DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY. **Diet and cardiovascular disease**. London: HMSO. 1984.

DUCATTI, C. Aplicação dos isótopos estáveis em aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 1-10, 2007.

FALLAH, A. A.; SAEI-DEHKORDI, S. S.; NEMATOLLAHI, A. Comparative assessment of proximate composition, physicochemical parameters, fatty acid profile and mineral content in farmed and wild rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 46, p. 767-773, 2011.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture**. Rome, 2010. 145 p.

FAO. **Global Aquaculture Production**. 2012. Disponível em:
<<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/en>> Acesso em: 12 abr. 2012.

FAO. **Global Capture Production**. 2012. Disponível em:
<<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-capture-production/en>> Acesso em: 12 abr. 2012

GONÇALVES, A. A. Aspectos gerais do pescado. In: GONÇALVES, A. A. **Tecnologia de pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação**. São Paulo: Editora Atheneu, 2011. p. 02-09.

HAARD, N. F. Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. **Food Research International**, Oxford, v. 25, p. 289-307, 1992

HEINCKE, F. Bericht über die Untersuchungen der Biologischen Anstalt auf Helgoland zur Naturgeschichte der Nutzfische. In: HERMING, W. **Die Beterligung Deutschlands an der Internationalen Meeresforschung. IV/V Jahresbericht**. Berlin: Verlag Von Otto Salle, p. 67-150, 1908.

HOBSON, K. A.; CLARK, R. G. Assessing avian diets using stable isotopes I: turnover of ^{13}C in tissues. **The Condor**, Berkeley, n. 94, p. 181-188, 1992.

INOUE, L. A. K. A. et al. **Princípios básicos para produção de alevinos de surubins (pintado e cachara)**. Embrapa. 2009. Disponível em:
<<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/DOC100.pdf>> Acesso em: 15 set. 2010.

LE CREN, E. D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 20, n. 2, p. 201-219, 1951.

LIMA, E. J. V. M. O. **Utilização de isótopos estáveis de ^{13}C e ^{15}N na identificação de bacalhau *Gadus* e outras espécies de peixes salgados secos**. 2010. 59 p. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Centro de Aquicultura da UNESP, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

MANETTA, G. I.; BENEDITO-CECILIO, E. Aplicação da técnica de isótopos estáveis na estimativa da taxa de turnover em estudos ecológicos: uma síntese. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 121-129, 2003.

MARTÍNEZ, I. et al. Analytical methods to differentiate farmed from wild seafood. In: NOLLET, L. M. L.; TOLDRÁ, F. **Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2010. cap. 14, p. 215-232.

MORETTI, V. M. et al. Traceability issues in fishery and aquaculture products. **Veterinary Research Communications**, Dordrecht, v. 27, n. 1, p. 497-505, 2003.

MORRISON, D. J. et al. Authenticating production origin og gilthead sea bream (*Sparus aurata*) by chemical and isotopic fingerprinting. **Lipids**, Champaign, n.42, p.537-545, 2007.

MPA. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura - Brasil 2010**. 2012. 128 p.

MURRAY, J; BURT, J. R. **The composition of fish**. Torry Advisory Note, Torry Research Station, Aberdeen, n. 38, 1969. Disponível em: <<http://www.fao.org/wairdocs/tan/x5916e/x5916e00.htm#Contents>> Acesso em: 28 mar. 2012.

NASH, R. D. M.; VALENCIA, A. H.; GEFFEN, A. J. The origin of Fulton's condition factor - setting the records straight. **Fisheries**, Bethesda, v. 31, n. 5, p. 236-238, 2006.

OEHLENSCHLÄGER, J. Identifying heavy metals in fish. In: BREMNER, H. A. **Safety and quality issues in fish processing**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2002, p. 95-108.

PEZZATO L. E. et al. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J. E. P. et al. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt. 2004, p.75-169.

RAMOS FILHO, M. M. et al. Perfil lipídico de quatro espécies de peixes da região pantaneira de Mato Grosso do Sul. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, n. 28, p. 361-365, 2008.

REDMOND, K. J. et al. Stable isotopes and fatty acids as tracers of the assimilation of salmon fish feed in blue mussels (*Mytilus edulis*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 298, p. 202-210, 2010.

REGULAMENTO EC n° 2065/2001. **Official Journal of the European Communities**, Luxembourg, l. 278/6-278/8, 2001.

REGULAMENTO EC n° 178/2002. **Official Journal of the European Communities**, Luxembourg, l. 31/1-31/4, 2002.

RESENDE, E. K. et al. **Biologia do curimatá (*Prochilodus lineatus*), pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) e cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum*) na bacia hidrográfica do rio Miranda, Pantanal do Mato Grosso do Sul, Brasil**. Corumbá, MS: EMBRAPA – CPAP, 1996. 75 p.

RESENDE, E. K. **Bases tecnológicas para o desenvolvimento da aquicultura no Brasil AQUABRASIL**. Projeto em Rede, Embrapa, 2006. Disponível em: <<http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/aquabrasil/ProjPlanoGerAquabrasil2007.pdf>> Acesso em: 22 ago. 2011.

ROSSMAN, A. Determination of stable isotopes ratios in food analysis. **Food Reviews International**, Philadelphia, v. 17, p. 347-381, 2001.

SANT'ANA, L. S.; DUCATTI, C.; RAMIRES, D. G. Seasonal variations in chemical composition and stable isotopes of farmed and wild Brazilian freshwater fish. **Food Chemistry**. Amsterdam, n. 122, p. 74-77, 2010.

SCHRÖDER, U. Challenges in the traceability of Seafood. **Journal of Consumer Protection and Food Safety**, Berlim, n. 3, p. 45-48, 2008.

SERRANO, R.; BLANES, M. A.; ORERO, L. Stable isotope determination in wild and farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*) tissues from the Western Mediterranean. **Chemosphere**, Oxford, n. 69, p. 1075-1080, 2007.

SUPLICY, F. M. Freshwater fish seed resources in Brazil. In: BONDAD-RENTASO, M. G. **Assessment of freshwater fish seed resources for sustainable aquaculture**. Rome: FAO Fisheries Technical Paper, 2007. p. 129-143.

TAVARES M. P. O surubim. In: MIRANDA, M. O. T. **Surubim**. Belo Horizonte: IBAMA, p.10, 1997.

THOMPSON, M.; SYLVIA, G.; MORRISSEY, M. T. Seafood traceability in the United States: currents trends, system design and potential applications.

Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, Malden, v. 1, p. 1-6, 2005.

TIESZAN, L. L. et al. Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: implications for $\delta^{13}\text{C}$ analysis of diet. **Oecologia**, Berlin, n. 57, p. 32-37, 1983.

TURCHINI, G. M., et al. Traceability and discrimination among differently farmed fish: a case study on Australian murray cod. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, n. 57 (1), p. 274-281, 2009.

ULBRICHT, T. L. V.; SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **The Lancet**, London, v. 338, p. 985-992, 1991.

Capítulo II

Identificação de Cacharas de Aquicultura e Captura, por Isótopos Estáveis de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi diferenciar cacharas, *Pseudoplatystoma reticulatum*, provenientes de aquicultura e capturados, utilizando a técnica de isótopos estáveis de carbono (^{13}C) e nitrogênio (^{15}N), em espectrômetro de massa de razão isotópica (IRMS), em tecidos com atividades metabólicas distintas – músculo, ossos e pele. O pescado foi avaliado em relação à origem - de aquicultura ou captura - na Universidade Estadual Paulista, câmpus de Botucatu, Centro de Isótopos Estáveis Ambientais em Ciência da Vida. A origem de produção influenciou os resultados de ^{13}C e ^{15}N ($p < 0,01$), na análise de isótopos estáveis, pela análise de componentes principais. Os peixes cultivados apresentaram menor enriquecimento isotópico que os peixes capturados ($p < 0,01$). Além disso, ao comparar tecidos com metabolismo distinto foi possível diferenciar os pares isotópicos entre músculo e ossos para cacharas capturados e pele, músculo e ossos para os peixes de aquicultura ($p < 0,01$). Os resultados permitem concluir que é possível diferenciar o método de produção de cacharas, pela técnica de isótopos estáveis de carbono (^{13}C) e nitrogênio (^{15}N).

Palavras-chave: IRMS, músculo, ossos, pele, *Pseudoplatystoma reticulatum*.

Identification of cultured and wild Brazilian catfish, by stable carbon ($\delta^{13}\text{C}$) and nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$) isotopes.

Abstract

The aim of this study was to evaluate cultured and wild Brazilian catfish *Pseudoplatystoma reticulatum*, using the stable carbon (^{13}C) and nitrogen (^{15}N) isotopes technique, in a low-resolution mass spectrometer (IRMS), in tissues with different metabolic activity - skin, muscle and bones. The fish was evaluated in relation to the source - aquaculture or wild - in Sao Paulo State University, Botucatu city, at the Center of Environmental Stable Isotopes. The production source affected the results of ^{13}C and ^{15}N ($p < 0,01$), by principal component analysis. The farmed fish had lower isotopic enrichment of the wild fish ($p < 0,01$). Furthermore, when comparing tissues with different metabolic activity, was possible to determine the isotopic pairs differed between muscle and bone, to wild fish, and skin, muscle and bones for cultured fish ($p < 0,01$). Thus, cultured and wild Brazilian catfish may be differentiated by stable isotopes technique.

Keywords: IRMS, muscle, bones, skin, *Pseudoplatystoma reticulatum*.

1. Introdução

Rastreabilidade é definida como a habilidade de investigar um alimento, animais de produção ou substâncias que serão incorporadas aos alimentos, em todas as fases de produção, processamento e distribuição (MORETTI et al., 2003). É uma ferramenta importante para se oferecer pescado de qualidade (SCHRÖDER, 2008).

Com a globalização do comércio de *commodities* alimentares, é importante a criação e definição clara de legislação em relação à comercialização, para evitar possíveis fraudes, como por exemplo em relação às origens de produção e geográfica do alimento (THOMAS et al., 2005). Para isso, as exigências de rastreabilidade incluem identificação correta das espécies comercializadas, dos métodos de produção e origem geográfica (REGULAMENTO EC n° 178/2002, 2002).

