



**LUISA MARIA FERREIRA DE SOUSA OLIVEIRA**

**CARACTERÍSTICAS DE FILÉS DE PACUS,  
*Piaractus mesopotamicus*, ALIMENTADOS COM  
RACTOPAMINA NA FASE DE TERMINAÇÃO**

**LAVRAS – MG**

**2012**

**LUISA MARIA FERREIRA DE SOUSA OLIVEIRA**

**CARACTERÍSTICAS DE FILÉS DE PACUS, *Piaractus mesopotamicus*,  
ALIMENTADOS COM RACTOPAMINA NA FASE DE TERMINAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Ciências Veterinárias, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Maria Emília S. G. Pimenta

Coorientadores

Dr. Raimundo Vicente de Sousa

Dr. Márcio Gilberto Zangeronimo

**LAVRAS – MG**

**2012**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Oliveira, Luisa Maria Ferreira de Sousa.

Características de filés de pacus, *Piaractus mesopotamicus*,  
alimentados com ractopamina na fase de terminação / Luisa Maria  
Ferreira de Sousa Oliveira. – Lavras : UFLA, 2012.

68 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Maria Emília S. G. Pimenta.

Bibliografia.

1. Aquicultura. 2. Composição centesimal. 3. Beta-adrenérgicos.  
4. Gordura em alimentos. 5. Peixes. 6. Aditivos nutricionais. 7.  
Nutrição. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 639.3752

**LUISA MARIA FERREIRA DE SOUSA OLIVEIRA**

**CARACTERÍSTICAS DE FILÉS DE PACUS, *Piaractus mesopotamicus*,  
ALIMENTADOS COM RACTOPAMINA NA FASE DE TERMINAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Ciências Veterinárias, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 12 de julho de 2012.

Dr. Márcio Gilberto Zangeronimo	UFLA
Dra. Gláucia Frasnelli Mian	UFLA
Dr. Thiago Archângelo Freato	EPAMIG

Dr. Raimundo Vicente de Sousa  
Coorientador

**LAVRAS – MG**

**2012**

*À minha família, por formar os alicerces da minha vida,*

*Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

Ao CnPq, pela bolsa e financiamento concedidos;

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade;

À Profa. Maria Emília S.G. Pimenta (DCA), pela orientação e por todos os ensinamentos e apoio dados;

Aos Professores Márcio Gilberto Zangeronimo e Raimundo Vicente de Sousa (DMV), pela orientação, pela ajuda e pelo apoio dados sempre;

Ao Departamento de Medicina Veterinária, pela oportunidade de desenvolver este trabalho;

Ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pelo uso do espaço físico para realização das análises e pelo apoio e auxílio dos funcionários sempre, em especial à Tina, Flávia e ao “Seu” Miguel (*in memorian*), por toda a colaboração e pela paciência;

Aos funcionários do Setor de Piscicultura, Eleci e José, pela ajuda prestada;

Aos membros da banca por aceitarem o convite e pelas sugestões dadas com o objetivo de melhorar sempre este trabalho;

Aos primeiramente colegas e hoje amigos Luis Felipe, Tatiana, Taciene e Matheus, por me apoiarem, nos momentos de descontração e por sempre estarem dispostos a ajudar;

À Kátia, Renato, Bruno, Roseane, Luciana e Guilherme, dentre tantos outros que ajudaram como puderam, por toda a ajuda dada e pelos conselhos.

À minha família, pelo amor, apoio e compreensão sempre;

Ao meu noivo ,João Paulo, pela paciência, carinho e por estar sempre ao meu lado e aos amigos do coração Sheila, Vilson, Ana, Carol e Ericsson, que tiveram paciência de me ouvir, me deram apoio e souberam entender as ausências frequentes;

A Deus, pois sem Ele nada disso teria sentido algum.

## RESUMO

A ractopamina é um beta adrenérgico sintético, repartidor de energia, utilizada com o objetivo de aumentar a produção de carne magra em detrimento da gordura na carcaça de diversas espécies, inclusive em peixes. Neste trabalho, avaliou-se a influência do uso de ractopamina (RAC) na alimentação de pacu (*Piaractus mesopotaminius*) na fase de terminação sobre alguns parâmetros de qualidade dos filés. Foram utilizados 35 animais com peso médio de  $0,868 \pm 0,168$  kg, que foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (níveis de RAC - 11,25; 22,50; 33,75 e 45 ppm) e mais um grupo controle, cada um com sete repetições de um animal cada. As rações foram isoenergéticas e isoproteicas e o tempo experimental foi de 90 dias. Foram avaliados a composição centesimal dos filés, o pH inicial e 24 horas após abate, as perdas de peso por descongelamento e por cocção e os índices de oxidação lipídica após 12 dias em geladeira (4 °C) e 60 dias em *freezer* (-10 °C). Os níveis de RAC não influenciaram ( $P>0,05$ ) o pH inicial e às 24 horas dos filés, porém, observou-se efeito linear crescente ( $P<0,05$ ) no teor de gordura e decrescente ( $P<0,05$ ) sobre o teor de proteína bruta e a perda de peso por cocção. No nível de 11,25 ppm houve uma redução ( $P<0,05$ ) no nível de gordura dos filés. Ocorreu uma redução ( $P<0,05$ ) no teor de proteína dos filés no nível de 45 ppm. Houve efeito quadrático ( $P<0,05$ ) sobre os teores de cinzas, perda de peso por descongelamento e índices de oxidação lipídica para os filés armazenados durante 8 e 12 dias em geladeira ou 60 dias em *freezer*, sendo 33,75 ppm o nível de RAC que resultou em menor índice de oxidação lipídica. Na avaliação da perda de peso por cocção, os níveis de 11,25 e 22,50 ppm apresentaram valores maiores ( $P<0,05$ ), o que é um ponto negativo. Assim, conclui-se que a RAC pode melhorar a qualidade dos filés de pacus, reduzindo seu teor de gordura no nível de 11,25 ppm, mas não apresenta efeito positivo sobre os níveis de proteína bruta.

Palavras-chave: Aquicultura. Composição centesimal. Beta-adrenérgicos. Gordura em alimentos.

## ABSTRACT

Ractopamine is a synthetic beta adrenergic, power splitter, used in order to increase the production of lean meat in detriment of fat in the carcass of several species, including fish. This study evaluated the influence of ractopamine (RAC) in feed for pacu (*Piaractus mesopotaminius*) in finishing phase over fillet quality parameters. Thirty five animals with an average weight of  $0.868 \pm 0.168$  kg were distributed in a completely randomized design with four treatments (levels of RAC – 11,25; 22,50; 33,75 and 45 ppm) and a control group, each with seven replicates of one animal. The diets were isoenergetic and isoproteic and the experimental period was of 90 days. Chemical composition of the fillets, initial pH and pH at 24 hours after the slaughter, weight loss by thawing and cooking and lipid oxidation indexes after 12 days in the refrigerator (4 ° C) and 60 days in a freezer (-10 ° C) were evaluated. The RAC levels did not affect ( $P > 0.05$ ) the initial pH and Ph at 24 hours of the fillets, however, there was increased linearly effect ( $P < 0.05$ ) in fat rate, and decreasing linearity effect ( $P < 0.05$ ) on crude protein rate and weight loss by cooking. At the level of 11,25 ppm the level of fat in the fillets was reduced ( $P < 0.05$ ). A reduction ( $P < 0.05$ ) also occurred in the protein content of the fillets on the level of 45 ppm. A quadratic effect ( $P < 0.05$ ) occurred on ash content, weight loss by thawing and lipid oxidation rates for the fillets stored for 8 and 12 days in the refrigerator or freezer for 60 days, in 33,75 ppm level RAC, which resulted in a lower rate of lipid oxidation. In the weight loss by cooking evaluation, levels 11,25 and 22,50 ppm presented higher values ( $P < 0.05$ ), which is a drawback. Thus, it is concluded that RAC may improve pacu fillet quality, reducing its fat rate to 11,25 ppm level, but presents no positive effect on crude protein levels.

Keywords: Aquaculture. Proximate composition. Beta-adrenergic. Fat in food.



## LISTA DE FIGURAS

### PRIMEIRA PARTE

- Figura 1 Estrutura química dos hormônios noradrenalina e adrenalina, conhecidos coletivamente como catecolaminas ..... 14
- Figura 2 Estrutura química dos principais agonistas beta-adrenérgicos utilizados como agentes repartidores de nutrientes na alimentação animal..... 14
- Figura 3 Estrutura química da Ractopamina..... 15
- Figura 4 Mecanismo da auto-oxidação lipídica proposto por Farmer et al. (1942) ..... 28

### SEGUNDA PARTE-ARTIGOS

#### ARTIGO 1

- Figura 1 Teor de Cinzas (%) dos filés de pacus que receberam níveis crescentes de ractopamina na dieta na fase de terminação ..... 46
- Figura 2 Perda de peso por descongelamento (%) dos filés de pacus que receberam níveis crescentes de ractopamina na dieta na fase de terminação ..... 48
- Figura 3 Concentração média de dilaldeído malônico (mg/Kg) encontrada nos filés de pacus que receberam níveis crescentes de ractopamina na dieta na fase de terminação, avaliados aos oito dias de armazenamento em geladeira (T 4 °C)..... 51
- Figura 4 Concentração média de dialdeído malônico (mg/Kg) encontrada nos filés de pacus que receberam níveis crescentes de ractopamina na dieta na fase de terminação, avaliados aos 12 dias de armazenamento em geladeira (T 4 °C) ..... 51

Figura 5 Concentração média de dialdeído malônico (mg/Kg ) encontrada nos filés de pacus que receberam níveis crescentes de ractopamina na dieta na fase de terminação, avaliados aos 60 dias de armazenamento em *freezer* (T -10 °C) ..... 52

## LISTA DE TABELAS

### PRIMEIRA PARTE

Tabela 1 Composição centesimal (% média $\pm$ DP) do pacu ( <i>P. mesopotamicus</i> ) cultivado e capturado.....	25
--	----

### SEGUNDA PARTE-ARTIGOS

#### ARTIGO 1

Tabela 1 Composição das dietas experimentais.....	42
Tabela 2 Composição química, pH e perda de peso por descongelamento e por cocção de filés de pacu ( <i>Piaractus mesopotamicus</i> ) que receberam níveis crescentes de ractopamina na dieta na fase de terminação .....	45
Tabela 3 Teores médios de dialdeído malônico (mg/Kg) em filés resfriados e congelados de pacus ( <i>Piaractus mesopotamicus</i> ) que receberam níveis crescentes de ractopamina na dieta na fase de terminação .....	50

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	14
<b>2.1</b>	<b>Agonistas Beta-Adrenérgicos (ABA's)</b> .....	14
<b>2.1.1</b>	<b>Ractopamina</b> .....	15
<b>2.1.2</b>	<b>Receptores beta adrenérgicos</b> .....	17
<b>2.1.3</b>	<b>Ações metabólicas da ractopamina</b> .....	18
<b>2.1.4</b>	<b>Efeitos esperados da ractopamina</b> .....	21
<b>2.2</b>	<b>Pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>, Holmberg, 1887)</b> .....	23
<b>2.3</b>	<b>Análises da composição de alimentos</b> .....	26
<b>3</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	29
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	30
	<b>SEGUNDA PARTE - ARTIGOS</b> .....	38
	<b>ARTIGO 1 Características químicas e físicas em filés de pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>) alimentados com ractopamina</b> .....	38

## 1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, a presença de gordura em alimentos tem sido cada vez mais desvalorizada pelo consumidor. Com a crescente preocupação em relação à qualidade dos produtos ingeridos e com o aumento da população em geral, muitos recursos tecnológicos são desenvolvidos com o intuito de aumentar os índices produtivos, reduzir os custos da produção e oferecer um produto final com a qualidade exigida pelo consumidor. Com esse objetivo, os produtores buscam investir em espécies com alta produtividade e pouca deposição de gordura na carcaça, em todos os setores alimentícios. Estes fatores têm propiciado um intenso crescimento da aquicultura no Brasil de maneira geral.

Nessa busca por melhores características de qualidade da carne e desempenho da produção, existem algumas tecnologias que possibilitam essa melhora. Dentre essas, estão os aditivos nutricionais, como os agonistas beta adrenérgicos (ABA), que atuam como repartidores de energia, favorecendo o crescimento muscular em detrimento do acúmulo de gordura. Estes aditivos podem causar diversas alterações na carne, como a quantidade e proporção de proteína, o perfil de ácidos graxos ou no metabolismo *post mortem*.

Dentre os principais ABA utilizados na produção animal, a ractopamina é a mais utilizada atualmente, por apresentar uma segurança maior tanto para os animais quanto para os consumidores em função de sua rápida eliminação do organismo. Nos dias de hoje, é permitida e utilizada em alguns países em suínos, bovinos e perus, como Estados Unidos, Brasil e México. Tem-se comprovado que a ractopamina atua modificando o metabolismo animal, melhorando os índices de desempenho e as características de carcaça, direcionando os nutrientes para funções zootécnicas que são desejáveis para o produtor e o consumidor.

Por outro lado, existem poucos estudos com relação ao uso desta substância em peixes. O primeiro trabalho sobre o uso da ractopamina em peixes data de 1993 (MUSTIN; LOVELL, 1993), sendo relativamente recente se comparado às demais espécies. Além disso, apresentam resultados controversos, em função da variedade de animais aquáticos utilizados na piscicultura.

O Pacu (*Piaracatus mesopotamicus*) é originário da bacia do Prata sendo uma espécie de importância na aquicultura nacional, por ser um dos peixes nativos mais criados por piscicultores. Possui boa aceitabilidade no mercado, reprodutibilidade e fácil adaptação às condições da criação em cativeiro. Em contrapartida, sua carne é classificada como de alto teor lipídico, sendo que a maior deposição ocorre na fase de terminação, por se tratar de um peixe migratório.

