UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

FÚLVIO VIEGAS SANTOS TEIXEIRA DE MELO

Insensibilização do Bijupirá (*Rachycentron canadum*) com eletronarcose:
efeitos sobre a qualidade da carne

Versão Corrigida

Pirassununga SP
2015

FÚLVIO VIEGAS SANTOS TEIXEIRA DE MELO

Insensibilização do Bijupirá (*Rachycentron canadum*) com
eletroanestesia: efeitos sobre a qualidade da carne

Tese apresentada à Faculdade de
Zootecnia e Engenharia de
Alimentos da Universidade de São
Paulo, como parte dos requisitos
para a obtenção do título de Doutor
em Zootecnia.

Área de concentração: Qualidade e
produtividade animal.

Orientador: Profa. Dra. Elisabete
Maria Macedo Viegas

Pirassununga SP
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
da Universidade de São Paulo

M528i   Melo, Fúlvio Viegas Santos Teixeira de
            Insensibilização do bijupirá (Rachycentron canadum)
            com eletronarcose: efeitos sobre a qualidade da carne /
            Fúlvio Viegas Santos Teixeira de Melo. -- Pirassununga,
            2015.
            133 f.
            Tese (Doutorado) -- Faculdade de Zootecnia e
            Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo.
            Departamento de Engenharia de Alimentos.
            Área de Concentração: Qualidade e Produtividade
            Animal.
            Orientadora: Profa. Dra. Elisabete Maria Macedo
            Viegas.

            1. Senciência 2. Bijupirá 3. Eletronicose
            4. Frescor 5. Estocagem 6. Pescado. I. Título.

*A Senhor do Bonfim pela luz, proteção e garra em
todos os momentos da minha vida,*

Ofereço

Aos meus pais, irmãos e minha filha,

Dedico

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus e minha família por me dar forças para a realização deste sonho.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos e Instituto Oceanográfico Base Ubatuba, Universidade de São Paulo.

A minha orientadora, professora Dra. Elisabete Maria Macedo Viegas, pela paciência, compreensão, orientação e confiança depositada nesta tarefa.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano pelo incentivo dado por meio da liberação para cursar o Doutorado e compreensão dos dirigentes e colegas de trabalho quando das minhas ausências.

A todos do Laboratório de Piscicultura, vocês fazem parte desta tese.

Aos técnicos e amigos do laboratório de Tecnologia de Alimentos.

A todos os meus familiares, amigos, colegas de turma, trabalho e republica.

Errar é humano!!!

Compreender o erro é o primeiro passo para o sucesso!!!

(Fúlvio Viegas)

RESUMO

MELO, F.V.S.T. **Insensibilização do bijupirá (*Rachycentron canadum*) com eletronarcose:** efeitos sobre a qualidade da carne. 2014. 105 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

A qualidade do pescado está condicionada a diversos fatores, entre eles os métodos de insensibilização. Nesta pesquisa foi utilizado o choque elétrico em diferentes intensidades como método de insensibilização do bijupirá (*Rachycentron canadum*), e avaliados seus efeitos sobre a qualidade dos peixes resfriados e filés congelados. O experimento foi realizado em dois ensaios, sendo o primeiro insensibilizando os peixes com eletrochoque de intensidades de 100; 150 e 200 Volts, e armazenados refrigerados durante 21 dias. No segundo ensaio foi aplicada corrente elétrica utilizando as intensidades de 50; 100; 150 Volts, seguida de filetagem e estocagem sob congelamento. Os peixes utilizados em ambos os ensaios foram obtidos de uma piscicultura comercial localizada no litoral norte do estado de São Paulo a cerca de 50 km por via marítima da cidade de Ubatuba-SP. As variáveis de qualidade dos peixes avaliadas foram características físicas, químicas e sensoriais como bases nitrogenadas voláteis, medidas dielétricas, índice de *Rigor Mortis*, pH, desnaturação proteica, perfil de ácidos graxos e suas relações, textura, cor, drip loss, cooking loss, capacidade de retenção de água (CRA), avaliação sensorial do frescor, ATP e produtos da degradação, e oxidação lipídica. O delineamento experimental utilizado foi um fatorial 6X3, seis tempos de análise e três intensidades de choque elétrico no primeiro ensaio; no segundo ensaio foi utilizado o esquema fatorial 4X3, (quatro tempos de análises e três voltagens de choque). Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) em ambos os ensaios para a maioria das variáveis analisadas, tanto para os tratamentos, tempo, como também para a influência do tempo de armazenamento dentro de cada tratamento. No entanto, para os dois ensaios o número de variáveis com significância entre os tratamentos, foi menor em relação ao número de variáveis em que houve significância para os tempos de conservação, sendo a interação tempo*tratamento a que obteve significância expressiva dentro dos resultados encontrados. Nestes dois

ensaios realizados utilizando a refrigeração e congelamento do bijupirá, foram observados os melhores resultados para o tratamento com a intensidade em 150 volts para a maioria das variáveis analisadas onde houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Concluiu-se também que o bijupirá pode ser conservado em até sete dias após abate em conservação refrigerada e até 180 dias quando estocados em congelamento.

Palavras-chave: Senciência, Bijupirá, Eletronarcose, Frescor, Estocagem, Pescado.

ABSTRACT

MELO, F.V.S.T. **Stunning of cobia (*Rachycentron canadum*) with electronarcosis**: effects on meat quality. 2014. 105p. Ph.D Thesis - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

Fish quality is subject to many factors, including the stunning methods. In this research we used the electric shock at different intensities as stunning method cobia (*Rachycentron canadum*), and evaluated its effects on the quality of chilled and frozen fish fillets. The experiment was conducted in two trials, the first desensitizing the fish with electroshock intensities 100; 150 and 200 volts, and stored refrigerated for 21 days. In the second assay was applied using the electrical current intensities 50; 100; 150 Volts, then filleting and storage under freezing. The fish used in both assays were obtained from a commercial fish farm located on the northern coast of São Paulo about 50 km by sea from the town of Ubatuba, Brazil. Fish quality traits were physical, chemical and sensory characteristics as volatile nitrogenous bases, dielectric measurements, Rigor Mortis index, pH, protein denaturation, fatty acid profile and their relationships, texture, color, drip loss, cooking loss, water holding capacity (WHC), sensory evaluation of freshness, ATP and degradation products and lipid oxidation. The experimental design was a 6X3 factorial six times analysis and three electric shock intensities in the first test; the second test was used factorial 4X3 (four-stroke analyzes and three shock voltages). There were significant differences ($p < 0.05$) in both trials for most variables, for both treatments, weather, but also to the influence of storage time within each treatment. However, for the two trials the number of significant variables between treatments was lower than the number of variables that were significant to the storage times, with the interaction time*treatment they received substantial significance within results found. In these two trials conducted using the cooling and freezing Bijupirá, the best results for the treatment intensity at 150 volts for most variables where there were significant differences ($p < 0.05$) were observed between treatments. It was also concluded that cobia can be kept within seven days of slaughter in cold storage and up to 180 days when stored at freezing.

Keywords: Sentience, Bijupirá, Electronarcosis, Freshness, Storage, Fish.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Morfologia externa do bijupirá (<i>Rachycentron canadum</i>).	21
Figura 2 – Protótipo utilizado como insensibilizador (máquina de choque)	40
Figura 3 – Medida do <i>Rigor mortis</i>	41
Figura 4 - Textura instrumental.....	42
Figura 5 – Variação da pigmentação dos bijupirás antes, durante e após a insensibilização.	44
Figura 6 – Variações do índice de <i>Rigor mortis</i> em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.....	46
Figura 7 – Variações das cores em filés de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.	51
Figura 8 – Variações da textura da carne de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.	53
Figura 9 – Variações da avaliação sensorial de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.	55
Figura 10 – Variações das concentrações de ATP em músculo de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.....	56
Figura 11 – Variações das concentrações de ADP em músculo de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.....	57
Figura 12 – Variações das concentrações de AMP em músculo de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.....	57
Figura 13 – Variações das concentrações de IMP em músculo de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.....	58

Figura 14 – Variações das concentrações de Hx em músculo de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.....	59
Figura 15 – Variações das concentrações de HxR em músculo de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.....	59
Figura 16 – Valor K em músculo de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.	60
Figura 17 – Avaliação das perda de água por exudação, Drip Loss.	66
Figura 18 – Avaliação das perdas de água por cozimento, Cooking Loss.	67
Figura 19 - Variações da perda de água por cozimento (<i>Cooking loss</i>) em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.	70
Figura 20 - Variações da perda de água por gotejamento (<i>Drip Loss</i>) em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.	71
Figura 21 - Capacidade de retenção de água (CRA) em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.....	74
Figura 22 - Variações da textura em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico	76
Figura 23 - Variações da cor em filés de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico	77
Figura 24 – Variações de bases nitrogenadas voláteis (BNV) em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.....	79
Figura 25 - Variações do pH em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico	81
Figura 26 - Variações da oxidação lipídica (TBARS) em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.....	83

Figura 27 – Variações do índice H/H em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.	90
Figura 28 - Variações da relação LA/ALA em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.	91
Figura 29 - Variações dos ácidos graxos trombogênicos em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.....	92
Figura 30 - Variações da relação n6/n3 em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variações de pH muscular em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.	49
Tabela 2 – Medidas dielétricas em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.	50
Tabela 3 – Valores médios da cor em filés de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.	52
Tabela 4 – Entalpia de desnaturação proteica (j/g) em filés de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.....	85
Tabela 5 – Perfil de ácidos graxos em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.	88

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	18
3. REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1. A espécie	19
3.2. Qualidade do pescado	21
3.3. Métodos de insensibilização em peixes	23
3.4. Indicadores de qualidade e frescor	26
3.5. Indicadores físicos	26
3.6. Indicadores químicos	31
3.7. Indicadores sensoriais	33
4. MATERIAL E MÉTODOS	34
4.1. Tratamentos e métodos de análises	34
ENSAIO 01	36
1. INTRODUÇÃO	36
2. MATERIAL E MÉTODOS	38
2.1. Local e animais	38
2.2. Avaliação sensorial do frescor	40
2.3. Índice de <i>Rigor mortis</i>	40
2.4. pH muscular	41
2.5. Textura instrumental	41
2.6. Cor instrumental	42
2.7. Medidas dielétricas	43
2.8. ATP e seus produtos de degradação	43

2.9. Análise estatística	43
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
3.1. Análise Comportamental.....	44
3.2. <i>Rigor mortis</i>	45
3.3. pH	47
3.4. Medidas dielétricas	49
3.5. Cor instrumental.....	50
3.6. Textura instrumental	53
3.7. Avaliação sensorial	54
3.8. ATP e seus produtos de degradação.....	56
4. CONCLUSÃO.....	61
ENSAIO 02.....	62
1. INTRODUÇÃO	62
2. MATERIAL E MÉTODOS	64
2.1. Textura instrumental.....	65
2.2. Cor instrumental.....	65
2.3. Capacidade de retenção de água (CRA)	65
2.4. Drip loss	66
2.5. Cooking loss.....	66
2.6. Oxidação lipídica (TBARS).....	67
2.7. Desnaturação proteica (DSC)	67
2.8. Perfil de ácidos graxos e seus índices de qualidade nutricional lipídica	67
2.9. Análise estatística	68
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68

3.1. Perdas por cozimento (Cooking loss), por congelamento (Drip loss) e capacidade de retenção de água (CRA)	68
3.2. Cor e textura	75
3.3. BNV, pH e TBARS	78
3.4. Desnaturação proteica (DSC)	84
3.5. Perfil de ácidos graxos e índices de qualidade nutricional lipídica	86
3.5.1. Índice H/H	89
3.5.2. Relação LA/ALA	90
3.5.3. Índice de trombogenicidade	91
3.5.4. Relação n6/n3	92
4. CONCLUSÕES	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

1. INTRODUÇÃO

O pescado é uma das principais fontes de proteínas na alimentação humana. Porém, dos produtos de origem animal, os peixes são os mais suscetíveis à deterioração devido à sua composição, ação de enzimas autolíticas, e pela relação menos ácida de sua carne, que favorece o crescimento microbiano. Também, devido à elevada insaturação de seus lipídios, a maioria da gordura dos peixes apresenta alta susceptibilidade à oxidação lipídica.

A aquicultura no Brasil encontra-se em fase de crescimento, principalmente com o cultivo intensivo de espécies de interesse comercial. Estes peixes são abatidos geralmente por hipotermia com água e gelo ou por asfixia em gelo, métodos que, comprovadamente não causam a imediata perda de função cerebral e podem ter consequências prejudiciais na qualidade da carne.

Métodos alternativos ao choque térmico tem sido objeto de vários estudos no mundo, procurando-se diminuir o sofrimento causado no momento do abate tornando o animal insensibilizado no pré-abate. Alguns exemplos de métodos de atordoamento/abate incluem o choque elétrico seguido de decapitação, percussão craniana, choque térmico com água e gelo e asfixia.

Observando a contextualização dos fatos apresentados, faz-se necessário a busca por conhecimentos que possam elucidar através da pesquisa, a melhor voltagem utilizada no procedimento de eletronarcose, relacionando não somente estes resultados ao bem estar animal, mas também com a qualidade da carne do pescado produzido.

2. OBJETIVOS

1- Avaliar o efeito da insensibilização por aplicação de três voltagens de corrente elétrica alternada (AC) sobre as alterações *post mortem* e qualidade da carne do bijupirá (*Rachycentron canadum*) mantido refrigerado, e de filés congelados.

2- Gerar e disponibilizar informações aplicáveis aos setores produtivos, público e comercial sobre as condições apropriadas de insensibilização para abate e manutenção da qualidade da carne de bijupirá fresco e de filés congelados.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. A espécie

O bijupirá (*Rachycentron canadum*) é uma espécie de peixe pelágico, migratório, encontrado em mares tropicais e subtropicais. No Atlântico ocidental é encontrado do sul do Canadá até a Argentina. No Brasil se distribui por toda costa litorânea (do Amapá ao Rio Grande do Sul) (SHAFFER e NAKAMURA, 1989). Tem preferência por temperaturas de água entre 20 e 30°C, migrando para o sul, do hemisfério norte, em busca de águas mais quentes durante o outono e o inverno. Na natureza pode tolerar salinidades entre 8 a 44,5 ppm (SHAFFER e NAKAMURA, 1989). Em pisciculturas comerciais, as fêmeas sexualmente maduras podem alcançar peso acima de 8 kg em um ano e meio de cultivo. Os machos apresentam maturidade sexual quando atingem 7 kg em um período de um ano (SU *et al.*, 2000).

O bijupirá não possui diferenças morfológicas externas evidentes entre machos e fêmeas. Apenas no período de maturidade sexual, as fêmeas ficam com as listras brancas mais pronunciadas; os machos maduros possuem normalmente o corpo mais delgado que auxiliam na diferenciação sexual (SU *et al.*, 2000). Brown-Peterson *et al.* (2002) avaliaram o desenvolvimento gonadal e períodos de desova do bijupirá coletado em diferentes locais no Golfo do México e concluíram que esta espécie apresenta similaridade periódica para os períodos de reprodução.

Em relação ao hábito alimentar, o bijupirá é considerado uma espécie carnívora. Na natureza os adultos se alimentam de uma grande variedade de espécies de peixes, crustáceos e organismos bentônicos (SHAFFER e

NAKAMURA, 1989). São peixes que se adaptam facilmente à dieta artificial e possuem características zootécnicas interessantes para o cultivo intensivo. De acordo com Liao *et al.* (2004) as rações comerciais para a espécie possuem de 42 a 45% de proteína bruta e 15 a 16% de lipídios.

Embora a produção comercial tenha se iniciado recentemente, já se observa resultados satisfatórios. Por exemplo, em Taiwan a produção de bijupirás aumentou de 1.800 ton em 1999 para 3.000 ton em 2001 (Aquaculture Center, 2005). Este avanço da produção está intimamente relacionado com o sucesso da propagação artificial e da produção de larvas. Segundo Liao *et al.* (2004), para viabilizar a produção de bijupirá, bem como sua comercialização é preciso desenvolver estudos nas áreas de tecnologia de reprodução, produção, ambiência, mercado, política para regulamentação da atividade e transferência de tecnologia.

O bijupirá chamou atenção dos maricultores taiwaneses pelo grande potencial zootécnico e ótimas taxas de conversão alimentar, além de ser muito valorizado no mercado interno e externo (PAN, 2005). Segundo Liao *et al.* (2004) em pisciculturas deste mesmo país, a taxa de conversão alimentar durante o período de crescimento final é próxima de 1,5 alcançando o peso comercial, que varia entre 6 a 10 kg, em 6 a 8 meses.

A carne do bijupirá é branca e possui excelentes características organolépticas, no entanto ainda não é comumente encontrada no mercado Brasileiro. No mercado asiático é comercializado fresco ou em postas e é muito apreciado para defumação ou como “sashimis”. Além disso, é um peixe muito contemplado para a pesca esportiva.

Figura 1. Morfologia externa do bijupirá (*Rachycentron canadum*).

3.2. Qualidade do pescado

Segundo Huss (1995), há um aumento na demanda de pescado nos países em desenvolvimento, por ser uma alternativa alimentar de alto valor nutritivo, baixos teores de gordura de alta qualidade e alta digestibilidade. A União Europeia tem se destacado em impor leis para comercialização e produção de pescado com qualidade, buscando formar uma concepção legal para a produção (VAN DE VIS, 2003).

Devido aos inúmeros benefícios que a carne de pescado traz à saúde humana, o seu consumo vem crescendo consideravelmente nos últimos anos. Os peixes são um importante constituinte da dieta humana, uma vez que são fontes de diversos nutrientes, tais como proteínas de alto valor biológico, vitaminas, minerais e lipídios, além de fornecer ácidos graxos poliinsaturados, principalmente EPA (ácido eicosapentaenóico) e DHA (ácido docosaexaenóico) (MONTANO *et. al.*, 2001). Nas últimas décadas, a prevalência de doenças cardiovasculares tem aumentado, tornando um grande problema de saúde pública (HARRIS *et. al.* 2004). A “America Heart Association” (AHA) e a Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição (SBAN) recomendam uma

ingestão de gordura correspondente a 30% do total energético da dieta e uma proporção de 1:2:1,5 entre ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados, sendo considerada ótima uma relação entre os ácidos graxos Omega-6 e Omega-3 igual a 4 (MELTZ *et al.*, 1997; VANNUCCHI, 1990).

