

EFEITO DA EMBALAGEM COM ATMOSFERA MODIFICADA NA CONSERVAÇÃO DO *Brycon amazonicus*

Adriana Pontes VIANA¹; Antônio José INHAMUNS¹; Pedro Roberto de OLIVEIRA¹; Laíza
Caroline Lobo de SOUZA¹

RESUMO

O matrinxã é muito apreciado na região amazônica, desta forma o aumento no tempo de vida útil comercial é fundamental. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da Embalagem em Atmosfera Modificada - EAM, associada à refrigeração para prolongar o tempo de armazenamento do matrinxã, *Brycon amazonicus* sob 2±1°C. As amostras embaladas em EAM com CO₂ (100%); CO₂/N₂ (60/40%) e vácuo tiveram suas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais avaliadas durante 35 dias de armazenamento. As amostras embaladas a vácuo apresentaram maior crescimento microbiano, mas mantiveram boa qualidade por aproximadamente, 17 dias de estocagem. As amostras tratadas com EAM CO₂/N₂ (60/40%) e CO₂ (100%) apresentaram boa qualidade por aproximadamente, 35 dias. O teste de aceitabilidade do produto cozido foi igual para os atributos sabor, odor e textura, exceto para aparência e cor, que foram melhores, com significância de 5%, nos tratamentos CO₂/N₂ (60/40%) e vácuo. O presente estudo mostrou que o tratamento em atmosfera modificada CO₂/N₂ (60/40%) se destacou aos demais tratamentos sendo uma técnica promissora para estender a vida útil do matrinxã por até 35 dias sob refrigeração.

Palavras-chave: matrinxã; matrinxã; peixe de água doce; qualidade do pescado; vida útil do pescado

EFFECT OF MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING ON, *Brycon amazonicus* CONSERVATION

ABSTRACT

The matrinxã is much appreciated in the Amazon region, thus increasing the commercial life time is critical. The objective of this study was to evaluate the influence of Modified Atmosphere Packaging - EAM, associated with cooling to prolong matrinxã storage time (*Brycon amazonicus*) under 2±1°C. The packed samples EAM with CO₂ (100%); CO₂ / N₂ (60/40%) and vacuum their physical and chemical, microbiological and sensory characteristics evaluated during 35 days of storage. Vacuum packed samples showed higher microbial growth, but maintained good quality for approximately 17 days of storage. The samples treated with AMI CO₂/N₂ (60/40%) CO₂ (100%) and showed good quality for about 35 days. The acceptability of the cooked product test was equal to the taste, odor, and texture, except for appearance and color, which were better, with significance level of 5% in treatments CO₂/N₂ (60/40%) and vacuum. This study showed that treatment with modified atmosphere CO₂/N₂ (60/40%) stood out to the other treatments being a promising technique to extend the life of matrinxã for up to 35 days under refrigeration.

Keywords: matrinxã; matrinxã; freshwater fish; fish quality; shelf life of fish

Artigo Científico: Recebido em 01/10/2014 - Aprovado em 28/10/2015

¹ Universidade Federal do Amazonas, Faculdade de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências Pesqueiras. Av. General Rodrigo Otávio, 3000-CEP 92077-000, Manaus-AM -Brasil. e-mails: adrianapontes@gmail.com (autor correspondente), ajinhamuns@gmail.com; poliveira@ufam.edu.br; laizalobo@hotmail.com

*Parte da Dissertação de mestrado apresentada ao programa de Pós-graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos. Bolsa de mestrado: CNPq. Apoio Financeiro: FINEP/Darpa.

Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 42(1): 17-28, 2016

Doi: 10.5007/1678-2305.2016v42n1p17

INTRODUÇÃO

O consumo mundial de pescado vem crescendo nos últimos anos, por ser um alimento com alta qualidade nutricional e possuir excelentes propriedades organolépticas (NURHASAN *et al.*, 2010 ; FAO, 2012).

Na região amazônica este recurso é a principal fonte de proteína de origem animal das populações ribeirinhas, onde o consumo per capita chega a mais de 100 kg.ano⁻¹ e, nos grandes centros urbanos a 35kg.ano⁻¹, valores relativamente altos quando comparados com a média brasileira de 14,5kg.ano⁻¹ (BATISTA *et al.*, 2004a; BRASIL, 2014).

Dentre as espécies comercialmente importantes no Estado do Amazonas destaca-se o matrinxã (*Brycon amazonicus*) que possui características que atraem o interesse de piscicultores por ter a carne saborosa, hábitos onívoros, reprodução artificial dominada e boa rusticidade (GOMIERO *et al.*, 2003; BRANDÃO *et al.*, 2005).