Para determinação das origens de produção e geográfica, métodos analíticos podem ser ferramentas adicionais para auxiliar na detecção das fraudes (MOLKENTIN et al., 2007; MORRISON et al., 2007). Há grande potencial de aplicação da técnica de isótopos estáveis em sistemas de rastreabilidade. Estudos demonstraram a eficiência da técnica de isótopos estáveis, na diferenciação de produção e/ou certificação de origem, de diversos organismos aquáticos, como para as espécies *Pseudoplatystoma fasciatum* (SANT'ANA et al., 2010), *Maccullochella peelii peelii* (TURCHINI et al., 2009), *Salmo salar* (DEMPSON; POWER, 2004), *Sparus aurata* (MORRISON et al., 2007; SERRANO et al., 2007), *Dicentrarchus labrax* (BELL et al., 2007) e *Psetta máxima* (BUSETTO et al., 2008).

A técnica de isótopos estáveis é utilizada para o estabelecimento de um esboço geral da via metabólica, empregando a forma isotópica de um elemento químico para marcar um metabólito, considerando que a composição dos tecidos reflete o ambiente de desenvolvimento (THOMAS et al., 2005) e sua dieta (MANETTA; BENEDITO-CECILIO, 2003). Mas a composição isotópica é baseada no que foi assimilado, e não apenas nos alimentos ingeridos (HOBSON; CLARK, 1992).

Os isótopos estáveis mais utilizados em estudos biológicos são o do carbono (^{13}C) e do nitrogênio (^{15}N) (MANETTA; BENEDITO-CECILIO, 2003). Mas outros elementos também são aplicados em estudos de alimentos, como os isótopos estáveis de oxigênio (^{18}O) e deutério (^2H). A combinação de mais de uma taxa destes isótopos, aumenta o potencial da técnica de isótopos estáveis (THOMAS et al., 2005).

As composições de ^{18}O e ^2H refletem informações sobre o ambiente geográfico do pescado, sendo influenciados pela água. A composição de ^{13}C e ^{15}N está relacionada com a dieta consumida. Suas determinações são aplicadas para certificação de origem e controle de fraudes de produtos de origem animal (ROSSMAN, 2001; THOMAS et al., 2005).

Os valores de enriquecimento relativo são expressos em delta (δ) per mil (‰). Processos de enriquecimento isotópico são específicos para cada tecido animal (TIESZEN et al., 1983), pois diferentes tecidos de um mesmo animal podem apresentar tempos distintos de assimilação de nutrientes (HOBSON; CLARK, 1992). Cada tecido e/ou fração bioquímica pode apresentar *memória isotópica* própria, em função do conteúdo isotópico da alimentação e da taxa de renovação bioquímica (DUCATTI, 2007).

Estudos comparando sinais isotópicos em tecidos com taxas metabólicas distintas podem ser fontes de informação das variações da dieta dos peixes, ao longo do tempo. Sangue, fígado, músculo e ossos são muito utilizados na técnica de isótopos estáveis (DALERUM; ANGERBJÖRN, 2005).

A assinatura isotópica de uma dieta interfere no *turnover* nos tecidos (HOBSON; CLARK, 1992). O *turnover* consiste na síntese de um novo tecido corporal e degradação de um tecido antigo, e a taxa de *turnover* está associada à taxa de crescimento (MANETTA; BENEDITO-CECILIO, 2003), sendo a renovação contínua dos elementos químicos (DUCATTI, 2007).

A escolha do tipo de tecido analisado depende da questão de interesse (HOBSON; CLARK, 1992). Tecidos com *turnover* isotópico rápido refletem dietas disponibilizadas recentemente, ao passo que tecidos com *turnover* lento refletem dietas disponibilizadas em um período maior. Músculos apresentam assinatura isotópica uniforme e baixas taxas de *turnover* comparando com ossos

(CARBANELLAS-REBOREDO et al., 2009), que apresentam taxas mais lentas de incorporação isotópica (CARLETON, et al., 2008).

A avaliação de tempos distintos de assimilação isotópica, em tecidos com atividades metabólicas diferentes, é aplicada em estudos para identificação de espécies (LIMA, 2010) e diferenciação de métodos de produção (SERRANO et al., 2007).

Assim, o objetivo deste trabalho foi diferenciar cacharas *Pseudoplatystoma reticulatum* cultivados e capturados, pela técnica de isótopos estáveis de carbono (^{13}C) e nitrogênio (^{15}N), utilizando tecidos com atividades metabólicas diferentes (pele, músculo e osso).

2. Material e Métodos

2.1. Material Biológico

Cacharas *Pseudoplatystoma reticulatum* foram capturados e cultivados em tanques-rede em Ladário, no rio Paraguai, na região da cidade de Corumbá, estado de Mato Grosso do Sul. O cultivo ocorreu em tanques-rede (4 m³), por um período de 240 dias, e os peixes foram alimentados com ração comercial, na fase de engorda contendo 40% de proteína bruta. Ao final do experimento e na coleta de peixes, os animais foram pesados e mensurou-se o comprimento total, para cálculo do Fator de Condição de Fulton (K), segundo fórmula abaixo:

$$(K) = 10^5 \times [\text{peso total (kg)} \times \text{comprimento total}^3(\text{cm})]$$

Os animais foram sacrificados em gelo, e enviados para a Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Univ. Estadual Paulista, câmpus de Botucatu, Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, Laboratório de Tecnologia de Pesca. Para as análises de isótopos estáveis, as amostras foram

processadas e divididas em músculo, pele e osso. Foram utilizados para as análises, nove peixes capturados e dezoito peixes cultivados.

2.2. Isótopos Estáveis

As análises de isótopos estáveis de ^{13}C e ^{15}N foram feitas no Instituto de Biociências da UNESP, Univ. Estadual Paulista, câmpus de Botucatu, Centro de Isótopos Estáveis Ambientais em Ciência da Vida.

Amostras de músculo, pele e osso dos peixes foram secas em estufa de ventilação forçada Marconi[®] modelo MA 035, a 50°C , durante 48h, e depois moídos em moinho criogênico de nitrogênio líquido Spex[®], modelo 6750 freezer/mill, a -196°C . Para facilitar a moagem dos ossos, antes de serem processados no moinho criogênico, foram triturados manualmente, com o auxílio de um martelo de uso doméstico.

A amostra moída foi pesada em microbalança Metler Toledo[®] modelo MX5, precisão de $1\ \mu\text{g}$, em cápsulas de estanho. Para a análise de $\delta^{13}\text{C}$, foram pesadas de 50 a $60\ \mu\text{g}$ de amostra, e para análise de $\delta^{15}\text{N}$, foram pesadas amostras de 500 a $600\ \mu\text{g}$ para pele e músculo, e 1500 a $2000\ \mu\text{g}$ para osso.

As cápsulas de estanho contendo as amostras foram submetidas ao analisador elementar, modelo EA 1108 – CHN Fisons Elemental Analyzer[®], por meio de amostrador automático. A amostra sofreu combustão, para obtenção de CO_2 e N_2 , e estes gases formados foram separados em coluna cromatográfica gasosa, para serem analisados em espectrômetro de massa de razões isotópicas (IRMS) Delta S. Finnigan Mat[®], em que o analisador elementar encontra-se acoplado.

A leitura das amostras foi feita em duplicata. Os valores de enriquecimento relativo são expressos em delta (δ), per mil (‰), sendo aplicada a fórmula:

$$\delta X (\text{‰}) = [(R_{\text{amostra}} - R_{\text{padrão}}) / R_{\text{padrão}}] \times 1000$$

Sendo que δX representa $\delta^{13}C$ ou $\delta^{15}N$, e R corresponde à razão isotópica de carbono ($^{13}C/^{12}C$) e nitrogênio ($^{15}N/^{14}N$). As razões isotópicas foram comparadas com os padrões internacionais, estabelecidos para carbono – PDB (*Pee Dee Belemnite*) – e para nitrogênio – ar atmosférico (N_2).

2.3. Delineamento Experimental e Análise Estatística

Para a análise dos dados biométricos, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com dois tratamentos, peixes capturados e cultivados, com nove e dezoito repetições, respectivamente. As variáveis avaliadas (peso e comprimento) foram analisadas pela análise de variância (ANOVA). Para atender as pressuposições de análise, distribuição normal, pelo teste de Cramer-von Mises, e homocedasticidade das variâncias, pelo teste de Brown e Forsythe, os dados de peso e comprimento foram transformados, pela fórmula matemática $\text{LOG } 10(n)$, sendo n da fórmula o valor de peso ou comprimento. Para os resultados que apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de t-student, a 5% de probabilidade, em programa estatístico SAS[®] versão 9.0.

Para os dados de isótopos estáveis, realizou-se análise de variância multivariada (MANOVA) e análise de componentes principais, por correlação, para verificar diferenças entre os tratamentos, no programa estatístico Minitab[®]. Os fatores foram dois métodos de produção e três tecidos com metabolismos distintos. As variáveis analisadas foram nitrogênio ^{15}N e carbono ^{13}C .

3. Resultados e Discussão

Os dados biométricos dos cacharas demonstraram que o tamanho dos animais obtidos entre os métodos de produção foram diferentes ($p < 0,05$). Os

peixes capturados apresentaram maior peso e comprimento em relação aos cacharas cultivados ($p < 0,05$) (Tabela 1).

Tabela 1. Dados biométricos de cacharas *Pseudoplatystoma reticulatum* cultivados e capturados.

	Tratamento	
	Aquicultura	Captura
Peso (kg)	$0,95 \pm 0,26^B$	$7,61 \pm 2,19^A$
Comprimento (cm)	$47,9 \pm 3,7^B$	$87,9 \pm 8,0^A$

Valores com letras diferentes, na horizontal, diferem entre si ($p < 0,05$), ao teste de Tukey.

Diferenças morfológicas podem ser atribuídas à genética dos peixes, e a diferenças das condições de cultivo (ambiental e de produção) No caso do pescado cultivado, há uma capacidade limitada da progênie, enquanto que os peixes capturados apresentam maior variabilidade (TURCHINI et al., 2009). Mas no presente trabalho, o principal fator de influência das diferenças morfológicas foi idade. Tamanho e idade influenciam na composição do pescado (ALASALVAR et al., 2002).

A origem de produção e tecidos com taxas metabólicas distintas influenciaram os resultados ($p < 0,01$) dos valores de enriquecimento de carbono $\delta^{13}\text{C}$ e nitrogênio $\delta^{15}\text{N}$ (Tabela 2).