A necessidade de um perfil adequado do valor nutricional do pescado, salientando a obrigação dos nutricionistas em formular dietas para os organismos aquáticos também considerando, além dos custos e o atendimento às exigências, a importância do valor nutricional do pescado para o consumidor humano (MARTINO e TAKAHASHI, 2001). Contudo, para suprir a necessidade dos consumidores por pescado fresco de ótima qualidade é necessário que a captura ou despesca dos peixes seja feita de forma planejada, que o abate seja apropriado e que se apliquem formas corretas de acondicionamento do pescado em gelo (MORKORE *et al.*, 2002).

A palavra “qualidade” é amplamente utilizada e com significados distintos. Na indústria do pescado o “peixe de qualidade” se refere principalmente ao peso ou tamanho da espécie. Na maioria das vezes, “qualidade” é sinônimo de aparência estética e frescor, e refere-se ao grau de deterioração do peixe. Para as autoridades fiscais e governamentais, que estão preocupados com a saúde humana, significa ausência de agentes nocivos à saúde humana (ADDISA *et al.*, 2012).

Pelo fato do pescado ser um alimento com alta perecibilidade, determinados cuidados com o acondicionamento e manuseio são necessários. Desde a morte do animal até a comercialização, o objetivo principal da refrigeração do pescado é manter as características físicas, químicas, sensoriais e microbiológicas próprias de pescado fresco pelo maior tempo

possível (HUIDOBRO *et al.*, 2001). A qualidade sensorial do pescado refrigerado depende de muitos processos, os quais são determinados por mecanismos bioquímicos e microbiológicos e a perda de frescor é o reflexo da atividade desses processos (STONE e SIDEL, 1993).

Outro aspecto que também vem de encontro aos métodos de criação e manejo de animais é o que se refere a “carne ética”, ou seja, o alimento que é produzido de uma maneira mais humanitária possível e que será a nova vertente do mercado mundial de carnes (BARBOSA FILHO e SILVA, 2004). Para que isto ocorra é necessário que os animais não sofram nenhum tipo de dor ou injúria e nem sofram estresse por períodos prolongados durante sua criação e abate.

3.3. Métodos de insensibilização em peixes

O abate dos animais não é restrito especificamente ao processo de sangria, mas também aos processos pré-abate, que são na maioria das vezes os maiores responsáveis pelo comprometimento da carcaça e queda na qualidade da carne. Peixes em condições nutricionais ideais parecem ser mais resistentes ao estresse em relação aos peixes que vivem em privação de nutrientes, fator importante para comparações (HULTMANN, 2012).

A senciência é um conjunto de fatores cognitivos que proporcionarão a proteção física do animal e em geral os fatores cognitivos estão ligados ao aprendizado, sentimentos e previsão de eventos futuros (DOLAN, 1999). O bem-estar do peixe não está somente ligado à sanidade do animal, está intimamente ligado também com a capacidade de sentir.

Segundo a Instrução Normativa nº 3, de 17 de janeiro de 2000, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o abate humanitário constitui-se de um conjunto de diretrizes técnicas e científicas que garantam o bem-estar dos animais (aqueles ditos de açougue como aves, suínos e bovinos). No entanto, os métodos que garantem o bem-estar dos peixes durante o manejo do abate não é citado, e sendo esta fonte proteica que mais cresce em produtividade em todo o mundo, faz-se necessário a regulamentação das normas e práticas de insensibilização (BRASIL, 2000).

Visando uma melhor qualidade e bem estar animal faz-se necessário a utilização de métodos de insensibilização que ocasionem a inconsciência do animal, pois, o método de abate utilizado nas indústrias de produção de pescado além de não ser eticamente correto poderá influenciar negativamente na qualidade da carne (CARVALHO *et al.*, 2002; HULTMANN, 2012).

As técnicas de abate de peixes têm sido alvo de inúmeros estudos, com vários objetivos, entre os quais os de promover o controle de qualidade, a eficiência e a segurança dos procedimentos. Alguns exemplos de métodos de atordoamento/abate incluem o choque elétrico seguido de decapitação, percussão craniana, choque térmico com água e gelo e asfixia. Os atordoamentos elétricos e percussivos, aplicados na cabeça, além de não comprometer a qualidade da carne, parecem ser em geral os métodos causadores de menor perturbação, a julgar por dados comportamentais e indicadores de reflexos cerebrais. No entanto, a insensibilização de peixes por banho de sal, asfixia no ar ou no gelo parecem ser os métodos menos aceitáveis (CONTE, 2004).

O atordoamento por choque elétrico é visto como um método de indução a inconsciência imediata, que pode persistir até a morte do animal ou não. É bastante utilizado em mamíferos e aves, por causar perda imediata da sensibilidade (ROBB e WARRISS, 1997). Para espécies como salmão (BERG *et al.*, 1997), truta (AZAM *ET al.*, 1989) e turbot (MORZEL e VAN DE VIS, 2003), a redução do estresse por este tipo de atordoamento teve impactos positivos no bem estar, sem comprometer a qualidade da carne.

Apesar de o choque elétrico ser um método de atordoamento rápido, barato e seguro (LINES *et al.*, 2003; ROTH *et al.*, 2004) é necessário que os parâmetros como voltagem, tempo, tipo de corrente e comprimento de onda sejam aplicados de maneira correta, pois caso contrário podem causar fraturas (HAUCK, 1949; SHARBER e CAROTHERS, 1988), bem como hemorragias e rupturas das artérias dorsais (SPENCER, 1967; HOLLENDER e CARLINE 1994; ROTH *et al.*, 2003).

Conforme citado por Viegas *et al.* (2012) países como Holanda e Alemanha estabeleceram a eletronarcose como método de insensibilização das enguias (*Anguilla anguilla*). Este método ainda é muito discutido no que se refere à sua aplicação, sendo a voltagem, tempo de exposição e frequência, variáveis a serem consideradas (NORDGREEN *et al.*, 2008).

O atordoamento elétrico de peixes pode ocorrer dentro ou fora da água, individualmente ou em lotes, passando pelo corpo todo ou somente na cabeça. Esta técnica possibilita atordoar os peixes em lotes, na qual ocorre uma descarga elétrica emitida por um equipamento acoplado a duas placas de alumínio submersas em uma caixa plástica com água na salinidade entre 500 a 700 μS . Neste tipo de método, alguns indicadores de inconsciência como

eletroencefalograma, eletrocardiograma e estimulação somato sensorial podem ser utilizados (LAMBOOIJ *et al.*, 2010; WAGENEDER e SCHUY, 1967).

Existem técnicas mais econômicas e podem ser utilizadas no Brasil, tornando o abate de peixes um processo humanitário de acordo com padrões internacionais. Uma alternativa viável seria a substituição dos métodos já utilizados, como por exemplo o choque térmico, pelo choque elétrico. O choque elétrico pode causar uma diminuição nos custos de produção com a retirada do uso do gelo comercial que já é utilizado como método de insensibilização. No Brasil encontra-se em fase de teste e construção de equipamentos que apliquem correntes elétricas para o atordoamento de peixes, sendo estes testados com base na observação das características da carcaça, para que não haja perda na qualidade do pescado.

3.4 Indicadores de qualidade e frescor

3.4.1 Indicadores físicos

Para se avaliar corretamente a qualidade de um pescado deve-se considerar um conjunto de variáveis, pois não existe apenas um método correto de avaliação, o que torna necessário a realização de diversos tipos e métodos de análises.

Os indicadores físicos são ferramentas que auxiliam a observação e obtenção de parâmetros de qualidade de pescado. Apesar de a eletronarcose ser um método que não ocasiona a destruição da amostra, este por si só, não é conclusivo para a determinação da qualidade e/ou frescor do pescado. Existem diversos parâmetros físicos para se avaliar o pescado, como: pH, textura, *Rigor mortis*, *cooking loss*, *drip loss*, capacidade de retenção de água (CRA) e cor.

3.4.1.1 Capacidade de retenção de água (CRA)

A capacidade de retenção de água (CRA) é uma propriedade física de suma importância que influencia na qualidade e comercialização de produtos cárneos e reflete a habilidade da carne reter a água contida em sua estrutura.

As proteínas miofibrilares são responsáveis pela retenção de água no músculo. Aproximadamente 70% da água está retida dentro ou entre as miofibrilas. Fatores internos ou externos como alteração do pH ou processos de homogeneização, respectivamente, podem produzir uma alteração na CRA. Esta propriedade afeta a qualidade dos produtos cárneos, influencia a vida de prateleira, afeta a economia e as indústrias, pois, a perda de água resulta em desperdício de dinheiro (HUFF-LONERGAN e LONERGAN, 2005). Muitas das características físicas como cor, textura, suculência e maciez são parcialmente dependentes da capacidade de retenção de água.

3.4.1.2 Drip loss

O *Drip Loss* ou Perda por Gotejamento é uma característica física que está diretamente ligada às reações de catálise do glicogênio e da liberação da água interna e externa dos filamentos proteicos, que aumentam e diminuem de acordo com a contração e encurtamento das fibras musculares, diminuindo a solubilidade das proteínas e aumentando a desnaturação das mesmas (HONG-JU HE *et al.*, 2014). Todos os processos de manejo que ocorrem antes e depois do abate dos peixes também influenciam na variação dos valores encontrados para o *drip loss*, sendo estes inversamente proporcionais aos resultados encontrados no pH, no entanto, o pH final é uma variável relevante para avaliar as perdas de peso e outros atributos de qualidade de carne como a capacidade de retenção de água (BRESSAN *et al.*, 2001; HERTOOG-

MEISHKE *et al.*, 1997). A degradação de filamentos proteicos é indicada como agente causador de aumentos da perda de água no músculo durante a sua conservação em resfriamento. (KRISTENSEN e PURSLOW, 2000). Valores relativamente altos para o *drip loss* interferem diretamente na comercialização do pescado, pois, os mesmos são comercializados a peso (HONG-JU HE *et al.*, 2014)

Segundo Varnan e Shuterland (1998), o resfriamento de carnes após abate permite uma perda superficial de água. Esta perda é estimada em torno de dois por cento, sendo que cerca de dois terços deste valor é formado por um composto proteico. Em polpa do bagre africano, a perda pode chegar até 12% de água durante o descongelamento, sendo esta perda causada pela desnaturação proteica ou pela formação de cristais de água no meio intracelular causando o rompimento destas células e aumento da liberação da água durante o descongelamento (DURÃES *et al.*, 2012)

A maciez, suculência e o tamanho do pescado após processamento estão intimamente ligados à capacidade de retenção de água e às perdas no resfriamento, e que o potencial mercadológico de um pescado ou derivado, assim como o paladar, podem ser influenciados por variações na quantidade da água no tecido muscular, sendo estes fatores diminuídos com o aumento das perdas de água (CASTRO, 2007).

3.4.1.3 Rigor mortis

A duração do *Rigor mortis* é o tempo transcorrido desde a morte até o peixe atingir o rigor máximo (índice de rigor 100%) e é dependente de parâmetros como a espécie, fatores fisiológicos, grau de exaustão, tamanho do peixe, temperatura da água ambiente, condições de morte, entre outros

(CONTRERAS-GUSMÁN, 2002). Em relação ao grau de exaustão, o grau de cansaço, traumatismo e manuseio podem influir muito, pois os peixes que sofrem por mais tempo ao serem capturados, rapidamente entram em *Rigor mortis* (OGAWA e MAIA, 1999).

3.4.1.4 pH

A análise do pH é mais comumente utilizada como indicador, pois avalia a variação da concentração de cátions de hidrogênio (H^+) nos tecidos do pescado. Essa variação é dada pelo acúmulo do ácido láctico oriundo da degradação do glicogênio exigido durante as sucessivas contrações musculares nas etapas que decorrem ao abate, sendo que ocorre uma diminuição neste valor logo após o abate e posteriormente um aumento devido à formação de bases, oriundas da degradação (SANCHÉZ-CASCADO, 2005). O pH pode ser medido diretamente no músculo ou em solução aquosa, sendo que a segunda uma forma não há como aproveitar a musculatura para outras análises do pescado (IWAMOTO *et al.*, 1987; IZQUIREDO-PULIDO *et al.*, 1992).

Segundo Ruiz-Capillas e Moral (2001), a medida de pH acarreta ambiguidade, principalmente logo após o abate, pois não se sabe ao certo a quantidade de energia metabólica existente no músculo na hora da insensibilização e abate, o que torna o pH uma medida de degradação e não de frescor.

3.4.1.5 Textura

A estrutura do músculo do pescado é dada através de vários fatores, composição em fibras musculares, lipídios e proteínas colágenas que determinam a sua rigidez ou falta desta. A textura é um dos parâmetros físicos

utilizados para avaliar a degradação do tecido muscular, juntamente com a avaliação sensorial (ÓLAFSDÓTTIR *et al.*, 2004). Apesar da grande complexidade da estrutura muscular dos peixes, pode-se observar pequenas alterações após o abate, alterações essas perceptíveis através da textura. O colágeno é uma proteína estrutural de relevante significância para a manutenção da textura, apesar de ser encontrada em baixas concentrações, em torno de três por cento do conteúdo total da musculatura. No entanto após a morte do animal observa-se uma solubilização do colágeno, provocando uma maior destruição do tecido conjuntivo, ocasionando perda na estrutura muscular (HAARD, 2002).

“A textura é a manifestação sensorial e funcional das propriedades estruturais, mecânicas e superficiais dos alimentos, detectadas por meio dos sentidos de visão, tato e sinestésico”, sendo derivada da estrutura macroscópica, microscópica e molecular do alimento, podendo ser detectada por vários sentidos, considerando-se entre os mais importantes o tato e a pressão. A textura é uma propriedade sensorial, e assim sendo, somente um ser humano é capaz de percebê-la e descrevê-la. Os instrumentos utilizados para analisá-la podem detectar e quantificar apenas alguns parâmetros físicos que são interpretados em termos de percepção sensorial (SZCZESNIAK, 2002).

Para medir a textura do músculo, utilizam-se várias técnicas baseadas em princípios reológicos como a compressão, punção ou força de corte. O teste de punção é o mais utilizado em peixes. Através das curvas obtidas nas análises é possível mensurar várias propriedades de textura, como a força que provoca o rompimento das fibras (BARROSO *et al.*, 1998). Apesar de haver

uma grande variabilidade entre as espécies, no que se refere à textura, é comum encontrar uma boa correlação entre esta medida e a avaliação sensorial dos peixes, fato que indica que a textura é um bom indicador de qualidade de pescado (BARROSO *et al.*, 1998).

3.4.1.6 Cor

A cor dos produtos é a propriedade física mais utilizada para avaliar a qualidade, sendo este parâmetro o mais utilizado pela população na hora da aquisição do pescado. As reações enzimáticas e microbiológicas provocam alterações da cor nos pescados, seja externamente na pele, ou internamente como nos músculo e nas brânquias. Outros fatores como ambiente manejo e alimentação também podem influenciar na cor (ERIKSON e MISIMI, 2008). Segundo Pivarnik *et al.* (2011) a utilização da atmosfera modificada no armazenamento, aplicando monóxido de carbono, exerce influência na cor do tecido muscular de pescado, não sendo observadas variações durante o período de estocagem. A utilização da atmosfera modificada mascara a avaliação de cor não somente através de equipamentos como também pela visualização do consumidor na hora da compra (PIVARNIK *et al.*, 2013).

3.4.2 Indicadores químicos

Buscando resultados conclusivos e seguros utilizam-se os indicadores químicos como fator de avaliação em pescados. Os indicadores químicos procuram quantificar uma determinada substância ou reagente. Por causa dos elevados custos para esses tipos de análises, procura-se realizar análises simples que possam ser utilizadas de forma corriqueira nas indústrias. Para uma melhor caracterização da qualidade do pescado utilizam-se vários tipos de análise química. Uma excelente vantagem em relação a outros indicadores de

qualidade e frescor é que a análise química pode ser utilizada sem qualquer processamento da amostra.

Os indicadores químicos estão relacionados com três tipos de modificações que ocorrem durante a degradação: compostos básicos nitrogenados; compostos oriundos da degradação do ATP e as modificações que ocorrem nas frações lipídicas. O odor é um dos parâmetros mais observados pelos consumidores, sendo este provocado pela liberação das bases nitrogenadas, que tem origem autolítica e microbiológica (ÓLAFSDÓTTIR *et al.*, 1997). Os ácidos graxos insaturados reagem com o oxigênio dando origem a peróxidos, que são inodoros e insípidos. A conversão destes peróxidos em aldeídos e cetonas conferem odores e sabores estranhos ao alimento (HUSS, 1995). A determinação do índice de peróxido é uma das medidas mais utilizadas para avaliar a deterioração lipídica em pescado. Para determinar os produtos secundários da oxidação lipídica são utilizados métodos colorimétricos como o método do ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) (ÓLAFSDÓTTIR *et al.*, 1997).

3.4.2.1 Bases nitrogenadas voláteis

A decomposição do peixe é dada pela proteólise da musculatura que é provocada principalmente pela ação de microrganismos e secundariamente pela ação de enzimas (CASTILLO-YÁÑEZ *et al.*, 2007). As bases nitrogenadas voláteis são amplamente utilizadas para a avaliação do pescado seja ele estocado em refrigeração ou em congelamento (BAYGAR *et al.*, 2012). Segundo Ocaño-Higuera *et al.* (2011), os compostos derivados da degradação da musculatura dos peixes aumentam suas concentrações de acordo com o aumento do período de estocagem. O aumento das bases nitrogenadas pode

ocorrer de forma linear progressiva ou de forma curvilínea, sendo determinado o limite em 30 mg por 100 g de músculo (OCAÑO-HIGUERA *et al.*, 2011)

3.4.2.2 ATP e produtos de degradação

Dentre as alterações bioquímicas que ocorrem no pescado após a morte, o ATP e seus produtos de degradação tem sido utilizado como parâmetro de avaliação do frescor e vida de prateleira do pescado. (VÁZQUEZ *et al.*, 1997).

Sabe-se que o estabelecimento do *rigor mortis* é consequência direta da concentração de ATP. Convém mencionar que, quando a concentração de ATP é menor que $10^{-4} \mu\text{mol g}^{-1}$, todas as reservas de ATP e de fosfato de creatina tem se esgotado, o que produz uma rigidez das fibras musculares, com o consequente aparecimento do *rigor mortis* (RABELO, 1988).

3.4.3 Indicadores sensoriais

A análise sensorial é a avaliação mais comumente feita pelos consumidores no momento da compra. Características como aparência externa, cor, textura e odor são extremamente importantes para o controle de qualidade do produto.

Existem alguns métodos de avaliação sensorial de pescado cru, que utilizavam anteriormente cada parâmetro individualmente, mas nos dias atuais o método mais aplicado é o método europeu, que reúne as características em um grupo e determina uma pontuação geral final. O método europeu foi proposto em 1996 e pode ser utilizado não somente em pesquisa como também na indústria e pelo serviço de inspeção (DALGAARD, 2000).