Com este trabalho, objetivou-se avaliar a qualidade da carne de pacu (pH, composição centesimal, perdas de peso por descongelamento e por cocção e níveis de oxidação lipídica) recebendo dietas com diferentes níveis de ractopamina na dieta (0 a 45 ppm) na fase de terminação.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Agonistas Beta-Adrenérgicos (ABA's)

Os agonistas beta-adrenérgicos (ABA's) são análogos estruturais sintéticos dos hormônios conhecidos como catecolaminas (adrenalina e noradrenalina – Figura 1), apresentando, portanto, efeitos farmacológicos semelhantes a estas substâncias endógenas (SALEM et al., 2006). Como exemplos de ABA podem ser citados a ractopamina, o salbutamol e o clenbuterol (DUNSHEA, 1993), apresentados na Figura 2.

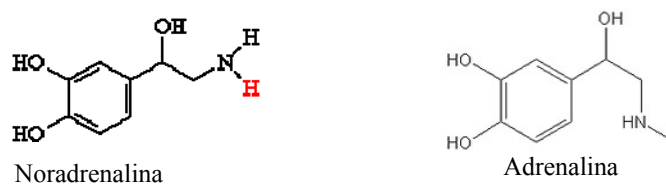


Figura 1 Estrutura química dos hormônios noradrenalina e adrenalina, conhecidos coletivamente como catecolaminas

Fonte: Adaptado de Smith (1998)

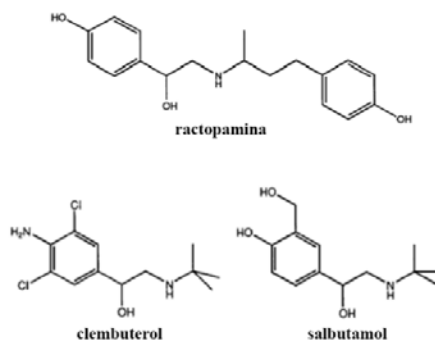


Figura 2 Estrutura química dos principais agonistas beta-adrenérgicos utilizados como agentes repartidores de nutrientes na alimentação animal

Fonte: Adaptado de Smith (1998)

Os ABA's atuam diretamente nos receptores beta dos adipócitos, alterando o metabolismo celular e levando a um decréscimo nas taxas lipogênicas, de produção e armazenamento lipídico, e aumentando a lipólise, com estímulo à mobilização e hidrólise lipídica (DUNSHEA, 1993; DUNSHEA et al., 2005). Com isso, a taxa de acúmulo de lipídeos nos adipócitos e o crescimento do tecido adiposo ficam reduzidos, resultando em uma carne mais magra. Estas alterações são diretamente influenciadas pela dose, duração do tratamento, tipo de beta agonista e espécie em questão (DUNSHEA et al., 2005).

### 2.1.1 Ractopamina

A ractopamina (RAC) é um ABA do grupo das fenetanolaminas com estrutura análoga às catecolaminas adrenalina e noradrenalina. As fenetanolaminas fazem parte de uma classe de compostos que se ligam aos receptores alfa e beta-adrenérgicos e são caracterizadas pela presença de um anel aromático, uma cadeia lateral da etanolamina e o nitrogênio alifático (Figura 3) (SMITH, 1998).

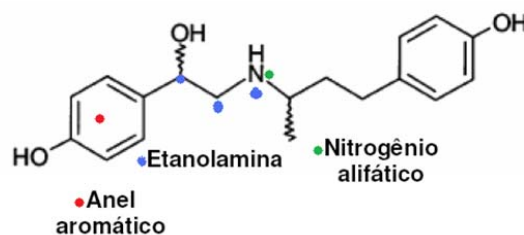


Figura 3 Estrutura química da Ractopamina

Fonte: Adaptado de Smith (1998)



A ractopamina é classificada como um promotor de crescimento (BRIDI et al., 2006), por agir modificando o metabolismo animal, melhorando os índices de desempenho e as características de carcaça, direcionando os nutrientes para funções zootécnicas desejáveis ao produtor e ao consumidor (MITCHELL; SOLOMON; STEELE, 1990). Amplamente pesquisada nos últimos 20 anos, a droga foi aprovada para uso em produção animal nos Estados Unidos e em vários outros países, como por exemplo, no Brasil em 1999 (FOOD AND DRUG ADMINISTRATION - FDA, 2000).

Seu efeito no organismo ocorre tanto no metabolismo proteico, com um incremento na taxa de síntese proteica em detrimento da degradação, como no metabolismo lipídico, reduzindo a lipogênese. Isto é observado em diversas espécies de animais de produção, como bovinos (ALLEN et al., 2009; QUINN et al., 2008), suínos (BRIDI et al., 2006; MOORE; MULLAN; SOUZA, 2012), ovinos (MONDRAGÓN et al., 2007) e algumas espécies de peixes, como a truta arco-íris (HAJI-ABADI et al., 2010). Nessas últimas, tem-se observado efeitos menos significativos em relação a mamíferos (HAJI-ABADI et al., 2010; SALEM et al., 2006; WEBSTER et al., 1995).

Em peixes, a RAC tem sido pouco estudada, mas os resultados obtidos em sua maioria são condizentes com os efeitos observados em outras espécies, ou seja, aumento na taxa de crescimento, redução da gordura na carne e aumento da síntese proteica. Porém, variações têm sido observadas em função da dose, da espécie e tempo de tratamento (HAJI-ABADI et al., 2010; MOCCIA et al., 1998; SALEM et al., 2006; WEBSTER et al., 1995).

O potencial do uso da ractopamina em peixes é interessante para a aquicultura, uma vez que seu uso pode incrementar o ganho de peso e a conversão alimentar, aumentando a eficiência produtiva. Isso levaria a uma redução no custo final da produção, além de aumentar o valor do filé e reduzir a poluição das águas, por proporcionar uma maior produtividade em um menor

espaço e tempo. Estudada desde 1993 utilizada em poucas espécies de peixes, como o bagre e truta arco-íris (BERG; LEATHERLAND; MOCCIA, 1998; BERG; MOCCIA, 1998).

### **2.1.2 Receptores beta adrenérgicos**

Os receptores betas adrenérgicos são proteínas que possuem de 450 a 600 aminoácidos em sua composição. Existem três subtipos conhecidos de receptores betas ( $\beta_1$ ,  $\beta_2$  e  $\beta_3$ ). Os receptores  $\beta_1$ , mais importantes farmacologicamente, são encontrados no miocárdio, os  $\beta_2$  no sistema nervoso e respiratório e os  $\beta_3$  no tecido adiposo. Os hormônios adrenalina e noradrenalina normalmente se ligam a estes receptores para ativar sua cascata de reações que culminam com diversas respostas biológicas como, por exemplo, o aumento na frequência cardiorrespiratória, sudorese, dentre outras. Estes receptores, em relação à sua distribuição e proporção no organismo, variam entre as espécies (DOMÍNGUÉZ-VARA et al., 2009; EKPE; MOIBI; CHRISTOPHERSON, 2000; KOOHMARAIE et al., 1991).

Como exemplo de mecanismo de ação, a formação de um complexo agonista-receptor beta adrenérgico ativo a enzima Adenilato-ciclase, incrementando a quantidade de AMP cíclico intracelular. Por sua vez, o AMPc atua sobre a proteína-quinase A, que altera o metabolismo celular, gerando diversos efeitos no mecanismo de funcionamento da célula (DOMÍNGUÉZ-VARA et al., 2009; FERGUSON, 2001; MERSMANN, 1998).

O estudo na musculatura de trutas (*Oncorhynchus mykiss*) realizado por Lortie e Moon (2003), avaliou a presença, proporção, localização e a função de receptores beta-adrenérgicos tanto no músculo branco quanto no músculo vermelho desta espécie. Foi observado que os receptores estão distribuídos nos dois tipos musculares, mas apresentam conformação e proporção diferentes

daquelas observadas em mamíferos. Os autores observaram, ainda, que existem receptores do tipo  $\beta_1$  e  $\beta_2$  em ambos os músculos, em menor quantidade do que em outros tecidos (como o miocárdio e fígado). Entretanto, pela proporção corporal do tecido muscular em relação às vísceras, a quantidade de receptores torna-se numericamente maior no músculo.

Alguns agonistas e antagonistas adrenérgicos com ação conhecida em mamíferos já foram utilizados para determinar a ativação e função dos receptores no peixe (LORTIE; MOON, 2003). Nesse trabalho, a ractopamina apresentou maior afinidade por receptores do tipo  $\beta_2$ , por isso, a importância de se determinar a presença destes na musculatura de peixes. Este estudo foi pioneiro no sentido de determinar a existência destes receptores e tentar desvendar seu funcionamento, o que não foi totalmente possível, pelas grandes diferenças nas vias de ativação pelo complexo agonista-receptor em peixes.

### **2.1.3 Ações metabólicas da ractopamina**

#### **a. Tecido adiposo**

A ractopamina apresenta, no tecido adiposo, o efeito de aumentar o catabolismo lipídico. Como resultado produz uma redução na quantidade de gordura tecidual (HOOF et al., 2005; LIU; MILLS, 1989; MERSMANN, 1998, 2002). Os receptores ABA, uma vez ativos, aumentam o AMPc intracelular, que leva à fosforilação e ativação da enzima lipase hormônio sensível que, por sua vez, aumenta o catabolismo lipídico intracelular (MERSMANN, 2002). Os ácidos graxos liberados no adipócito podem ser utilizados por outros tecidos como fonte de energia. Por esta razão, o uso de ABA, como a ractopamina, seria inclusive indicado em algumas espécies com alta quantidade de gordura em sua composição. Entretanto, em algumas espécies este efeito não é atingido como o

esperado, enquanto em outras, como os ruminantes, o efeito é evidente (MILLS; MERSMANN, 1995; OKSBJERG et al., 1995).

A síntese e esterificação de ácidos graxos também são inibidas (concorda com síntese + escarificação) (inibida pela ativação dos receptores ABA's. Com isso a redução da lipogênese resulta em uma menor deposição de gordura nos tecidos (DUNSHEA et al., 2005; LIU; MILLS, 1989; MERSMANN, 1998; SMITH, 1998).

Segundo estudo de Heeswijk, Vianen e Thillart (2006), avaliando as rotas do metabolismo lipídico influenciado por beta adrenérgicos naturais em trutas, o mecanismo de ação dos ABA's em peixes é diferente daquele observado em mamíferos. Enquanto nos mamíferos a ação ocorre diretamente nos receptores presentes no tecido adiposo, em peixes acredita-se que a liberação de ácidos graxos livres ocorra por estímulos dos receptores presentes no fígado e não por ação direta no tecido adiposo, levando à modificação do perfil de ácidos graxos depositados no músculo. Esta descoberta indica que a ação dos ABA's em peixes pode ser diferente da observada em mamíferos. Porém, mais estudos são necessários no sentido de determinar as rotas e mecanismos exatos de ação.

## **b. Músculo**

No tecido muscular, local onde também existem receptores adrenérgicos, o efeito do ABA é o de aumentar a perfusão sanguínea, aumentando a disponibilidade de energia e nutrientes para a síntese de proteínas. Este mecanismo favorece o aumento no tamanho e na quantidade de aminoácidos no músculo (CASTELLANOS-RUELAS et al., 2006; EKPE; MOIBI; CHRISTOPHERSON, 2000; LI et al., 2000).

Além de aumentar o tamanho do músculo, também ocorrem alterações nos tipos de fibra muscular e na proporção de actina e miosina. A magnitude desta resposta varia de acordo com o ABA administrado e por outros fatores

como a espécie, raça e outras características individuais, como sexo, quantidade de alimento ingerido, estresse, dentre outros que afetam a conversão alimentar direta ou indiretamente (MERSMANN, 1998; MILLER et al., 1988).

Em peixes, alguns trabalhos conduzidos demonstraram um efeito no metabolismo celular através da ativação dos receptores  $\beta$ -adrenérgicos do tipo 2, que culminaram em aumento no anabolismo proteico. Estes estudos foram conduzidos com duas espécies de bagre, o bagre do canal, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque) (MUSTIN; LOVELL, 1993) e bagre azul, *Ictalurus furcatus* (Valenciennes) (WEBSTER et al., 1995) e em truta arco-íris, *O. mykiss* (BERG; LEATHERLAND; MOCCIA, 1998; BERG; MOCCIA, 1998), todos obtiveram resultados semelhantes. Assim, como a presença e a atividade dos receptores do tipo  $\beta_2$  responsivos à ractopamina na musculatura de peixes foi evidenciado, acredita-se que a via de ativação do mecanismo de ação celular que leva ao aumento na síntese de proteína muscular seja semelhante àquela observada em mamíferos (LORTIE et al., 2004).

Em um estudo conduzido por Salem et al. (2006), avaliando as rotas metabólicas proteicas no músculo de trutas e a ação da ractopamina e do clenbuterol sobre os sistemas enzimáticos musculares (catepsinas e calpaínas), a ractopamina provocou uma redução nos níveis da enzima proteolítica catepsina-D, sendo observado um aumento nas proteínas miofibrilares nos dois tipos musculares (branco e vermelho) e na fração proteica solúvel no músculo branco. Esse efeito pode indicar uma diferença entre peixes e mamíferos no que diz respeito aos sistemas enzimáticos proteicos de maior importância. Em mamíferos, sabe-se que as calpaínas são as proteases de maior importância. Já em peixes, esse trabalho demonstrou a importância das catepsinas, uma vez que a redução na sua atividade provocou um aumento significativo no teor proteico do músculo na espécie estudada (SALEM et al., 2006).