Na região amazônica, o matrinxã é geralmente vendido em feiras e supermercados na forma *in natura* ou processado, conservados em gelo ou sob refrigeração. No entanto, a vida de prateleira do pescado é limitada a poucos dias devido ao desenvolvimento microbiano e as reações químicas que resultam na formação de compostos (aminas, sulfetos, álcoois, aldeídos, cetonas e ácidos orgânicos) que liberam odores desagradáveis (LEROI *et al.*, 2001; ÖZOGUL e ÖZOGUL, 2004). Para aumentar a permanência do pescado no mercado, algumas tecnologias são utilizadas para conservá-lo, como salga seca, enlatamento, defumação entre outras, mas estas muitas vezes alteram sua aparência original. Dentre estas estratégias, uma alternativa é a conservação utilizando Embalagens com Atmosfera Modificada (EAM), bastante utilizada para manter as características originais do produto por mais tempo, reduzindo a velocidade de degradação pelo controle da ação enzimática e do desenvolvimento microbiano, que ocorre durante o período de armazenamento (ÖZOGUL e ÖZOGUL, 2004; MASNIYOM, 2011).

Vários estudos realizados com diversas espécies de peixes comprovaram o aumento da vida útil com a utilização de EAM (LEMPEK *et al.*,

2001; ERKAN *et al.*, 2007; TEODORO *et al.*, 2007; HANSEN *et al.*, 2009). Desta forma, o estudo desta tecnologia na conservação do matrinxã visando prolongar sua vida útil comercial e mantê-lo com boa qualidade até o consumidor final, em especial na Região Amazônica, onde há a preferência de consumo por pescado não submetido ao congelamento, é de grande importância. Deste modo, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência da atmosfera modificada associada à refrigeração como técnica de prolongamento do tempo de armazenamento do matrinxã.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os 130 exemplares de matrinxã foram adquiridos no criatório Três Irmãos, localizado na Estrada Manoel Urbano (AM-080), km 23, Iranduba - Amazonas (3°09'46.04"S e 60°16'07.47"W), que possui criações de peixes em sistema de canal de igarapé. Os peixes foram despescados, abatidos por hipotermia, acondicionados em caixas isotérmicas com gelo na proporção de 1:1 (gelo e peixe) e transportados para o Laboratório de Tecnologia do Pescado da Universidade Federal do Amazonas para biometria e processamento. Os exemplares foram lavados em solução de água clorada (5 ppm) por 5 minutos, visando redução da microbiota da superfície corporal e então, eviscerados. A seguir, foram submetidos a duas lavagens consecutivas: em solução de hipoclorito de sódio (5 ppm) e solução de NaCl (5%), durante 10 minutos cada. As amostras foram drenadas por 10 minutos e posteriormente, embaladas em sacos plásticos (5 camadas, 180 micras, 20 x 55 cm), submetidas aos diferentes tratamentos, seladas e armazenadas à temperatura de 2±1°C. Foram aplicados três tratamentos prévios a selagem: T1- embalagem a vácuo; T2 - injeção de CO₂ (100%); T3 - injeção de CO₂/N₂ (60/40%), bem como, foi realizado um controle que consistiu de amostras embaladas nas mesmas condições, mas sem vácuo ou injeção de gases. As amostras foram mantidas durante 35 dias à temperatura de 2±1°C. monitorada por um termo-higrômetro digital. As análises de acompanhamento da qualidade foram executadas nos tempos 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias, que foram realizadas em triplicata.

A composição centesimal no músculo do matrinxã foi determinada de acordo com a

Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1995).

Foram retiradas amostras da região dorsal do matrinxã para realização das análises microbiológicas (Contagens de microrganismos mesófilos a 35°C, psicrotróficos a 5°C, coliformes totais e termotolerantes (NMP), *Staphylococcus* coagulase positiva; presença ou ausência da *Salmonella* sp. Todas as análises microbiológicas seguiram as normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - BRASIL (2003).