Esta pesquisa foi realizada em duas etapas, sendo a primeira utilizando a insensibilização de bijupirás aplicando diferentes voltagens de choque

elétrico e armazenamento em refrigeração por 21 dias, e a segunda etapa utilizando o choque elétrico como método de insensibilização, seguida de filetagem dos animais, congelamento a -40°C e armazenamento durante 180 dias sob congelamento a -18°C .

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado parte em Ubatuba – SP, na base Clarimundo de Jesus pertencente ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, e parte no Laboratório de Aquicultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da Universidade de São Paulo (USP), campus de Pirassununga – SP. Os exemplares foram obtidos de uma produção comercial no município de Ubatuba com peso de aproximadamente $2,0\pm0,4$ kg.

4.1. Tratamentos e métodos de análises

Este experimento foi executado em duas etapas. Na primeira etapa foi avaliado o efeito do atordoamento elétrico sobre a qualidade da carne de bijupirás mantidos durante 21 dias sob refrigeração a 4°C . Na segunda etapa foi realizado o estudo do efeito do atordoamento elétrico sobre a qualidade de filés de bijupirás mantidos por seis meses sob congelamento (-18°C). Os peixes foram submetidos aos seguintes tratamentos: aplicação de corrente elétrica com 100; 150 e 200 volts, no primeiro ensaio e 50; 100 e 150 volts no segundo ensaio, ambos com tempo de três minutos de exposição ao choque. Após a insensibilização, os peixes foram submetidos ao abate com o corte dos quatro arcos branquiais e submersos em água e gelo durante 3 minutos (sangria).

Foi realizada avaliação dos parâmetros de qualidade da água antes e durante o procedimento de insensibilização com o auxílio de uma sonda multi-parâmetro (Horiba multi-parâmetros, modelo U-10). O comportamento dos animais durante a exposição ao choque elétrico e o tempo necessário para a insensibilização foi observado desde o início da aplicação da corrente elétrica até a completa inconsciência, que é determinada pela ausência de reflexos ao estímulo da linha lateral, ausência de movimentos operculares e rotação dos olhos (KESTIN *et al.*, 2005).

ENSAIO 01

Avaliação física, química e sensorial da carne de bijupirá (*Rachycentron canadum*), insensibilizado com diferentes voltagens de choque elétrico, armazenado sob-refrigeração

1. Introdução

A aquicultura mundial tem crescido de forma considerável. Em 2012 foi revelado pela estatística da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) que esse crescimento aumentou cerca de 10 milhões de toneladas nos últimos três anos (FAO, 2012). Um dos fatores que estimulam o crescimento da aquicultura mundial é o próprio crescimento populacional e a busca por fontes saudáveis de alimentos, o que tornou o ano de 2010 o mais valioso para a aquicultura, atingindo cerca de 66,6 milhões de toneladas (PEREGRINO, 2009).

O bijupirá (*Rachycentron canadum*) é uma espécie de alto potencial zootécnico, com elevada taxa de crescimento, baixa mortalidade, boa eficiência alimentar e alto valor de mercado, fatores que levaram Taiwan e outros países a desenvolverem tecnologia para sua produção (BENETTI, 2010). Segundo a FAO (2010) a produção mundial do bijupirá alcançou 24 860 toneladas no ano de 2009, valor bastante expressivo para uma espécie para a qual ainda não foi desenvolvido todo o pacote tecnológico de criação.

Segundo Erikson (2012), pesquisas recentes indicam que os peixes podem sentir medo e dor, e que abordagem como esta deve ser utilizada na aquicultura industrial, como busca de melhoria na qualidade da produção

aquícola. Segundo a autoridade europeia de segurança alimentar (EFSA, 2009), todas as etapas de produção do pescado são pontos críticos que podem comprometer a qualidade e o bem-estar dos peixes. Como consequências do stress que os animais sofrem durante as etapas do abate, uma serie de reações fisiológicas acontecem em paralelo, modificando o perfil sanguíneo no que se refere à concentração de cortisol que é um indicador químico de stress (LUPATSCH *et al.*, 2010).

O choque elétrico, ou eletronarcose, vem sendo utilizado em testes devido a sua ação de causar inconsciência em tempo menor que um segundo (EFSA, 2009). O sucesso do uso da eletronarcose pode ser comprovado por eletrocardiogramas e eletroencefalogramas (VAN DE VIS *et al.*, 2003). No entanto Roth *et al.* (2009) mostram que a eletronarcose causa rompimento dos vasos sanguíneos provocando manchas escuras no tecido muscular e podendo até causar rompimento nas vértebras dos peixes, fato que diminui a qualidade do peixe e o potencial de comercialização do mesmo.

Tanto o atordoamento quanto o tempo em que o animal permanece insensibilizado, dependem de fatores como a condutividade da água, orientação dos peixes, tensão, corrente elétrica e campo elétrico, porém é observado que após a insensibilização por eletronarcose, a utilização de água ou gelo causa a morte por hipóxia, antes mesmo dos peixes recuperarem a consciência. A disposição dos eletrodos em relação aos peixes deve ser observada, pois o toque da nadadeira caudal pode ocasionar o pré-choque, que é o direcionamento da corrente elétrica da cauda para a cabeça, estimulando a fuga e aumentando o nível de estresse dos animais (LINES E SPENCE, 2014).

No presente estudo os principais objetivos foram avaliar os efeitos da eletronarcose, sobre a qualidade físico-química e sensorial da carne do bijupirá (*Rachycentron canadum*) armazenados sob-refrigeração durante 21 dias.

2. Material e métodos

2.1. Local e animais

O experimento foi realizado parte em Ubatuba – SP, na base Clarimundo de Jesus pertencente ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, e parte no Laboratório de Aquicultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da Universidade de São Paulo (USP), campus de Pirassununga – SP. Os exemplares foram obtidos de uma produção comercial no município de Ubatuba com peso de aproximadamente $2,0 \pm 0,4$ kg, onde foram criados em tanques rede e alimentados com rejeitos de pesca. Foram transportados por via marítima em tanques para transporte equipado com oxigênio. Nesta etapa foi avaliado o efeito do atordoamento elétrico sobre a qualidade da carne de bijupirás mantidos sobre refrigeração a 4°C, durante 21 dias. Os peixes foram submetidos aos seguintes tratamentos: aplicação de corrente elétrica com 100; 150 e 200 volts em corrente alternada, durante três minutos. Após a insensibilização, os peixes foram identificados com etiquetas e submetidos ao abate com o corte dos quatro arcos branquiais e submersos em água gelada durante 3 minutos (sangria), foram utilizados nove peixes por tratamento, sendo três peixes por repetição, totalizando 162 animais.

Antes e depois do ato de insensibilização foi realizada a avaliação dos parâmetros de qualidade da água com o auxílio de uma sonda multi-parâmetro (Horiba multi-parâmetros, modelo U-10). O comportamento dos animais

durante a exposição ao choque elétrico e o tempo necessário para a insensibilização foi observado desde o início da aplicação da corrente elétrica até a completa inconsciência, que é determinada pela ausência de reflexos ao estímulo da linha lateral, ausência de movimentos operculares e rotação dos olhos.

Após a sangria, todos 162 peixes foram identificados e submetidos às seguintes operações: pesagem, medição do comprimento total, e medida do Índice de *Rigor mortis* inicial. Em seguida, os bijupirás foram colocados em caixas plásticas intercalados com gelo e cobertos com gelo de água potável em escama e foram conduzidos em caminhão com refrigeração para o Campus da FZEA localizado em Pirassununga-SP, e alojados dentro de uma câmara frigorífica (4°C). Foram realizadas amostragens periódicas dos bijupirás para avaliação da análise sensorial, degradação do ATP e medidas dielétricas, nos tempos 0; 3 e 5 horas após a morte, e aos 7; 14 e 21 dias após a morte, para pH muscular nos tempos 0; 3 e 5 horas, e aos 7; 14; 21 e 28 dias após a morte, cor e textura instrumental nos tempos 7; 14 e 21 dias após a morte.

O protótipo utilizado como insensibilizador da eletronarcose encontra-se na Figura 2.

Figura 2. Protótipo utilizado como insensibilizador (máquina de choque).

2.2. Avaliação Sensorial do frescor

A avaliação sensorial foi realizada em todos os tratamentos por cinco julgadores, especialistas da área, utilizando o esquema oficial da União Europeia (Regulamento da União Europeia, CEE 103/76 modificado pelo Regulamento 2406/96), no qual estabelece quatro níveis de qualidade do pescado (E – extra (escore=3), A – fresco (escore=2), B – sem frescor, rançoso (escore=1), O – deteriorado (escore=0)) para todos os pontos de amostragem.

2.3. Índice de *Rigor mortis* (IR)

Depois de constatada a morte, todos os peixes de cada tratamento foram medidos (comprimento total) e pesados utilizando ictiômetro e balança digital, identificados com etiquetas e submetidos à aferição do índice de rigor

mortis inicial. Para avaliar a evolução do Rigor mortis, três peixes de cada tratamento a cada intervalo de tempo determinado, foram submetidos à aferição do índice de rigor (IR) (figura 3), segundo a metodologia descrita por Bito et al. (1983), sendo: $IR = \frac{D - D_0}{D_0} \times 100$; onde o IR: Índice de Rigor, D_0 : Distância inicial entre a superfície da mesa e a base da nadadeira caudal, D: Distância final entre a superfície da mesa e a base da nadadeira caudal.

Figura 3. Medida do Índice de *Rigor mortis*.

2.4. pH muscular

Realizado com o auxílio de um peagâmetro onde o sensor será introduzido em solução aquosa na proporção de 10g de amostra para 40mL de água destilada (BRASIL, 1981).

2.5. Textura Instrumental

A análise de textura (Figura 4) instrumental foi realizada em três filés de bijupirá de cada tratamento na porção crânio medial e caudal em três diferentes

pontos, utilizando um texturômetro (TA-XT2i, Stable Micro Systems), previamente calibrado com peso padrão de 5 kg, com probe de alumínio (SMS P/20) com velocidade do pré-teste, teste e pós-teste de 2,0 mm/s e altura da plataforma de 20 mm. Foi analisada a força de compressão (g) utilizando uma altura de 40% do filé (BOURNE, 2002).

Figura 4. Avaliação da Textura instrumental, em filés de bijupirás.

2.5. Cor instrumental

A medida de cor instrumental foi realizada em três filés esquerdos de cada peixe de cada tratamento após 7; 14 e 21 dias de armazenagem. Foi utilizado um colorímetro portátil (Miniscan XE, Hunterlab), previamente calibrado com padrão branco e preto antes de cada análise, operando com fonte de luz D65, abertura de célula de 30 mm ângulo de observação de 10°. Os valores para a cor foram expressos utilizando os padrões de cor do sistema

CIE L^* a^* b^* – “Comission Internationale de L'Eclairage”, onde: L^* (luminosidade), a^* (intensidade da cor vermelho-verde) e b^* (intensidade da cor amarela-azul).

2.6. Medidas dielétricas

As medidas dielétricas dos bijupirás foram realizadas com auxílio do equipamento “Fish Freshness Meter”, inserindo o contato do equipamento no tecido epitelial do peixe.

2.7. ATP e seus produtos de degradação

As concentrações de trifosfato de adenosina (ATP) e seus produtos de degradação difosfato de adenosina (ADP), monofosfato de adenosina (AMP), monofosfato de inosina (IMP), inosina (HxR) e hipoxantina (Hx) foram determinados por cromatografia líquida de alta precisão (Hight Precision Liquid Chromatography- HPLC) de acordo com Burns et al. (1985). Para a fase móvel foi utilizado uma solução de KH_2PO_4 (0,6M) com um fluxo de $1,4\text{mL min}^{-1}$ em coluna analítica de fase reversa (RP 8MPLC, dimensões: 4,6mm x 10cm, tamanho da partícula de 10 μm , embutido em uma coluna protetora, 4,6mm x 3cm, tamanho da partícula de 10 μm). O valor K foi determinado pela razão entre a quantidade total de HxR e Hx e a quantidade total de ATP e seus produtos de degradação no músculo, segundo a equação descrita por Saito *et al.* (1959).

$$K (\%) = [(HxR/ATP+ADP+AMP)+(Hx/IMP+HxR+Hx)]*100$$

2.9. Análise estatística

Assumiu-se um ensaio fatorial 6x3, envolvendo seis pontos de avaliação no tempo (0; 3; 5; 168; 336 e 504 horas após abate) e três voltagens de choque elétrico (100; 150 e 200 volts).

3. Resultados e Discussão

3.1. Análise Comportamental

O uso do choque elétrico mostrou-se eficiente no que se refere à imobilização dos peixes durante a insensibilização. Algumas características anatômicas e fisiológicas foram alteradas durante o ato da insensibilização, tais como: propulsão da musculatura bucal e modificação da coloração do tecido epitelial. O bijupirá possui listras pretas e brancas próximas a sua linha lateral, sendo que as listras negras são despigmentadas durante a eletronarcose.

Segundo Aspengren *et al.* (2003), uma combinação de fatores ambientais, neurais, endócrinos e relacionados ao comportamento reprodutivo influencia a mobilidade dos cromatossomas nos cromatóforos e a deposição de pigmentos nos peixes. Moyle e Cech (1996) enfatizam que a coloração é controlada pelo sistema endócrino e nervoso, desta forma podemos inferir que a mudança da coloração do tecido epitelial dos bijupirás no momento da insensibilização é dada por uma perda de controle do sistema nervoso em relação à manutenção dos pigmentos. Na Figura 6 pode-se observar a variação da pigmentação dos peixes antes, durante e depois da eletronarcose.

Figura 5. Variação da pigmentação do bijupirá antes, durante e depois da insensibilização.

Lambooij *et al.* (2010) ao avaliarem a eficiência da percussão e do atordoamento elétrico como método de insensibilização pré-abate em salmões

(*Salmon salar*), observaram que, no caso da percussão, o uso da pressão de ar necessária para indução da inconsciência e insensibilização ocasionou muitos danos aos peixes, incluindo hemorragia cerebral, mandíbulas quebradas e olhos perfurados, ao passo que a combinação de uma corrente contínua com corrente alternada de 100 Hz por 5 segundos, com picos de 112 volts por 0,5 segundos, acarretou perda de consciência por 62 ± 44 segundos, não sendo observados danos adicionais.

Sattari *et al.* (2010), utilizando uma corrente elétrica de 150 volts, observaram imobilização dos peixes em um segundo e avaliaram a ausência de consciência utilizando-se de encefalograma que durou 48 segundos. Os autores também afirmam que após a insensibilização deve ocorrer a sangria imediata, na tentativa de diminuir o stress causado ao animal no manejo pré-abate. No entanto Robb e Roth (2003) utilizando 25; 50 e 200 volts observaram inconsciência dos peixes entre 44 a 443 segundos após a insensibilização, e reportam também que houve morte durante a eletronarcose.

3.2. *Rigor mortis*

Observou-se nesta pesquisa que os bijupirás apresentaram resultados conflitantes em relação aos estudos feitos com outras espécies de peixes, nos quais o *Rigor mortis* foi dividido em três etapas: pré-rigor, rigor-pleno e pós-rigor. Neste estudo não foi observada a etapa do pré-rigor, pois na primeira avaliação (tempo zero) os peixes já se encontravam em rigor pleno, provavelmente como consequência da forma com que foram transportados e armazenados antes da insensibilização, ou mesmo pela aplicação do choque elétrico.

Os bijupirás utilizados neste estudo foram adquiridos de um criatório, localizados na região norte do litoral do estado de São Paulo e foram

transportados com um barco até o Instituto Oceanográfico da USP, localizado em Ubatuba-SP, e após o transporte foram alojados em um tanque com água do mar e equipado com aeradores. Na figura 6 pode-se observar as variações do índice de rigor em bijupirás insensibilizados com diferentes voltagens de choque elétrico.

Figura 6. Variações da interação tempo*tratamento para o índice de *Rigor mortis* em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

Os resultados da análise estatística quanto ao índice de rigor demonstram que houve diferença significativa entre os tratamentos e seu desdobramento tempo*tratamento ($p < 0,05$). Entre os resultados relacionados aos tratamentos observa-se que o tratamento com a intensidade de 200 volts se diferencia dos demais a partir de 24 horas após a insensibilização, até o final da avaliação do índice de rigor. No entanto, para o desdobramento tempo*tratamento, foi observado que houve diferença significativa entre os pontos zero e cinco horas após a insensibilização em todos os tratamentos, em relação aos demais pontos de observação.

Lessi *et al.* (1999) observaram em músculos de matrinxã *Brycon cephalus* (Gunther, 1869) criados em Manaus-AM, e armazenados em gelo, que a contração muscular ocorreu imediatamente após a insensibilização por hipotermia, alcançando a contração total em menos de três horas. Esses autores citam que o período curto de pré-rigor pode ser características de peixes de criatório ou do tamanho dos mesmos. Roth *et al.* (2012), avaliaram o efeito do adensamento, da despesca por bombeamento e do atordoamento elétrico no desenvolvimento do *Rigor mortis* em salmões do Atlântico, sendo observado que não houve diferenças significativas no índice de rigor entre peixes expostos a 60 V, 100 Hz AC + DC, enquanto que o bombeamento e adensamento tiveram um efeito significativo na redução do tempo de instalação do rigor.

A quantidade de energia consumida pela musculatura dos peixes no ato da insensibilização depende do tipo de corrente aplicada, da força do campo elétrico e duração da corrente (MITTON e MCDONALD, 1994; BARTON e GROSH, 1996). Segundo Robb *et al.* (2000) a eletronarcose acelera a velocidade de entrada no *rigor mortis*, o que pode ter acontecido com os peixes do presente estudo

O *Rigor mortis* do peixe está relacionado com o metabolismo do glicogênio muscular e com o esforço e uso da musculatura no momento que antecede a insensibilização. Ao ocorrer a degradação do glicogênio, por consequência, observa-se o aumento da concentração de ácido lático no músculo, fato este que irá acarretar a diminuição do pH muscular.

3.3 pH

Segundo Poli *et al.* (2003) o pH muscular da corvina (*Argyrosomus regius*) logo após a insensibilização e abate foi em torno de 6,97, valores semelhantes (6,71) aos encontrados por Hernández (2009). Tejada e Huidobro (2002) encontraram valores entre 6,5 e 7,2 avaliando as douradas (*Sparus aurata*) algo muito semelhante às pesquisas já realizadas. No entanto, no presente estudo foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos, tempo de estocagem e na interação do tempo dentro de cada tratamento, onde o pH variou de 6,02 a 6,66 (Tabela 1), valores estes bem abaixo do que foi encontrado em pesquisas realizadas com peixes marinhos. O pH nos tempos zero e cinco horas após insensibilização e abate em todos os tratamentos, demonstraram valores baixos e que podem estar relacionado com a atividade de manejo pré abate, dieta, ou até mesmo o método de insensibilização aplicado, os quais aumentam a produção de ácido lático na musculatura diminuindo assim o valor do pH.