#### **2.1.4 Efeitos esperados da ractopamina**

##### **a. Na carcaça**

Quando o animal é tratado com ABA, o efeito direto mais frequentemente observado na composição da carcaça é a redução do conteúdo de gordura, o que é mais claramente observado em bovinos, suínos e ovinos (AVENDAÑO-REYES et al., 2006; CASTELLANOS-RUELAS et al., 2006; SALINAS-CHAVÍRA et al., 2004). Também ocorre aumento na quantidade de músculo, na área de olho de lombo, além de aumentar a deposição de proteína muscular (CASTELLANOS-RUELAS et al., 2006; DOMÍNGUÉZ-VARA et al., 2009).

Estes efeitos apresentados têm impacto positivo na produção de carne, pela crescente demanda do mercado consumidor por alimentos mais saudáveis e com menos gordura em sua composição, o que também é benéfico do ponto de vista econômico. Apesar dos claros efeitos benéficos demonstrados, alguns trabalhos conduzidos com diversas espécies não demonstraram estes efeitos, podendo ter a influência dos fatores individuais causando esta variação na resposta (GARZA et al., 1997; KOOHMARAIE; SHACKELFORD; WHEELER, 1996; SALINAS-CHAVÍRA et al., 2006; SHACKELFORD et al., 1992; ZORRILLA et al., 1998).

Em peixes, diversos estudos avaliando a composição muscular foram conduzidos com diferentes espécies, como bagre do canal, *Ictalurus punctatus* (MUSTIN; LOVELL, 1993), truta arco-íris (BERG; MOCCIA, 1998; HAJI-ABADI et al., 2010; MOCCIA et al., 1998). Estes estudos utilizaram níveis diferentes de ractopamina na dieta, sendo que alguns observaram efeito de aumento nos níveis proteicos no músculo e redução de gordura na carcaça, quando se utiliza, conjuntamente à ractopamina, níveis proteicos elevados na dieta (MUSTIN; LOVELL, 1993). Em outro estudo, conduzido com truta arco-

íris, além das alterações acima mencionadas, observou-se uma alteração no perfil de ácidos graxos dos filés com um aumento nos ácidos graxos insaturados, enquanto os ácidos graxos saturados permaneceram inalterados (HAJI-ABADI et al., 2010). Entretanto, outros trabalhos mostram resultados inconsistentes (BERG; MOCCIA, 1998; MOCCIA et al., 1998). Nenhum estudo utilizando beta-adrenérgicos em peixes nativos que avalie a composição da musculatura foi encontrado na literatura até o presente momento.

#### **b. Nos índices produtivos**

Diversos trabalhos buscam evidenciar os efeitos da ractopamina e outros  $\beta$ -adrenérgicos nos índices produtivos de animais de produção. Em estudos realizados com suínos, alguns autores observaram melhora na conversão alimentar, com maior crescimento associado à redução no consumo (BRUMANO; GATTÁS, 2009; SEE; ARMSTRONG; WELDON, 2004; STOLLER et al., 2003). Outros estudos conduzidos com a mesma espécie, não observam esse efeito (DUNSHEA, 1993; DUNSHEA et al., 1998, 2005; SCHINCKEL et al., 2001). Já em bovinos, são observados efeitos benéficos mais claros nos índices produtivos (AVENDAÑO-REYES et al., 2006; CASTELLANOS-RUELAS et al., 2006).

Em peixes, o mesmo pode ser observado em alguns trabalhos. Berg e Moccia (1998), Haji-Abadi et al. (2010) e Mustin e Lovell (1993), observam melhora na eficiência alimentar e um incremento da taxa de crescimento dos animais em algumas doses de ractopamina, enquanto outros não observaram este efeito (BERG; LEATHERLAND; MOCCIA, 1998; LORTIE et al., 2004; MOCCIA et al., 1998; SALEM et al., 2006). Existem algumas correntes explicativas para estas controvérsias, como o modelo experimental utilizado, a dose, o número reduzido de receptores em algumas espécies, problemas na ativação dos receptores em alguns animais ou ainda variações individuais nas

respostas (MERSMANN, 1998). Até o momento, não há um consenso em relação aos índices produtivos devido a estas características.

### **c. Na qualidade da carne**

No que diz respeito à quantidade de gordura nas carnes em geral, a ractopamina parece produzir um efeito de redução, o que é benéfico do ponto de vista da saúde do consumidor e da durabilidade do produto final, reduzindo a oxidação lipídica, um dos maiores causadores de deterioração nas carnes (GREGORY et al., 2011). Já quando a qualidade é avaliada pelo lado do sabor e suculência, uma redução na quantidade de gordura pode influir negativamente nestas características, o que, de certa maneira, torna-se prejudicial à qualidade (DOMINGUÉZ-VARA et al., 2009).

Em espécies onde o excesso de gordura prejudica a qualidade do produto final, como em suínos e peixes, o uso da ractopamina é justificável, pela possibilidade de um maior benefício nutricional pela redução da quantidade de gordura na carne destas espécies. Já em bovinos, não é muito desejável uma carne com pouca gordura, pois a sua palatabilidade e maciez ficariam comprometidas, o que prejudica a sua avaliação sensorial por parte do consumidor, que acaba rejeitando estes tipos de carne na maioria das vezes (DOMINGUÉZ-VARA et al., 2009). Não existem até o momento, publicações que abordem de maneira ampla a qualidade da carne de peixes nativos que receberam ractopamina na dieta.

## **2.2 Pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg, 1887)**

O pacu é um membro da família *Characidae*, antigamente conhecido como *Colossoma mitrei*. Conforme a região pode receber outros nomes, como caranha, pacu-guaçu e pacu-caranha (URBINATI; GONÇALVES;



TAKAHASHI, 2010; VIEGAS et al., 2008). Possui o corpo discoide e estreito, podendo atingir até 20 kg no ambiente natural. São originários da bacia do Prata, principalmente das sub-bacias do rio Paraguai (pantanal mato-grossense) e Paraná (que drena os rios Grande, Paraná e Tietê) (URBINATI; GONÇALVES; TAKAHASHI, 2010).

O número de espécies de peixes registradas na literatura na bacia do Rio Grande está em torno de 170, muitas consideradas raras e endêmicas. Entre elas, podem-se citar as pertencentes à Ordem *Characiformes*, caracterizadas por possuírem escamas cobrindo o corpo todo (exceto a cabeça), presença de uma nadadeira adiposa e pré-maxilar fixo ao crânio. Como representantes desta Ordem, podem-se citar: curimba (*Prochilodus lineatus*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). Estas espécies, como outras da mesma ordem, são reofilicas e dependem da dinâmica da correnteza fluvial e de fatores ambientais para a alimentação e reprodução (GUEVARA, 2003; OYAKAMA et al., 2006; URBINATI; GONÇALVES; TAKAHASHI, 2010).

O pacu é uma espécie migratória, que realiza desova total e é onívora, se alimentando basicamente de frutos, sementes e pequenos crustáceos no ambiente natural (GARCIA; MORAES; MARTINS, 2009; MICHELIN et al., 2009; URBINATI; GONÇALVES; TAKAHASHI, 2010). Sua carne é amplamente apreciada pelos consumidores, especialmente das regiões norte e centro-oeste, onde é visado pelos pescadores por ser um peixe considerado esportivo para a pesca além de possuir sabor agradável. Atualmente, é o segundo peixe nativo mais criado em pisciculturas no país, o que permitiu sua apreciação em outras regiões (BRASIL, 2010; GARCIA; MORAES; MARTINS, 2009).

Algumas características fizeram com a produção do pacu na aquicultura aumentasse significativamente, como a facilidade na sua reprodução, sua adaptabilidade às condições da região sudeste e sul, fácil adaptação às condições

de cativeiro, aceitação pelos consumidores e bons índices de produtivos (BRASIL, 2010; GUEVARA, 2003; POVH et al., 2009). Entretanto, quando cultivado, apresenta uma carne com alto teor lipídico, atingindo uma média de 12% de gordura em sua composição, fato que se deve à alimentação *ad libitum* aliada às condições de cativeiro, que propiciam um acúmulo maior de gordura na carcaça (MAIA; RODRIGUEZ-AMAYA; HOTTA, 1995; TANAMATI et al., 2009). Quando capturado na natureza, esses valores são variáveis, conforme tipo de alimentação, época do ano e condições naturais, uma vez que peixes migratórios tendem a acumular gordura que será utilizada como reserva para a época de reprodução (TANAMATI et al., 2009). Desse modo, o pacu passa a ser considerado um peixe com teor alto de lipídeos em sua composição, segundo classificação proposta por Ackman (1989) e Tanamati et al. (2009). A composição centesimal média do pacu cultivado e capturado está descrita na Tabela 1.

Tabela 1 Composição centesimal (% média  $\pm$  DP) do pacu (*P. mesopotamicus*) cultivado e capturado

Composição	Pacu cultivado	Pacu capturado
Umidade	70,1 $\pm$ 0,9	71,6 $\pm$ 2,2
Proteína Bruta	15,0 $\pm$ 0,7	19,0 $\pm$ 0,9
Cinzas	1,1 $\pm$ 0,1	1,1 $\pm$ 0,1
Gordura Total	12,2 $\pm$ 0,4	7,9 $\pm$ 0,9

Fonte: Adaptado de Tanamati et al. (2009)

Na prática, a ractopamina é caracterizada por reduzir o acúmulo lipídico e aumentar o teor proteico na carcaça (BERG; MOCCIA, 1998; DOMINGUEZ-VARA et al., 2009; DUNSHEA et al., 2005). No caso da produção de pacus, seria desejável do ponto de vista tecnológico e nutricional, melhorando as características da carcaça do animal cultivado.

### 2.3 Análises da composição de alimentos

A composição química dos alimentos é muito importante para o esclarecimento dos seus valores nutritivos, bem como para subsidiar a determinação de dietas adequadas a certos grupos populacionais. As estruturas químicas dos compostos que integram os alimentos são, em geral, as responsáveis pelo seu desempenho metabólico, respondendo pelos aspectos nutricionais verificados após o seu uso. Em inúmeros casos, as características de composição dos alimentos têm significado sobre as respostas metabólicas obtidas pelos organismos que os consomem, daí a importância do seu estudo (ACKMAN; MCLEOD, 2002; ZENEBE; AHLGREN; BOBERG, 1998).

O conhecimento da composição dos alimentos é essencial para a comercialização, não só do ponto de vista tecnológico, mas também do ponto de vista nutricional (ACKMAN; MCLEOD, 2002; ZENEBE; AHLGREN; BOBERG, 1998). Algumas variáveis, especialmente a dieta fornecida e composição lipídica, em conjunto com variações sazonais, afetam o sabor e a estabilidade da carne de peixes (INHAMUNS; FRANCO, 2001).

A dieta é um fator determinante para a composição de ácidos graxos de peixes tanto de água doce quanto marinhos (JUSTI et al., 2003; MENOYO et al., 2007). Entretanto, pouco se sabe ainda acerca da composição química do pescado brasileiro com alimentação natural quando comparado com peixes cultivados da mesma espécie alimentados com dietas comerciais (TANAMATI et al., 2009).

A qualidade da carne proveniente de animais alimentados com dietas contendo ractopamina é um importante aspecto a ser considerado, tanto para a indústria quanto para o consumidor. Em diversas espécies foram observadas alterações na composição química da carne quando a ractopamina foi utilizada, como o aumento na quantidade de água muscular, redução na palatabilidade,

aumento na porcentagem de proteínas e redução no teor de lipídeos (APPLE et al., 2004; BONAGURIO et al., 2003; XIAO; XU; CHEN, 1999).

Tais alterações devem ser consideradas nos filés de peixes alimentados com a inclusão de ractopamina na dieta. Entretanto, os estudos realizados demonstram resultados bastante controversos (BERG; MOCCIA, 1998; MOCCIA et al., 1998). Alguns trabalhos realizados com trutas arco-íris não demonstraram o efeito esperado da ractopamina (HAJI-ABADI et al., 2010). Já em trabalhos realizados com algumas espécies de bagre ocorre um efeito semelhante aos mamíferos na composição dos filés, com aumento da umidade, aumento da proteína e redução dos lipídeos (MUSTIN; LOVELL, 1993).

O teor de lipídeos nos filés de peixes é importante, uma vez que tais moléculas são altamente suscetíveis à deterioração por mecanismos oxidativos, devido às elevadas concentrações de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) em sua composição. Dentre as principais reações de oxidação em produtos alimentícios se destacam o escurecimento enzimático e a oxidação de lipídios (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004). Este fato leva a um encurtamento na vida de prateleira de pescados e produtos de pescados (MOURENTE; BELL; TOCHER, 2007). A peroxidação ocorre quando espécies reativas de oxigênio (ROS) quebram os PUFA em suas ligações duplas desencadeando uma reação de redução de hidrogênio e formação de radical lipídico (STEVANATO et al., 2007). Isto é particularmente prejudicial para as membranas celulares por causa dos ácidos graxos na bicamada de fosfolipídios (GREGORY et al., 2011; MOURENTE; BELL; TOCHER, 2007).

A oxidação lipídica consiste na cisão oxidativa de ácidos graxos, que pode ser iniciada por via enzimática (ação da lipoxigenase) ou não enzimática por fatores como calor, luz, oxigênio e elementos traço, além de processos hidrolíticos catalisados por umidade (água). Após a fase de iniciação, caracterizada pela remoção do hidrogênio do ácido graxo insaturado por ação do

radical livre, ocorre a formação de mais de 60 produtos finais, muitos dos quais citotóxicos (PIEDADE, 2007). A Figura 4 abaixo propõe um mecanismo para esse processo.