A quantificação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBA) foi realizada segundo metodologia proposta por VYNCKE (1970) e modificada por JESUS *et al.*, (2001). O pH foi realizado conforme as Normas do Instituto Adolfo Lutz (SÃO PAULO, 2008). A determinação do Nitrogênio das Bases Voláteis Totais (N-BVT) foi efetuada por meio de precipitação proteica com ácido tricloroacético e dosagem do N-BVT por destilação, usando o destilador de Micro Kjeldhal conforme WOOLTON e CHUAM (1981) modificado por JESUS *et al.*, (2001). Para a avaliação da aceitabilidade sensorial, porções do músculo foram retiradas da região dorsal das amostras, embaladas em papel alumínio, cozidas no vapor por 10 min a 100°C e apresentadas ao painel sensorial formado por 15 julgadores treinados. Foi utilizada a escala hedônica de 5 pontos, com valores numéricos variando de 1 (inaceitável) a 5 (excelente), empregada para avaliação dos atributos sensoriais: aparência,

odor, sabor, cor e textura do produto durante o período de estocagem (TEIXEIRA *et al.*, 1987). Diferenças entre os tempos de conservação e tratamentos foram testados utilizando ANOVA *one-way*, com teste de normalidade Shapiro-Wilk. Sempre que necessário, os dados foram transformados em logaritmos - log (x + 1), a fim de homogeneizar as variâncias. A diferença estatística foi avaliada utilizando post hoc teste de Tukey em blocos pareados (ZAR, 1996). Dados não-normais foram examinados pelo teste de Kruskal-Wallis. Diferenças específicas foram usando examinadas teste de comparação múltipla.

RESULTADOS

Os índices biométricos das amostras analisadas estão apresentados na Tabela 1.

Os resultados médios da composição química para a espécie *Brycon amazonicus*, procedente de cultivo em canal de igarapé, foram 73,48 ± 0,22% de umidade, 18,14 ± 0,66% de proteína, 1,21 ± 0,02% de cinza e teor de lipídios de 5,06 ± 0,29%, sendo classificada como uma espécie semi-gorda (ACKMAN, 1989), fator que induz o desenvolvimento de rancidez oxidativa (FLOROS e MATSOS, 2005).

Em todos os tratamentos o teor de coliformes totais foi menor que 0,48 log UFC.g⁻¹, assim como, as pesquisas de *Salmonella* spp. (em 25 g de amostra) e *E. coli* indicaram ausência de colônias típicas durante todo o tempo de armazenamento.

Tabela 1. Índices biométricos médios de matrinxã *Brycon amazonicus* (n=20), procedentes de piscicultura em canal de igarapé.

Comprimento padrão (cm)	Peso inteiro (kg)	Peso eviscerado (kg)
35,12 ± 1,48	0,89 ± 1,16	0,75 ± 0,12

O tratamento com CO₂/N₂ (60/40%) se destacou em relação aos demais, tanto no controle de microrganismos mesófilos ($p < 0,05$), quanto

para os psicrotróficos (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) apresentando as menores contagens destes microrganismos (Figuras 1 e 2).

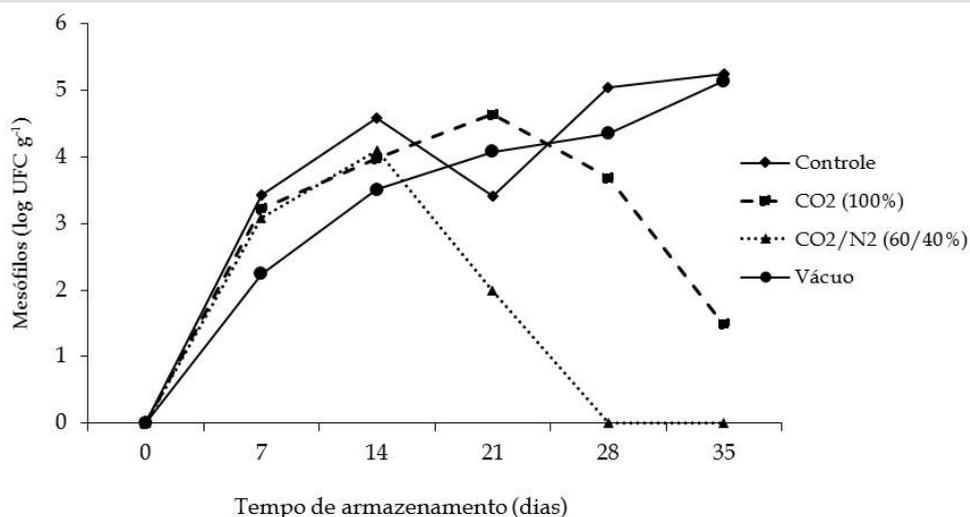


Figura 1. Contagem média de bactérias mesófilas para os diferentes tratamentos em função do tempo de armazenamento da matrizã sob refrigeração ($2\pm 1^{\circ}\text{C}$).