Lines e Kestin (2005) relatam que quanto maior a intensidade do choque elétrico, maior é o rompimento dos vasos sanguíneos e derramamento de sangue no tecido muscular dos peixes. O sangue dos peixes possui o pH mais baixo que o tecido muscular, podendo esse derramamento sanguíneo influenciar na variação do pH muscular e no crescimento de microrganismos. No presente estudo observa-se que os valores de pH para o tratamento de 200 volts durante um período de três minutos foi o menor valor encontrado, fato este que corrobora com as afirmações citadas por Lines e Kestin (2005). Lamboij *et al.* (2006) encontraram resultados de pH próximo de 7,00 trabalhando com catfish africano utilizando 300 volts de intensidade, e

observaram também inconsciência imediata nos peixes, porém não cita sobre rompimento de vasos sanguíneos.

Tabela 1. Variações dos valores encontrados para a interação tempo*tratamento para o pH muscular em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

Tempo (horas)	Tratamentos		
	100 V	150 V	200 V
0	6,26 ^{ab}	6,21 ^{ab}	6,14 ^b
5	6,02 ^b	6,11 ^b	6,31 ^{ab}
24	6,27 ^{ab}	6,30 ^{ab}	6,38 ^{ab}
168	6,45 ^a	6,31 ^{ab}	6,25 ^{ab}
336	6,50 ^a	6,48 ^{ab}	6,66 ^a
504	6,36 ^{ab}	6,63 ^a	6,44 ^{ab}

Letras minúsculas indicam diferenças entre os tempos dentro do mesmo tratamento. (Tukey, 5%)

A elevação do pH em bijupirás, após 336 e 504 horas de armazenamento em gelo, pode ser consequência de provável crescimento bacteriano, deterioração e formação de substâncias nitrogenadas. Quanto menor for o valor do pH menor será a degradação bacteriana. Segundo Ocaño-Higuera *et al.* (2009) o pH do tecido muscular dos peixes pode variar de acordo com a espécie, o tipo tecido, dieta, estação, nível de atividade ou estresse durante a captura.

3.4. Medidas dielétricas

Segundo Ólafsdóttir *et al.* (1997), as alterações de frescor podem ser determinadas pelas propriedades elétricas do músculo do peixe, havendo limitações de uso quanto a forma de armazenamento do pescado e tipo da amostra, não sendo aconselhável para filés após alguns dias de armazenamento. No presente estudo foi observada uma acentuada diminuição nos valores encontrados em todos os tratamentos (Tabela 2), não havendo diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$), no entanto, foi observada significância ($p < 0,05$) entre os tempos de análises. A partir dos resultados

encontrados pode-se inferir que para esta variável a intensidade do choque elétrico não influenciou o frescor dos peixes, no entanto, é comprovado que quanto maior o tempo de estocagem menor é o frescor, diminuindo assim a capacidade de comercialização. Tzikas *et al.* (2007) avaliando o carapau (*Trachurus mediterraneus*) e a cavala azul (*Trachurus picturatus*) encontraram valores bastante elevados respectivamente, tanto para o primeiro (85,3 - 59,0) como no último dia (42,4 – 14,8) de análise que ocorreu 12 dias após o abate, quando comparados com este estudo, utilizando o mesmo equipamento e a mesma forma de armazenamento.

Tabela 2. Medidas dielétricas em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

Tempo (horas)	Tratamentos		
	100 volts	150 volts	200 volts
0	13,13 ^a	12,90 ^a	12,86 ^a
5	13,20 ^a	14,16 ^a	13,46 ^a
24	8,50 ^b	9,36 ^b	8,46 ^b
168	8,66 ^b	9,46 ^b	9,60 ^b
336	7,30 ^b	8,00 ^b	7,93 ^b

Letras minúsculas indicam diferenças entre os tempos dentro do mesmo tratamento. (Tukey, 5%)

3.5. Cor Instrumental

Os filés de bijupirá insensibilizados com diferentes voltagens de choque elétrico, não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos avaliados, no entanto, houve diferença significativa entre os tempos de avaliação e no desdobramento do tempo dentro do tratamento ($p<0,05$). As variações das cores L^* (luminosidade), a^* (intensidade da cor vermelha) e b^* (intensidade da cor amarela) estão apresentadas na Figura 7.

Figura 7. Variações dos valores encontrados da interação tempo*tratamento para L*, a* b* em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

Neste estudo foi observado que ao passar o tempo de estocagem a luminosidade (L^*) sofreu variação em todos os tratamentos, primariamente uma leve diminuição para os tratamentos 100 e 150 volts, e uma brusca diminuição para o tratamento com 200 volts. Após a diminuição de L^* , houve um aumento desta variável tornando os filés mais luminosos. A intensidade de vermelho (a) diminuiu progressivamente nos tratamentos 100e 150 volts, porém, ao findar a pesquisa foi observada uma diminuição dos valores para todos os tratamentos no último ponto de análise. Morzel *et al.* (2002) utilizando choque elétrico no pregado (*Psetta máxima*) também observaram oscilação com uma breve diminuição seguido por um aumento tanto para a luminosidade como para intensidade da cor vermelha, e ressalta que a cor dos filés de peixe foram bastante próximas utilizando outros métodos de insensibilização como por

exemplo a percussão. Morzel e Van de Vis (2003) observaram em enguias (*Anguilla anguilla*) valores bastante distintos e superiores aos encontrados neste estudo para as cores L*, a* e b*. Os valores médios encontrados nesta pesquisa estão na tabela 3.

Tabela 3. Valores médios das cores L*, a* e b* em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades.

Tempo (h)	Tratamentos								
	100V			150V			200V		
	L*			a*			b*		
168	40,17	43,14	42,59	-2,33	-1,54	-2,19	-2,09	-2,63	1,41
336	39,98	40,89	34,11	-2,64	-1,97	-2,11	-4,10	-0,91	-1,04
504	50,20	44,98	48,74	-2,74	-2,63	-2,67	6,89	1,26	2,27

3.6. Textura

No presente estudo também não foram observadas diferenças estatísticas ($p > 0,05$) entre os tratamentos, tempo e no desdobramento do tempo no tratamento. Para os tratamentos onde foram utilizadas as intensidades em 100 e 150 volts, observa-se um aumento na rigidez do tecido, o que não é observado no tratamento onde se utilizou 200 volts. No entanto, após as 300 horas de armazenamento pode-se observar a flexibilização das fibras com a diminuição da força aplicada ao tecido até o rompimento do tecido muscular. Observa-se aqui neste estudo que a textura dos filés de bijupirás analisados retornam próximo ao valor inicial que se deu próximo às 150 horas após a insensibilização e sangria. As variações da textura nos filés dos bijupirás estão apresentados na figura 8.

Figura 8. Variações da textura da carne de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

Os resultados encontrados no presente trabalho corroboram aos resultados encontrados por Michalczyk e Surówka (2009). Segundo Godiksen *et al.* (2009) as modificações ocorridas na textura da carne dos peixes estão ligadas a ação das enzimas proteolíticas endógenas. No entanto, Hultmann e Rustad (2002) relatam que o enfraquecimento das zonas Z nas miofibrilas é causado pela degradação do tecido conjuntivo ou até mesmo pelo enfraquecimento das ligações de actina e miosina.

Sobre a textura da carne dos peixes marinhos criados em cativeiro e capturados em ambiente natural, Hatae *et al.* (1989) compararam a firmeza de uma mesma espécie criada em cativeiro e capturada em ambiente natural, e detectaram que houve diferença entre estas, sendo o melhor resultado para os peixes capturados em ambiente natural. Segundo Suarez *et al.* (2007) é necessário o estudo dos métodos de insensibilização em peixes e suas implicações na textura e qualidade da carne do animal pós abate. Azam *et al.*,

(1989) avaliaram a textura da truta arco íris (*Salmon gairdneri*) e não verificaram diferenças significativas entre os métodos de insensibilização (eletroanestesia, dióxido de carbono e percussão). Oka *et al.* (1990) corroboram os resultados encontrados por Azam (1989), sendo seus estudos realizados com o catfish.

3.7. Avaliação Sensorial

Para a avaliação sensorial dos bijupirás mantidos refrigerados, houve efeito significativo do tempo nos tratamentos, no entanto, os tratamentos não diferenciaram entre si nos tempos específicos (Figura 09). O teste utilizado foi o de Kruskal-Wallis com 95% de confiança (significância = 0,05).

As variações dos tratamentos durante o tempo de estocagem foram semelhantes entre cada intervalo de avaliação, mostrando uma acentuada queda de qualidade a partir de aproximadamente 350 horas de armazenamento em gelo, chegando a valores próximos de um, valor similar ao encontrado por Parisi *et al.* (2002), em pesquisas com o sea bass (*D. labrax*). Gonçalves *et al.* (2007) encontraram variações similares às encontradas no presente estudo, utilizando como método de insensibilização a hipotermia.

Segundo Regost *et al.* (2001) a variação dos valores encontrados para a avaliação sensorial (figura 9) depende também do teor de gorduras encontradas no peixe, o que influencia no tempo de armazenamento.

Figura 9. Variações dos valores observados da interação tempo*tratamento para a avaliação sensorial de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

Os trabalhos desenvolvidos por Regost *et al.* (2001), indicam que peixes oriundos do ambiente marinho perdem sua qualidade a partir do décimo quarto dia de estocagem em gelo, o que corrobora com os resultados encontrados neste estudo.

3.8. ATP e seus metabólitos

A degradação do ATP (adenosina trifosfato) é causada pelo consumo de energia e pela ação das bactérias. Após o processo de insensibilização é observado o *Rigor mortis*, fenômeno derivado da contração muscular após a morte. Durante a contração muscular ocorre o consumo de energia na forma de ATP, que deverá ser degradado em cadeia produzindo diversos metabólitos que auxiliam na caracterização química da qualidade do pescado.

Foram observadas diferenças entre os tempos de estocagem para todas as variáveis estudadas, no entanto, entre os tratamentos as diferenças foram observadas diferenças para os nucleotídeos IMP (inosina monofosfato), ATP (adenosina trifosfato), ADP (adenosina difosfato), AMP (adenosina

monofosfato) e Hx (hipoxantina) (Figuras 10; 11; 12; e 13). Houve diminuições proporcionais entre o ATP e seus metabólitos, fato este que pode ser observado inversamente para as variáveis pH e *Rigor mortis*. Morkore *et al.* (2010) observaram valores superiores aos resultados encontrados neste estudo para as variáveis ATP e IMP ($0,5$ e $9,3 \mu\text{mol g}^{-1}$), avaliando o salmão do atlântico nas primeiras 24 horas após a insensibilização. Segundo Howgate (2006) os valores médios de IMP encontrados em pesquisas com truta arco íris estão próximos de $6,8 \mu\text{mol g}^{-1}$. Segundo Morkore *et al.* (2010) as variações do IMP podem ser oriundas da ação de enzimas autolíticas, e das suas variações de concentrações enzimáticas sazonais.

Os valores de ATP diminuíram de acordo com o aumento do período de estocagem, até que esta variação se torna quase constante, no entanto, o contrário é observado para o nucleotídeo AMP, justamente pelo fim do *Rigor mortis*. As variações encontradas para ATP, ADP, AMP e IMP estão nas figuras 10; 11; 12 e 13.

Figura 10. Variações das concentrações de ATP em músculo de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

Figura 11. Variações das concentrações de ADP em músculo de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

Figura 12. Variações das concentrações de AMP em músculo de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

Figura 13. Variações das concentrações de IMP em músculo de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

As concentrações de inosina e hipoxantina encontradas nos bijupirás não demonstram proporções equivalentes, sendo a hipoxantina encontrada em maiores concentrações. Dentre as variações encontradas pode-se observar que após 168 horas de estocagem os teores de Hx e HxR (inosina) mostram-se bastante distintos, sendo que a intensidade em 200 volts mostrou os menores resultados, (Figuras 14; 15 e 16).

Os valores máximos de hipoxantina não ultrapassaram $1,06 \mu\text{mol g}^{-1}$ na 336ª hora de estocagem, para a intensidade em 150 volts. A partir dos resultados obtidos, pode-se inferir que as concentrações de hipoxantina aumentaram de acordo com o tempo de estocagem para todos os tratamentos, sendo os tratamentos diferentes entre si ($p < 0,05$). Observando os resultados encontrados para o valor K pode-se inferir que os tratamentos com intensidades em 100 e 150 volts, demonstraram um aumento acentuado a partir da 168ª hora de estocagem, ultrapassando 40%, o que permite concluir

que os peixes não se encontravam aptos para consumo (DELBARRET-LADRAT *et al.*, 2006).

Figura 14. Variações da Hx em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

Figura 15. Variações da HxR em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

Figura 16. Variações do valor K em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

CONCLUSÕES

As intensidades de choque elétrico utilizadas para insensibilizar o bijupirá não promoveram alterações diferentes na maioria das características de frescor analisadas em bijupirás, com exceção para o ATP e seus produtos de degradação.

A corrente elétrica de 150 volts aplicada para a insensibilização de bijupirás, proporcionou melhores resultados de qualidade no que se refere ao tempo de armazenamento da carne, podendo esta espécie ser armazenada sob refrigeração por um período de 7 dias após o abate.

Através dos resultados observados, a intensidade de 220 volts não é recomendada para insensibilizar o bijupirá, pois, ocorrem inúmeros rompimentos de veias e artérias, prejudicando a qualidade da carne durante a estocagem.

ENSAIO 02

Efeitos da aplicação de eletronarcose com diferentes voltagens sobre características de filés de bijupirá (*Rachycentron canadum*), armazenados sob congelamento.

1. Introdução

O Brasil dispõe de 12% da água doce disponível no mundo, cerca de oito mil quilômetros de costa e ainda uma faixa marítima conhecida como Zona Econômica Exclusiva, que equivale ao tamanho da Amazônia, características que conferem ao Brasil enorme potencial para aquicultura (BRASIL, 2011).

Considerando que o consumo de pescado está aumentando em todo o mundo, não somente como uma simples fonte de proteína, mas também como um alimento altamente funcional que pode prevenir o ser humano de doenças coronarianas e até mesmo contra o câncer (BRASIL, 2011), torna-se importante incentivar o aumento de produção de pescado pela aquicultura.

Segundo levantamento estatístico do Ministério da Pesca e Aquicultura em 2010, a atividade obteve um aumento significativo passando de 278 mil toneladas em 2003 para 415 mil toneladas em 2009, o que equivale em um incremento de 35% em menos de uma década (BRASIL, 2011).

Dentre as diversas espécies comercializadas no Brasil, o bijupirá é uma das que possui um enorme potencial, apresentando características adequadas à criação como seu alto desempenho em pouco tempo e excelente qualidade da carne (BENETTI *et al.*, 2008).

No Brasil é conhecido como bijupirá (FIGUEIREDO e MENEZES, 1980), beijupirá, pirambijú e cação-de-escama (CARVALHO FILHO, 1999). Provavelmente na primeira descrição da espécie em águas brasileiras, Piso e

Marcgrave (1648) o chamaram de ceixupirá. Segundo Collete (2002), os nomes comuns são “cobia”, em inglês; “mafou”, em francês; e “cobie”, em espanhol. Embora em inglês seja mais conhecida como “cobia”, a espécie também é chamada “lemonfish”, “ling” (CAYLOR *et al.*, 1994), “crabeater”, “sergeantfish” (SMITH, 1897) e “black kingfish” (BIANCHI, 1985).

Segundo o boletim da pesca em 2010 foram contabilizados 923 toneladas de bijupirás oriundos da pesca extrativista no Brasil, valores expressivos para um peixe que se tornou alvo de pesquisas nos últimos cinco anos (BRASIL, 2012), e 11.944 toneladas em todo o mundo (FAO, 2012).

Segundo Alizadeh *et al.* (2006) o congelamento é uma técnica muito utilizada para conservar pescados por longos período de tempo, permitindo conservar as características organolépticas e nutricionais minimizando a atividade enzimática e microbiana. O método utilizado para a realização do congelamento é uma variável que interfere na qualidade do pescado, podendo ser rápido ou lento. O congelamento lento ocasiona a formação de cristais de gelo intracelulares que causam o rompimento das células aumentando as perdas de água e a atividade enzimática, prejudicando também a textura dos filés (ALIZADEH *et al.* 2006).

Segundo Lines *et al.* (2003) a eletronarcose é o método correto para insensibilização do pescado, não causando alteração na qualidade dos mesmos. No entanto, Lines *et al.* (2003) ressaltam sobre a necessidade de observações comportamentais e o bem-estar dos peixes, já que alguns países a exemplo do Reino Unido admitem e preconizam a utilização da eletronarcose como principal método de insensibilização de peixes, mesmo sem haver o consenso entre a comunidade científica e os órgãos reguladores.

Segundo Robb *et al.* (2002) a eletronarcose causa rompimento da coluna vertebral e vasos sanguíneos, sendo estas características notadas a partir da variação da frequência e da intensidade utilizada no momento da insensibilização. Robb *et al.* (2002) também citam que os peixes podem demonstrar inconsciência ou não, e até mesmo vir a óbito durante a insensibilização, ocorrência não desejada, tendo em vista que a morte do animal deve ser dada através da sangria.

Estudos realizados por Lines e Kestin (2005), demonstraram que a frequência de 50 Hz não causa danos a qualidade da carne de truta, porém não definem o tempo de exposição ao choque, sendo este um dos fatores que interferem na insensibilização e por consequência a qualidade da carne ao ser estocada.

O presente estudo teve como objetivo avaliar se a aplicação de diferentes voltagens de choque elétrico como método de insensibilização tem algum efeito sobre a qualidade física e química dos filés de bijupirás (*Rachycentron canadum*) submetidos ao congelamento rápido, e armazenados por 180 dias em congelamento.

2. Material e métodos

Neste ensaio os peixes foram submetidos às mesmas análises do ensaio 01 e acrescidas das análises de Drip loss, Cooking loss, capacidade de retenção de água, bases nitrogenadas voláteis, oxidação lipídica e perfil de ácidos graxos, sendo as intensidades utilizadas em 50; 100 e 150 volts e tempo de exposição ao choque elétrico em três minutos. Após a sangria, os peixes foram lavados com água clorada, eviscerados, filetados e submetidos ao congelamento rápido até a temperatura interna alcançar -40°C (Congelador

Ultra-Rápido/ECO), embalados e mantidos sob congelamento (-18°C) por até 6 meses. A cada 60 dias, amostras dos filés de cada tratamento foram coletadas para realização das análises de textura e cor instrumental, “cooking loss”, “drip loss”, capacidade de retenção de água, oxidação lipídica (TBARS), desnaturação proteica e perfil de ácidos graxos.