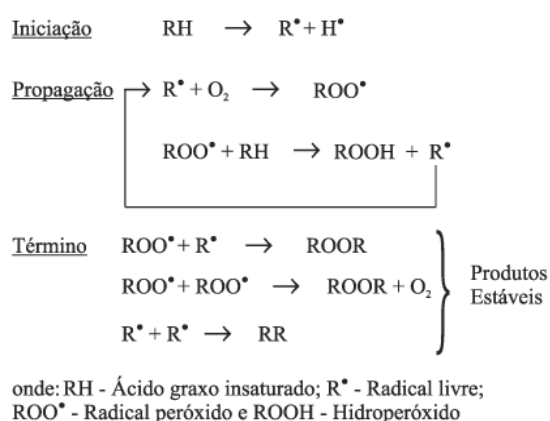


Figura 4 Mecanismo da auto-oxidação lipídica proposto por Farmer et al. (1942) e Ramalho e Jorge (2006)

A oxidação lipídica está associada com o desenvolvimento do ranço (STEVANATO et al., 2007). Todavia, Ramalho e Jorge (2006) ressaltam que a auto-oxidação é o principal mecanismo de degradação de óleos e gorduras. Os principais efeitos da oxidação sobre o valor nutritivo dos alimentos são degradação lipídica a produtos primários, como os hidroperóxidos e reações subseqüentes, que alteram diversas propriedades biologicamente importantes, como a qualidade sensorial (STEVANATO et al., 2007). A utilização da ractopamina, por reduzir a quantidade de ácidos graxos poderia aumentar a estabilidade oxidativa do filé, entretanto uma vez que o seu uso aumenta a proporção de ácidos graxos insaturados e a susceptibilidade dos ácidos graxos a peroxidação, por sua vez, aumenta com a quantidade de insaturações, o efeito da ractopamina poderia ser um aumento dos índices de oxidação lipídica e não o contrário.

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O uso de ractopamina na produção animal pode trazer benefícios para a na qualidade final da carne no que diz respeito à redução dos níveis de gordura e aumento na proteína no produto final. Entretanto, existem muitas variáveis a ser trabalhadas, uma vez que muitos estudos conduzidos apresentam resultados controversos, que podem ser devido a características da espécie, nutrição, dose, tempo de tratamento e também a variações individuais de resposta.

Em peixes ainda existem poucos estudos a este respeito, indicando que muito ainda deve ser elucidado para as diversas espécies. Os trabalhos existentes buscam extrapolar as técnicas utilizadas em mamíferos e alguns resultados demonstram que estes animais possuem uma resposta diferenciada e explicações ainda não foram encontradas para estas variações.

Fica demonstrada, com o exposto nesta revisão, a possibilidade de melhora na qualidade de carne também para peixes, entretanto, os dados existentes são escassos e os resultados ainda controversos.

## REFERÊNCIAS

ACKMAN, R. G. Nutritional composition of fats in seafoods. **Progress in Food & Nutrition Science - Nutrition Research**, Connecticut, v. 13, n. 1, p. 161-241, Apr. 1989.

ACKMAN, R. G.; MCLEOD, C. Lipids and fatty acids of five freshwater food fishes of India. **Journal of Food Lipids**, Saint John's, v. 9, n. 1, p. 127-145, Feb. 2002.

ALLEN, J. D. et al. Effect of preslaughter feeding and ractopamine hydrochloride supplementation on growth performance, carcass characteristics, and end product quality in market dairy cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 7, p. 2400-2408, July 2009.

APPLE, J. K. et al. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 11, p. 3277-3287, Nov. 2004.

AVENDAÑO-REYES, L. et al. Effects of two  $\beta$ -adrenergic agonists on finishing performance, carcass characteristics, and meat quality of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 12, p. 3259-3265, Dec. 2006.

BERG, G. W. van den; LEATHERLAND, J. F.; MOCCIA, R. D. The effects of the beta-agonist ractopamine in growth hormone and in intermediate metabolite concentrations in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture Research**, Hagerman, v. 29, n. 1, p. 79-87, Jan. 1998.

BERG, G. W. van den; MOCCIA, R. D. Growth performance and carcass composition of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), fed the  $\beta$ -agonist ractopamine. **Aquaculture Research**, Hagerman, v. 29, n. 7, p. 469-479, 1998.

BONAGURIO, S. et al. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 1981-1991, nov./dez. 2003.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Estatística da pesca e aquicultura no Brasil 2010**. Brasília, 2010. Disponível em:  
<[http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes\\_e\\_Estatisticas/Boletim%20Estat%3%ADstico%20MPA%202010.pdf](http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20Estat%3%ADstico%20MPA%202010.pdf)>. Acesso em: 1 jul. 2012.

BRIDI, A. M. et al. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 5, p. 2027-2033, set./out. 2006.

BRUMANO, G.; GATTÁS, G. Alternativas ao uso de antibióticos como promotores de crescimento em rações de aves e de suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, MG, v. 6, n. 2, p. 856-875, 2009. Disponível em: <<http://nutritime.com.br>>. Acesso em: 9 jun. 2012.

CASTELLANOS-RUELAS, A. F. et al. Empleo del zilpaterol en novillos con alimentación intensiva em Yucatán, México. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, San José, v. 14, n. 2, p. 56-59, 2006.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 33-40, 2004.

DOMÍNGUEZ-VARA, I. A. et al. Los beta-agonistas adrenérgicos como modificadores metabólicos y su efecto en la producción, calidad e inocuidad de la carne de bovinos y ovinos: una revisión. **Ciencia Ergo Sum**, Toluca, v. 16, n. 3, p. 278-284, 2009.

DUNSHEA, F. R. Factors affecting efficacy of  $\beta$ -agonists for pigs. **Pigs New and Information**, Slough, v. 12, n. 2, p. 227-231, 1993.

DUNSHEA, F. R. et al. Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. **Meat Science**, Barking, v. 71, n. 1, p. 8-38, Jan. 2005.

\_\_\_\_\_. Interrelationships between dietary ractopamine, energy intake, and sex in pigs. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 49, n. 4, p. 565-574, 1998.

EKPE, E. D.; MOIBI, J. A.; CHRISTOPHERSON, R. J. Beta-adrenergic receptors in skeletal muscles of ruminants: effects of temperature and feed intake. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 80, n. 1, p. 79-86, Jan. 2000.

FARMER, E. H. et al. The course and mechanism of autoxidation reactions in olefinic and polyolefinic substances, including rubber. **Transactions of the Faraday Society**, London, v. 38, p. 348-358, 1942.



FERGUSON, S. G. S. Evolving concepts in g protein coupled receptor endocytosis: the role in receptor desensitization and signaling. **Pharmacological Reviews**, Bethesda, v. 53, n. 1, p. 1-24, Jan. 2001.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **Freedom of information summary**. New Hampshire, 2000. Disponível em: <<http://www.fda.gov/downloads/AnimalVeterinary/Products/ApprovedAnimalDrugs/FOIADrugSummaries/ucm117246.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2012.

GARCIA, F.; MORAES, F. R.; MARTINS, M. L. Challenge of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) fed diets supplemented with vitamins C and E by *Aeromonas hydrophila* under different temperature. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61, n. 2, p. 378-385, abr. 2009.

GARZA, F. J. D. et al. Comportamiento productivo y características de canal em vaquillas de engorda suplementadas com zilpaterol em condiciones comerciales. In: REUNIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN PECUARIA, 32., 1997, Veracruz. **Anales...** Veracruz: AGROASPE, 1997. 1 CD-ROM.

GREGORY, M. K. et al. Development of a fish cell culture model to investigate the impact of fish oil replacement on lipid peroxidation. **Lipids**, Champaign, v. 46, n. 8, p. 753-764, Aug. 2011.

GUEVARA, M. J. P. **Enriquecimento de zooplâncton com óleo de peixe na larvicultura de pacu, *Piaractus mesopotamicus* e curimatá *Prochilodus lineatus***. 2003. 106 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

HAJI-ABADI, S. M. A. J. et al. Effects of supplemental dietary l-carnitine and ractopamine on the performance of juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture Research**, Hagerman, v. 41, n. 11, p. 1582-1591, Oct. 2010.

HEESWIJK, J. C. F. van; VIANEN, G. J.; THILLART, G. E. E. J. M. van den. The adrenergic control of hepatic glucose and FFA metabolism in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): increased sensitivity to adrenergic stimulation with fasting. **General and Comparative Endocrinology**, San Diego, v. 145, n. 1, p. 51-61, Jan. 2006.

HOOFF, N. van et al. Detection of zilpaterol (Zilmax ®) in calf urine and faeces with liquid chromatography-tandem mass spectrometry. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 529, p. 189-197, 2005.

INHAMUNS, A. J.; FRANCO, M. R. B. Composition of total, neutral, and phospholipids in Mapará (*Hypophthalmus* sp.) from the Brazilian Amazonian Area. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, n. 10, p. 4859-4863, Aug. 2001.

JUSTI, K. C. et al. The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with *n*-3 fatty acids. **Food Chemistry**, Reading, v. 80, n. 4, p. 489-493, Apr. 2003.

KOOHMARAIE, M. et al. Effect of the b-adrenergic agonist L644,969 on muscle growth, endogenous proteinase activities, and postmortem proteolysis in wether lambs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 12, p. 4823-4835, Dec. 1991.

KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S. D.; WHEELER, T. L. Effects of a beta adrenergic agonist (L-644,969) and male sex condition on muscle growth and meat quality of callipyge lambs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, n. 1, p. 70-79, Jan. 1996.

LI, Y. Z. et al. Effects of a beta-adrenergic agonist (L-644,969) on performance and carcass traits of growing lambs in a cold environment. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 80, n. 3, p. 459-465, Mar. 2000.

LIU, C. Y.; MILLS, S. E. Determination of the affinity of ractopamine and clenbuterol for the beta-adrenoceptor of the porcine adipocyte. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, n. 11, p. 2937-2942, Nov. 1989.

LORTIE, M. B. et al. The impact of feeding b2-adrenergic agonists on rainbow trout muscle b2-adrenoceptors and protein synthesis. **Journal of Fish Biology**, London, v. 65, n. 3, p. 769-787, Sept. 2004.

LORTIE, M. B.; MOON, T. W. The rainbow trout skeletal muscle b-adrenergic system: characterization and signaling. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 284, n. 3, p. R689-R697, Mar. 2003.

MAIA, E. L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; HOTTA, L. K. Fatty acid composition of the total, neutral and phospholipids of pondraised Brazilian *Piaractus mesopotamicus*. **International Journal of Food Science and Technology**, Manchester, v. 30, n. 5, p. 591-597, Oct. 1995.

MENOYO, D. et al. Impact of *n*-3 fatty acid chain length and *n*-3/*n*-6 ratio in Atlantic salmon (*Salmo salar*) diets. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 267, n. 1/4, p. 248-259, July 2007.

MERSMANN, H. J. Beta-adrenergic receptor modulation of adipocyte metabolism and growth. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 1, p. E24-E29, Jan. 2002.

\_\_\_\_\_. Overview of the effects of beta-adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 1, p. 160-172, Jan. 1998.

MICHELIN, A. C. et al. Differential MMP-2 and MMP-9 activity and collagen distribution in skeletal muscle from pacu (*Piaractus mesopotamicus*) during juvenile and adult growth phases. **The Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology**, Bethesda, v. 292, n. 3, p. 387-395, Mar. 2009.

MILLER, M. F. et al. Adipose tissue, longissimus muscle and anterior pituitary growth and function in clenbuterol-fed heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, n. 1, p. 12-20, Jan. 1988.

MILLS, S.; MERSMANN, H. J. Beta-adrenergic agonists, their receptors, and growth: special reference to peculiarities in pigs. In: SMITH, S. B.; SMITH, D. R. (Ed.). **The biology of fat in meat animals: current advances**. Champaign: American Society of Animal Science, 1995. p. 1-34.

MITCHELL, A. D.; SOLOMON, M. B.; STEELE, N. C. Response of low and high protein select lines of pigs to the feeding of the beta-adrenergic agonist ractopamine (phenethanolamine). **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 10, p. 3226-3232, Oct. 1990.

MOCCIA, R. D. et al. Effects of the repartitioning agent ractopamine on the growth and body composition of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, fed three level of dietary protein. **Aquaculture Research**, Hagerman, v. 29, n. 9, p. 687-694, Sept. 1998.

MONDRAGÓN, A. J. et al. Respuesta productiva y características de la canal de ovinos en engorda intensiva con diferentes concentraciones de Clorhidrato de Zilpaterol. In: REUNIÓN ALPA, 20.; REUNIÓN APPA, 30., 2007, Cusco. **Proceedings...** Cusco: ALPA, 2007. p. 471.

MOORE, K. L.; MULLAN, B. P.; SOUZA, D. N. d'. The interaction between ractopamine supplementation, porcine somatotropin and moisture infusion on pork quality. **Meat Science**, Barking, v. 92, n. 2, p. 125-131, Oct. 2012.

MOURENTE, G.; BELL, J. G.; TOCHER, D. R. Does dietary tocopherol level affect fatty acid metabolism in fish? **Fish Physiology and Biochemistry**, Namur, v. 33, n. 3, p. 269-280, Sept. 2007.

MUSTIN, W. T.; LOVELL, R. T. Feeding the repartitioning agent ractopamine to channel catfish (*Ictalurus punctatus*) increases weight gain and reduces fat deposition. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 109, n. 1, p. 145-152, Feb. 1993.

OKSBJERG, N. et al. The influence of porcine growth hormone on muscle fibre characteristics, metabolic potential and meat quality. **Meat Science**, Barking, v. 39, n. 3, p. 375-385, 1995.