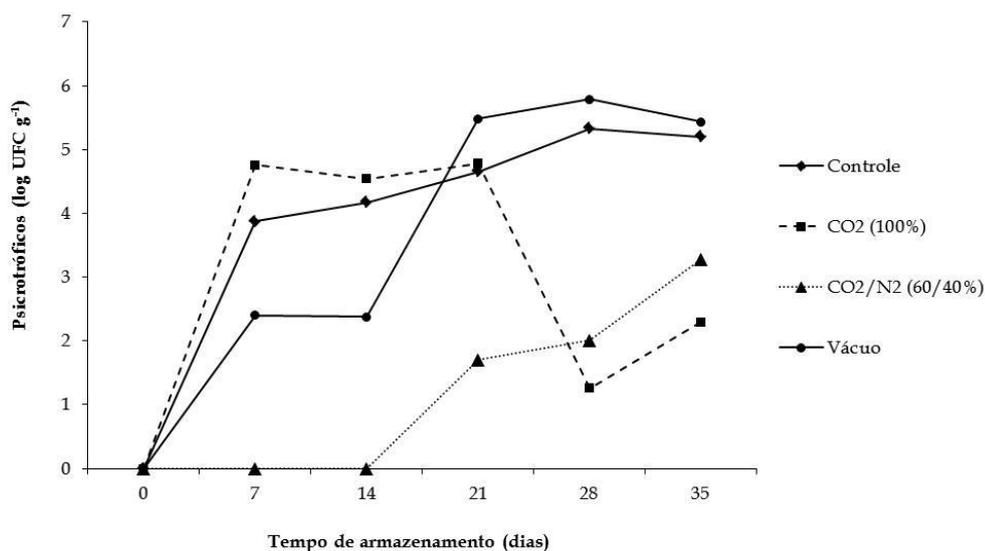


Figura 2. Contagem média de bactérias psicotróficas para os diferentes tratamentos em função do tempo de armazenamento da matrizã sob refrigeração ($2\pm 1^{\circ}\text{C}$).

Observou-se que no decorrer do tempo de estocagem a quantidade de bactérias *Staphylococcus* coagulase positiva aumentou em todos os tratamentos, com resultados significativamente diferentes ($p < 0,05$). Houve diferença significativa nas contagens de *Staphylococcus* coagulase positiva apenas entre os

produtos embalados a vácuo e com CO_2/N_2 (60/40%) (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) (Figura 3). Os resultados encontrados para o índice de TBA não variaram significativamente entre os tratamentos ($p > 0,05$), mas observou-se um aumento significativo ($p < 0,05$) ao se considerar o tempo de armazenamento do pescado (Figura 4).

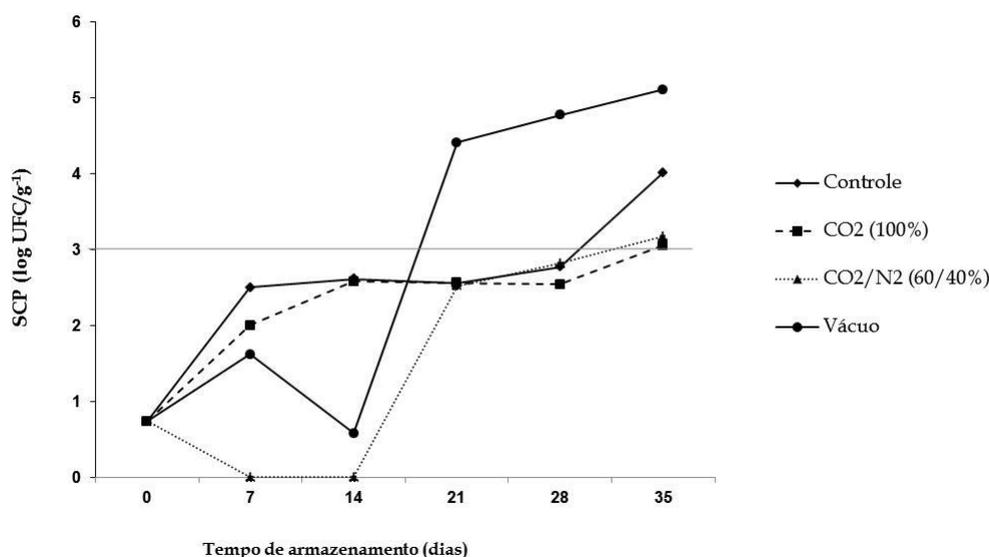


Figura 3. Contagens médias encontradas para bactérias *Staphylococcus* coagulase positiva (SCP) em cada tratamento ao longo do tempo de armazenamento da matrinxã sob refrigeração ($2\pm 1^{\circ}\text{C}$). A linha horizontal no gráfico representa o limite regulado pela ANVISA ($3 \log \text{UFC.g}^{-1}$), em BRASIL (2001).