2.1. Textura Instrumental

A análise de textura instrumental foi realizada na porção superior dorsal em três diferentes pontos, dos três filés de bijupirá de cada tratamento, utilizando um texturômetro (TA-XT2i, Stable Micro Systems), previamente calibrado com peso padrão de 5 kg, com probe de alumínio (SMS P/20) com velocidade do pré-teste, teste e pós-teste de 2,0 mm/s e altura da plataforma de 20 mm. Foi analisada a força de compressão (g) utilizando uma altura de 40% do filé (BOURNE, 2002).

2.2. Cor instrumental

A medida de cor instrumental foi realizada em três filés esquerdos de cada peixe de cada tratamento após, 1, 60, 120 e 180 dias de armazenagem. Foi utilizado um colorímetro portátil (Miniscan XE, Hunterlab), previamente calibrado com padrão branco e preto antes de cada análise, operando com fonte de luz D65, abertura de célula de 30 mm e ângulo de observação de 10°. Os valores para a cor foram expressos utilizando os padrões de cor do sistema CIE L^* a^* b^* – “Comission Internationale de L'Eclairage”, onde: L^* (luminosidade), a^* (intensidade da cor vermelho-verde) e b^* (intensidade da cor amarela-azul).

2.3. Capacidade de retenção de água (CRA)

A CRA foi determinada de acordo com Hamm (1960) com modificações. Amostras pré-homogeneizadas de filés (5g) foram colocadas dentro de 2 papéis filtros e centrifugada a 13.400 rpm durante 10min. Após, a amostra foi retirada cuidadosamente dos papéis filtros, pesada novamente e determinada em porcentagem da diferença do peso da amostra antes e após a centrifugação.

2.4. Drip loss

A determinação da perda de água pelo descongelamento (“drip loss”) foi definida pela diferença gravimétrica entre o peso do filé congelado e o peso do filé descongelado, mantidos em refrigerador por 48h a 4°C, sobreposto em funis de vidro acondicionados a coletores e protegidos por filme plástico (RASMUSSEN e ANDERSON 1996) (Figura 17).

Figura 17. Avaliação das perdas por exudação, “Drip loss”.

2.5. Cooking loss

Perda de água no cozimento (“cooking loss”): Cada amostra de filé foi submetida ao descongelamento por 24h a 4°C. Então, foram pesados, colocados dentro de sacos de polietileno resistentes ao cozimento, cozidos em água a 90°C por 5min, resfriados, retirados dos sacos, secos com auxílio de papel toalha e pesados novamente. O “cooking loss” foi determinado em porcentagem do peso do filé antes e após o cozimento (Figura 18).

Figura 18. Avaliação das perdas por cozimento, “Cooking loss”, de filés de bijupirá após descongelamento.

2.6. Oxidação lipídica (TBARS)

A análise de oxidação lipídica foi determinada pelo método de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) em triplicata, em três filés de cada tratamento, lidos em espectrofotômetro (600, Femto) em comprimento de onda de 538 nm. Para o cálculo dos valores de TBARS obteve-se uma reta da curva padrão, e os resultados foram expressos em mg malonaldeído / kg amostra, de acordo com Vyncke (1970).

2.7. Desnaturação de proteínas (DSC)

A desnaturação das proteínas dos filés foi medida por análise de Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC) com o auxílio de um calorímetro diferencial de varredura DSC-TA2010 (TA Instruments), de acordo com metodologia descrita em FURUKAWA *et al.* (2004).

2.8. Perfil de ácidos graxos e suas relações

Para a quantificação do teor de lipídios totais das amostras de peixes, foi utilizado o método de Folch *et al.* (1957). Para a análise do perfil de ácidos graxos foi utilizada a cromatografia em fase gasosa, seguindo o método de Morrison & Smith (1964). A esterificação foi realizada de acordo com o método modificado de Morrison & Smith (1964). Cada amostra foi transferida para o frasco selado e 1 μ L foi injetado no cromatógrafo de fase gasosa Varian 430 GC-GC. O cromatógrafo estava equipado com uma coluna capilar Supelco Omegawax 320 (comprimento: 30 m, diâmetro interno 0,32 mm e espessura da fase ligada: 0,25 mm), um detector de ionização de chama (FID) e gás hélio (He) foi usado como gás de arraste. O injetor e as temperaturas do detector foram fixadas em 220 e 300 ° C, respectivamente. O gás transportador foi mantida a um fluxo constante de 1,5 mL / min. A razão de separação foi de 1:20. Fluxo dos gases junto ao detector: 25 ml / min, de ar de 300 ml / min, H₂ 30 mL / min.

2.9. Análise Estatística

Assumiu-se um ensaio fatorial 4x3, envolvendo quatro pontos de avaliação no tempo (0; 60; 120 e 180 dias após abate) e três voltagens de choque elétrico (50; 100 e 150 volts).

3. Resultados e Discussão

3.1. Perdas por cozimento (Cooking loss), por resfriamento (Drip loss) e capacidade de retenção de água (CRA)

A busca por carne macia com grande concentração de músculo e baixa concentração de gordura e preços acessíveis tem sido uma exigência do mercado consumidor. Para atender as exigências do mercado consumidor, o setor produtivo precisa conhecer os fatores que interferem as características

físicas e químicas da carne, pois estes determinam sua qualidade e aceitabilidade.

A perda de água por cozimento ou *Cookig loss* é uma das análises realizadas para avaliar a qualidade da carne do peixe. Para esta variável pode-se observar nesta pesquisa que não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos, no entanto, foi observada diferença significativa ($p<0,05$) entre os tempos de armazenamento e seus desdobramentos (tempo*tratamento). As variações dos valores de *Cooking loss* estão apresentadas na figura 19.

No presente estudo verificou-se uma maior perda de água aos 120 dias de estocagem tendo como melhor resultado o tratamento onde foi utilizada a voltagem de 50 volts, com menor perda de água. Porém pode-se observar também que a diferença estatística obtida entre os tempos de estocagem foi observada com 180 dias de estocagem, onde houve a menor perda por cocção.

Na carne *in natura*, 70% de toda água presente na carne fresca localiza-se nas miofibrilas. No entanto, o processo de cocção causa uma diminuição nos espaços interfibrilares do tecido muscular, provocando uma diminuição na capacidade de retenção de água (HUFF-LONERGAN e LONERGAN, 2005).

Figura 19. Variações da perda de água por cozimento, "Cooking loss", em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

Parisi *et al.* (2002) ao estudarem a variação na qualidade da carne refrigerada de robalo (*Dicentrarchus labrax*) durante armazenamento entre 1 e 4 °C por 10 dias, observaram variações no *Cooking Loss* entre 1,24% e

29,31%, com uma média de 12,64%, sendo que este fator mostrou ser mais dependente da temperatura de armazenamento do que a duração de armazenamento.

As variações das perdas por refrigeração, "*Drip loss*" estão apresentadas na figura 20. Para a variável *Drip loss* foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos, tempo de estocagem e seus desdobramentos (tempo*tratamento). A partir dos resultados encontrados pode-se inferir que entre os tratamentos avaliados a melhor média está para a voltagem de 100 volts e a pior para 150 volts, pois o tratamento onde foi utilizado 150 volts obteve aproximadamente uma perda de água sete vezes maior em relação ao tratamento onde foi aplicado 100 volts, sendo esta diferença bastante evidente aos 120 dias de estocagem. Entre os tempos de estocagem a menor perda está entre zero e 60 dias, sendo diferentes estatisticamente em seu desdobramento para o tempo de estocagem em 120 dias.

Figura 20. Variações da perda de água por gotejamento, "*Drip loss*", em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

Roth *et al.* (2010) ao avaliarem o efeito do tempo de estimulação elétrica sobre a qualidade da carne de salmão do Atlântico (*Salmon salar*), observaram que após 8 dias de armazenamento não houve diferença significativa na perda por gotejamento entre a carne eletricamente estimulada e seus respectivos controles, porém depois de 16 dias, uma maior perda foi observada entre os filés inicialmente expostos a 12 e 180 segundos de eletricidade, em comparação com seus controles. Por outro lado, Roth *et al.* (2009) ao investigarem a influência de diferentes métodos de atordoamento – em combinação com condições pré abate na gaiola, após bombeamento e após refrigeração da água com 16 segundos de choque elétrico - na qualidade da carne do Salmão do Atlântico, observaram que não houve diferença significativa na perda por gotejamento entre qualquer um dos diferentes grupos após 7 dias armazenamento.

A capacidade de retenção de água pode ser influenciada por diversos fatores, como pH, salinidade, concentração de ácido lático e glicogênio e o manejo pré abate. Para a variável capacidade de retenção de água no presente estudo, não se observou diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos e o tempo de estocagem, no entanto, em seus desdobramentos houve diferença ($p<0,05$). As variações da capacidade de retenção de água em filés de bijupirás insensibilizados com diferentes voltagens de choque elétrico estão apresentadas na figura 21.

Hultmann *et al.* (2012) avaliaram os efeitos do estresse pré-abate sobre a qualidade muscular do bacalhau do Atlântico (*Gadus morhua*) e observaram que a CRA no grupo controle foi significativamente maior do que no grupo de stress. No entanto, Erikson *et al.* (2012) não encontraram nenhum efeito do

estresse sobre a CRA após 7 dias de armazenamento congelado, indicando que o efeito de estresse varia de acordo com o tempo de armazenamento.

Castro *et al.* (1997) ao analisarem a influência das temperaturas de congelamento e armazenamento sobre a qualidade da carne gelificada de sardinha (*Sardina pilchardus*), observaram que não houve diferença significativa na CRA entre as amostras refrigeradas (controle) e congeladas a -40°C, enquanto que nas amostras estocadas -18°C a CRA foi significativamente mais baixa. Com relação à temperatura de armazenamento, a evolução da CRA foi muito semelhante em ambas temperaturas (-18°C e -12°C), observando-se uma queda acentuada na CRA durante os primeiros 30 dias de armazenamento, depois do quê a CRA manteve-se relativamente constante, até os 180 dias de armazenamento.

Figura 21. Variações da capacidade de retenção de água (CRA), em filés de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

3.2. Textura e cor

Na presente pesquisa observa-se uma oscilação nos resultados obtidos para a variável textura (figura 22), sendo uma redução desde o tempo 0 (4989,707gF) até os 120 dias de estocagem (4206,563gF), seguida por um aumento até chegar aos 180 dias de estocagem. Apesar de haver uma oscilação nos valores encontrados para esta variável estudada, não foram observadas diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos estudados, tempo de estocagem e seus desdobramentos. As variações da textura estão relacionadas com vários fatores: manejo pré abate, vida de prateleira, manipulação pós abate e variáveis: pH, enzimas, colágeno, matriz extracelular e proteoglicanos (LOPEZ-ALBORS, *et al.*, 2005); (BAHUAUD, *et al.*, 2010).

Roth *et al.* (2010) ao avaliarem o efeito do tempo de estimulação elétrica sobre a qualidade da carne de salmão do Atlântico, não observaram alterações significativas de textura entre os filés expostos à estimulação elétrica e o grupo controle durante os 16 dias de armazenamento. Por outro lado, Roth *et al.* (2009) ao avaliarem a textura da carne de salmão após 7 dias de armazenamento observaram que a dureza diminuiu naqueles que sofreram atordoamento elétrico em comparação com a utilização de outros métodos de abate.

Figura 22. Variações da textura em filés de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

Os filés de bijupirás insensibilizados com diferentes voltagens de choque elétrico, demonstraram diferenças significativas ($p < 0,05$) para luminosidade L^* entre os tempos de estocagem. Observa-se um aumento dos valores de L^* ao passar do tempo nos tratamentos onde foram utilizadas as voltagens de 50 e 150 volts, não sendo observada esta tendência para o tratamento onde foi utilizada a intensidade de 100 volts.

Para a variável cor a^* (intensidade da cor vermelha) não foi observada diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos, no entanto, houve significância ($p < 0,05$) entre os tempos de estocagem. A partir dos resultados obtidos pode-se inferir que houve uma discreta diminuição dos valores da cor a^* seguidos por aumento relevante desses valores com o aumento período de estocagem. Essas variações podem ter ocorrido devido ao rompimento das artérias durante o ato da insensibilização, característica negativa para o método (eletroanestesia) utilizado nesta pesquisa. As variações das cores L^* a^* b^* encontram-se na figura 23.

Figura 23. Variações da cor L* a* b*, em bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

A Variável b^* (intensidade de cor amarela) demonstrou uma grande variação entre os tempo de estocagem. A partir dos resultados obtidos pode-se inferir que as intensidades 50 e 100 volts foram os tratamentos onde ocorreram as maiores oscilações nos escores encontrados sendo que o tratamento 150 volts não apresentou tal variação. Apesar das oscilações dos escores encontrados para esta variável (b^*) não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as médias encontradas para os tratamentos utilizados, no entanto, houve significancia ($p<0,05$) entre os tempos de estocagem e seu desdobramento.

Roth *et al.* (2010) estudaram o efeito do tempo de estimulação elétrica sobre a qualidade da carne do Salmão do Atlântico, observando-se que, imediatamente após o abate por golpe percussivo na cabeça, o grupos que receberam 12 e 180 segundos de estimulação tinham os valores de L^* , a^* e b^* diminuídos em relação aos controles, assim como os valores de a^* e b^* para o grupo de 180 segundos depois de 16 dias de armazenamento.

Sattari *et al.* (2010) ao avaliarem os efeitos do atordoamento elétrico seco (fora da água) sobre a qualidade da carne de bagre africano, não observaram mudanças significativas na luminosidade (L^*), tendência à cor vermelha (a^*) e tendência ao amarelo (b^*) entre os grupos atordado e não atordado, estando em concordância com os resultados dos estudos realizados por Lambooij *et al.* (2006) e Knowles *et al.* (2007).

3.3. BNV, pH e TBA

Os valores das bases nitrogenadas voláteis (BNV) nos filés de bijupirás congelados foram diminuindo em todo o periodo de estocagem (figura 24). Houveram diferenças significaticas ($p<0,05$) entre os tratamentos, tempo de

estocagem e seus desdobramentos. A partir dos resultados encontrados pode-se inferir que os filés dos peixes submetidos ao tratamento com choque elétrico de 100 volts apresentaram o menor valor (10,06 mg N/100g) diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. No entanto, analisando os resultados para o período de estocagem a menor média (10,04 mg N/100g) foi observada para filés estocados por 120 dias e a maior média (11,35 mg N/100g) foi observada para o tempo zero. Essa ligeira diminuição dos valores encontrados não são muito comuns, no entanto, Karthikeyan *et al.* (1999) também observaram uma queda nos valores de bases em *Penaeus indicus*, que podem estar relacionados com o manejo experimental, onde o transporte, recepção e alojamento dos peixes antes da insensibilização e abate, causaram estresse observado pela mudança de cor da pele dos bijupirás, o que pode ter influenciado nos resultados desta pesquisa. Observa-se também nesta pesquisa, que em seus desdobramentos só houve significância na relação tratamento*tempo, no tempo 180 dias de estocagem para o tratamento onde foi utilizada a corrente elétrica em 150 volts.

Figura 24. Variações das bases nitrogenadas voláteis (BNV), em filés de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

Scherer *et al.* (2006) ao compararem a qualidade da carne de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) abatida por imersão em água com gelo ou por eletronarcose, observaram baixos valores iniciais de BNV, não chegando a atingir 12mg/100g nos 20 dias de armazenamento em ambos os grupos. No entanto, os valores BNV de peixes insensibilizados por eletronarcose foram significativamente menores entre o 7º e o 16º dia de armazenamento, quando comparado para o tempo zero.

Almeida *et al.* (2006) ao avaliarem o efeito do armazenanento em gelo sobre a qualidade da carne de tambaqui (*Colossoma macropomum*), observaram uma elevação gradativa e contínua dos valores de BNV durante todo período de estocagem, variando de 5,85mg/100g no 1º dia até 35mg/100g no 46º dia; o método de insensibilização não foi mencionado. Batista *et al.* (2004) em carne de matrinxãs (*Brycon cephalus*) abatidos por hipotermia e mantidos no gelo, encontraram variações nos níveis de BNV de 19mg/100g no 16º dia até 33,3mg/100g no 29º dia.

O pH do músculo dos peixe em geral é próximo da neutralidade. Nesta pesquisa os resultados observados não são diferentes aos encontrados por Scherer *et al.* (2006), Almeida *et al.* (2006), Batista *et al.* (2004), na musculatura da carpa capim, tambaqui e matrinxã respectivamente (figura 25). Observam-se oscilações entre os tratamentos e o tempo de estocagem, porém, dentre as médias encontradas para os tratamentos estas não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$). No entanto, para o período de estocagem e o desdobramento tempo*tratamento houve diferenças significativas ($p < 0,05$)

sendo para o tempo o menor valor de pH encontrado (6,32) para 120 dias de estocagem e o maior valor (6,55) para 180 dias de estocagem.

Figura 25. Variações do pH em filés de bijupirá insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

Scherer *et al.* (2006) observaram que o pH da carne de carpa capim abatida por imersão em água e gelo aumentou significativamente no 4º dia de armazenamento, enquanto que os peixes abatidos por eletricidade tiveram um aumento significativo do pH do 2º para o 10º dia de armazenamento, após o que, em ambos os grupos, mantiveram-se praticamente constantes até o fim do experimento. Não foram observadas diferenças significativas nos valores de pH entre os métodos de abate.

No estudo realizado por Almeida *et al.* (2006) os valores médios de pH da carne de tambaqui variaram de 6,07 a 6,66 durante os 49 dias de estocagem em gelo, observando-se um aumento mais gradativo do 19 a 43 dias. Batista *et al.* (2004) relataram pequenas variações no pH de matrinxã, entre 6,24 e 6,37, durante os 29 dias de estocagem em gelo. De acordo com

Ang e Haard (1985), a taxa de declínio do pH no músculo pós morte é muito importante, pois um rápido declínio do pH pode ocasionar perda de textura e baixa capacidade de retenção de água da carne.