OYAKAMA, O. T. et al. **Peixes de riachos da Mata Atlântica nas unidades de conservação do vale do rio Ribeira de Iguape no Estado de São Paulo**. São Paulo: Neotrópica, 2006. 201 p.

PIEIDADE, K. R. **Uso de ervas aromáticas na estabilidade oxidativa de filés de sardinha (*Sardinella brasiliensis*)**. 2007. 160 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2007.

POVH, J. A. et al. Monitoramento da variabilidade genética de pacu, *Piaractus mesopotamicus*, do programa de aumento de estoque do rio Paranapanema. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61, n. 5, p. 1191-1195, out. 2009.

QUINN, M. J. et al. The effects of ractopamine-hydrogen chloride (Optaflexx) on performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing feedlot heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 4, p. 902-908, Apr. 2008.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 755-760, jul./ago. 2006.

SALEM, M. et al. Anabolic effects of feeding  $\beta$ 2-adrenergic agonists on rainbow trout muscle proteases and proteins. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, New York, v. 144, n. 2, p. 145-154, 2006.

SALINAS-CHAVÍRA, J. et al. Effect of duration of zilpaterol hydrochloride treatment on carcass characteristics and weight gain in grazing pelibuey lambs. **Journal of Applied Animal Research**, Izatnagar, v. 29, n. 1, p. 25-28, 2006.

\_\_\_\_\_. Influence of zilpaterol hydrochloride on growth and carcass characteristics of pelibuey lambs. **Journal of Applied Animal Research**, Izatnagar, v. 26, n. 1, p. 13-16, 2004.

SCHINCKEL, A. P. et al. Effects of ractopamine on swine growth, carcass composition and quality. In: INTERNATIONAL VIRTUAL CONFERENCE ON PORK QUALITY, 2., 2001, Concórdia. **Proceedings...** Concórdia: EMBRAPA, 2001. p. 1-12.

SEE, M. T.; ARMSTRONG, T. A.; WELDON, W. C. Effect of a ractopamine feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 8, p. 2474-2480, Aug. 2004.

SHACKELFORD, S. D. et al. Retail cut yields of rambouillet wether lambs fed the  $\beta$ -adrenergic agonist L644,969. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 1, p. 161-168, Jan. 1992.

SMITH, D. J. The pharmacokinetics, metabolism, and tissue residues of beta-adrenergic agonists in livestock. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 1, p. 173-194, Jan. 1998.

STEVANATO, F. B. et al. Aproveitamento de resíduos, valor nutricional e avaliação da degradação de pescado. **PUBVET**, Londrina, v. 1, n. 7, nov. 2007. Disponível em: <[http://www.pubvet.com.br/artigos\\_det.asp?artigo=171](http://www.pubvet.com.br/artigos_det.asp?artigo=171)>. Acesso em: 10 jun. 2012.

STOLLER, G. M. et al. The effect of feeding ractopamine (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 6, p. 1508-1516, June 2003.

TANAMATI, A. et al. Fatty acid composition in wild and cultivated pacu and pintado fish. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Frankfurt, v. 111, n. 2, p. 183-187, Feb. 2009.

URBINATI, E. C.; GONÇALVES, F. D.; TAKAHASHI, L. S. Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (Org.). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 2010. p. 205-244.

VIEGAS, E. M. M. et al. Farelo de canola em dietas para o pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1987): efeitos sobre o crescimento e a composição corporal. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 6, p. 1502-1510, nov. 2008.

WEBSTER, C. D. et al. Effects of feeding the repartitioning agent L644,969 on growth and body composition of blue catfish, *Ictalurus furcatus*, fed diets containing two protein levels reared in cages. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 134, n. 3/4, p. 247-256, July 1995.

XIAO, R. J.; XU, Z. R.; CHEN, H. L. Effects of ractopamine at different dietary protein levels on growth performance and carcass characteristics in finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 79, n. 1/2, p. 119-127, Apr. 1999.

ZENEBE, T.; AHLGREN, G.; BOBERG, M. Fatty acid content of some freshwater fish of commercial importance from tropical lakes in the Ethiopian Rift Valley. **Journal of Fish Biology**, London, v. 53, n. 5, p. 987-1005, Nov. 1998.

ZORRILLA, R. J. et al. Efecto del clorhidrato de zilpaterol en la cortabilidad de canales de toretes acebuzados finalizados con dietas a base de cebada forrajera. In: REUNIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN PECUARIA, 34., 1998, Querétaro. **Anales...** Querétaro: RNIP, 1998. p. 29-31.

**SEGUNDA PARTE - ARTIGOS**

**ARTIGO 1 Características químicas e físicas em filés de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) alimentados com ractopamina**

(Redigido conforme as normas do periódico Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia)

## Introdução

A aquicultura tem cada vez mais se tornado uma atividade de importância na produção de alimentos no Brasil. A busca pelo aumento na produtividade em todos os setores alimentícios, aliada à necessidade de alimentos com menores índices de gordura na sua composição, tem propiciado o intenso crescimento da aquicultura nacional. Com a necessidade de manter e ampliar o mercado, os piscicultores buscam investir em espécies com alta produtividade e pouca deposição de gordura na carcaça.

O pacu (*Piaractus mesopotamicus*) é um peixe onívoro e migratório originário da bacia dos rios Paraguai e Paraná. Trata-se de uma das espécies nativas mais criadas por piscicultores devido a sua aceitação, reprodutibilidade e adaptação às condições do cativeiro. Em contrapartida, sua carne possui alto teor lipídico, sendo que a maior deposição ocorre na fase de terminação (Povh et al., 2009; Bicudo et al., 2010).

Na busca por melhores características de qualidade da carne e desempenho da produção, um recurso utilizado em diversas espécies como aditivo modificador do metabolismo animal é a ractopamina. Este agonista  $\beta$ -adrenérgico repartidor de energia é capaz de alterar o metabolismo orgânico, redirecionando os nutrientes para o anabolismo proteico em detrimento do lipídico, contribuindo para melhorar os índices zootécnicos (Mersmann, 1998; Van den Berg & Moccia, 1998; Haji-Abadi et al., 2010).

Em peixes, a administração de ractopamina foi previamente relatada em diversas espécies, apresentando alguns resultados positivos como o aumento no teor de proteína da carne e redução na quantidade lipídica da mesma (Van den Berg & Moccia, 1998; Van den Berg et al., 1998). Os resultados observados de maneira geral foram menos expressivos do que os observados em mamíferos, entretanto, este aditivo pode causar alterações na carne, até mesmo no metabolismo *post mortem*, modificando as características finais do produto.



Em trabalhos realizados com diferentes espécies de peixes, as doses utilizadas são variáveis, sendo utilizadas doses de  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  (Haji-Abadi et al., 2010),  $20 \text{ mg Kg}^{-1}$  e  $100 \text{ mg Kg}^{-1}$  (Mustin & Lovell, 1993) e de 0, 10, 20 e  $40 \text{ mg Kg}^{-1}$  (Van den Berg & Moccia, 1998). Desta forma, novos estudos são necessários para determinar a viabilidade real e a melhor dose para o uso desta substância em piscicultura no Brasil.

Assim, neste trabalho objetivou-se avaliar aspectos relacionados à qualidade da carne de pacu recebendo dietas com diferentes níveis de ractopamina (0 a 45 ppm) na fase de terminação.

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido no período de setembro de 2010 a março de 2011, no Laboratório de Metabolismo de Peixes da Estação de Piscicultura da Universidade Federal de Lavras, em Lavras-MG, Brasil, localizada nas coordenadas geográficas de Latitude  $21.23^\circ \text{ W}$  e Longitude  $44.98^\circ \text{ S}$  e a uma altitude de 919 m.

Foram selecionados 35 animais com peso de  $0,868 \text{ Kg} \pm 0,168$ , distribuídos aleatoriamente em aquários experimentais individuais com capacidade de 100L, com sistema de circulação automático, filtros biológico e físico, além de controle de temperatura da água, mantida entre  $25^\circ$  e  $28^\circ \text{ C}$ .

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (níveis de ractopamina) mais um adicional (controle) com sete repetições e dois filés por parcela experimental. Para concentração de dialdeído malônico nas amostras mantidas em geladeira ou *freezer*, foi utilizado o mesmo delineamento, porém com as parcelas subdivididas no tempo (quatro momentos de avaliação).

As rações experimentais (Tabela 1) foram isoenergéticas e isonutritivas, formuladas a base de milho, farelo de soja, farinha de peixe e farelo de trigo e suplementadas com vitaminas, minerais e aminoácidos, elaboradas para atender as exigências para a espécie segundo Boscolo et al. (2011), com exceção da proteína, a qual foi elevada a 32% em função da maior síntese proteica em animais tratados com ractopamina (Mitchell et al., 1990).

O período experimental foi de 90 dias. Inicialmente, foi feita a adaptação dos animais às condições experimentais, durante duas semanas, sendo fornecida a ração basal, sem adição de ractopamina. A alimentação foi feita até saciedade aparente duas vezes ao dia (8 h e 16 h) durante todo o período experimental.

Ao final do experimento, após jejum por 12 horas, os animais foram abatidos para as avaliações de carcaça. Após atordoamento em solução de benzocaína (50 mg L<sup>-1</sup>), os animais foram submetidos à secção da medula, eviscerados e filetados. Os filés foram acondicionados e resfriados a 0 °C para posterior análise.

No mesmo dia do abate, os filés foram levados ao Laboratório Central de Análises do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras. Para todas as etapas do trabalho, as amostras (*in natura*) foram acondicionadas separadamente, devidamente identificadas e armazenadas sob refrigeração ou congelamento para as análises posteriores.

Os filés tiveram seu pH mensurado por método direto de colocação do eletrodo em três pontos diversos de cada amostra de filé, utilizando as médias dos resultados obtidos nas três mensurações. Este procedimento foi feito logo após filetagem e decorridas 24 h, com os filés mantidos sob refrigeração. Esta análise foi realizada com auxílio de pHmetro digital portátil, modelo F-1002.

A perda de peso por descongelamento e cocção foi determinada pela subtração dos pesos de amostras *in natura* retiradas da metade dos filés antes e

após resfriamento em câmara fria e tratamento térmico, segundo metodologia proposta por Moreira (2005).

Tabela 1 Composição das dietas experimentais

Ingredientes (%)	Nível de Ractopamina				
	0,00	11,25	22,50	33,75	45,00
Farelo de soja 45%	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Farinha de peixe 74%	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Fubá de milho	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90
Farelo de trigo	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
L – Lisina HCl 78%	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
DL – Metionina 98%	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
L – Treonina 99%	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Óleo de soja	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Fosfato bicálcico	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80
Vitamina C	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Sal comum	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Premix vitam/min <sup>1</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
BHT <sup>2</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Cloridrato de ractopamina 2,05%	0,00	0,1125	0,2250	0,3375	0,4500
Composição calculada <sup>3</sup>					
Energia Digestível (Kcal)	3203	3203	3203	3203	3203
Proteína Bruta (%)	32,26	32,26	32,26	32,26	32,26
Proteína Digestível (%)	27,56	27,56	27,56	27,56	27,56
Fibra bruta (%)	4,19	4,19	4,19	4,19	4,19
Extrato etéreo (%)	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06
Cálcio (%)	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48
Fósforo disponível (%)	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Metionina total (%)	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
Lisina total (%)	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95
Triptofano total (%)	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Treonina total (%)	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13

<sup>1</sup> Composição, por kg do produto: 1500UI de Vitamina A, 20 mg de Vitamina B1, 15 mg de Vitamina B2, 1000UI de Vitamina B3, 10 mcg de Vitamina B12, 25 mg de Vitamina E, 120 mg, de Vitamina PP, 2000 mg de Colina, 80 mg de Pantetonato de Cálcio, 2 mg de Ácido Fólico, 80 mg de Manganês, 24 mg de Ferro, 50 mg de Zinco, 8 mg de Cobre, 3 mg de Iodo, 0,10 mg de Selênio, 170 mg de BHT.

<sup>2</sup> Butil-hidroxi-tolueno

<sup>3</sup> Segundo Furuya et al. (2004)

A análise centesimal das amostras dos filés *foi* feita utilizando-se a metodologia proposta pela AOAC (1995), sendo todas as análises realizadas em triplicata, sendo as análises de umidade e cinzas foram feitas a partir de amostras retiradas dos filés *in natura* armazenados sob refrigeração, e as análises de extrato etéreo e proteína bruta em amostras homogeneizadas e liofilizadas dos filés (Liofilizador Liobras-Modelo L202, São Carlos - Brasil). O teor de umidade foi determinado pelo método gravimétrico, com secagem em estufa até peso constante. O extrato etéreo foi determinado na matéria seca, pelo método de Soxhlet e o conteúdo de proteína bruta determinado na matéria seca e desengordurada, pelo método de Microkjeldhal, obtendo-se o conteúdo de nitrogênio total e para a transformação em conteúdo de proteína bruta, o teor de nitrogênio foi multiplicado pelo fator 6,25. O teor de cinzas foi determinado pelo método gravimétrico baseado na determinação da perda de peso do material submetido a aquecimento em mufla a 550 °C.

Para avaliação da oxidação lipídica, foi utilizado o teste TBARS - substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, segundo Tarladgis et al. (1960). A análise inicial foi realizada logo após o abate dos animais (tempo zero) e durante o 4º, 8º e 12º dias de armazenamento em geladeira (temperatura de 4 a 8 °C) e no tempo zero e aos 15, 30 e 60 dias de armazenamento em freezer (temperatura média de -10 °C). Todas as análises foram feitas na matéria natural e em triplicata. Os resultados de absorvância obtida em espectrofotômetro com comprimento de onda de 531 nm foram multiplicados por uma constante (7,38) obtendo-se a quantidade de dialdeído malônico por kg de amostra (Tarladgis et al., 1960).