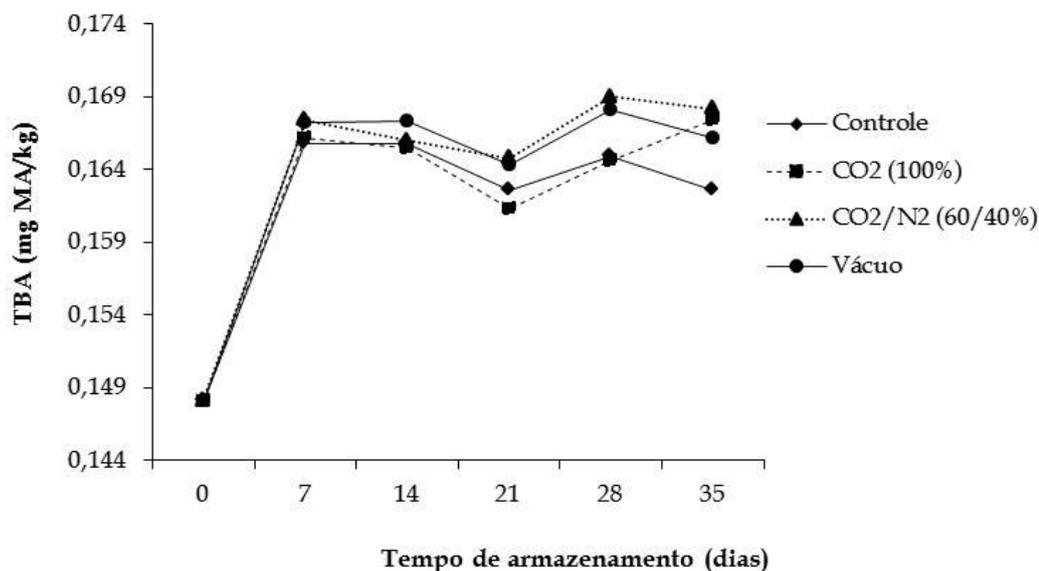


Figura 4. Valores médios de TBA (mg MA.kg^{-1}) para cada tratamento em função do tempo de armazenamento da matrinxã sob refrigeração ($2\pm 1^{\circ}\text{C}$).

O pH apresentou pequena variação durante o tempo de armazenamento, com diferenças significativas ($p < 0,05$) apenas para o peixe no tempo zero, que apresentou valores mais baixos em relação aos demais períodos (Figura 5), excetuando-se o tratamento com 100% de CO_2 . Entre os tratamentos não houve variação

significativa ($p > 0,05$), embora se tenham observado variações entre as médias e maior estabilidade no tratamento CO_2/N_2 (60/40%). Este índice não se mostrou um parâmetro conclusivo para analisar a qualidade do matrinxã embalado em diferentes atmosferas.

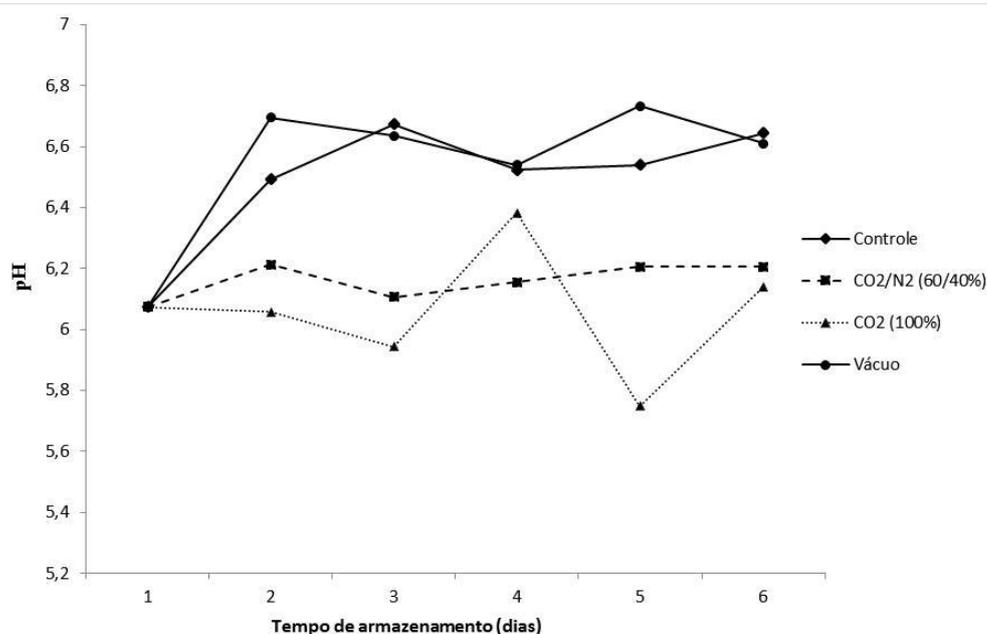


Figura 5. Interações das médias de pH da matrinxã para cada tratamento, em função do tempo de armazenamento sob refrigeração ($2\pm 1^{\circ}\text{C}$).