Os valores de TBARS são, em geral utilizados como indicadores do grau de oxidação lipídica, por meio da quantificação do malonaldeído, que é um dos principais produtos formados durante o processo oxidativo. No presente trabalho, os valores de TBARS (figura 26) oscilaram com tendência a aumento durante a armazenagem congelada. Apesar das oscilações não foi observada diferença entre os tratamentos ($p>0,05$), no entanto, foi observado diferença ($p<0,05$) no tempo de estocagem e no desdobramento tratamento*tempo. Entre os valores significativos observa-se uma grande variação entre os tempo 0 e 120 dias, conferindo a estes os seguintes resultados respectivamente (0,30 e 1,25 mg/kg). Tejaba *et al.* (2007) também observaram uma grande variação nos valores de TBARS da carne de *Solea senegalensis*, abatida por imersão em água e gelo, submetida a 30 dias de armazenamento refrigerado. Os peixes foram provenientes de dois diferentes sistemas de cultivo, os quais tiveram grande influência sobre os teores de TBARS, observando-se variações entre 0,2 e 0,4 e 0,4 e 0,8 mg/kg, respectivamente.

Figura 26. Variações da oxidação lipídica (TBARS), em bijupiras insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

Giuffrida *et al.* (2007) avaliaram o efeito de diferentes métodos de abate sobre a qualidade da carne de dourado (*Sparus aurata*), e observaram que durante os primeiros 14 dias de armazenamento, as amostras dos peixes que foram abatidos por anoxia simples e sangria tiveram um valor médio de TBARS significativamente superior que aqueles abatidos por atordoamento elétrico, porém após este período não foram observadas diferenças significativas. Para todos os tratamentos, os valores médios de TBARS atingiram um máximo no dia 7 e, em seguida, diminuíram progressivamente, observando-se diferenças significativas entre os valores dos grupos abatidos por dióxido de carbono e por imersão em gelo e água. Por outro lado, Geirsdottir *et al.* (2007) ao estudarem a influência do armazenamento congelado sobre a qualidade da carne de arenque (*Clupea harengus*), observaram que os valores de TBARS aumentaram significativamente com o aumento do tempo de estocagem, indicando a formação de produtos de oxidação secundários. De acordo com Sant'ana & Mancini-Filho (2000), citado por Santos (2013) somente o

abaixamento da temperatura não é suficiente para impedir o processo de desenvolvimento da oxidação lipídica, que ocorre mesmo durante a estocagem de alimentos congelados, pois o armazenamento congelado não paralisa as reações oxidativas

3.4. Desnaturação proteica – DSC

A análise de DSC determina a temperatura e a entalpia de desnaturação das proteínas miofibrilares miosina e actina. As variações de entalpia da actina e miosina estão apresentadas na tabela 4. No presente experimento com filés de bijupirá foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos, tempo e seus desdobramentos para os valores da entalpia (j/g), e após o tratamento estatístico pode-se inferir que para actina, o tratamento em que houve menor gasto de energia foi à intensidade em 150 volts (2139,167 j/g) o que demonstra uma maior degradação dos filamentos, característica que não é interessante. No entanto, o tratamento com intensidade em 100 volts obteve o maior valor encontrado (2338,667 j/g). Avaliando a entalpia de desnaturação da actina em relação ao tempo de estocagem observa-se um aumento do gasto de energia para que haja a desnaturação do filamento o que nos permite inferir que o congelamento conserva tal característica, sem que haja a perda da actina durante o armazenamento, e consequentemente conservando as características dos filés. Para a miosina não foi observado diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$), no entanto foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) no desdobramento tempo*tratamento no 120º dia de estocagem sendo o maior valor encontrado para o tratamento em 100 volts.

Tabela 4. Entalpia de desnaturação proteica (j/g) em filés de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

Tempo (Dias)	Actina			Miosina		
	50 V	100 V	150 V	50 V	100 V	150 V
0	1982,66±189,31 ^{Aa}	1844,66±279,92 ^{Ba}	1910,33±139,23 ^{ABa}	0,46±0,03 ^{ns}	0,46±0,03 ^{ns}	0,45±0,05 ^{ns}
60	1853,00±447,50 ^{Aa}	2727,66±108,03 ^{Ab}	1632,67±164,61 ^{Ba}	0,51±0,36 ^{ns}	0,51±0,36 ^{ns}	0,48±0,05 ^{ns}
120	2434,33±219,68 ^{Aa}	2267,00±521,01 ^{ABa}	2525,67±103,37 ^{Aa}	0,90±0,07 ^a	0,90±0,07 ^a	0,38±0,49 ^b
180	2456,66±113,3 ^{Aa}	2515,33±353,09 ^{Aa}	2488,00±349,81 ^{Aa}	0,58±0,44 ^{ns}	0,58±0,44 ^{ns}	0,29±0,31 ^{ns}

Tabela 5. Letras maiúsculas significam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) entre os tempos em uma mesma coluna (tratamento). Letras minúsculas indicam diferença significativa entre os tratamentos em uma mesma linha (tempo). ns Não significante.

Tironi *et al.* (2007) ao avaliarem o efeito dos processos de congelamento e descongelamento convencionais e/ou de alta pressão sobre a qualidade da carne de robalo (*Dicentrarchus labrax*), observaram que a carne submetida aos sistemas convencionais de congelamento e descongelamento apresentaram apenas uma pequena alteração de entalpia em relação à carne fresca, sugerindo ausência de desnaturação das proteínas musculares (miosina, proteínas sarcoplasmáticas e actina) submetidas a estes tratamentos, enquanto que ao utilizarem processos de alta pressão os perfis térmicos revelaram modificações bastante significativas. Foi relatado que para a miosina e demais proteínas sarcoplasmáticas houve uma diminuição significativa da estabilidade térmica, demonstrando uma maior degradação dos filamentos com relação à carne fresca, porém, para o filamento actina, não foram observadas diferenças significativa entre os tratamentos.

Schubring *et al.* (2003) realizaram um estudo similar com peixes de diferentes espécies (peixe vermelho, salmão, haddock, bacalhau, e truta arco-íris) e observaram termogramas semelhantes entre as amostras de peixe fresco e àquelas submetidas a tratamentos de congelamento e descongelamento convencionais, enquanto que as amostras submetidas a

tratamentos de alta pressão apresentaram um elevado nível de desnaturação de proteínas musculares, especialmente a miosina.

3.5. Perfil de ácidos graxos e índices de qualidade nutricional lipídica

O perfil de ácidos graxos de filés de bijupirá submetidos a diferentes voltagens de choque elétrico encontra-se na tabela 5. Na presente pesquisa foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos para os ácidos graxos: docosadienóico (C22:2-n6), docosapentaenóico (C22:5-n6), docosapentaenóico (C22:5-n3) e docosahexaenóico (C22:6-n3). Também foram observadas diferenças no tempo de estocagem para a maioria dos ácidos graxos quantificados com exceção do ácido octadecadienóico (C18:2-n4) e eicosadienóico (C20:2-n6). Entre os tratamentos houve diferenças somente nos ácidos graxos: docosenóico (C22:1-n9), docosadienóico (C22:2-n6), docosapentaenóico (C22:5-n3) e docosahexaenóico (C22:6-n3), sendo os maiores valores encontrados para os tratamentos com 50 e 100 volts de intensidade. Avaliando o perfil de ácidos graxos em relação ao tempo de estocagem observa-se diferenças significativas em todos os ácidos graxos detectáveis na amostra, sendo os maiores valores encontrados no primeiro dia de estocagem o que diferencia aos demais tempos de estocagem. Observa-se também uma diminuição nos teores de ácidos graxos insaturados ao passar do tempo e um aumento dos teores de ácidos graxos saturados nesta mesma proporção, provavelmente devido à oxidação lipídica que aumenta de acordo com o tempo de estocagem dos filés.

Nazemroaya *et al.* (2009) avaliaram o efeito do tempo de estocagem sob congelamento na composição de ácidos graxos de peixe serra (*Scomberomorus commersoni*) e de tubarão (*Carcharhinus dussumieri*), e

mostraram que os principais ácidos graxos saturados e monoinsaturados em ambas as espécies foram os ácidos palmítico (C16: 0) e oleico (C18: 1n-9), respectivamente. Em ambos os peixes, os ácidos linoleico (C18: 2n-6) e o araquidónico (AA) (C20: 4n-6) foram predominantes com relação ao total de ácidos graxos n-6 poliinsaturados, enquanto que os ácidos eicosapentaenoico (C20: 5 n-3) e docosahexaenóico (C22: 6 n-3) foram os predominantes com relação ao total de ácidos graxos n-3. Durante o armazenamento, o conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados (40,1 e 23,94%), n-3 (48 e 42,83%), n3 / n6 (41,36 e 50%), AGPI / AGS (56 e 42,23%) e EPA + DHA / C16 (55,55 e 46,66%) diminuíram em *S. commersoni* e *C. dussumieri*, respectivamente, enquanto que os valores do ácido tiobarbitúrico (TBA) e os ácidos graxos livres aumentaram significativamente com o tempo de armazenamento. O perfil de ácidos graxos de filés de bijupirá encontra-se na tabela 5.

Tabela 5. Perfil de ácidos graxos em filés de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico (g/100g do total de ácidos graxos).

Ácido graxo	Tratamentos (Volts)				Tempo (dias)		
	50 V	100 V	150 V	0	60	120	180
C12:0	1,233a	1,288a	1,223a	1,699a	1,184b	1,119b	1,141b
C13:0	0,643a	0,673a	0,637a	0,886a	0,617b	0,584b	0,597b
C14:0	3,461a	3,305a	3,603a	4,324a	3,269b	3,115b	3,407b
C14:1-n5	0,662a	0,687a	0,651a	0,899a	0,638b	0,598b	0,609b
C15:0	1,004a	1,044a	1,019a	1,312a	0,950b	0,951b	0,974b
C16:0	17,421a	18,161a	18,485a	21,563a	16,977b	17,949b	16,782b
C16:1-n9	0,846a	0,872a	0,849a	1,084a	0,814b	0,813b	0,788b
C16:1-n7	4,444a	4,615a	4,704a	5,137a	4,356b	4,643b	4,397b
C16:2-n4	0,986a	1,026a	0,971a	1,081a	0,943b	0,975b	1,006b
C17:0	0,978a	1,011a	0,978a	1,245a	0,920b	0,930b	0,947b
C16:3-n4	0,953a	0,975a	0,961a	1,098a	0,935b	0,922b	0,943b
C17:1	0,559a	0,527a	0,549a	0,765a	0,540b	0,429b	0,520b
C16:4-n1	0,620a	0,646a	0,610a	0,778a	0,602b	0,581b	0,591b
C18:0	5,755a	5,855a	5,831a	6,756a	5,592b	5,671b	5,550b
C18:1-n9(cis+trans)	19,121a	17,967a	19,915a	22,112a	19,123ab	17,521b	18,287b
C18:1-n7	3,546a	3,442a	3,275a	4,312a	3,053b	3,201b	3,416ab
C18:2-n6cis	8,055a	8,017a	8,063a	4,876b	8,785a	9,027a	8,437a
C18:2-n4	0,757a	0,712a	0,645a	0,805a	0,731a	0,602a	0,714a
C18:3-n6	0,793a	0,829a	0,783a	0,902a	0,794b	0,781b	0,763b
C18:3-n4	0,624a	0,650a	0,615a	0,783a	0,602b	0,586b	0,599b
C18:3-n3	1,494a	1,522a	1,486a	1,024b	1,596a	1,650a	1,575a
C18:4-n3	1,023a	1,060a	1,006a	0,817b	1,060a	1,104a	1,067a
C18:4-n1	0,510a	0,477a	0,506a	0,662a	0,496b	0,405b	0,481b
C20:0	0,828a	0,852a	0,831b	1,100a	0,801b	0,775b	0,760b
C20:1-n11	0,438a	0,522a	0,442a	0,599a	0,416ab	0,493ab	0,404b
C20:1-n9	1,303a	1,253a	1,309a	1,719a	1,218b	1,126b	1,235b
C20:1-n7	0,457a	0,470a	0,447a	0,566a	0,431b	0,430b	0,441b
C20:2-n6	0,545a	0,549a	0,528a	0,547a	0,546a	0,532a	0,539a
C20:3-n6	0,488a	0,499a	0,485a	0,522a	0,500ab	0,488ab	0,463b
C21:0	0,095a	0,092a	0,097a	0,165a	0,080b	0,054b	0,103b
C20:4-n6	1,582a	1,577a	1,437a	0,917b	1,627a	1,644a	1,735a
C20:3-n3	0,362a	0,338a	0,325a	0,435a	0,317ab	0,293b	0,352ab
C20:4-n3	0,580a	0,591a	0,562a	0,487b	0,595a	0,602a	0,597a
C20:5-n3	3,901a	4,002a	3,751a	1,576b	4,181a	4,642a	4,370a
C22:0	0,201a	0,200a	0,193a	0,307a	0,192b	0,133b	0,195b
C22:1-n11	0,449a	0,449a	0,426a	0,511a	0,428b	0,428b	0,422b
C22:1-n9	0,308a	0,304a	0,255b	0,387a	0,274b	0,254b	0,275b
C22:1-n7	0,137a	0,128a	0,128a	0,174a	0,130b	0,105b	0,131b
C22:2-n6	9,944a	9,963a	8,813b	3,736b	10,630a	10,837a	11,144a
C21:5-n3	n/d	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
C23:0	n/d	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
C22:4-n6	0,301a	0,281a	0,282a	0,197c	0,324ab	0,235bc	0,366a
C22:5-n6	0,449a	0,447a	0,392b	0,236b	0,455a	0,469a	0,494a
C22:5-n3	1,878a	1,875a	1,676b	0,557b	2,030a	2,099a	2,136a
C22:6-n3	9,944a	9,963a	8,813b	3,736b	10,630a	10,837a	11,144a
C24:0	0,142a	0,130a	0,123a	0,186a	0,131b	0,099b	0,129b
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Letras minúsculas indicam diferenças entre os tratamentos e os tempos em uma mesma linha. (Tukey, 5%)

3.5.1 Razão Hipocolesterolêmico-Hipercolesterolêmicos (Índice H/H)

O cálculo da razão Σ ácidos graxos hipocolesterolêmicos / Σ ácidos graxos hipercolesterolêmicos, índice H/H, são relacionados com o metabolismo do colesterol. No presente trabalho pode-se observar que houve uma queda (Figura 27) nos valores relacionados a este índice, e observa-se também que os tratamentos 50 e 150 volts foram os que mais sofreram variação em relação ao tempo de estocagem. Apesar das variações, não foram observadas diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos estudados, porém foram observadas diferenças significativas ($p<0,05$) entre os tempos de estocagem e seus desdobramentos.

Segundo Santos-Silva *et al.* (2002) e Sousa Bentes *et al.* (2009) quanto maior o índice HH, mais adequado é o nível nutricional da gordura do peixe, sendo que para produtos cárneos o ideal é que este valor esteja próximo de dois. Ramos Filho *et al.* (2008) estudando quatro espécies da região pantaneira encontraram valores maiores aos encontrados nesta pesquisa sendo 1,75 para o cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum*), 1,84 para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*), 1,66 para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e 1,49 para o dourado (*Salminus maxillosus*).

Figura 27. Variações do índice H/H em filés de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

3.5.2. Relação ácido linoleico e ácido alfa linolênico (LA/ALA)

Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) para a relação LA/ALA, entre os tratamentos, tempos de estocagem e seus desdobramentos (Figura 28).

Para a relação LA/ALA pode-se inferir que houve uma queda acentuada entre os tratamentos 50 e 150 volts até os 60 dias de estocagem, e a partir deste tempo de estocagem se mantiveram quase que constante até o final do experimento em todos os tratamentos estudados. Segundo Price e Schweigert (1976), as reações que ocorrem no animal vivo e após o abate são similares, porém deve-se considerar que, após a morte fisiológica, os tecidos são incapazes de eliminar certos metabólitos, desta forma, a variação da relação LA/ALA pode ser decorrente da ação das enzimas dessaturase e alongase que atuam nos animais transformando os ácidos graxos linoleico e alfa linolênico em docosapentanóico (C22:5-n6) e docosaheptaenóico (C22:6-n3). Na tabela 5, pode-se confirmar que quando ocorre o decréscimo dos teores encontrados para os ácidos linoleico e alfa linolênico (observado também na figura 23), se

relacionam diretamente com o aumento dos teores encontrados para os ácidos docosapentaenóico e docosahexaenóico.

Figura 28. Variações da relação LA/ALA em filés de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico

No estudo realizado por Nazemroaya *et al.* (2009) foi observado um aumento gradual na relação LA/ALA entre os meses 0 e 5 de armazenamento (de 1,55 a 4,5), enquanto que do 5º para o 6º mês este valor quase dobrou (passando de 4,5 para 9,3) para as amostras de peixe serra (*Scomberomorus commersoni*). Já para a carne de tubarão (*Carcharhinus dussumieri*), foi observado um aumento significativo na relação LA/ALA entre os meses 0 e 2, passando de 3,3 para 34,8, após o quinto mês este índice não pôde mais ser mensurado em virtude da não detecção do ALA.

3.5.3. Índice de trombogenicidade

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos estudados para esta variável (figura 29), no entanto, podem-se observar diferenças significativas entre os tempos de estocagem e seus desdobramentos ($p < 0,05$). Pode-se também observar um aumento dos valores do índice de trombogenicidade encontrados durante o tempo de estocagem.

Figura 29. Variações do índice de trombogenicidade em filés de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico

Nazemroaya *et al.* (2009) avaliaram o efeito do tempo de estocagem em congelamento na relação entre os ácidos graxos da carne dos peixes serra (*Scomberomorus commersoni*) e tubarão (*Carcharhinus dussumieri*), e observaram aumento gradual do índice de trombogenicidade do 0 ao 6º mês de armazenagem para ambas espécies, reflexo do aumento dos ácidos graxos trombogênicos ocorrido com o aumento do tempo de estocagem. Segundo Tonial *et al.* (2011) não existe um valor ideal para o índice de trombogenicidade, quanto menor este valor melhor a qualidade da gordura em termos nutricionais, atuando na prevenção de doenças coronarianas e trabalhando com tilápias suplementadas com óleo de soja o valores encontrados estão próximo 0,98; valores estes abaixo dos encontrados nesta pesquisa para as diferentes intensidades de choque elétrico.

3.5.4. Relação n6/n3

As variações da relação n6/n3 de filés de bijupirá se encontram na figura 30. A relação n6/n3 não apresentou diferença estatística ($p > 0,05$) entre os tratamentos estudados, no entanto para os tempos de estocagem e seus desdobramentos foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$).

Foram observadas discretas variações entre a relação dos ácidos graxos da família ômega seis e ômega três durante o tempo de estocagem.

Figura 30. Variações da relação n6/n3 em filés de bijupirás insensibilizados com diferentes intensidades de choque elétrico.