Os dados foram submetidos à análise de variância após o teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e os valores obtidos com os níveis de ractopamina à análise de regressão. O teste Dunnett foi utilizado para comparar as médias obtidas com cada nível de ractopamina ao controle. Para as variáveis cinzas,

extrato etéreo, proteína bruta, perda de peso por descongelamento ou por cocção e concentração de dialdeído malônico nas amostras de filés foi utilizada a opção de transformação raiz quadrada. Para a avaliação dos índices de oxidação lipídica, foi realizado o teste SNK ( $P < 0,05$ ) para a variável tempo dentro de cada tratamento. Toda análise estatística foi realizada no programa estatístico Sisvar versão 5.3.

### **Resultados e Discussão**

Dentre as variáveis analisadas, a ractopamina não apresentou efeito ( $P > 0,05$ ) sobre o pH inicial e 24 horas após o abate (Tabela 2). A análise destes índices tem como objetivo determinar a redução de pH observada em carnes, durante e após o processo de *rigor mortis*. Essa redução de pH é importante para determinar a qualidade da carne, sendo que em peixes estes valores devem permanecer com valores abaixo de 6,45 para que o mesmo seja considerado próprio para consumo (Batista et al., 2004). Os valores de pH encontrados apresentaram comportamento conforme o esperado, com valores próximos de 7,0 no momento do abate e queda acentuada de pH nas primeiras 24 h, o que aumenta a acidez do músculo e auxilia na prevenção da deterioração bacteriana do mesmo. Não existem, até o momento, estudos publicados relacionando o uso da ractopamina em peixes e seus efeitos nos valores de pH, no entanto, no presente trabalho não foi verificada correlação entre as dosagens utilizadas e esta variável para a espécie estudada.

Tabela 2 Composição química, pH e perda de peso por descongelamento e por cocção de filés de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) que receberam níveis crescentes de ractopamina na dieta na fase de terminação

Variável	Ractopamina (ppm)				Controle	CV (%)	P =
	11,25	22,5	33,75	45,0			
pH inicial	7,45	7,34	7,44	7,40	7,48	2,43	0,64
pH final	6,14	6,26	6,35	6,25	6,13	3,75	0,40
Umidade (%)	72,3*	70,9*	72,4*	71,8*	65,94	3,24	0,62
Cinzas (%) <sup>1</sup>	1,27	1,33	1,46	1,20	1,29	7,69	0,04
Extrato etéreo (%) <sup>2</sup>	8,98*	18,21	17,87	21,26	21,49	8,42	<0,01
Proteína bruta (%) <sup>2</sup>	17,72	18,71	16,94	13,08*	19,55	9,57	0,08
<i>Perda de peso</i>							
Por descongelamento (%) <sup>1</sup>	14,32	10,75	13,84	15,48	14,90	12,44	0,031
Por cocção (%) <sup>2</sup>	2,07*	2,35*	1,18	0,86	1,03	23,29	<0,01

\* Difere do controle pelo teste Dunnett (P<0,05)

<sup>1</sup> Regressão quadrática significativa (P<0,05)

<sup>2</sup> Regressão linear significativa (P<0,05)

Com relação à umidade, a ractopamina aumentou (P<0,05) seus valores em relação ao controle, porém não houve diferenças (P>0,05) entre os níveis utilizados. A ractopamina apresenta um efeito de aumento na capacidade de retenção de água (CRA), o que causaria um aumento nos teores de umidade observados nos filés tratados em relação ao controle (Rosenvold & Andersen, 2003). A CRA e a umidade são características de qualidade importantes por diversos motivos, como o fato de que a exsudação da carne ocorre em consequência de uma menor capacidade de retenção de água e compromete a aparência da mesma, além de que esta característica leva a perdas de rendimento dos produtos. Sendo assim, a umidade, juntamente com a CRA, influenciam na percepção da suculência e textura da carne fresca após o cozimento (Rosenvold & Andersen, 2003). Em estudo conduzido por Moccia et al. (1998) com truta arco-íris, não se observou o mesmo efeito utilizando níveis de ractopamina.

Para porcentagem de cinzas, os níveis de ractopamina avaliados apresentaram ( $P < 0,05$ ) comportamento quadrático, com aumento progressivo desta variável até o nível ótimo de 29 ppm (Figura 1). Na avaliação da composição centesimal dos filés de pacus, foram encontrados valores de cinzas dentro do esperado para a espécie (Bicudo et al., 2010; Tanamati et al., 2009), sendo este um importante componente nutricional presente nos alimentos.

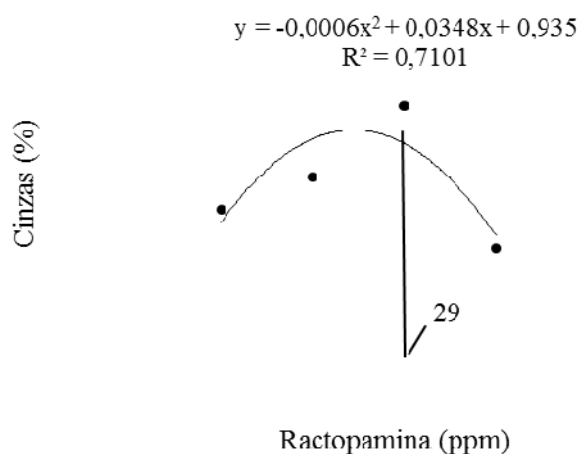


Figura 1 Teor de Cinzas (%) dos filés de pacus que receberam níveis crescentes de ractopamina na dieta na fase de terminação

Para o teor de gordura dos filés, houve efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) dos níveis de ractopamina. Comparado ao controle, apenas o nível 11,25 ppm resultou ( $P < 0,05$ ) em menor teor lipídico.

Com relação à proteína bruta, foi observado ( $P < 0,05$ ) efeito linear decrescente dos níveis de ractopamina. Comparado ao controle, a dose de 45 ppm resultou ( $P < 0,05$ ) em menor teor proteico nos filés. De maneira geral, os níveis de proteína bruta verificados podem ser considerados superiores ao

padrão para a espécie cultivada ( $15,0\% \pm 0,7$ ) (Tanamati, 2009; Bicudo et al., 2010).

Sabe-se que a ractopamina é capaz de alterar o metabolismo proteico e lipídico em diversas espécies de animais de produção (Haji-Abadi et al., 2010). Os efeitos da ractopamina na composição dos filés podem ser explicados pela ativação dos receptores  $\beta$ -adrenérgicos, que leva à ativação por fosforilação da lipase hormônio sensível, iniciando a lipólise nos adipócitos (Mersmann, 2002; Ferreira et al., 2011). Em resposta a esta lipólise, os ácidos graxos são liberados para serem utilizados como fonte de energia em outros tecidos (Mersmann, 2002; Salem et al., 2006; Haji-Abadi et al., 2010).

A ação lipolítica dos  $\beta$ -adrenérgicos ocorre no tecido adiposo em mamíferos, entretanto, um estudo realizado com truta arco-íris (*O. mykiss*) (Van Heeswijk et al., 2006) demonstrou que a noradrenalina e adrenalina,  $\beta$ -agonistas naturais, reduziu a taxa lipolítica nos adipócitos. Em outro estudo realizado com truta arco-íris, observou-se a liberação de ácidos graxos livres no fígado (Haji-Abadi et al., 2010). Já em bagres (*Ictalurus punctatus* e *I. furcatus*), Mustin & Lovell (1993) utilizando  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  de ractopamina em dietas com níveis proteicos elevados demonstraram resultados semelhantes aos encontrados em mamíferos, sendo mais visíveis a redução no teor lipídico dos filés juntamente ao aumento no teor proteico dos mesmos.

Em outro estudo, Van den Berg & Moccia (1998), avaliando o efeito de cinco níveis de ractopamina (0, 5, 10, 20 e 40 ppm) na composição da carcaça de trutas, foi observada uma redução na gordura no nível de 10 ppm de ractopamina, enquanto o nível de 40 ppm apresentou um teor lipídico maior do que o do grupo controle, resultado este semelhante ao do presente estudo. Por outro lado, Moccia et al. (1998), avaliando a adição de 10 ppm de ractopamina associada a diferentes níveis proteicos para a mesma espécie, não observaram efeito deste aditivo. Em níveis elevados de ractopamina, acredita-se que possa



ocorrer uma dessensibilização de receptores adrenérgicos, o que explicaria as controvérsias encontradas (Ferreira et al., 2011).

Os níveis de ractopamina influenciaram ( $P < 0,05$ ) de forma quadrática a perda de peso por descongelamento, entretanto, nenhum nível deste aditivo diferiu do controle ( $P > 0,05$ ). O nível ótimo de ractopamina, que resultou em menor perda por descongelamento, determinado pela equação de regressão quadrática foi o de 25 ppm (Figura 2).

Já para a perda de peso por cocção, a ractopamina reduziu ( $P < 0,05$ ) de forma linear esta variável. Comparado ao controle, as doses de 11,25 e 22,5 ppm de ractopamina resultaram ( $P < 0,05$ ) em maiores perdas.

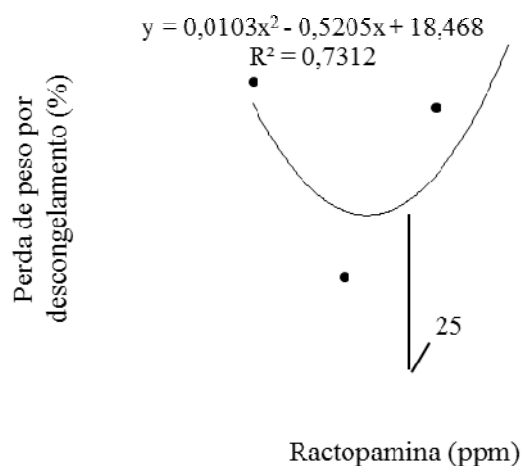


Figura 2 Perda de peso por descongelamento (%) dos filés de pacus que receberam níveis crescentes de ractopamina na dieta na fase de terminação

O aumento na capacidade de retenção de água promove uma redução nas perdas de peso por descongelamento e cocção dos produtos, sendo que esta capacidade pode ser avaliada juntamente com a umidade (Webster et al., 1995;

Rosenvold & Andersen, 2003). Nos níveis avaliados, não ocorreu este efeito, o sendo observada foi a redução progressiva da perda de peso por cocção e efeito quadrático na perda de peso por descongelamento. Em contrapartida a umidade não apresentou diferença entre os tratamentos utilizados, o que demonstra resultados controversos entre as perdas de peso e a CRA, e entre o presente estudo e o que está relatado na literatura (Rosenvold & Andersen, 2003).

Para a avaliação do teor de dialdeído malônico encontrado em filés resfriados ou congelados (Tabela 3), observou-se que a ractopamina, quando em doses elevadas (45 ppm), aumentou ( $P < 0,01$ ), em relação ao grupo controle, as concentrações desta substância em amostras mantidas em geladeira por 12 dias, o que não foi observado ( $P > 0,05$ ) em doses inferiores do aditivo. Já o nível de 33,75 ppm, aos 12 dias de armazenamento em refrigerador, apresentou efeito de redução ( $P < 0,01$ ) do teor de dialdeído malônico quando comparado ao grupo controle e aos demais tratamentos. Entre os níveis de ractopamina utilizados, observou-se efeito quadrático ( $P < 0,01$ ) nos dias 8 e 12 de armazenamento, em geladeira, sendo 30 e 26 ppm, respectivamente, as doses do aditivo que proporcionaram menores concentrações de malonaldeído (Figuras 3 e 4). Aos oito dias de armazenamento em refrigerador, a dose de 22,5 ppm apresentou maior estabilidade oxidativa, comportamento semelhante ao apresentado pelo grupo controle. Quanto à durabilidade sob refrigeração a dose de 33,75 ppm de ractopamina foi a que assegurou menor concentração de dialdeído malônico por mais tempo (12 dias), quando comparado ao grupo controle e aos demais tratamentos, permanecendo as amostras deste tratamento estáveis em relação à oxidação lipídica durante todo o período analisado.