As concentrações de $\delta^{13}\text{C}$ nos tecidos animais terrestres dependem principalmente da proporção de plantas fotossintéticas C_3 e C_4 , na composição da dieta (TIESZEN et al., 1983). Para peixes de água doce, a composição de $\delta^{13}\text{C}$ é proveniente de plantas terrestres C_3 e C_4 ($\delta^{13}\text{C} = -27$ a -25‰ , e -15 a -12‰ , respectivamente), plantas aquáticas ($\delta^{13}\text{C} = -43$ a -12‰), e plâncton ($\delta^{13}\text{C} = -42$ a -24‰) (ROSENBAUER et al., 2009). Assim, no presente estudo, os valores de $\delta^{13}\text{C}$, dos cacharas capturados, refletem a ingestão de todas as fontes citadas (plantas C_3 e C_4 , aquáticas e plâncton), enquanto que a composição isotópica de

$\delta^{13}\text{C}$ dos peixes cultivados está relacionada com os ingredientes da ração utilizada na dieta.

Tabela 2. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) e $\delta^{15}\text{N}$ (‰) em diferentes tecidos, de cacharas *Pseudoplatystoma reticulatum*, cultivados e capturados.

Origem	Tecido					
	Músculo		Pele		Osso	
	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
Aquicultura	-19,85±0,81	8,89±0,21	-17,58±0,86	8,06±0,25	-20,64±0,46	9,45±0,27
Captura	-29,26±2,48	11,18±0,37	-26,54±1,75	10,81±0,37	-30,72±1,89	10,19±0,35

Médias ± desvio padrão.

Na natureza, o cachara é uma espécie ictiófaga, alimentando-se de uma variedade grande de peixes, que depende da disponibilidade da região (RESENDE et al., 1996). A qualidade nutricional da dieta afeta diretamente a concentração de $\delta^{15}\text{N}$ dos tecidos (BAHAR et al., 2005). O enriquecimento isotópico de $\delta^{15}\text{N}$ nos tecidos pode ser influenciado também por diversos fatores intrínsecos e extrínsecos, como maturidade e taxa de crescimento do animal, e variações sazonais de $\delta^{15}\text{N}$ no ambiente (MORRISON et al., 2007).

Assim, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$, permitiram diferenciar os peixes provenientes de métodos de cultivo distintos, em ambos os tecidos analisados, que apresentaram variações nos sinais isotópicos, pela análise de componentes principais (Figura 1).

A análise de componentes principais utiliza um conjunto de dados representado por uma matriz de n registros por p atributos, correlacionados, e sumarizam esse conjunto por eixos não correlacionados (componentes principais) que são uma combinação linear das variáveis $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$. Os componentes principais representam um sistema de eixos ortogonais que explicam toda a variabilidade original dos dados, sendo que o primeiro eixo (PC_1) explica a maior parte da variabilidade, e o segundo eixo (PC_2) explica a segunda maior parte.

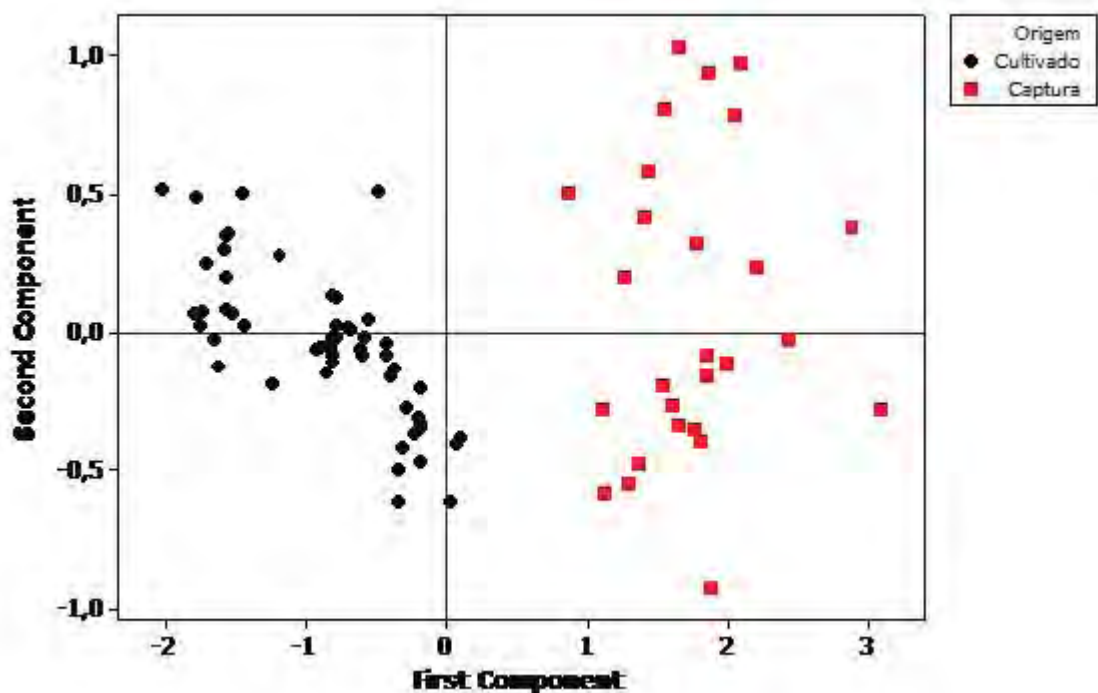


Figura 1. Análise de componentes principais, de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$, de músculo, pele e ossos de cacharas cultivados e capturados.

Ao comparar músculo, pele e ossos de cacharas cultivados e capturados foi possível diferenciar o método de produção ($p < 0,05$) (Figura 2). A diferenciação dos métodos de produção, em tecidos com atividades metabólicas distintas (SERRANO et al., 2007), auxilia na identificação da origem produtiva deste pescado.

Peixes cultivados recebem dietas distintas dos alimentos consumidos na natureza pelos peixes capturados. Durante todo período de produção, peixes cultivados recebem a mesma dieta alimentar (BUSETTO et al., 2008). Na natureza, cacharas apresentam hábitos migratórios (CAMPOS, 2005) e sua alimentação varia conforme a variedade e disponibilidade de alimento. Mas a composição isotópica animal é baseada na *memória isotópica* própria de cada tecido, em função da assimilação dos nutrientes da dieta (HOBSON; CLARK, 1992), e da taxa de renovação bioquímica (DUCATTI, 2007).

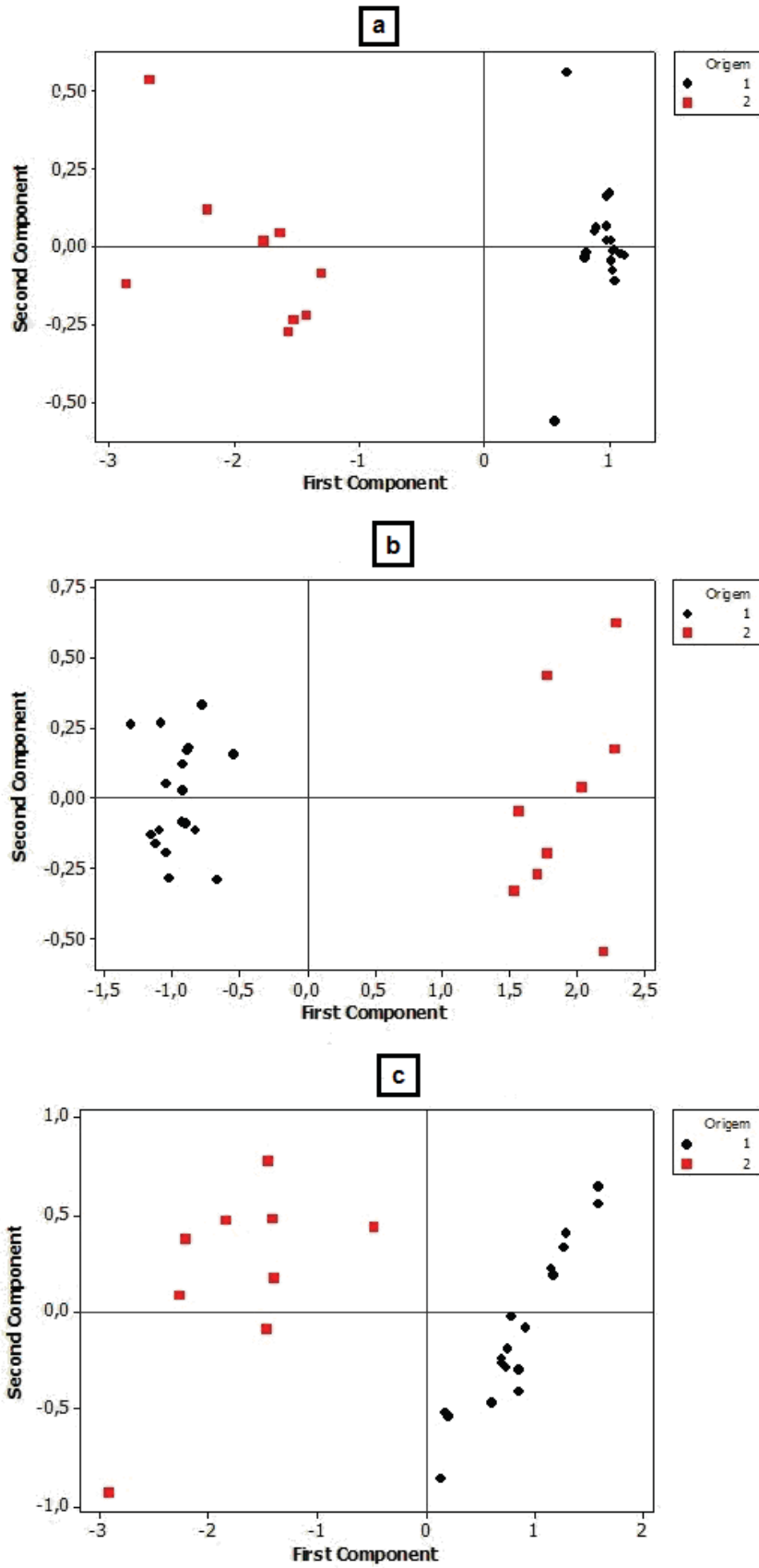


Figura 2. Análise de componentes principais, de (a) tecido muscular, (b) pele e (c) ossos de cacharas cultivados (1) e capturados (2).