Os valores de N-BVT ficaram abaixo do limite máximo de $30 \text{ mg N}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (BRASIL, 1952), exceto para o tratamento a vácuo onde os valores foram mais elevados (Figura 6) e com diferenças significativas em relação aos demais tratamentos ($p < 0,05$).

Em relação ao tempo de conservação, houve diferença significativa nos valores de N-BVT ($p < 0,05$) entre o período inicial e o 7º dia de armazenamento refrigerado, em relação aos períodos mais longos (14, 21, 28, 35 dias). Na primeira semana os valores médios não ultrapassaram $13,92 \text{ mg N}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de pescado, chegando ao valor médio de $22,40 \text{ mg N}\cdot 100\text{g}^{-1}$ para o controle e os tratamentos CO_2 (100%), CO_2/N_2 (60/40%) e $29,46 \text{ mg N}\cdot 100\text{g}^{-1}$ para o tratamento a vácuo. Sensorialmente, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para os parâmetros sabor, odor e textura, entretanto os parâmetros aparência e cor apresentaram diferença. Os tratamentos controle e CO_2 (100%) foram iguais estatisticamente, assim

como CO_2/N_2 (60/40%) e vácuo que também foram iguais, mas apresentaram melhor resposta sensorial nestes dois atributos (Tabela 2).

O parâmetro aparência, no início da pesquisa, foi bem aceito e com diferenças significativas em relação aos períodos maiores de tempo de armazenamento ($p < 0,05$), classificando a matrinxã como pescado de boa aparência (Figura 7). O tratamento com embalagem a vácuo foi o que apresentou maior aceitabilidade, com resultados significativos em relação aos demais tratamentos, excetuando-se para o CO_2/N_2 (60/40%) ($p < 0,05$). O parâmetro cor apresentou diferença significativa entre a amostra controle e CO_2 (100%) ($p < 0,05$), ao longo do tempo de armazenamento refrigerado (Figura 7). Para os parâmetros odor, textura e sabor não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$), mas foi observado diferença entre os períodos de armazenamento ($p < 0,05$). Considerando apenas no odor, a maior rejeição ocorreu aos 35 dias, no tratamento a vácuo.

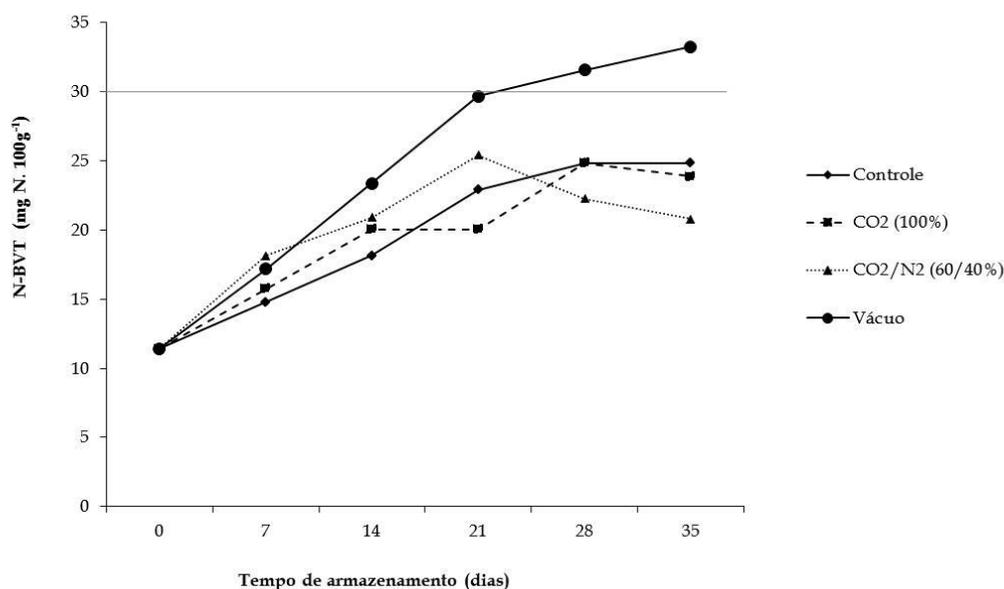


Figura 6. Valores médios de N-BVT da matrinxã para cada tratamento em função do tempo de armazenamento sob refrigeração ($2\pm 1^{\circ}\text{C}$).