Tabela 3 Teores médios de dialdeído malônico (mg/Kg) em filés resfriados e congelados de pacus (*Piaractus mesopotamicus*) que receberam níveis crescentes de ractopamina na dieta na fase de terminação

Forma de armazenamento	Dia de avaliação	Ractopamina (ppm)				Controle	CV (%)
		11,25	22,5	33,75	45		
Geladeira (4 °C)	0	0,132 a	0,137 a	0,140 a	0,149 a	0,144 a	14,36
	4	0,235 a	0,184 a	0,174 a	0,220 a	0,190 a	
	8 <sup>1</sup>	0,532 b	0,249 a	0,422 b	0,417 b	0,321 a	
	12 <sup>1</sup>	1,166 c	1,157 b	0,783 c*	1,549 c*	1,118 b	
Congelador (-10 °C)	0	0,132 a	0,137 a	0,153 a	0,149 a	0,144 a	13,91
	15	0,145 a	0,107 a	0,168 a	0,129 a	0,131 a	
	30	0,091 a	0,097 a	0,067 a	0,115 a	0,082 a	
	60 <sup>1</sup>	0,806 b*	0,882 b*	0,591 b	1,056 b*	0,652 b	
		P =					
		RAC	Dia	R*D			
		<0,01	<0,01	<0,01			

\* Difere do controle pelo teste Dunnet (P<0,05)

<sup>a,b</sup> Médias seguidas por diferentes letras na coluna diferem pelo teste SNK (P<0,05)<sup>1</sup> Regressão quadrática significativa (P<0,05)

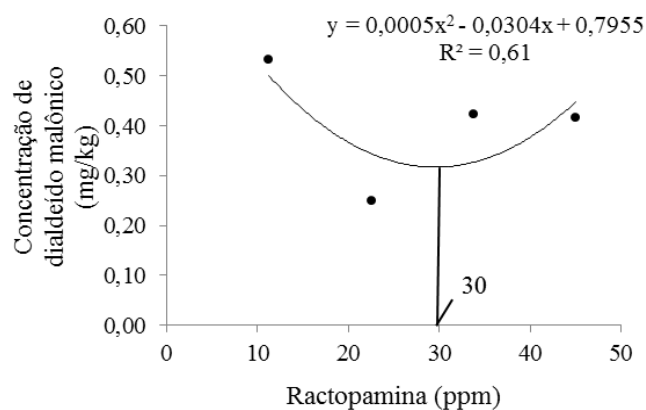


Figura 3 Concentração média de dialdeído malônico (mg/Kg) encontrada nos filés de pacus que receberam níveis crescentes de ractopamina na dieta na fase de terminação, avaliados aos oito dias de armazenamento em geladeira (T 4 °C)

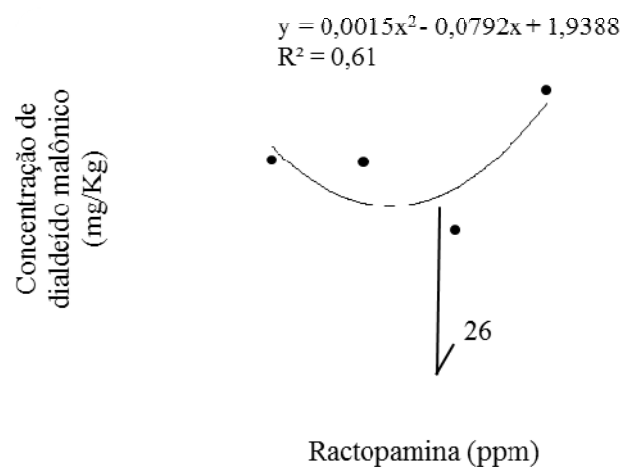


Figura 4 Concentração média de dialdeído malônico (mg/Kg) encontrada nos filés de pacus que receberam níveis crescentes de ractopamina na dieta na fase de terminação, avaliados aos 12 dias de armazenamento em geladeira (T 4 °C)

Para os filés armazenados em *freezer* a utilização de ractopamina não influenciou ( $P>0.05$ ) a concentração de dialdeído malônico até os 30 dias de armazenamento. Aos 60 dias, a ractopamina aumentou ( $P<0,01$ ) a concentração desta substância em relação ao controle em todos os tratamentos, com exceção das amostras que receberam a dose de 33,75 ppm, que apresentou comportamento semelhante ao encontrado no grupo controle. Um efeito quadrático dos níveis de ractopamina foi observado aos 60 dias de armazenamento, sendo a dose ótima de redução da concentração de dialdeído malônico encontrada pela fórmula de regressão aplicada, a de 24 ppm (Figura 5). Quanto à durabilidade, a ractopamina aparentemente não teve influência nas amostras mantidas em *freezer*, sendo que todas apresentavam-se viáveis para consumo no final do período de análises, comportamento semelhante ao observado no grupo controle.

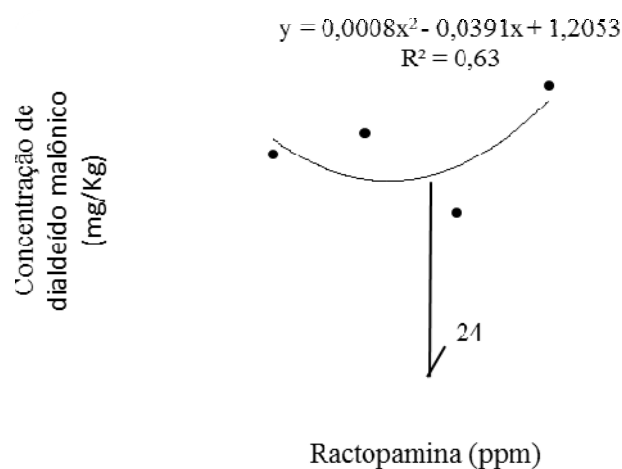


Figura 5 Concentração média de dialdeído malônico (mg/Kg ) encontrada nos filés de pacus que receberam níveis crescentes de ractopamina na dieta na fase de terminação, avaliados aos 60 dias de armazenamento em *freezer* (T -10 °C)

O parâmetro considerado no presente estudo é a determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). Isso representa um índice de oxidação lipídica que mede o teor de dialdeído malônico formado a partir de hidroperóxidos, que são produtos da reação inicial entre ácidos graxos poliinsaturados com o oxigênio (Fernández et al., 1997; Alvarez et al., 2012). O número de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) produzidas por oxidação secundária é o resultado de um equilíbrio entre a sua formação e a oxidação primária (Kim & Labella, 1987; Ortiz et al., 2009).

Os processos de oxidação de lípidos que ocorrem durante o armazenamento de alimentos causam mudanças importantes em suas propriedades sensoriais, tais como rancificação, que está relacionada com o desenvolvimento de sabor e odor desagradáveis ligados à deterioração do alimento. Neste sentido, a utilização de agentes com o objetivo de reduzir ou atrasar este processo é comum na tecnologia de alimentos para minimizar os efeitos da oxidação, mantendo assim a qualidade nutricional e prolongando a vida de prateleira de alimentos (Alvarez et al., 2012).

De maneira geral, a vida útil de filés de peixes refrigerado é relativamente curta, em comparação com outros produtos. A vida de prateleira deste produto tem sido estimada em 13 a 16 dias (Cakli et al., 2007; Kilinc et al., 2007; Álvarez et al., 2008; Alvarez et al., 2012). Isso ocorre devido ao conteúdo elevado de ácidos graxos poliinsaturados, que torna este produto muito suscetível à oxidação lipídica durante o armazenamento, que seria uma das causas principais de deterioração (Fraser & Sumar, 1998; Alvarez et al., 2012). Nos peixes mantidos refrigerados, tanto o aparecimento de *off-flavor* e alterações na cor e textura reduzem a qualidade sensorial do produto em questão em poucos dias, encurtando sua vida de prateleira (Huss, 1995; Alvarez et al., 2012). Neste sentido, qualquer metodologia utilizada com o intuito de prolongar a sua vida de prateleira seria de grande interesse para o setor. Sendo que um dos

efeitos considerados da ractopamina para peixes é a redução dos teores lipídicos (Haji-Abadi et al., 2010), fica subentendido que esta substância também poderia afetar os efeitos de oxidação lipídica.

Valores de dialdeído malônico de 1 a 2 mg/Kg são considerados o limite acima do qual o peixe está impróprio para consumo, apresentando alterações de cor e sabor desagradáveis (Connell, 1995; Tironi et al., 2010). Os valores de TBARS obtidos no presente estudo de maneira geral foram menores do que os relatados por outros autores (Cakli et al, 2007; Kilinc et al, 2007;. Kostaki et al, 2009; Alvarez et al., 2012).

No presente trabalho, os resultados indicam que a oxidação lipídica ocorre ao longo do tempo de armazenamento, conforme o esperado, tanto em *freezer* quanto em refrigerador. A diferença observada foi em relação ao tempo decorrido até o produto ser considerado deteriorado e a temperatura de armazenamento, ocorrendo aumento progressivo no teor de dialdeído malônico. O nível ótimo médio encontrado pelas fórmulas de regressão aplicadas ficou entre 20 e 30 ppm, demonstrando que dentro deste intervalo de doses o efeito de redução da oxidação é mais evidente. Para o armazenamento em refrigerador, o nível de 33,75 ppm apresentou efeito de redução da oxidação, enquanto o de 45 ppm aumentou a mesma característica. Já para as amostras do freezer, o efeito das dosagens utilizadas foi inverso, sendo que os níveis de 11,25; 22,5 e 45 ppm apresentaram maiores teores de dialdeído malônico em relação ao grupo controle e ao nível de 33,75 ppm, que por sua vez apresentou menor índice. Com estes resultados, pode-se dizer que a ractopamina na dose de 33,75 ppm apresenta o potencial de atuar como protetor no sentido de reduzir a oxidação dos filés de peixe armazenados tanto em geladeira quanto em *freezer*, enquanto as demais doses não tem o mesmo efeito.

#### 4. CONCLUSÃO

A ractopamina em baixos níveis de inclusão na dieta, próximos a 11,25 ppm, é eficaz em reduzir o percentual de gordura nos filés de pacu, embora aumente a formação de peróxidos em amostras mantidas em *freezer* após 60 dias. Em doses mais elevadas, próximas de 45 ppm, a inclusão de ractopamina reduz o teor de proteína bruta e favorece a formação de peróxidos nos filés.

Assim, novos estudos devem ser realizados com o intuito de ajustar as doses de inclusão de ractopamina para buscar a melhor dose-resposta para a espécie.



### **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq, pelo apoio financeiro e à Universidade Federal de Lavras, em especial aos Departamentos de Medicina Veterinária e Ciência dos Alimentos que permitiram a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, A.; GARCIA-GARCIA, B.; GARRIDO, M. D. et al. The influence of starvation time prior to slaughter on the quality of commercial-sized gilthead seabream (*Sparus aurata*) during ice storage. **Aquaculture**. v.284, p. 106–114, 2008.
- ALVAREZ, A.; GARCIA-GARCIA, B.; JORDAN, M.J. et al. The effect of diets supplemented with thyme essential oils and rosemary extract on the deterioration of farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*) during storage on ice. **Food Chemistry**. v. 132, p. 1395–1405, 2012.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1025p.
- BATISTA, G.M.; LESSI, E.; KODAIRA, M. et al. Alterações bioquímicas *post-mortem* de matrinxã *Brycon cephalus* (Günther, 1869) procedente da piscicultura, mantido em gelo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V. 24, p. 573-581, out.-dez. 2004.
- BICUDO, A.J.A.; SADO, R.Y.; CYRINO, J.E.P. Growth performance and body composition of Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) (Holmberg 1887) in response to dietary protein and energy levels. **Aquaculture nutrition**. v. 16 p. 213-222, 2010.
- BOSCOLO, W.R.; SIGNOR, A.; FREITAS, J.M.A. et al. Nutrição de peixes nativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, p.145-154, 2011 (supl. especial).
- CAKLI, S.; KILINC, B.; CADUN, A. et al. Quality differences of whole ungutted sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) while stored in ice. **Food Control**. v.18, p.391–397, 2007.
- CONNELL, J. J. **Control of fish quality** (4th ed.). London: Wiley-Blackwell, 1995. 256 p.
- FERNANDEZ, J., PEREZ-ALVAREZ, J. A.; FERNANDEZ-LOPEZ, J. A. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. **Food Chemistry**. v. 59, p. 345–353, 1997.

FERREIRA, M.S.S.; SOUSA, R.V.; SILVA, V.O. et al. Cloridrato de ractopamina em dietas para suínos em terminação. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v. 33, n. 1, p. 25-32, 2011.

FRASER, O.; SUMAR, S. Compositional changes and spoilage in fish - an introduction. **Nutrition and Food Science**. v. 5, p. 275–279, 1998.

FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. et al. Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acids level in diets with and without dicalcium phosphate for juvenile Nile tilapia. **Aquaculture Research**. v.35, p.110-116, 2004.

HAJI-ABADI, J. S. M. A.; SOOFIANI, M. N.; SADEGHI, A. A. et al. Effects of supplemental dietary l-carnitine and ractopamine on the performance of juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture Research**. v.41, p.1582-1591, 2010.

HUSS, H. H. **Quality and quality changes in fresh fish**. IN: FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER. v. 348. FAO, Rome, 1995. Available at: <<http://www.fao.org/DOCREP/V7180E/V7180E00.HTM>> Access on: may, 2012.

KILINC, B.; CAKLI, S.; CADUN, A. et al. Comparison effects of slurry ice and flake ice pretreatments on the quality of aquacultured sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored at 4 °C. **Food Chemistry**. v. 104, p.1611–1617, 2007.

KIM, R.; LABELLA, F. Comparison of analytical methods for monitoring autoxidation profiles of authentic lipids. **Journal of Lipid Research**. v. 28, p. 1110–1117, 1987.

KOSTAKI, M.; GIATRAKOU, V.; SAVVAIDIS, N. I. et al. Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. **Food Microbiology**. v. 26, p.475–482, 2009.

MERSMANN, H. J. Overview of the effects of beta-adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. **Journal of Animal Science**. v.76, p.160–172, 1998.

MERSMANN, H.J. Beta-adrenergic receptor modulation of adipocyte metabolism and growth. **Journal of Animal Science**. v. 80, p. E24-E29, 2002.

MITCHELL, A.D.; SOLOMON, M.B.; STEELE, N.C. Response of low and high protein select lines of pigs to the feeding of the beta-adrenergic agonist ractopamine (phenethanolamine). **Journal of Animal Science**. v.68, n.10, p.3226-3232, 1990.

MOCCIA, R.D.; GURURE, R.M.; ATKINSON, J.L. et al. Effects of the repartitioning agent ractopamine on the growth and body composition of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, fed tree level of dietary protein. **Aquaculture research**. v. 29 p. 687-694, 1998.

MOREIRA, J. Causas da ocorrência de carne PSE em frangos de corte e como controlá-las. In: IV SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUINOS – AVESUI, 4, 2005. Florianópolis – SC. **Anais...** Florianópolis: Gessulli Agribusiness, p.71-118, 2005.

MUSTIN, W.T.; LOVELL, R.T. Feeding the repartitioning agent ractopamine to channel catfish (*Ictalurus punctatus*) increases weight gain and reduces fat deposition. **Aquaculture**. v. 109, p.145-152, 1993.