A variável que mais influenciou os resultados foi carbono ^{13}C , comparando o método de produção e em todos os tecidos analisados (Tabela 3), pois apresentou maiores valores no componente principal 1 (PC_1), significando que é a variável que explica a maior variabilidade dos resultados.

Tabela 3. Variáveis da análise de componentes principais (PC_1 e PC_2), de origem de produção e dos tecidos músculo, pele e ossos, de cacharas *Pseudoplatystoma reticulatum*.

	PC_1		PC_2	
	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
Origem	0,982	0,189	0,189	0,982
Músculo	0,975	0,222	0,222	0,975
Pele	0,962	0,273	0,273	0,962
Ossos	0,997	0,073	0,997	0,073

Pela análise de componentes principais, também foi realizada comparação de dados, dos pares isotópicos $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$, para os três tecidos avaliados, nas duas procedências de produção (Figuras 3 e 4). A composição isotópica dos tecidos com metabolismos distintos analisados (pele, músculo e ossos) foi influenciada pelo método de origem ($p < 0,01$).

Para peixes cultivados, os pares isotópicos de todos os tecidos diferiram entre si ($p < 0,01$), com enriquecimento crescente de $\delta^{15}\text{N}$ na sequência dos tecidos ossos, músculo e pele (Figura 3). Durante todo período de produção, peixes cultivados recebem a mesma dieta alimentar (BUNETTO et al., 2008), mas os tecidos de um mesmo animal podem apresentar tempos distintos de assimilação de nutrientes (HOBSON; CLARK, 1992).

Para os peixes capturados o par isotópico de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$, diferiu ($p < 0,01$) para os tecidos músculo e osso (Figura 4). Músculos apresentam assinatura isotópica uniforme e baixas taxas de *turnover* (CARBANELLAS-REBOREDO et

al., 2009), ao passo que ossos apresentam taxas mais lentas de incorporação isotópica (CARLETON, et al., 2008).

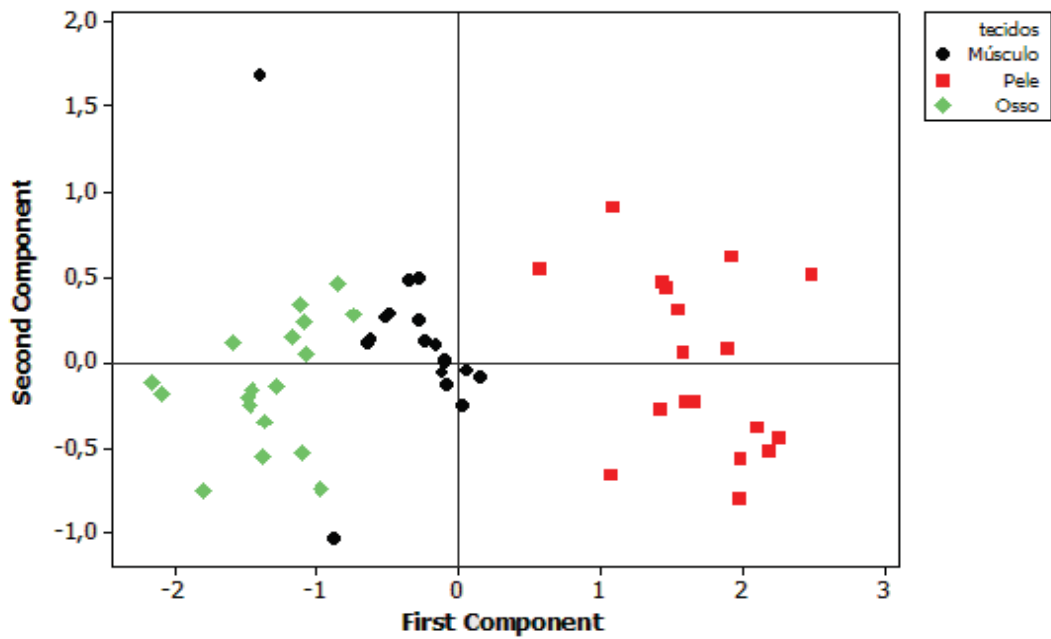


Figura 3. Análise de componentes principais, de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$, de tecidos com diferentes atividades metabólicas, em cacharas cultivados.

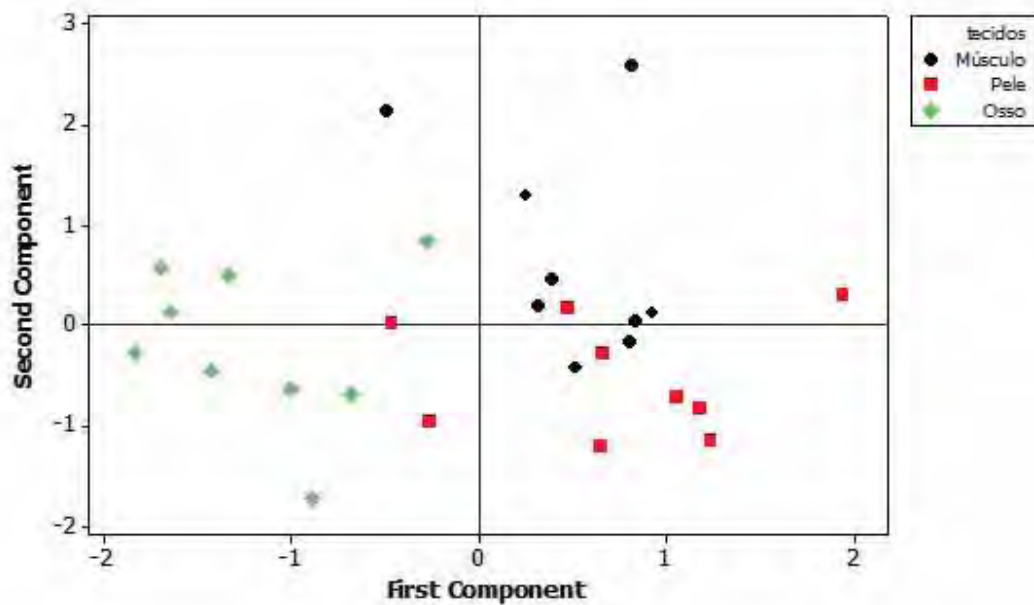


Figura 4. Análise de componentes principais, $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$, de tecidos com diferentes atividades metabólicas, em cacharas capturados.

4. Conclusões

É possível diferenciar cacharas cultivados e capturados, pela técnica de isótopos estáveis de carbono (^{13}C) e nitrogênio (^{15}N), utilizando tecidos com atividades metabólicas distintas – músculo, pele e ossos.

A técnica de isótopos estáveis pode ser uma ferramenta útil, em estudos de rastreabilidade de pescado.

5. Referências

ALASALVAR, C. et al. Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): total lipid content, fatty acid and trace mineral composition. **Food Chemistry**, Amsterdam, n. 79, p. 145-150, 2002.

BAHAR, B. et al. Alteration of the carbon and nitrogen stable isotope composition of beef by substitution of grass silage with maize silage. **Rapid Communications in Mass Spectrometry**, West Sussex, v. 19, p. 1937-1942, 2005.

BELL, J. G. et al. Discrimination of wild and cultured European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) using chemical and isotopic analyses. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, n. 55, p. 5934-5941, 2007.

BUSETTO, M. L. et al. Authentication of farmed and wild turbot (*Psetta maxima*) by fatty acid and isotopic analyses combined with chemometrics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, n. 56, p. 2742-2750, 2008.

CAMPOS, J. L. O cultivo do pintado. In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. P. 327-342. Santa Maria: Ed. UFSM. 2005.

CARBANELLAS-REBOREDO, M.; DEUDERO, S.; BLANCO, A. Stable-isotope signatures (^{13}C and ^{15}N) of different tissues of *Pinna Nobilis* Linnaeus, 1758 (Bivalvia): isotopic variations among tissues and between seasons. **Journal of Molluscan Studies**, London, n. 75, p. 343-349, 2009.

CARLETON, S. A. et al. Should we use one-, or multi-compartment models to describe ^{13}C incorporation into animal tissues? **Rapid Communications in Mass Spectrometry**, West Sussex, v. 22, p. 3008-3014, 2008.

DALERUM, F; ANGERBJÖRN, A. Resolving temporal variation in vertebrate diets using naturally occurring stable isotopes. **Oecologia**, Berlim, v. 144, p. 647-658, 2005.

DUCATTI, C. Aplicação dos isótopos estáveis em aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 1-10, 2007.

HOBSON, K. A.; CLARK, R. G. Assessing avian diets using stable isotopes I: turnover of ^{13}C in tissues. **The Condor**, Berkeley, n. 94, p. 181-188, 1992.

LIMA, E. J. V. M. O. **Utilização de isótopos estáveis de ^{13}C e ^{15}N na identificação de bacalhau *Gadus* e outras espécies de peixes salgados secos**. 2010. 59 p. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Centro de Aquicultura da UNESP, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

MANETTA, G. I.; BENEDITO-CECILIO, E. Aplicação da técnica de isótopos estáveis na estimativa da taxa de turnover em estudos ecológicos: uma síntese. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 121-129, 2003.

MOLKENTIN, J., et al. Identification of organically farmed Atlantic salmon by analysis of stable isotopes and fatty acids. **European Food Research and Technology**, n. 224, p. 535-543, 2007.

MORETTI, V. M. et al. Traceability issues in fishery and aquaculture products. **Veterinary Research Communications**, Dordrecht, n. 27, suppl. 1, p. 497-505, 2003.

MORRISON, D. J. et al. Authenticating production origin of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) by chemical and isotopic fingerprinting. **Lipids**, Champaign, n.42, p.537-545, 2007.

REGULAMENTO EC n° 178/2002. **Official Journal of the European Communities**, Luxembourg, l. 31/1-31/4, 2002.

ROSENBAUER, R. J. et al. Carbon, nitrogen and sulfur elemental and isotopic study in dated sediment cores from the Louisiana shelf. **Geo - Marine Letters**, v. 29, p. 415-429, 2009.