Tabela 2. Teste de aceitação das amostras de filé de matrinxã embaladas sob atmosfera modificada, em função do tempo de armazenamento sob refrigeração ($2\pm 1^{\circ}\text{C}$).

Tratamento	Atributos sensoriais				
	Aparência	Sabor	Odor	Textura	Cor
Controle	3,63 ^b	3,63 ^a	3,60 ^a	3,87 ^a	3,67 ^b
CO ₂ (100%)	3,70 ^b	3,70 ^a	3,58 ^a	3,72 ^a	3,60 ^b
CO ₂ /N ₂ (60/40%)	3,93 ^a	3,72 ^a	3,87 ^a	3,93 ^a	3,93 ^a
Vácuo	4,12 ^a	3,80 ^a	3,87 ^a	4,07 ^a	4,12 ^a

Quanto à textura houve diferença significativa entre todos os tratamentos, no tempo de 35 dias em relação aos demais tempos. Também foram observadas alterações no sabor em todos os tratamentos aos 35 dias.

DISCUSSÃO

Os valores biométricos obtidos neste estudo estão próximos aos encontrados por BATISTA *et al.*, (2004b), para matrinxã *Brycon cephalus* proveniente de piscicultura, que foram de 34,7 cm para o comprimento padrão e 1,23 kg de peso inteiro.

Em estudo realizado por SANTOS-FILHO e BATISTA (2009), sobre a dinâmica populacional do matrinxã na Amazônia Central, por meio de informações de desembarque pesqueiro, foram encontradas variações nos comprimentos furcais variando de 29 a 37 cm. No entanto, SOUZA e INHAMUNS (2011), analisaram o rendimento cárneo das principais espécies de peixes comercializadas no Estado do Amazonas e encontraram para o matrinxã valores médios de comprimento padrão de 29,3 cm e peso médio de 621,6 g durante o período de cheia, enquanto na seca foi 24,5 cm e 365,4 g.

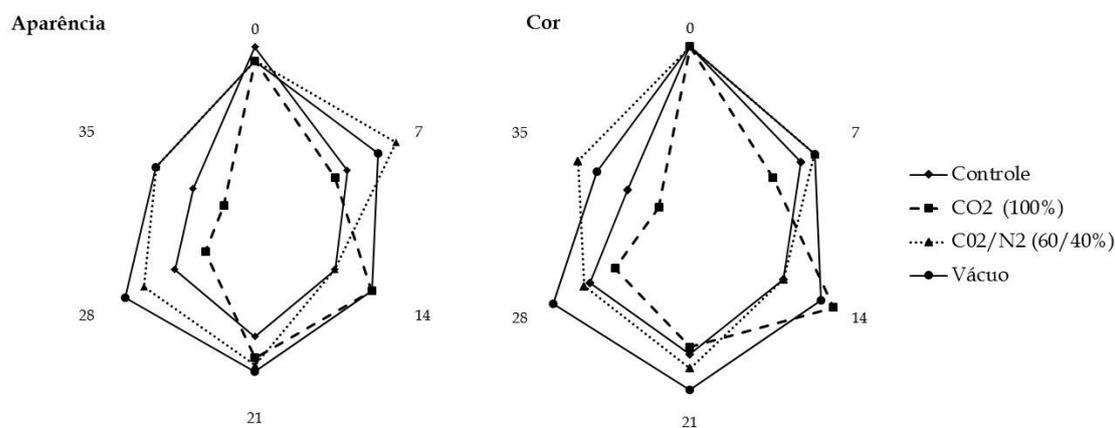


Figura 7. Variação dos parâmetros sensoriais aparência e cor de amostras cozidas de matrinxã conservadas em embalagens com diferentes atmosferas e armazenadas sob refrigeração (2±1°C).

As análises de coliformes ambientais, *Salmonella* e *E. coli*, indicaram um produto aceitável para o consumo humano no aspecto microbiológico, dentro dos padrões estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (BRASIL, 2001).

Os resultados obtidos para as bactérias mesófilas e psicotróficas mostraram que as contagens para todos os tratamentos não ultrapassaram o limite máximo recomendado pela legislação (SÃO PAULO, 1991) que estabelece 6,5 log UFC.g⁻¹, apesar de ter sido observada uma elevação nas contagens ao longo do tempo de estocagem refrigerada, com diferenças significativas quando comparados com o controle ($p < 0,05$).