No estudo realizado por Nazemroaya *et al.* (2009) observou-se uma diminuição gradual na relação n6/n3 para ambas espécies de peixe durante os 6 meses de armazenamento congelado, passando 4,16 para 2,43 na carne de peixe serra (*Scomberomorus commersoni*) e de 2,03 para 1,01 na carne de tubarão (*Carcharhinus dussumieri*). O Departamento de saúde e segurança social de Londres (1994) preconiza que valores abaixo de quatro para a relação n6/n3 são desejáveis à dieta humana para a prevenção de doenças cardiovasculares, no entanto, os valores encontrados nesta pesquisa variaram entre 4,45 e 6,32. Ramos Filho *et al.* (2008) relatam que das quatro espécies pantaneiras pesquisadas no Mato Grosso do Sul (cachara, pintado, pacu e dourado) o pacu demonstrou possuir o maior valor (3,65) para a relação n6/n3 e o pintado o menor valor (0,95).

CONCLUSÃO

As intensidades de choque elétrico utilizadas para insensibilização do bijupirá não promoveram diferenças durante a estocagem congelada dos filés, na maioria das variáveis analisadas, no entanto, a avaliação do tempo de estocagem dentro dos tratamentos utilizados foi significativa. Mesmo não havendo diferenças entre as intensidades aplicadas, pode-se considerar os efeitos biológicos no que se refere ao bem-estar animal, caracterizando a intensidade de 150 volts, o melhor tratamento para a maioria dos parâmetros avaliados, podendo o filé de bijupirá ser conservado até 180 dias em congelamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDISA, M. F.; PISANUA, S.; PREZIOSAB, E. BERNADINI, G.; PAGNOZZI, D.; ROGGIOSA, T.; UZZAUA, S.; SAROGLIAB, M.; TEROVAB, G. **2D DIGE/MS to investigate the impact of slaughtering techniques on postmortem integrity of fish filet proteins**, Journal of Proteomics, v. 75, p. 3654 – 3664, 2012.

ALASALVAR, C.; ANTHONY, K. D.; SHAHIDI, F. Comparative Quality Assessment of Cultured and Wild Sea Bream (*Sparus aurata*) Stored in Ice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 2039-2045, 2002.

ALIZADEH, E.; CHAPLEAU, M. L.; LE-BAIL, A. Effect of different freezing processes on the microstructure of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. v. 8, p. 493–499, 2007.

ALMEIDA, N. M.; KODAIRA, G. M. B. M.; LESSI, E.. Alterações post-mortem em tambaqui (*Colossoma macropomum*) conservados em gelo. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1288-1293, 2006.

ANG, J. F.; HAARD, N. F. Chemical composition and postmortem changes in soft textured muscle from intensely feeding Atlantic cod (*Gadus morhua*, L). **Journal of Food Biochemistry**, v. 9, p. 49–64, 1985.

ASPENGREN, S.; SKOLD, H. N.; QUIROGA, G.; MARTESSON, L.; WILLIN, M. Noradrenaline and melatonin mediated regulation of pigment aggregation and fish melanophores. **Pigment cell research**, v. 16, p. 59-64, 2003.

AZAM, K.; MACKIE M.; SOUTH J. The Effect of Slaughter Method on the Quality of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) During Storage on Ice. **International Journal of food Science & Technology**, v. 24, p. 69-79, 1989.

BAHUAUD, D.; MØRKØRE, T.; ØSTBYE, T.-K.; VEISETH-KENT, E.; THOMASSEN, M.S.; OFSTAD, R.; VEISETH-KENT, E.; THOMASSEN, M.S.; OFSTAD, R. Muscle structure responses and lysosomal cathepsins B and L in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) pre- and post-rigor fillets exposed to short and long-term crowding stress. **Food Chemistry**. v. 118, p. 602–615, 2010.

BARROSO, M.; CARECHE, M.; BORDERÍAS, A. J. Quality control of frozen fish using rheological techniques. **Trends in Food Science & Technology**, v. 9, p. 223-229, 1998.

BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, I. J. O. Abate Humanitário: ponto fundamental do bem-estar animal. **Revista Nacional da Carne**, v. 328, p. 36-44, 2004.

BARTON, B. A.; GROSH, R. S. Effect of AC electroshock on blood features in juvenile rainbow trout. **Journal of Fish Biology**, v. 49, n. 6, p. 1330-1333, 1996.

BATISTA, G.M.; LESSI, E.; KODAIRA, M.; FALCÃO, P T. Alterações bioquímicas post-mortem de matrinxã *Brycon cephalus* (GÜNTHER, 1869) procedente da piscicultura, mantido em gelo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 573-581, 2004.

BENETTI, D. D.; ORHUN, M. R.; SARDENBERG, B.; O'HANLON, B.; WELCH, A.; HOENIG, R.; ZINK, I.; RIVERA, J. A.; ENLINGER, B.; BACON, D.; PALMER, K.; CAVALIN, F. Advances in hatchery and grow-out technology of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus). **Aquaculture Research**, v. 39, p. 701-711, 2008.

BERG, T.; ERIKSON, U.; NORDTVEDT, T. S. Rigor mortis assessment of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and effects of stress. **Journal of Food Science**, v. 62, n. 3, p. 439-446, 1997.

BIANCHI, G. **Field guide to the commercial marine and brackish-water species of Pakistan**. FAO species identification sheets for fishery purposes. Roma: FAO, 1985. 200p

BITO, M.; K. YAMADA; Y. MIKUMO AND K. AMANO. Studies on rigor mortis of fish. I. Difference in the mode of rigor mortis among some varieties of fish by modified cutting's methods. **Bulletin Toikai Reg. Fish Res. Lab.**, 109, 1983, p.89-96.

BOURNE M. C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. 2 ed. Academic Press: London, 2002. 416 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Laboratório Nacional de Referência Animal. Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes: II – Métodos físicos e químicos**. Brasília, 1981. Cap. 10, p.1-2: Pescado fresco.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa nº.3, de 07 de janeiro de 2000. **Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue**. S.D.A./M.A.A. Diário Oficial da União, Brasília, p.14-16, 24 de janeiro de 2000.

BRASIL. **Boletim estatístico da Pesca e Aquicultura – Brasil 2010**. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2012. 128p.

BREMNER, H. A. Toward practical definitions of quality for food science. **Critical Reviews of Food Science and Nutrition**, v. 40, p. 83-90, 2000.

BRESSAN, M.C.; PRADO, O.V.; PÉREZ, J.R. Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamãcia sobre as características físico-químicas da carne. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 3, p. 293 - 303, 2001.

CARVALHO FILHO, A. **Peixes da costa brasileira**. 3ª ed. São Paulo: Ed. Melro, 1999, 320p.

CARVALHO, M. R. B.; KIRSCHNIK, P.G.; VIEGAS, E. M. M.; AIURA, F. F.; MELÍCIO, S. P. L.; SILVA, J. D. T.; PINTO, M. M. **Alterações pós-morte no músculo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) abatidas com e sem estresse e estocadas a 0°C e 20°C**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. Anais... Campinas: SBCTA, 2002. 1 CD.

CASTILLO-YÁÑEZ, F. J., PACHECO-AGUILAR, R., MARQUEZ-RIOS, E., LUGO-SÁNCHEZ, M. E., & LOZANO-TAYLOR, J. **Freshness loss in sierra fish (*Scomberomorus* *Sierra*) muscle stored in ice as affected by**

postcapture handling practices. Journal of Food Biochemistry, v. 31(1), p. 56–67, 2007.

CASTRO, M. A.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; MONTERO, P. Influence of frozen storage on textural properties of sardine (*Sardina pilchardus*) mince gels. **Food chemistry**, v. 60, n. 1, p. 85-93, 1997.

CASTRO, D. A. **Perdas de água em filé de pescado do pantanal.**, Campo Grande, 2007, 50p. (Mestrado em Ciência Animal) FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA.

CAYLOR, R. E.; BIESIOT, P. M.; FRANKS, J. S. Culture of cobia (*Rachycentron canadum*): cryopreservation of sperm and induced spawning. **Aquaculture**, v. 125, p. 81-92, 1994.

CAVALLI, R. O.; DOMINGUES, E. C.; HAMILTON, S. Desenvolvimento da produção de peixes marinhos em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40: 151-164, 2011.

COLLETE, B. B. Rachycentridae. Cobia. In: CARPENTER, K. E. **The living marine resources of the western central Atlantic**. FAO species identification guide for fishery purposes. v. 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals. Roma: FAO. p. 1420-1421, 2002.

CONTE, F. S. Stress and the welfare of cultured fish. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 86, p. 205-223, 2004.

DALGAARD, P. **Freshness: Quality and Safety in Seafoods**. Danish Institute for Fisheries Research, Denmark, p. 6-20, 2000.

DELBARRET-LADRAT, C.; CHERET, R.; TAYLOR, R.; VERREZ-BAGNIS V. Trends in postmortem aging in fish: Understanding of proteolysis and disorganization of the myofibrillar structure. **Critical Rev. Food Science Nutrition**, p. 490, 2006.

DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY. Nutritional aspects of cardiovascular disease. **Report on Health and Social Subjects**, n.46. London: HMSO, 1994. 178 p.

DOLAN, K. **Ethics, Animals and Science**. Iowa State University Press: Ames, 1999. 302 p.

DUNCAN, I. J. H. Animal welfare defined in terms of feelings. **Acta Agriculturae Scandinavica**, Section A, Animal Science, v. 2, p. 29–35, 1996.

DURÃES, J. P.; OLIVEIRA FILHO, P. R. C.; BALIEIRO, J. C. C.; DEL CARRATORE, C. R.; VIEGAS, E. M. M. The stability of frozen minced african catfish. **Italy Journal Food Science**, vol. 24, p. 61-69, 2012.

ERIKSON, U.; LAMBOOIJ, B.; DIGRE, H.; REIMERT, H. G. M.; BONDØ, M.; VAN DER VIS, H. Conditions for instant electrical stunning of farmed Atlantic cod after dewatering, maintenance of unconsciousness, effects of stress, and fillet quality — A comparison with AQUI-S™. **Aquaculture**, v. 324-325, p. 135–144, 2012.

ERIKSON, U.; MISIMI, E. Atlantic Salmon Skin and Fillet Color Changes Effected by Perimortem Handling Stress, Rigor Mortis, and Ice Storage. **Journal of Food Science: Food Chemistry**, v. 73, p. 50–59, 2008.

EFSA - EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA), Scientific opinion of the panel on animal health and welfare on a request from the European Commission on species-specific welfare aspects of the main systems of stunning and killing of farmed Atlantic salmon. **The EFSA Journal**, p. 1–77, 2009.

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. **The State of World Fishery and Aquaculture**. Fishery and Aquaculture Departament. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/publications/>>. Acesso em: 07/08/2012.

FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil**. III. Teleostei (2). São Paulo: Museu de Zoologia da USP, 1980. 90p

FOLCH J.; LEES M.; SLOANE-STANLEY G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **J. Biol. Chem.**, v. 226, p. 497-509, 1957.

FORREST, J. C.; ABERLE, E. D.; HEDRICK, H. B.; JUDGE, M. D.; MERKEL, R. A. **Fundamentos de ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1979. 363p.

FORREST, J. C.; ABERLE, E. D.; HEDRICK, H. B.; JUDGE, M. D.; MERKEL, R. A. **Principles of meat science**, San Francisco: W.H. Freeman, 1975. 402p.

FURUKAWA, V.A.; SOBRAL, P.J.A.; HABITANTE, A.M.Q.B.; GOMES, J.D.F. Análise térmica da carne de coelhos. **Ciência eTecnologia de Alimentos**., v.24, n.2, p.265-269, 2004.

GEIRSDOTTIR, M.; HLYNSDOTTIR, H.; THORKESSON, G.; SIGURGISLADOTTIR, S. Solubility and viscosity of herring (*Clupea harengus*) proteins as affected by freezing and frozen storage. **Journal of food science**, v. 72, n. 7, p. C376-C380, 2007.

GIUFFRIDA, A.; PENNISI, L.; ZIINO, G.; FORTINO, L.; VALVO, G.; MARINO, S.; PANEBIANCO, A. Influence of slaughtering method on some aspects of quality of gilthead seabream and smoked rainbow trout. **Veterinary research communications**, v. 31, n. 4, p. 437-446, 2007.

GRIGORAKIS, K. Compositional and organoleptic quality of farmed and wild gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and factors affecting it: A review. **Aquaculture**, v. 272, p. 55-75, 2007.

GODIKSEN, H.; MORZEL, M.; HYLDIG, G.; JESSEN, F. Contribution of cathepsins B, L and D to muscle protein profiles correlated with texture in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Food Chemistry**, v. 113, n. 4, p. 889-896, 2009.

GONÇALVES, A. C.; ANTAS, S. E.; NUNES, M. L. Freshness and Quality Criteria of Iced Farmed Senegalese Sole (*Solea senegalensis*). **J. Agric. Food Chem.**, v. 55, p. 3452–3461, 2007.

HAARD, N. The role of enzymes in determining seafood color, flavor and texture. In: BREMNER, H. A. **Safety and Quality Issues in Fish Processing**. Cambridge, UK: Woodhead publishing, 2002.

HAMM, R. **Biochemistry of meat hydration: advances in food research**. Cleveland, v. 10, n. 2, p. 335-443, 1960.

HARRIS, W. S. Omega-3 fatty acids, thrombosis and vascular disease. **International Congress Series**, v.1262, p. 380-383, 2004.

HAUCK, F. R. Some harmful effects of the electroshocker on large rainbow trout. **Transactions of the American Fishery Society**, v. 77, p. 61-64, 1949.

HATAE, K.; LEE, H.; TSUCHIYA, T.; SHIMADA, A. Textural Properties of Cultured and Wild Fish Meat. **Bulletin of Japanese Society for the Science of Fish**, v. 55, p. 363-368, 1989.

HERTOG-MEISCHKE, M. J. A.; LAAK, R. J. L. M.; SMULDERS, F. J. M. The water holding capacity of fresh meat. **The Veterinary Quarterly**, v. 19, n. 04 p. 175-181, 1997.

HOLLENDER, B.A.; CARLINE, R.F., Injury to wild brook trout by backpack electrofishing. **North American Journal of Fisheries Management**, v. 14, p. 643-649, 1994.

HONG-JU H., DI WU, DA-WEN S.. Rapid and non-destructive determination of drip loss and pH distribution in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets using visible and near-infrared (Vis-NIR) hyperspectral imaging. **Food Chemistry**, v. 156, p. 394-401, 2014.

HOWGATE, P. A review of the kinetics of degradation of inosine monophosphate in some species of fish during chilled storage. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 41, p. 341-353, 2006.

HUFF-LONERGAN E.; LONERGAN SM. Mechanisms of Water-Holding Capacity of Meat: The Role of Postmortem Biochemical and Structural Changes. **Journal Food Science**, p. 194-204, 2005.

HUFF-LONERGAN, E.; MADDOCK, K. R., L. J.; ROWE, AND S. M. LONERGAN. Effect of pH and ionic strength on μ - and m-calpain inhibition by calpastatin. **Journal of Animal Science**, 83:1370-1376, 2005.

HUIDOBRO, A.; MENDES, R.; NUNES, M. L. Slaughtering of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) in liquid ice: influence on fish quality. **Euro Food Research Technology**, v. 213, p. 267-272, 2001.

HULTMANN, L.; PHU, T. M.; TOBIASSEN, T.; AAS-HANSEN, O.; RUSTAD, T. Effects of pre-slaughter stress on proteolytic enzyme activities and muscle quality of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*). **Food Chemistry**, v. 134, p. 1399-1408, 2012.

HULTMANN, L.; RUSTAD, T. Iced storage of Atlantic salmon (*Salmon salar*) – Effects on endogenous enzymes and their impact on muscle proteins and texture. **Food Chemistry**, v. 87, p. 31-41, 2004.

HUSS, H. H. Quality and quality changes in fresh fish. **FAO Fisheries Technical paper**, n. 348, 1995.

IWAMOTO, M.; YAMANKA, H. WATABE, S.; HASHIMOTO, K. Effect of storage temperature on rigor-mortis and ATP degradation in plaice (*Paralichthys olivaceus*) muscle. **Journal of Food Science**, v. 52, p. 1514–1517, 1987.

IZQUIREDO-PULIDO, M. L.; HATAE, K.; HAARD, N. F. Nucleotide catabolism and changes in texture indices during ice storage of cultured sturgeon, *Acipenser transmontanus*. **Journal of Food Biochemistry**, v. 16, p. 173-192, 1992.

JUL, M. **The quality of frozen foods**. London: Academic Press, 1984.

Karthikeyan, M.; Jawahar Abraham, T.; Shanmugam, S.A.; Indra Jasmine, G. & Jeyachandran, P. 1999. Effect of washing and chlorine disinfection on the quality and shelf life of iced cultured shrimp. **Journal of Food Science and Technology**, v. 36, p. 173-176, 1999.

KNOWLES, T. G., BROWN, S. N., WARRISS, P. D., LINES, J., TINARWO, A., BRAVO, A., CARVALHO, H., GONÇALVES, A. Effect of electrical stunning at slaughter on the carcass, flesh and eating quality of farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture Research**, v. 38, n. 16, p. 1732-1741, 2007.

LAMBOOIJ, B.; KLOOSTERBOER, K.; GERRITZEN, M. A.; ANDRE, G.; VELDMAN, M.; VAN DE VIS, H. Electrical stunning followed by decapitation or chilling of African catfish (*Clarias gariepinus*): assessment of behavioural and neural parameters and product quality. **Aquaculture Research**, v. 37, p. 61-70, 2006.

LAMBOOIJ, E.; GRIMSBØ, E.; VAN DE VIS, J. W.; REIMERT, H. G. M.; NORTVEDT, R.; ROTH, B. Percussion and electrical stunning of Atlantic salmon (*Salmo salar*) after dewatering and subsequent effect on brain and heart activities. **Aquaculture**, v. 300, n. 1, p. 107-112, 2010.

LESSI, E.; KODAIRA, M.; BATISTA, G. M.; BELO, R. Cambios post-mortem del matrinxã brycon cephalus(gunther, 1869) cultivado em Manaus, Brasil. In: CONGRESO VENEZOLANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS “Dr Asher ludim”, Caracas, 1999, p.144, programa de resumos UCV.

LINES, J. A.; ROBB, D. H.; KESTIN, S. C.; CROOK, S. C.; BENSON, T. Electric stunning: a humane slaughter method for trout. **Aquacultural Engineering**, v. 28, p. 141-154, 2003.

LINES, J. A; KESTIN, S. Electric stunning of trout: power reduction using a two-stage stun. **Aquacultural Engineering**, v. 32, p. 483–491, 2005.

LINES, J. A; SPENCE, J. Humane harvesting and slaughter of farmed fish. **Rev. sci. tech. Off. Int. Epiz.** v. 33, p. 255-264, 2014.