ROSSMAN, A. Determination of stable isotopes ratios in food analysis. **Food Reviews International**, Philadelphia, v. 17, p. 347-381, 2001.

SANT'ANA, L. S.; DUCATTI, C.; RAMIRES, D.G. Seasonal variations in chemical composition and stable isotopes of farmed and wild Brazilian freshwater fish. **Food Chemistry**. Amsterdam, n. 122, p. 74-77, 2010.

SCHRÖDER, U. Challenges in the traceability of Seafood. **Journal of Consumer Protection and Food Safety**, n. 3, p. 45-48, 2008.

SERRANO, R.; BLANES, M. A.; ORERO, L. Stable isotope determination in wild and farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*) tissues from the Western Mediterranean. **Chemosphere**, Oxford, n. 69, p. 1075-1080, 2007.

TIESZAN, L. L. et al. Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: implications for $\delta^{13}\text{C}$ analysis of diet. **Oecologia**, Berlin, n. 57, p. 32-37, 1983.

THOMAS, F.; JASMIN, E.; LEES, M. Isotopic analysis of lipids as a mean of authenticating fish products. **Lipid Technology**, v. 17, n. 9, p. 204-208, 2005.

TURCHINI, G. M. et al. Traceability and discrimination among differently farmed fish: a case study on Australian murray cod. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, n. 57 (1), p. 274-281, 2009.

Capítulo III

Composição Química de Cacharas Cultivados e Capturados

Resumo

A composição química do pescado pode ser influenciada por vários fatores, dentre eles, destaca-se o método de produção. As diferenças proporcionadas pelo método produtivo na composição do pescado podem ser atribuídas, dentre outros fatores, pela dieta dos peixes. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a composição química de cacharas *Pseudoplatystoma reticulatum*, provenientes de aquicultura e captura, do estado do Mato Grosso do Sul. Amostras foram analisadas na UNESP, Univ. Estadual Paulista, câmpus de Botucatu, para determinar composição química centesimal e mineral, perfil de aminoácidos e de ácidos graxos. Na determinação da composição química, origem do pescado influenciou os componentes centesimais e a composição mineral ($p < 0,05$). Apenas proteína, e o perfil de aminoácidos não foi alterado pela origem ($p > 0,05$), mas umidade, cinzas, lipídeos e composição de ácidos graxos foi influenciada ($p < 0,05$). Os resultados permitem concluir que a composição química é influenciada pela origem de produção.

Palavras-chave: ácidos graxos, aminoácidos, minerais, *Pseudoplatystoma reticulatum*.

Chemical Composition in Cultivated and Wild Brazilian Catfish

Abstract

The chemical fish composition can be affected by several factors, among with stands out the production method. The differences in the fish composition can be attributed, among other things, by diet. Therefore, this study aimed to determine the chemical composition between cultured and wild Brazilian catfish *Pseudoplatystoma reticulatum*. The fish from the Mato Grosso do Sul state, were evaluated in relation to the source - aquaculture or wild. Samples were analysed at Sao Paulo State University, in Botucatu city, to determine chemical and mineral composition, amino acids and fatty acids profile. The production source induced the chemical and mineral composition ($p < 0,05$). The amino acid profile was not affect by the source ($p > 0,05$), but the fatty acid profile was affected ($p < 0,05$). Thus, the chemical composition is affected by the production method.

Keywords: fatty acids, amino acids, minerals, *Pseudoplatystoma reticulatum*.

1. Introdução

A composição química do pescado pode ser influenciada por vários parâmetros, como fatores genéticos e sazonais, dieta, origem geográfica, espécie, idade, qualidade da água de cultivo ou captura (ALASALVAR et al., 2002; BUSETTO et al., 2008; SCHRÖDER, 2008). Métodos e tecnologia de produção também podem influenciar a composição química do pescado (BUSETTO et al., 2008; FALLAH et al., 2011; SCHRÖDER, 2008). Vários estudos foram conduzidos para avaliar diferenças de qualidade entre peixes cultivados e capturados (BELL et al., 2007; BUSETTO et al., 2008; FALLAH et al., 2011; SANT'ANA et al., 2010).

No sistema de rastreabilidade, a identificação de origem do pescado auxilia na determinação de atributos de qualidade. Pode-se diferenciar métodos de produção utilizando métodos analíticos como de lipídeos totais, perfil de ácidos graxos e de minerais (MARTÍNEZ et al., 2010).

Dentre as espécies nativas, destacam-se as espécies do gênero *Pseudoplatystoma*, como o cachara *Pseudoplatystoma reticulatum*, conhecido como surubim. Os surubins apresentam grande potencial comercial (CAMPOS et al., 2006), e morfológicamente apresentam corpo alongado e roliço, cabeça menor que a largura total do corpo, mandíbula com a maxila superior menor e dentes viliformes no palato (TAVARES, 1997). A carne apresenta coloração clara, sabor suave, presença de poucos espinhos (INOUE et al., 2009), além de se obter bom rendimento no processamento (CREPALDI et al., 2006).

Ainda pouco se sabe sobre o potencial nutricional da maioria das espécies brasileiras (RAMOS FILHO, 2008). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar diferenças na composição química de cacharas *P. reticulatum*, provenientes de aquicultura e captura.

2. Material e Métodos

2.1. Material Biológico

Cacharas *Pseudoplatystoma reticulatum* foram provenientes de origens de produção diferentes. Os peixes cultivados e capturados foram adquiridos de Ladário, rio Paraguai, região da cidade de Corumbá, Mato Grosso do Sul, Brasil. O cultivo ocorreu em tanques-rede (4 m³), em densidade de estocagem de 100 peixe/tanque-rede, por um período de 240 dias, e os peixes foram alimentados com ração comercial, contendo 40% de proteína.

Os animais foram sacrificados em gelo, e enviados para a Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Univ. Estadual Paulista, câmpus de Botucatu, Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, Laboratório de Tecnologia de Pescado. Após a aquisição, postas dos peixes foram amostradas, processadas e congeladas em freezer comercial a -18°C, em pools. Para cacharas de aquicultura, utilizou-se a relação de 6 peixes/pool, e para o pescado de captura, 3 peixes/pool, em 3 pools por tratamento, em análises realizadas em triplicata.

Foram mensurados peso e comprimentos dos peixes. Com os resultados de peso e comprimento, calculou-se o fator de condição de Fulton (K), pela fórmula:

$$(K) = 10^5 \times [\text{peso total (kg)} \times \text{comprimento total}^3(\text{cm})]$$

2.2. Análises Químicas

2.2.1. Composição Química

As análises de umidade e de cinzas foram definidas por secagem em estufa a 105°C (950.46) e mufla a 550°C (938.08), respectivamente (AOAC, 2005). A proteína bruta foi determinada pelo método semimicro Kjeldahl (940.25), sendo o valor de proteína obtido pela multiplicação do fator 6,25 (AOAC, 2005).

2.2.2. Perfil de Aminoácidos

A determinação de aminoácidos totais foi feita em laboratório do Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL. Foram quantificados o aminoácido triptofano, por método baseado em Spies (1967), e os aminoácidos totais - ácido aspártico, treonina, serina, ácido glutâmico, prolina, glicina, alanina, cistina, valina, metionina, isoleucina, leucina, lisina, tirosina, fenilalanina, histidina, arginina foram analisados segundo metodologias de White et al. (1986) e Hagen et al. (1989).

2.2.3. Determinações de Lipídeos Totais e Ácidos Graxos

Lipídeos totais foram determinados, de acordo com metodologia proposta (948.15) pela AOAC (2005). O mesmo procedimento de determinação de aminoácidos ocorreu com a determinação de ácidos graxos, feita em laboratório do Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL. Para determinação de lipídeos totais e ácidos graxos, as amostras sofreram hidrólise ácida, com ácido clorídrico 8,3 mol.L⁻¹, e ácido pirogálico foi adicionado para minimizar a degradação oxidativa. Após esta etapa, os ácidos graxos foram extraídos em éter etílico (996.06), e os extratos foram esterificados de acordo com procedimento descrito por Hartman e Lago (1973).

Com o perfil de ácidos graxos, calculou-se índices de qualidade nutricional. Os índices e suas fórmulas, para o cálculo, foram:

- P/S: razão entre ácidos graxos poli-insaturados e saturados;

$$P/S = \sum \text{PUFA} / \sum \text{AGS}$$

Sendo $\sum \text{PUFA}$ a somatória dos ácidos graxos poli-insaturados, e $\sum \text{AGS}$, a somatória dos ácidos graxos saturados;

- $\omega 6/\omega 3$: razão entre os ácidos graxos ômega 6 e ômega 3;

$$\omega 6/\omega 3 = \sum \text{PUFA } \omega 6 / \sum \text{PUFA } \omega 3$$

Sendo $\sum \text{PUFA } \omega 6$, somatória dos ácidos graxos poli-insaturados ômega 6, e $\sum \text{PUFA } \omega 3$, a somatória dos ácidos graxos poli-insaturados ômega 3.

- $\omega 3/\omega 6$: razão entre os ácidos graxos ômega 3 e ômega 6;

$$\omega 3/\omega 6 = \sum \text{PUFA } \omega 3 / \sum \text{PUFA } \omega 6$$

- IA: índice de aterogenicidade;

$$\text{IA} = 12:0 + (4 \times 14:0) + 16:0 / \sum \text{AGMS} + \sum \text{PUFA } \omega 6 + \sum \text{PUFA } \omega 3$$

Sendo 12:0, o teor do ácido graxo láurico, 14:0, teor do ácido graxo mirístico, 16:0, teor do ácido graxo palmítico, $\sum \text{AGMS}$ é a somatória dos ácidos graxos monoinsaturados.

- IT: índice de trombogenicidade;

$$\text{IT} = 14:0 + 16:0 + 18:0 / (0,5 \times \sum \text{AGMS}) + (0,5 \times \sum \text{PUFA } \omega 6) + (3 \times \sum \text{PUFA } \omega 3) + (\sum \text{PUFA } \omega 3 / \sum \text{PUFA } \omega 6)$$

Sendo 18:0 o teor de ácido graxo esteárico, e $\sum \text{PUFA } \omega 3 / \sum \text{PUFA } \omega 6$, a razão entre ácidos graxos ômega 3 e ômega 6.