ORTIZ, J.; LARRAIN, A.; VIVANCO, J. P. et al. Rancidity development during the frozen storage of farmed coho salmon (*Onchorhynchus kisutch*): Effect of antioxidant composition supplied in the diet. **Food Chemistry**. v.115, p.143–148, 2009.

POVH, J.A.; RIBEIRO, R.P.; LOPERA-BARRERO, N.M. et al. Monitoramento da variabilidade genética de pacu, *Piaractus mesopotamicus*, do programa de aumento de estoque do rio Paranapanema. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 61, p. 1191-1195, 2009.

ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H.J. Factors of significance for pork quality - a review. **Meat Science**. v. 64 p. 219–237, 2003.

SALEM, M.; LEVESQUE, H.; MOON, T. W. et al. Anabolic effects of feeding  $\beta$ 2-adrenergic agonists on rainbow trout muscle proteases and proteins. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**. New York, v. 144, p.145-154, 2006.

TANAMATI, A.; STEVANATO, F.B.; VISENTAINER, J.E.L. et al. Fatty acid composition in wild and cultivated pacu and pintado fish. **European Journal of Lipid Science and Technology**. v. 111, p. 183–187, 2009.

TARLADGIS, B. G.; WATTS, B. M.; YOUNATHAN, M. T. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. **The Journal of the American Oil Chemists' Society**. v. 37, p. 44-48, 1960.

TIRONI, V. A.; TOMAS, M. C.; ANON, M. C. Quality loss during the frozen storage of sea salmon (*Pseudoperca semifasciata*). Effect of rosemary (*Rosmarinus officinalis L.*) extract. **LWT – Food Science and Technology**. v. 43, p. 263–272, 2010.

VAN DEN BERG, G. W.; MOCCIA, R. D. Growth performance and carcass composition of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), fed the  $\beta$ -agonist ractopamine. **Aquaculture Research**. v.29, p. 469-479, 1998.

VAN DEN BERG, G.W.; LEATHERLAND, J.F.; MOCCIA, R.D. The effects of the beta-agonist ractopamine in growth hormone and in intermediate metabolite concentrations in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture Research**. v.29, p.79-87, 1998.

VAN HEESWIJK, J.C.F.; VIANEN, G.J.; VAN DEN THILLART, G.E.E.J.M. The adrenergic control of hepatic glucose and FFA metabolism in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): increased sensitivity to adrenergic stimulation with fasting. **General and Comparative Endocrinology**. v. 145, p.51-61, 2006.

WEBSTER C.D.; TUI L.G.; TIDWELL J.H. et al. Effects of feeding the repartitioning agent L644,969 on growth and body composition of blue catfish, *Ictalurus furcatus*, fed diets containing two protein levels reared in cages. **Aquaculture**. v.134, p.247-256, 1995.

**ANEXO A – Tabelas**

Tabela 1A	Análise de variância e coeficiente de variação para pH inicial dos filés de pacus em fase de terminação que receberam dietas suplementadas com níveis de ractopamina (0; 11,25; 22,5; 33,75; 45 ppm) durante 90 dias.....	63
Tabela 2A	Análise de variância e coeficiente de variação para pH após 24 horas dos filés de pacus em fase de terminação que receberam dietas suplementadas com níveis de ractopamina (0; 11,25; 22,5; 33,75; 45 ppm) durante 90 dias.....	63
Tabela 3A	Análise de variância e coeficiente de variação para teor de umidade (%) dos filés de pacus em fase de terminação que receberam dietas suplementadas com níveis de ractopamina (0; 11,25; 22,5; 33,75; 45 ppm) durante 90 dias.....	64
Tabela 4A	Análise de variância e coeficiente de variação para teor de cinzas (%) dos filés de pacus em fase de terminação que receberam dietas suplementadas com níveis de ractopamina (0; 11,25; 22,5; 33,75; 45 ppm) durante 90 dias.....	64
Tabela 5A	Análise de covariância e coeficiente de variação para teor de extrato etéreo (%) dos filés de pacus em fase de terminação que receberam dietas suplementadas com níveis de ractopamina (0; 11,25; 22,5; 33,75; 45 ppm) durante 90 dias.....	65
Tabela 6A	Análise de variância e coeficiente de variação para teor de proteína bruta (%) dos filés de pacus em fase de terminação que receberam dietas suplementadas com níveis de ractopamina (0; 11,25; 22,5; 33,75; 45 ppm) durante 90 dias.....	65

		62
Tabela 7A	Análise de variância e coeficiente de variação para perda de peso por descongelamento (%) dos filés de pacus em fase de terminação que receberam dietas suplementadas com níveis de ractopamina (0; 11,25; 22,5; 33,75; 45 ppm) durante 90 dias.....	66
Tabela 8A	Análise de variância e coeficiente de variação para perda de peso por cocção (%) dos filés de pacus em fase de terminação que receberam dietas suplementadas com níveis de ractopamina (0; 11,25; 22,5; 33,75; 45 ppm) durante 90 dias.....	66
Tabela 9A	Análise de variância e coeficiente de variação para teor de malonaldeído (mg/Kg) dos filés de pacus armazenados em geladeira (4 °C) que receberam dietas suplementadas com níveis de ractopamina na fase de terminação (0; 11,25; 22,5; 33,75; 45 ppm) durante 90 dias.....	67
Tabela 10A	Análise de variância e coeficiente de variação para teor de malonaldeído (mg/Kg) dos filés de pacus armazenados em freezer (-10 °C) que receberam dietas suplementadas com níveis de ractopamina na fase de terminação (0; 11,25; 22,5; 33,75; 45 ppm) durante 90 dias.....	68

Tabela 1A Análise de variância e coeficiente de variação para pH inicial dos filés de pacus em fase de terminação que receberam dietas suplementadas com níveis de ractopamina (0; 11,25; 22,5; 33,75; 45 ppm) durante 90 dias

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Ractopamina	3	0,0549	0,0183	0,562	0,6443
Adicional	1	0,0263	0,0263	0,808	0,3759
erro	30	0,9777	0,0326		
CV (%) =	2,43				

Tabela 2A Análise de variância e coeficiente de variação para pH após 24 horas dos filés de pacus em fase de terminação que receberam dietas suplementadas com níveis de ractopamina (0; 11,25; 22,5; 33,75; 45 ppm) durante 90 dias

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Ractopamina	3	0,1646	0,0549	1,007	0,4032
Adicional	1	0,0860	0,0860	1,579	0,2186
erro	30	1,6344	0,0545		
CV (%) =	3,75				



Tabela 3A Análise de variância e coeficiente de variação para teor de umidade (%) dos filés de pacus em fase de terminação que receberam dietas suplementadas com níveis de ractopamina (0; 11,25; 22,5; 33,75; 45 ppm) durante 90 dias

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Ractopamina	3	9,32	3,11	0,593	0,6247
Adicional	1	194,89	194,89	37,162	0,0000
erro	30	157,33	5,24		
CV (%) =	3,24				

Tabela 4A Análise de variância e coeficiente de variação para teor de cinzas(%) dos filés de pacus em fase de terminação que receberam dietas suplementadas com níveis de ractopamina (0; 11,25; 22,5; 33,75; 45 ppm) durante 90 dias

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Ractopamina	3	0,0492	0,0164	2,132	0,117
<i>linear</i>	<i>1</i>	<i>0,0007</i>	<i>0,0007</i>	<i>0,086</i>	<i>0,7715</i>
<i>quadrático</i>	<i>1</i>	<i>0,0340</i>	<i>0,0340</i>	<i>4,411</i>	<i>0,0442</i>
Adicional	1	0,0005	0,0005	0,070	0,7928
erro	30	0,2305	0,0077		
CV (%) =	7,69				

Tabela 5A Análise de variância e coeficiente de variação para teor de extrato etéreo (%) dos filés de pacus em fase de terminação que receberam dietas suplementadas com níveis de ractopamina (0; 11,25; 22,5; 33,75; 45 ppm) durante 90 dias

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Ractopamina	3	10,5879	3,5293	29,108	0,000
<i>linear</i>	<i>1</i>	<i>8,2301</i>	<i>8,2301</i>	<i>67,905</i>	<i>0,000</i>
<i>quadrático</i>	<i>1</i>	<i>1,3262</i>	<i>1,3262</i>	<i>10,942</i>	<i>0,002</i>
Adicional	1	2,149	2,149	17,724	0,000
erro	30	3,6374	0,1212		
CV (%) =	8,42				

Tabela 6A Análise de variância e coeficiente de variação para teor de proteína bruta (%) dos filés de pacus em fase de terminação que receberam dietas suplementadas com níveis de ractopamina (0; 11,25; 22,5; 33,75; 45 ppm) durante 90 dias

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Ractopamina	3	127,64	42,55	15,706	0,000
<i>linear</i>	<i>1</i>	<i>1,4160</i>	<i>1,4160</i>	<i>0,523</i>	<i>0,075</i>
<i>quadrático</i>	<i>1</i>	<i>0,6645</i>	<i>0,6645</i>	<i>0,245</i>	<i>0,624</i>
Adicional	1	48,32	48,32	17,838	0,000
erro	30	81,27	2,71		
CV (%) =	9,57				

Tabela 7A Análise de variância e coeficiente de variação para perda de peso por descongelamento (%) dos filés de pacus em fase de terminação que receberam dietas suplementadas com níveis de ractopamina (0; 11,25; 22,5; 33,75; 45 ppm) durante 90 dias

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Ractopamina	3	2,023	0,674	3,201	0,037
<i>linear</i>	<i>1</i>	<i>0,3124</i>	<i>0,3124</i>	<i>1,480</i>	<i>0,233</i>
<i>quadrático</i>	<i>1</i>	<i>1,0766</i>	<i>1,0766</i>	<i>5,102</i>	<i>0,031</i>
Adicional	1	0,214	0,214	1,016	0,322
erro	30	6,322	0,211		
CV (%) =	12,44				

Tabela 8A Análise de variância e coeficiente de variação para perda de peso por cocção (%) dos filés de pacus em fase de terminação que receberam dietas suplementadas com níveis de ractopamina (0; 11,25; 22,5; 33,75; 45 ppm) durante 90 dias

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Ractopamina	3	1,64	0,547	7,312	0,001
<i>Linear</i>	<i>1</i>	<i>0,9274</i>	<i>0,9274</i>	<i>12,366</i>	<i>0,001</i>
<i>Quadrático</i>	<i>1</i>	<i>0,0052</i>	<i>0,0052</i>	<i>0,069</i>	<i>0,795</i>
Adicional	1	0,396	0,396	5,296	0,029
erro	30	2,243	0,075		
CV (%) =	23,29				

Tabela 9A Análise de variância e coeficiente de variação para teor de malonaldeído (mg/Kg) dos filés de pacus armazenados em geladeira (4 °C) que receberam dietas suplementadas com níveis de ractopamina na fase de terminação (0; 11,25; 22,5; 33,75; 45 ppm) durante 90 dias

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Ractopamina (R)	3	0,214	0,071	8,90	0,0002
Adicional (A)	1	0,008	0,008	0,99	0,3292
Erro 1	29	0,233	0,008		
Dia (D)	3	9,946	3,315	414,7	0,0000
D*R	9	0,460	0,051	6,40	0,0000
rac d dia 1	3	0,002	0,001	0,09	0,9672
rac d dia 2	3	0,021	0,007	0,88	0,4552
rac d dia 3	3	0,164	0,055	6,85	0,0003
<i>linear</i>	<i>1</i>	<i>0,001</i>	<i>0,001</i>	<i>0,06</i>	<i>0,8017</i>
<i>quadrático</i>	<i>1</i>	<i>0,069</i>	<i>0,069</i>	<i>8,67</i>	<i>0,0041</i>
rac d dia 4	3	0,487	0,162	20,30	0,0000
<i>linear</i>	<i>1</i>	<i>0,043</i>	<i>0,043</i>	<i>5,44</i>	<i>0,0218</i>
<i>quadrático</i>	<i>1</i>	<i>0,229</i>	<i>0,229</i>	<i>28,59</i>	<i>0,0000</i>
D*A	3	0,013	0,004	0,52	0,6682
Erro 2	96	0,768	0,008		
CV (%) 1 =	15,81				
CV (%) 2 =	14,36				

Tabela 10A Análise de variância e coeficiente de variação para teor de malonaldeído (mg/Kg) dos filés de pacus armazenados em freezer (-10 °C) que receberam dietas suplementadas com níveis de ractopamina na fase de terminação (0; 11,25; 22,5; 33,75; 45 ppm) durante 90 dias

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Ractopamina (R)	3	0,065	0,022	5,66	0,0035
Adicional (A)	1	0,020	0,020	5,21	0,0300
Erro 1	29	0,112	0,004		
Dia (D)	3	7,657	2,552	571,4	0,0000
D*R	9	0,215	0,024	5,34	0,0000
rac d dia 1	3	0,004	0,001	0,28	0,8384
rac d dia 2	3	0,026	0,009	1,93	0,1303
rac d dia 3	3	0,023	0,008	1,71	0,1697
rac d dia 4	3	0,227	0,076	16,97	0,0000
<i>linear</i>	<i>1</i>	<i>0,017</i>	<i>0,017</i>	<i>3,92</i>	<i>0,0507</i>
<i>Quadrático</i>	<i>1</i>	<i>0,068</i>	<i>0,068</i>	<i>15,27</i>	<i>0,0002</i>
D*A	3	0,035	0,012	2,62	0,0551
Erro 2	96	0,429	0,004		
CV (%) 1 =	14,20				
CV (%) 2 =	13,91				

VERSÃO PRELIMINAR