LIAO, I. C.; HUANG, T.-S.; TSAI, W.-S.; HSUEH, C.-M.; CHANG, S.-L.; LEANO, E. M. Cobia culture in Taiwan: current status and problems. **Aquaculture**, v. 237, Issue 1-4, p. 155-165, 2004.

LUPATSCH, I.; SANTOS, G. A.; SCHRAMA, J. W.; VERRETH, J. A. J. Effect of stocking density and feeding level on energy expenditure and stress responsiveness in European sea bass *Dicentrarchus labrax*. **Aquaculture**, v. 298, p. 245–250, 2010.

MARTINO, R.; TAKAHASHI, N. S. A importância da adição de lipídios em rações para a aquicultura. **Óleos e Grãos**, v.58, p.32-37, 2001.

MELTZ, D. A. Dietary compliance and cardiovascular risk reduction with a prepared meal plan compared with a self-select diet. **American journal of Clinical Nutrition**, v. 66, p. 373-385, 1997.

MICHALCZYK, M.; SURÓWKA, K. Microstructure and instrumentally measured textural changes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) gravads during production and storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 11, p. 1942–1944, 2009.

MITTON, C. J. A.; MCDONALD, D. G. Consequences of pulsed DC electrofishing and air exposure to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v. 51, n. 8, p. 1791-1798, 1994.

MONTANO, N; GAVINO, G; GAVINO V. C. Polyunsaturated fatty acids contents of some traditional fish and shrimp past condiments of the Philippines. **Food Chemistry**, v. 75, p. 155-158, 2001.

MORRISON W.R.; SMITH L.M. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with born fluoride-methanol. **J. Lipid Res**, v. 5, p. 600-608, 1964.

MORKORE, T.; HANSEN, A. A.; UNANDER, E.; EINEN, O. Composition, liquid leakage, and mechanical properties of farmed rainbow trout: variation between fillet sections and the impact of ice and frozen storage. **Journal of Food Science**, v. 67, p. 1933-1938, 2002.

MORZEL, M.; SOHIER, D.; VAN DE VIS, H. Evaluation of slaughtering methods for turbot with respect to animal welfare and flesh quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, p. 19–28, 2002.

MORZEL, M.; VAN DE VIS, H. Effect of the slaughter method on the quality of raw and somked eels (*Anguilla Anguilla* L.). **Aquaculture research**, v. 34, p. 1-11, 2003.

MOYLE, P. B.; CECH, J. J. **Fishes**: an introduction to ichthyology. 3 ed. University of California, 1996. p.157-176.

NAZEMROAYA, S.; SAHARI, M. A.; REZAEI, M. Effect of frozen storage on fatty acid composition and changes in lipid content of *Scomberomorus commersoni* and *Carcharhinus dussumieri*. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 25, n. 1, p. 91-95, 2009.

NORDGREEN, A.H, SLINDE, E, MOLLER, D, ROTH, B. Effect of various electric field strengths and current durations on stunning and spinal injuries of Atlantic herring. **J Aqua Anim Heal**. v. 20 p.110-115, 2008.

PRICE, J.F.; SCHWEIGERT, B.S. **Ciência de la carne y de los productos cárnicos**. Zaragoza: Acribia, 1976. 668p.

OCAÑO-HIGUERA, V. M.; MARQUEZ-RÍOS, E.; CANIZALES-DÁVILA, M.; CASTILLO-YÁÑEZ, F. J.; PACHECO-AGUILAR, R.; LUGO-SÁNCHEZ, M. E.; GARCÍA-OROZCO, K. D.; GRACIANO-VERDUGO, A. Z. Postmortem changes in cazon fish muscle stored on ice. **Food Chemistry**, v. 116, p. 933–938, 2009.

OFFER, G. Drip losses in pork meat. **Meat Science**, v. 30, p. 157, 1991.

OFFER, G.; KNIGHT, P. The structural basis of water-holding in meat part 2: drip loss. In: LAWRIE, R. **Developments in meat science-4**. London: Elsevier applied science, 1988. Cap 4, p.173-244.

OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de Pesca: Ciência e Tecnologia do Pescado**. Vol. 1. São Paulo: Livraria Varela, 1999. p. 175-178.

OKA, H.; OHNO, K.; NINOMUYA, J. Changes in texture during cold storage of cultured yellowtail meat prepared by different killing methods. **Bulletin of Japanese Society for the Science of Fish**, v. 56, p. 1673-1678, 1990.

ÓLAFSDÓTTIR, G.; NESVADBA, P.; DI NATALE, C.; CARECHE, M.; OEHLenschLÄGER, J.; TRYGGVADÓTTIR, S.; SCHUBRING, R.; KROEGER, M.; HEIA, K.; ESAIASSEN, M.; MACAGNANO, A.; JØRGENSEN, B. O. M. Multisensor for fish quality determination. **Trends in Food Science & Technology**, v. 15, p. 86-93, 2004.

ÓLAFSDÓTTIR, G.; MARTINSDÓTTIR, E.; OEHLenschLÄGER, J.; DALGAARD, P.; JENSEN, B.; UNDELAND, I.; MACKIE, I. M.; HENEHEN, G.; NIELSEN, J.; NILSEN, H. Methods to evaluate fish freshness in research and industry. **Trends in Food Science**, v. 8, p. 258–265, 1997.

OSTRENSKY, A.; BOEGER, W. A. Principais problemas enfrentados atualmente pela aquicultura Brasileira. In: OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R.; SOTO, D. **Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília: FAO, 2008. p.135-158.

PAN, J. Um jeito taiwanês de criar bijupirá. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 90, p. 36-39, 2005.

PARISI, G.; FRANCI, O.; POLI, B. M. Application of multivariate analysis to sensorial and instrumental parameters of freshness in refrigerated sea bass (*Dicentrarchus labrax*) during shelf life. **Aquaculture**, v. 214, n. 1, p. 153-167, 2002.

POLI, B. M.; PARISI, G.; ZAMPACAVALLLO, G. IURZAN, F.; MECATTI, M.; LUPI, P.; BONELLI, A. Preliminary results on quality and quality changes in reared meagre (*Argyrosomus regius*): body and fillet traits and freshness changes in refrigerated commercial-size fish. **Aquaculture International**, v. 11, p. 301-311, 2003.

PEREGRINO JR, R. B. **Formação e manejo de um plantel de reprodutores do beijupirá (*Rachycentron canadum*) em Pernambuco**. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura). Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2009.

PERÉZ-PALACIOS T.; RUIZ J.; MARTÍN D.; MURIEL E.; ANTEQUERA T. Comparison of different methods for total lipid quantification in meat and meat products. **Food Chemistry**, v. 110(4), p. 1025-1029, 2008.

PERIAGO, M.J.; AYALA, M.D.; LOPEZ-ALBORS, O.; ABDEL, I.; MARTÍNEZ, C.; GARCÍA-ALCAZAR, A.; ROSA, G.; GIL, F. Muscle cellularity and flesh quality of wild and farmed sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. **Aquaculture**, v. 249, p. 175–188, 2005.

PISO, W.; MARCGRAVE, G. **Historia Naturalis Brasiliae**. Leiden: Franciscus Hack. Amsterdam: Ludovicus Elsevier. p. 452, 1648.

PIVARNIK, L. F.; FAUSTMAN, C.; ROSSI, S.; SUMAN, S. P.; PALMER, C.; RICHARD, N. L.; ELLIS, P. C.; DILIBERTI M. Quality assessment of filtered smoked yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) steaks. **Journal of Food Science**, v. 76, p. 369–79, 2011.

PIVARNIK, L. F.; FAUSTMAN, C.; ROSSI, S.; SUMAN, S. P.; PALMER, C.; RICHARD, N. L.; ELLIS, P. C.; DILIBERTI M. Quality Assessment of Commercially Processed Carbon Monoxide-Treated Tilapia Fillets. **Journal of Food Science**, v. 78, n. 6, p. 902-910, 2013.

PRICE, J.F.; SCHWEIGGERT, B.S. *Ciência de la carne y de los productos carnicos*. Zaragoza: Acribia, 1976. 668p.

RABELO, A.M.A. **Métodos físicos para análise do pescado, seminário sobre controle de qualidade na indústria de pescado**. Santos, São Paulo : SBCTA/ITAL., 1988.

RAMOS FILHO, M. M. et al. Perfil lipídico de quatro espécies de peixes da região pantaneira de Mato Grosso do Sul. **Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas**, v. 28, n. 2, p. 361-365, abr./jun. 2008.

RASMUSSEN, A.; ANDERSSON, M. **New methods for determination of drip loss in pork muscles**. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 42, 1996, Lillehammer. Proceedings... Matforsk, Lillehammer, Norway, 1996. p. 286-287.

REGOST, C.; ARZEL, J.; CARDINAL, M.; ROBIN, J.; LAROCHE, M.; KAUSHIK, S. J. Dietary lipid level, hepatic lipogenesis and flesh quality in turbot (*Psetta maxima*). **Aquaculture**, 193, p. 291-309, 2001.

ROBB D. & WARRISS P., How killing methods affect salmonid quality. **Fish Farmer**, v. 20, p. 48-49, 1997.

ROBB, D. H. F.; WOTTON, S. B.; MCKINSTRY, J. L.; SØRENSEN, N. K.; KESTIN, S. C. Commercial slaughter methods used on Atlantic salmon: determination of the onset of brain failure by electroencephalography. **Veterinary Record**, v. 147, p. 298-303, 2000.

ROBB D. H. F.; CALLAGHAN, M. O.; LINES, J. A. KESTIN, S. C. Electrical stunning of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): factors that affect stun duration. **Aquaculture**, v. 205, p. 359-371, 2002.

ROBB, D. H. F.; ROTH, B. Brain activity of Atlantic salmon (*Salmo salar*) following electrical stunning using various field strengths and pulse durations. **Aquaculture**, 216, p. 363-369, 2003.

ROTH, B.; BIRKELAND, S.; OYARZUN, F. Stunning, pre slaughter and filleting conditions of Atlantic salmon and subsequent effect on flesh quality on fresh and smoked fillets. **Aquaculture**, v. 289, p. 350–35, 2009.

ROTH, B.; IMSLAND, A.; MOELLER, D.; SLINDE, E. Effect of electric field strength and current duration on stunning and injuries in market-sized Atlantic salmon held in seawater. **North American Journal of Aquaculture**, v. 65, p. 8-13, 2003.

ROTH, B.; GRIMSBØ, E.; SLINDE, E.; FOSS, A.; STIEN, L. H.; NORTVEDT, R. Crowding, pumping and stunning of Atlantic salmon, the subsequent effect on pH and rigor mortis. **Aquaculture**, v. 326, p. 178-180, 2012.

ROTH, B.; MOELLER, D.; SLINDE, E. Ability of electric field strength, frequency, and current duration to stun farmed Atlantic salmon and pollock and relations to observed injuries using sinusoidal and square wave alternating current. **North American Journal of Aquaculture**, v. 66, p. 208- 216, 2004.

ROTH, B.; NORTVEDT, R.; SLINDE, E.; FOSS, A.; GRIMSBO, E.; STIEN, L. H. Electrical stimulation of Atlantic salmon muscle and the effect on flesh quality. **Aquaculture**, v. 301, p. 85-90, 2010.

RUÍZ-CAPILLAS, C.; MORAL, A. Correlation between chemical and sensory quality indices in hake stored in ice. **Food Research International**, v. 34, p. 441-447, 2001.

SÁNCHEZ-CASCADO, S. **Estudio de alternativas para la evaluación de la frescura y la calidad del boquerón (*Engraulis encrasicolus*) y sus derivados**. Dissertação (Doutorado em Nutrição, Tecnologia e Higiene de los Alimentos). Universitat Barcelona, 2005.

SANTOS, E. C. B. **Métodos de abate e qualidade da tilápia do nilo**, Jaboticabal - SP, 2013, 97p. (Doutorado em Aquicultura) FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS.

SANTOS, M. L.; WOLFFFROM, T. **Farmed Fish and Welfare**. Directorate-general for fisheries – Research and Scientific Analysis Unit, 2004, 39p.

SANTOS-SILVA, J.; BESSA, R. J. B.; SANTOSSILVA, F. Effects of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II. Fatty acid composition of meat. **Livestock Product. Sci., Roma**, v. 77, n. 2/3, p. 187-194, 2002

SATTARI, E.; LAMBOOIJ, H.; SHARIFI, W.; ABBINK, H.; REIMERT, J. W.; VAN DE VIS, H. Industrial dry electro-stunning followed by chilling and decapitation as a slaughter method in Claresse® (*Heteroclinas* sp.) and African catfish (*Clarias gariepinus*). **Aquaculture**, v. 302, p. 100-105, 2010.

SCHERER, R.; AUGUSTI, P. R.; BOCHI, V. C.; STEFFENS, C.; FRIES, L. L. M.; DANIEL, A. P.; KUBOTA, E. H.; HADUNZ NETO, J.; Emanuelli, T. Chemical and microbiological quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) slaughtered by different methods. **Food chemistry**, v. 99, n. 1, p. 136-142, 2006.

SHAFFER, R.V.; NAKAMURA, E.L. Synopsis of biological data on the cobia, *Rachycentron canadum* (Pisces:Rachycentridae). NOAA Technical Report NMFS 82, **FAO Fisheries Synopsis** 153. 21 p, 1989.

SEBASTIO, P.; AMBROGGI, F.; BALDRATI, G. Influence of slaughtering method on rainbow trout bred in captivity. **Biochemical considerations**. Ind. Conserve, v. 71, p. 37-49. 1996.

SHARBER, N. G.; CAROTHERS, S. W. Influence of electrofishing pulse shape on spinal injuries in adult rainbow trout. **North American Journal of Fisheries Management**, v. 8, p. 117-122, 1988.

SCHUBRING, R.; MEYER, C.; SCHLÜTER, O.; BOGUSLAWSKI, S.; KNORR, D. Impact of high pressure assisted thawing on the quality of fillets from various fish species. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 4, n. 3, p. 257-267, 2003.

SMITH, H. M. The fishes found in the vicinity of Woods Hole. **Bulletin of The United States Fish Comission**, p. 85-111, 1897.

SOUSA BENTES, A. et al. Caracterização física e química e perfil lipídico de três espécies de peixes amazônicos. **Rev. Bras. Tecnol. Agroind.**, v. 03, n. 02, p. 97-108, 2009.

SPENCER, S. L. Internal injuries of largemouth bass and bluegills caused by electricity. **Progressive Fish-Culturist**, v. 29, p. 168-169, 1967.

STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory evaluation practices**. 2.ed. New York: Academic, 1993. 338p.

SU, M.S.; CHIEN, Y.H.; LIAO, I.C. Potential of marine cage aquaculture in Taiwan: Cobia culture. In: Cage aquaculture in Asia. Proceedings of the first international symposium on cage aquaculture in Asia. Eds. Liao, I.C. and Lin, C.K., **Asian Fisheries Society**, Manila. P.97-106, 2000.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, v.13, n.4, p. 215-225, 2002.

TEJADA, M.; DE LAS HERAS, C.; KENT, M. Changes in the quality indices during ice storage of farmed Senegalese sole (*Solea senegalensis*). **European Food Research and Technology**, v. 225, n. 2, p. 225-232, 2007.

TEJADA, M.; HUIDOBRO, A. Quality of farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*) during ice storage related to the slaughter method and gutting. **European Food Research and Technology**, v. 215, p. 1-7, 2002.

TIRONI, V.; LEBAIL, A.; DE LAMBALLERIE, M. Effects of pressure-shift freezing and pressure-assisted thawing on sea bass (*Dicentrarchus labrax*) quality. **Journal of food science**, v. 72, n. 7, p. C381-C387, 2007.

TONIAL, I. B.; BRAVO, C. E. C.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M.; FURUYA, W. M.; VISENTAINER, J. V. Qualidade nutricional dos lipídios de tilápias (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com ração suplementada com óleo de soja. **Alim. Nutr., Araraquara**, v. 22, n. 1, p. 103-112, 2011.

TZIKAS, Z.; AMBROSIADIS, I.; SOULTOS, N.; GEORGAKIS, S. Quality assessment of Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) and blue jack mackerel (*Trachurus picturatus*) during storage in ice. **Food Control**, v. 18, p. 1172-1179, 2007.

VAN DE VIS, H.; KESTIN, S. C.; ROBB, D. H. F.; OEHLenschläger, J.; LAMBOOIJ, E.; MÜNKNER, W.; KUHLMANN, H.; KLOOSTERBOER, R. J.; TEJADA, M.; HUIDOBRO, A.; OTTERÅ, H.; ROTH, B.; SORENSEN, N. K.; AKSE, L.; BYRNE, H.; NESVADBA, P. Is humane slaughter of fish possible for industry? **Aquaculture Research**, v. 34, p. 211–220, 2003.

VAN LAAK, R. L. J. M.; LIU, C. H.; SMITH, M. O.; LOVEDAY, H. D. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 79, p.1057-1061, 2000.

VANNUCCHI, H. Aplicações das recomendações nutricionais adaptadas à população brasileira. **Cadernos de Nutrição**, v.2, p. 63-67, 1990.

VARNAM, A.; SHUTERLAND, J. P. **Carne e productos cárnicos**. Zaragoza: editorial acribia, 1998. cap 1, p.1-40.

VIEGAS, E.M.M.; PIMENTA, F.A.; PREVIERO, T.C.; GONÇALVES, L.U.; DURÃES, J.P.; RIBEIRO, M.A.R.; OLIVEIRA FILHO, P.R.C. Métodos de abate e qualidade da carne de peixe. **Archivos de Zootecnia**. 61 (R), p. 41-50, 2012.

V.M. OCAÑO-HIGUERA.; A.N. MAEDA-MARTÍNEZ.; E. MARQUEZ-RÍOS.; D.F. CANIZALES-RODRÍGUEZ.; F.J. CASTILLO-YÁÑEZ.; E. RUÍZ-BUSTOS.; A.Z. GRACIANO-VERDUGO, M. PLASCENCIA-JATOMEA. **Freshness assessment of ray fish stored in ice by biochemical, chemical and physical methods**, Food Chemistry, v. 125, p. 49-54, 2011.

VÁZQUEZ, O. F. A.; PACHECO, A. R.; LUGO, S. M. E.; VILLEGAS, O. R. E. **Application of the freshness quality index (K value) for fresh fish to canned sardines from Northwestern Mexico**. Journal of Food Composition Analysis, v. 10, p. 158–165, 1997.

WAGENEDER, F.M.; SCHUY, ST. **Electro-therapeutic sleep and electro-aneesthesia**. In: Proc. First Int. Symp. Graz, Austria, 1966, Excerpta Medica Foundation, Amsterdam pp. 95–111 and 217–225, 1967.