2.2.4. Composição Mineral

A determinação de minerais ocorreu no Instituto de Biociências da UNESP, Univ. Estadual Paulista, câmpus de Botucatu, Departamento de Química e Bioquímica.

As determinações de cálcio, cobre, ferro, magnésio, manganês, potássio, sódio e zinco foram feitas por espectrometria de absorção e/ou emissão atômica, utilizando-se as condições descritas por Neves et al. (2012). A determinação do fósforo foi feita por espectrofotometria na região do visível, utilizando o método do ácido vanadomolibdicofosfórico, conforme descrito por Moraes et al. (2009). As amostras foram mineralizadas em mistura contendo ácido nítrico 14 mol L⁻¹ e peróxido de hidrogênio 30% m/m, com aquecimento em bloco digestor, marca Marconi®, modelo MA - 447/6/100. As determinações dos minerais foram feitas em espectrômetro de absorção atômica SHIMADZU modelo AA-6800, equipado

com corretor de absorção de fundo com lâmpada de deutério e sistema *self-reverse* (SR), tubo de grafite pirolítico com plataforma integrada, amostrador automático ASC-6100 e sistema de atomização eletrotérmica em forno de grafite GFA-EX7. Nas medidas de absorção foram utilizadas lâmpadas de cátodo oco de cálcio, cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco, operadas com 10 mA de corrente. Todas as determinações foram feitas com três repetições.

2.3. Delineamento Experimental e Análise Estatística

Para a composição química realizou-se teste em delineamento inteiramente casualizado (DIC), caracterizado por dois (2) tratamentos, com nove (9) repetições cada. As análises estatísticas (ANOVA) foram realizadas no programa estatístico SAS[®] versão 9.0. Quando encontradas diferenças estatísticas entre as médias ($p < 0,05$), aplicou-se teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

Os dados biométricos dos cacharas cultivados e capturados foram utilizados para determinar o fator de condição de Fulton (K). Os peixes capturados apresentaram maior peso e comprimento em relação aos cacharas cultivados ($p < 0,05$) (Tabela 1). Diferenças morfológicas podem ser atribuídas à genética e diferenças das condições de cultivo (ambiental e de produção) (TURCHINI et al., 2009), mas idade e tamanho são fatores de importante influência na composição do pescado (ALASALVAR et al., 2002).

O fator de condição de Fulton (K) diferiu estatisticamente entre os métodos de produção ($p < 0,05$). Peixes capturados apresentaram maiores valores de K, em relação aos cacharas cultivados. O fator de condição de Fulton (K) utiliza medidas de variação de peso e comprimento, como indicadores de bem-estar geral, gordura e desenvolvimento gonadal (LE CREN, 1951). É uma relação entre peso

e comprimento, com influência de fatores exógenos e endógenos, que fornece estimativa indireta do armazenamento energético dos peixes. Maiores valores de fator de condição de Fulton indicam melhor qualidade nutricional (HEINCKE, 1908; SANT'ANA et al., 2010).

Tabela 1. Dados biométricos e fator de condição de Fulton (K) de cacharas *Pseudoplatystoma reticulatum*, cultivados e capturados.

	Tratamento	
	Aquicultura	Captura
Peso (kg)	0,95 ± 0,26 ^B	7,61 ± 2,19 ^A
Comprimento (cm)	47,9 ± 3,7 ^B	87,9 ± 8,0 ^A
K	0,85 ± 0,01 ^B	1,10 ± 0,08 ^A

Média ± desvio padrão com letras diferentes, na horizontal, diferem entre si ($p < 0,05$), ao teste de Tukey.

A composição química do músculo de cacharas apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) ao comparar a aquicultura e captura (Tabela 2). Peixes provenientes do cultivo em tanques-rede apresentaram maiores teores de cinzas e lipídeos ($p < 0,05$), e peixes capturados apresentaram maiores teores de umidade. Os teores de proteína não diferiram entre os tratamentos ($p > 0,05$).

Tabela 2. Composição química, em porcentagem (%), de carne de cacharas *Pseudoplatystoma reticulatum* de aquicultura e de captura.

Origem	Umidade	Cinzas	Proteína	Lipídeos
Aquicultura	77,21 ± 1,03 ^B	1,15 ± 0,09 ^A	18,09 ± 1,22 ^A	4,53 ± 0,81 ^A
Captura	79,31 ± 1,72 ^A	1,04 ± 0,08 ^B	17,66 ± 1,73 ^A	2,30 ± 0,86 ^B

Médias ± desvio padrão seguidas de letras diferentes, na vertical, diferem entre si ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey. N=9

No geral, peixes capturados apresentam maior teor de água que peixes cultivados (FALLAH et al., 2011; HAARD, 1992). A água é o principal componente do pescado, e um dos componentes que apresenta maiores variações, entre 53 a 80% (GONÇALVES, 2011; HAARD, 1992). Carnes magras apresentam aproximadamente 75% de umidade (HONIKEL, 2009). As cinzas correspondem principalmente de diferentes minerais, que são constituintes em menor proporção, mas são essenciais para a promoção da saúde (MURRAY; BURT, 1969). O percentual e concentração de minerais no pescado é influenciado principalmente pela qualidade da água e alimentação (GONÇALVES, 2011).

Lipídeos totais diferiram entre as origens, em que peixes provenientes da aquicultura apresentaram maiores teores lipídicos ($p < 0,05$), que os peixes capturados. Os valores obtidos neste trabalho estão na faixa de valores encontrados em literatura para surubins cultivados em tanques-rede (BURKET et al., 2008; GARBELINI et al, 2010). Ramos Filho et al. (2008) encontraram valores de 10,03% de lipídeos, para cacharas capturados no estado de Mato Grosso do Sul. Variações lipídicas entre indivíduos da mesma espécie são muito acentuadas (GONÇALVES, 2011), além disso, o período de captura dos cacharas pode influenciar no acúmulo de gordura, pois a gordura acumulada é usada como fonte de energia durante os longos deslocamentos do período reprodutivo (GARBELINI et al, 2010).

A proteína representa de 15 a 20% da fração total (MURRAY; BURT, 1969). Burket et al. (2008) e Garbelini et al. (2010) encontraram valores protéicos maiores (20,48 a 22,17%) que os obtidos neste estudo, em cacharas cultivados em tanque-rede. Ramos Filho et al. (2008) encontraram valores próximos aos obtidos neste trabalho (18,50%), em cacharas capturados.

A proteína é formada por cerca de 20 aminoácidos, sendo que alguns são essenciais na dieta humana, como no caso da lisina e metionina (MURRAY; BURT, 1969), e outros são considerados não essenciais. O estudo do perfil de aminoácidos pode ser utilizado para determinar as exigências de aminoácidos da espécie, e também para estabelecer a qualidade protéica do pescado (CAMPOS et al., 2006). O perfil de aminoácidos não foi influenciado pela origem ($p > 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3. Aminoácidos totais (em mg/100g), em músculo de cacharas *Pseudoplatystoma reticulatum* cultivados em tanque-rede e cultivados.

Aminoácidos (mg/100g)	Aquicultura	Captura
Essenciais		
Leucina	1,48 ± 0,07	1,42 ± 0,13
Isoleucina	0,90 ± 0,02	0,86 ± 0,07
Valina	0,98 ± 0,02	0,95 ± 0,07
Metionina	0,66 ± 0,04	0,65 ± 0,07
Treonina	0,98 ± 0,02	0,92 ± 0,07
Fenilalanina	0,78 ± 0,08	0,72 ± 0,08
Lisina	1,72 ± 0,24	1,58 ± 0,15
Arginina	1,28 ± 0,03	1,24 ± 0,11
Triptofano	0,28 ± 0,02	0,24 ± 0,06
ΣAAE	9,06 ± 0,54	8,58 ± 0,81
Não essenciais		
Ac. Aspártico	2,16 ± 0,05	2,09 ± 0,20
Ac. Glutâmico	3,29 ± 0,08	3,18 ± 0,29
Serina	0,80 ± 0,04	0,76 ± 0,06
Glicina	0,89 ± 0,08	0,79 ± 0,06
Histidina	0,44 ± 0,02	0,45 ± 0,04
Alanina	1,18 ± 0,04	1,09 ± 0,08
Prolina	0,65 ± 0,04	0,60 ± 0,04
Tirosina	0,62 ± 0,01	0,62 ± 0,06
Cistina	0,27 ± 0,03	0,29 ± 0,03
ΣAANE	10,3 ± 0,39	9,87 ± 0,86
ΣAAT	19,36 ± 0,93	18,45 ± 1,67

Médias ± desvio padrão (n=3). Análises realizadas em triplicata, em pools de amostras.

No presente estudo, o ácido glutâmico foi o aminoácido predominante, e triptofano e cistina os de menores teores, em cacharas cultivados e capturados. A lisina foi o aminoácido essencial de maior concentração em ambos os tratamentos, evidenciando sua importância, na composição muscular dos peixes (FOSTER; OGATA, 1998).

Na composição de ácidos graxos (Tabela 4), houve diferenças estatísticas ($p < 0,05$), entre os peixes cultivados e capturados. O ácido palmítico (C 16:0) foi o ácido graxo saturado predominante em ambos os cacharas, correspondendo a mais de 20% da concentração total de ácidos graxos.

Na composição dos ácidos graxos monoinsaturados, ácido oléico (C 18:1 ω -9) apresentou maiores teores, sendo o ácido graxo de maior concentração, na totalidade do perfil de ácidos graxos. Nos ácidos graxos poli-insaturados, o linoléico (C 18:2 ω -6) apresentou maiores percentuais.

Os percentuais de ácidos graxos apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os peixes cultivados e capturados. Os cacharas provenientes de aquicultura apresentaram maiores teores de ácidos graxos monoinsaturados, poli-insaturados e ômega-6, e na composição, maiores concentrações dos ácidos graxos esteárico, oléico, linoléico e heneicosanóico ($p < 0,05$).

A composição de ácidos graxos e lipídeos totais do músculo de pescado reflete a composição de ácidos graxos da dieta (ARSLAN et al., 2008; FALLAH et al., 2011). A maior concentração de ácidos graxos monoinsaturados, em cacharas cultivados, deve-se provavelmente devido ao maior conteúdo de ácidos graxos monoinsaturados na dieta dos peixes cultivados, além disso, os ácidos graxos oléico e linoléico estão presentes nos lipídeos dos ingredientes utilizados em dietas de peixes (ALASALVAR et al., 2002).

Em relação aos cacharas capturados, obtiveram maiores teores ($p < 0,05$) dos ácidos graxos pentadecanóico (C 15:0) e araquidônico (C 20:4 ω -6).

Alguns ácidos graxos apresentaram desvio padrão alto, representando alta variação dos resultados das amostras. Este fato pode estar relacionado com a variedade da dieta, entre os indivíduos avaliados, mas além da dieta, outros fatores podem ter influenciado a alta variação, como tamanho, idade e estágio reprodutivo dos animais (ALASALVAR et al., 2002).

Tabela 4. Determinação de lipídeos totais e composição de ácidos graxos, de cacharas *Pseudoplatystoma reticulatum* de aquicultura e captura.

Determinação	Aquicultura	Captura
Lipídeos totais (g/100g)	4,53 ± 0,81 a	2,30 ± 0,86 b
Saturados (%)		
C 14:0	1,14 ± 0,04 a	1,44 ± 0,19 a
C 15:0	0,32 ± 0,07 b	1,17 ± 0,19 a
C 16:0	22,53 ± 0,60 a	21,31 ± 2,79 a
C 17:0	0,41 ± 0,13 a	1,54 ± 0,37 a
C 18:0	9,45 ± 0,36 a	8,03 ± 1,55 b
C 20:0	0,32 ± 0,07 a	0,27 ± 0,24 a
C 21:0	1,14 ± 0,04 a	0,58 ± 0,09 b
C 22:0	0,25 ± 0,05 a	< 0,01 a
∑ AGS (%)	35,65 ± 0,84 a	34,45 ± 4,94 a
∑ AGS (g/100g)	1,46 ± 0,30 a	0,80 ± 0,35 a
Monoinsaturados (%)		
C 14:1 ω-5	0,07 ± 0,11 a	< 0,01 a
C 15:1	0,32 ± 0,07 a	0,58 ± 0,09 a
C 16:1 ω-7	3,09 ± 0,22 a	4,20 ± 0,41 a
C 17:1	0,25 ± 0,05 a	0,74 ± 0,18 a
C 18:1 ω-9 TRANS	0,16 ± 0,14 a	0,54 ± 0,94 a
C 18:1 ω-9	32,45 ± 1,02 a	22,01 ± 3,94 b
C 20:1 ω-11	1,14 ± 0,04 a	1,17 ± 0,19 a
∑ AGMS (%)	37,31 ± 0,75 a	30,29 ± 3,01 b
∑ AGMS (g/100g)	1,52 ± 0,31 a	0,70 ± 0,29 b
Poli-insaturados (%)		
C 18:2 ω-6	17,94 ± 0,33 a	4,15 ± 0,89 b
C 18:3 ω-6	0,38 ± 0,18 a	< 0,01 a
C 18:3 ω-3 TRANS	< 0,01 a	< 0,01 a
C 18:3 ω-3	1,39 ± 0,03 a	2,45 ± 0,51 a
C 20:2 ω-6	0,57 ± 0,02 a	0,58 ± 0,09 a
C 20:4 ω-6	0,98 ± 0,16 b	2,97 ± 0,14 a
C 20:5 ω-3	0,66 ± 0,17 a	0,95 ± 0,30 a
C 22:5 ω-3	0,32 ± 0,07 a	0,74 ± 0,66 a
C 22:6 ω-3	2,05 ± 0,20 a	1,91 ± 0,04 a
∑ PUFA (%)	24,29 ± 0,23 a	14,40 ± 1,07 b
∑ PUFA (g/100g)	0,99 ± 0,21 a	0,33 ± 0,13 b
∑ PUFA ω-3 (%)	4,42 ± 0,38 a	6,27 ± 0,56 a
∑ PUFA ω-6 (%)	19,87 ± 0,18 a	8,13 ± 0,65 b
∑ PUFA ω-3/∑ PUFA ω-6	0,22	0,77
∑ PUFA ω-6/∑ PUFA ω-3	4,49	1,30

Médias ± desvio padrão seguidas de letras diferentes, na horizontal, diferem entre si (p<0,05), pelo teste de Tukey.. N=3
Somente os ácidos graxos mais importantes estão listados. AGS = ácidos graxos saturados; AGMS = ácidos graxos monoinsaturados; PUFA = ácidos graxos poli-insaturados.

A qualidade nutricional do perfil de ácidos graxos pode ser quantificada por diferentes índices, que indicam a potencialidade do alimento em influenciar ou prevenir doenças coronárias (Tabela 5).

Tabela 5. Índices de qualidade nutricional dos lipídeos de cacharas *Pseudoplatystoma reticulatum* de aquicultura e captura.

Origem	P/S	$\omega 6/\omega 3$	$\omega 3/\omega 6$	IA	IT
Aquicultura	0,68	4,49	0,22	0,45	0,79
Captura	0,41	1,30	0,77	0,51	0,79

P/S = razão entre ácidos graxos poli-insaturados e saturados. $\omega 6/\omega 3$ = razão entre ácidos graxos ômega-6 e ômega-3. $\omega 3/\omega 6$ = razão entre ácidos graxos ômega-3 e ômega-6. IA= índice de aterogenicidade. IT= índice de trombogenicidade.

A razão entre ácidos graxos poli-insaturados e saturados (P/S) indica a potencialidade na indução do aumento de colesterol sanguíneo (RAMOS FILHO et al., 2008). Segundo recomendações do *Department of Health and Social Security* (1984), P/S deve ser superior a 0,45 para o alimento ser considerado benéfico. Cacharas capturados obtiveram razão inferior às recomendações de literatura. Entretanto, este índice é questionável, uma vez que não considera os efeitos metabólicos de ácidos graxos monoinsaturados.

A razão entre ácidos graxos ômega-6 e ômega-3 ($\omega 6/\omega 3$) indica a prevenção no risco de doenças cardiovasculares, e seu valor deve ser inferior a 4,00 (DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY, 1984). Cacharas cultivados obtiveram razão acima de 4,00, enquanto os capturados obtiveram razão 1,30, indicando maior possibilidade de benefícios cardiovasculares, na classificação deste índice.

A razão entre ácidos graxos ômega-3 e ômega-6 ($\omega 3/\omega 6$, inversa ao índice anterior, considera que valores maiores são desejáveis, para prevenção de doenças degenerativas do coração. Cacharas capturados, para este índice, obtiveram melhores resultados, em relação aos cacharas cultivados.

Os índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT), são baseados nos efeitos funcionais dos ácidos graxos. IA é a razão entre a soma dos principais AGS, e da somatória dos principais PUFA. IT relaciona os principais AGS, considerados pró-trombogênicos, e os AGMS e PUFA $\omega 6$, considerados anti-trombogênicos. Em ambos os tratamentos, os índices foram próximos.

A composição mineral dos cacharas (Figura 1), também foi influenciada pelos métodos de produção ($p < 0,05$). Cacharas capturados apresentaram maiores teores de Mn, Na e K ($p < 0,05$). Os teores de Mg e Ca foram maiores em peixes de aquicultura ($p < 0,05$). As diferenças de teores minerais nos animais, possivelmente estão relacionadas aos diferentes habitats, e também diferentes dietas (SANDOR et al., 2001). Os principais fatores que influenciam a composição mineral são qualidade da água e dieta (FALLAH et al., 2011; GONÇALVES, 2011).

Na e K foram os minerais predominantes em ambas as origens de produção. Níveis apropriados de Na e K são necessários para o funcionamento normal das células (ANDERSON; SILVA, 2003).

Ca apresentou maiores concentrações nos cacharas cultivados ($p < 0,05$). Diferindo deste estudo, Fallah et al. (2011) encontraram maiores teores de Ca, na composição mineral de trutas arco-íris capturadas, comparadas com peixes cultivados em sistema *raceway*. Ca é um macromineral componente do esqueleto e de várias vias de processos fisiológicos, como a osmorregulação e contração muscular (ANDERSON; SILVA, 2003). P não apresentou diferenças de concentração entre os peixes cultivados e capturados ($p > 0,05$). P compõe ossos, vias de ações metabólicas e muitas moléculas importantes, como ATP e fosfolípídeos. (ANDERSON; SILVA, 2003). Tanto Ca, como P, são necessários para o desenvolvimento normal dos ossos, prevenindo doenças como raquitismo e osteomalácia (ERKAN; ÖZDEN, 2007).

Mg é importante constituinte do tecido esquelético, cofator de algumas reações metabólicas e atua na manutenção do tônus muscular (ANDERSON; SILVA, 2003). Mg diferiu entre os peixes de aquicultura e de captura, com os peixes cultivados apresentando as maiores concentrações ($p < 0,05$).

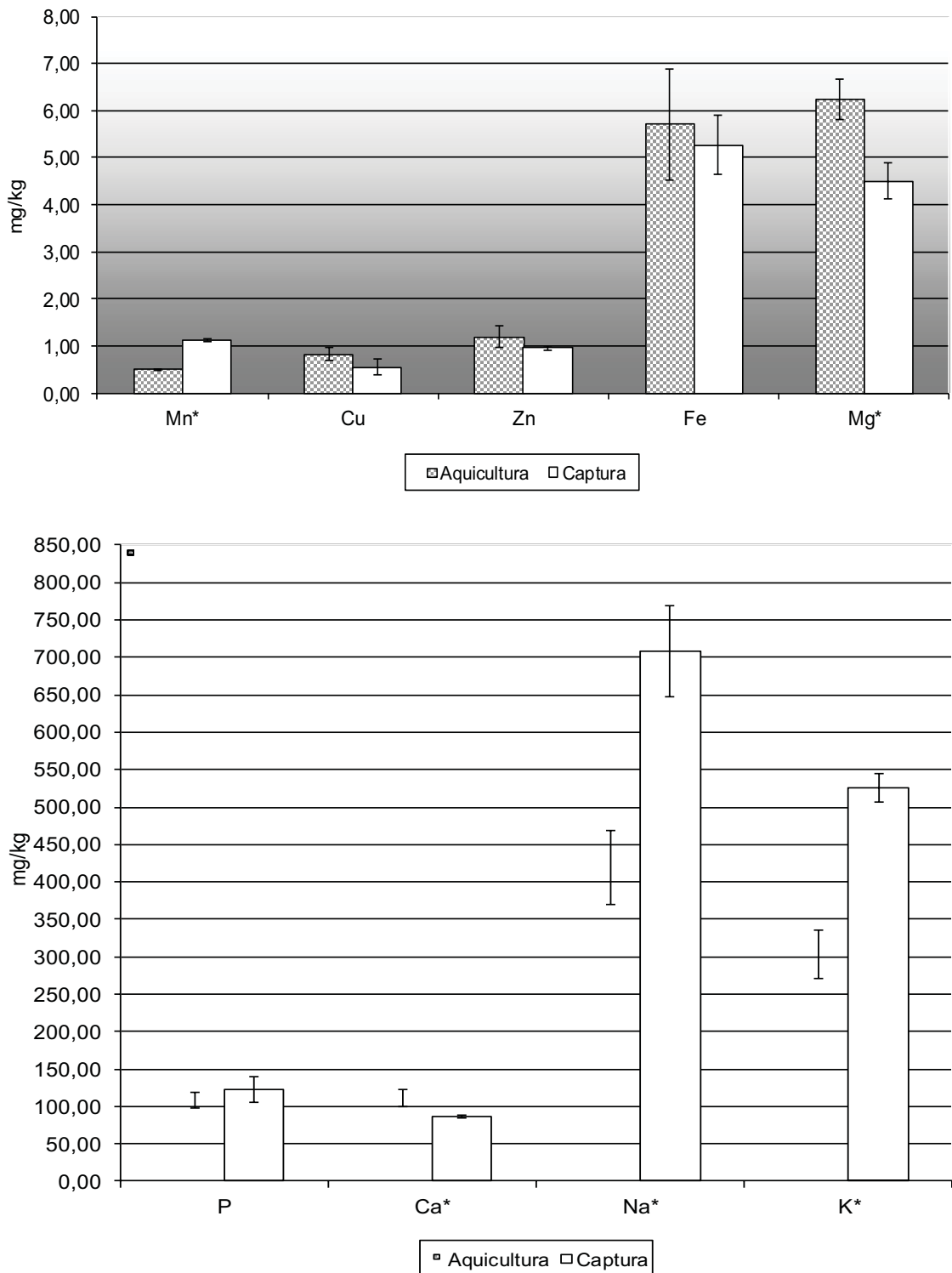


Figura 1. Comparação de teores de minerais (mg/kg), de cacharas *Pseudoplatystoma reticulatum* cultivados e capturados. * Resultados diferem entre si ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey.

Os teores de Cu não diferiram entre os peixes cultivados e capturados ($p>0,05$). O Cu é um elemento essencial para as funções vitais do homem, e não tóxico em baixas concentrações. Para Fe, não houve diferenças de teores entre cacharas cultivados e capturados ($p>0,05$).

Zn atua em funções fisiológicas, como crescimento e replicação celular, maturação sexual, fertilidade e reprodução (MENEGASSI, 2011), e pescado é fonte deste mineral. As concentrações médias deste elemento são de 3 a 5 mg.kg^{-1} (OEHLENSCHLÄGER, 2002), concentrações superiores ao valor médio obtido para cacharas no presente trabalho ($1,11 \pm 0,20 \text{ mg.kg}^{-1}$).

4. Conclusões

A composição química de cacharas *Pseudoplatystoma reticulatum* apresentou diferenças entre peixes capturados e cultivados. Além disso, a determinação do perfil de aminoácidos e ácidos graxos, assim como a composição mineral são importantes fontes de conhecimento do valor nutricional da espécie.

5. Referências

ALASALVAR, C. et al. Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): total lipid content, fatty acid and trace mineral composition. **Food Chemistry**, Amsterdam, n. 79, p. 145-150, 2002.

AOAC. **Official methods of analysis**. 14 th ed. Arlington, 1980. 1141 p.

AOAC. **Official methods of analysis**. 17th ed. Arlington, 2005.

ARSLAN, M. et al. Effects of different dietary lipid sources on the survival growth, and fatty acid composition of South American Catfish, *Pseudoplatystoma fasciatum*. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 39, n. 1, p. 51-61, 2008.

- BELL, J. G. et al. Discrimination of wild and cultured European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) using chemical and isotopic analyses. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, n. 55, p. 5934-5941, 2007.
- BURKET, D. et al. Rendimentos do processamento e composição química de filés de surubim cultivado em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 37, n. 7, p. 1137-1143, 2008.
- BUSETTO, M. L. et al. Authentication of farmed and wild turbot (*Psetta maxima*) by fatty acid and isotopic analyses combined with chemometrics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, n. 56, p. 2742-2750, 2008.
- CAMPOS, J. L. O cultivo do pintado. In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. P. 327-342. Santa Maria: Ed. UFSM. 2005.
- CAMPOS, P.; MARTINO, R. C.; TRUGO, L. C. Amino acid composition of Brazilian surubim fish (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with different levels and sources of fat. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 96, p. 126-130, 2006.
- CREPALDI, D. V. et al. O surubim na aquacultura do Brasil. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 30, n. 3/4, p. 150-158, 2006.
- DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY. **Diet and cardiovascular disease**. London: HMSO. 1984.
- ERKAN, N.; ÖZDEN, Ö. Proximate composition and mineral contents in aqua cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*), sea bream (*Sparus aurata*) analyzed by ICP-MS. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 102, p. 721-725, 2007.
- FALLAH, A. A.; SAEI-DEHKORDI, S. S.; NEMATOLLAHI, A. Comparative assessment of proximate composition, physicochemical parameters, fatty acid profile and mineral content in farmed and wild rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 46, p. 767-773, 2011.
- FOOD STANDARDS AGENCY. **The composition of foods**. 6th Ed. Cambridge, 2002.
- FOSTER, I.; OGATA, H. V. Lysine requirement of juvenile japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream *Pagrus major*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 161, p. 131-142, 1998.
- GARBELINI, J. S. et al. Atributos de qualidade em filés de cachara produzidos em tanques-rede no rio Paraguai (Ladário –MS). In: 5^o Simpósio sobre Recursos

Naturais e Socioeconômicos do Pantanal, 2010. Corumbá. **Anais...** Corumbá: EMBRAPA Pantanal. 2010. Não paginado.

GONÇALVES, A. A. Aspectos gerais do pescado. In: GONÇALVES, A. A. **Tecnologia de pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação**. São Paulo: Editora Atheneu, 2011. p. 02-09.

HAARD, N. F. Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. **Food Research International**, Oxford, v. 25, p. 289-307, 1992.

HAGEN, S. R.; FROST, B.; AUGUSTIN, J. Precolumn phenylisothiocyanate derivatization and liquid chromatography of aminoacids in food. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, Gaithersburg, v. 72, n. 6, p. 912-916, 1989.

HARTMANN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practices**, London, v. 22, p. 475-477, 1973.

HONIKEL, K. O. Moisture and water-holding capacity. In: NOLLET, L.M.L.; TOLDRÁ, F. **Handbook of muscle food analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2009, p. 315-334.

INOUE, L. A. K. A. et al. **Princípios básicos para produção de alevinos de surubins (pintado e cachara)**. Embrapa. 2009. Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/DOC100.pdf>> Acesso em: 15 set. 2010.

LOPES, A. M. R. M. **Avaliação da contaminação em metais pesados em pescado: análise da situação do pescado comercializado em Portugal e dos alertas emitidos pelo sistema RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed)**. 2009. 181 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova Lisboa, Lisboa, 2009.

MARTÍNEZ, I. et al. Analytical methods to differentiate farmed from wild seafood. In: NOLLET, L. M. L.; TOLDRÁ, F. **Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2010. cap. 14, p. 215-232.

MENEGASSI, M. Aspectos nutricionais do pescado. In: GONÇALVES, A. A. **Tecnologia de pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação**. São Paulo: Editora Atheneu, 2011. p. 43-60.

MORAES, P. M. et al. Determinação de fósforo biodisponível em rações de peixes utilizando extração assistida por ultrassom e espectrofotometria no visível. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 923-927, 2009.

MORETTI, V. M. et al. Traceability issues in fishery and aquaculture products. **Veterinary Research Communications**, Dordrecht, n. 27, suppl. 1, p. 497-505, 2003.

NEVES, R. C. F. et al. Fracionamento de cobre em proteínas do plasma, músculo e fígado de tilápia do Nilo. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 493-498, 2012.

OEHLENSCHLÄGER, J. Identifying heavy metals in fish. In: BREMNER, H. A. **Safety and quality issues in fish processing**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2002, p. 95-108.

ÖZDEN, Ö.; ERKAN, N., ULUSOY, S. Determination of mineral composition in three commercial fish species (*Solea solea*, *Mullus surmuletus* and *Merlangus merlangus*). **Environmental Monitoring and Assessment**, Dordrecht, n. 170, p. 353-363, 2010.

RAMOS FILHO, M. M. et al. Perfil lipídico de quatro espécies de peixes da região pantaneira de Mato Grosso do Sul. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 361-365, 2008.

SANDOR, Z. et al. Trace metal levels in freshwater fish, sediment and water. **Environmental Science and Pollution Research**, Heidelberg, n. 4, p. 265-268, 2001.

SANT'ANA, L. S.; DUCATTI, C.; RAMIRES, D. G. Seasonal variations in chemical composition and stable isotopes of farmed and wild Brazilian freshwater fish. **Food Chemistry**. Amsterdam, n. 122, p. 74-77, 2010.

SCHRÖDER, U. Challenges in the traceability of Seafood. **Journal of Consumer Protection and Food Safety**, n. 3, p. 45-48, 2008.

SPIES, J. R. Determination of tryptophan in proteins. **Analytical Chemists**, v. 39, p. 1412-1415, 1957.

TACON, A. G. J.; SILVA, S. S. Mineral composition of some commercial fish feeds available in Europe. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 31, p. 11-20, 1983.

TAVARES M. P. O surubim. In: MIRANDA, M. O. T. **Surubim**. Belo Horizonte: IBAMA, p.10, 1997.

WHITE, J. A.; HART, R. J.; FRY, J. C. An evaluation of the waters Pico-Tag System for the aminoacids analysis of food materials. **Journal of Automatic Chemistry**, New York, v.8, n.4, p. 170-177, 1986.