Este resultado pode ser atribuído a formação de ácido carbônico, que influencia na redução do pH da carne, alterando as reações enzimáticas e bioquímicas, diminuindo desta forma o desenvolvimento bacteriano (BANKS *et al.*, 1980; FLOROS e MATSOS, 2005).

Estudos realizados por LALITHA *et al.*, (2005), YESUDHASO *et al.*, (2009), BONO e BADALUCCO (2012), com as espécies *Etroplus suratensis* Bloch, *Scomberomorus commerson* e *Mullus surmuletus*, respectivamente, confirmaram a eficácia da embalagem com atmosfera modificada com concentrações elevadas de CO₂, pelo seu efeito inibidor no desenvolvimento

bacteriano, estendendo desta forma a vida útil do produto.

Em relação ao resultado dos tratamentos com as amostras controle e embaladas a vácuo, que obtiveram aumento na contagem bacteriana de mesófilos e psicotróficos, pode ser explicado pelo possível desenvolvimento de bactérias aeróbias facultativas (MANTILLA *et al.*, 2010).

Para as análises de *Staphylococcus coagulase* positiva, em todos os tratamentos com CO₂, aos 35 dias apresentaram valores acima dos limites máximos instituídos pela legislação vigente (3 log UFC.g⁻¹), enquanto para os tratamentos a vácuo e controle, o tempo de conservação útil foi inferior a 17 e 28 dias, respectivamente.

Os resultados encontrados para TBA mostraram que, para todos os tratamentos realizados (ar, vácuo, CO₂ (100%) e CO₂/N₂ (60/40%) os valores obtidos ficaram bem abaixo do limite sugerido de 1,4 mg MA.kg⁻¹ (HUSS, 1988; OSAWA *et al.*, 2005), para todo o período de armazenamento. Resultados semelhantes foram encontrados por PRENTICE e SAINZ (2005) com filés da carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) embalados a vácuo, onde os valores não atingiram 0,4 mg MA.kg⁻¹.

MONTEIRO *et al.*, (2012) trabalhando com filés de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) embalados com CO₂/N₂ (40/60%) observaram

que os produtos se mantiveram com boa qualidade sensorial durante 14 dias, com TBA em 3,8 mg MA.kg⁻¹. CARTONILHO e JESUS (2011) encontraram valores de TBA que variaram de 1 a 3 mg MA.kg⁻¹ em cortes de tambaqui (*Colossoma macropomum*) congelados durante 180 dias, mas que se mantiveram com boas características sensoriais ao longo do tempo de estocagem.

Contrariando esses resultados, o estudo feito por OSAWA *et al.*, (2005), em que consideraram vários métodos de determinação de TBA, mostrou que peixes congelados com valores inferiores a 0,6 mg MA.kg⁻¹ não apresentavam rancificação; entre 0,7 a 1,4 mg MA.kg⁻¹ a qualidade era aceitável, porém, ligeiramente rancificados; e acima de 1,5 mg MA.kg⁻¹ eram rejeitados pelos julgadores.

Desta forma, pode-se dizer que, apesar das variações que ocorrem ao longo do tempo de armazenamento, o tempo de estocagem não foi suficiente para tornar a carne inapropriada para o consumo, considerando o índice TBA.

Estudos realizados por BATISTA *et al.*, (2004b), com a espécie *Brycon cephalus*, mostraram que o término do rigor *mortis* ocorreu no 10º dia e o pH variou de 6,2 a 6,37. O CO₂ favorece o desenvolvimento de microrganismos como bactérias que produzem ácido lático, fato que pode ter influenciado no tratamento com CO₂ (100%) a partir do 14º dia de armazenamento, pela formação de ácido carboxílico no tecido muscular do pescado.

O Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (BRASIL, 1952), determina valores máximos para pH de 6,5 no pescado, embora FONTES *et al.*, (2007), tenham observado que no pH do pescado fresco, podem ocorrer variações de 6,6 a 6,8 e a medida que este se deteriora, os valores podem atingir 7,2. Durante os 35 dias de estocagem do presente estudo, os valores não ultrapassaram os limites sugeridos pelo autor.

Segundo STAMMEN *et al.*, (1990), MOHAN *et al.*, (2010) quando o pescado é embalado em atmosfera modificada os valores de N-BVT e TMA podem permanecer baixos, durante todo o período de armazenamento, devido as alterações da microbiota e a redução de oxigênio. No presente estudo, o N-BVT aumentou acentuadamente a partir do 14º dia de

armazenamento, possivelmente devido à ação enzimática, microbiana e consequente formação de compostos básicos nitrogenados (amônia e aminas voláteis), reduzindo, conseqüentemente, a qualidade do pescado refrigerado (HUSS, 1998; BONO e BADALUCCO, 2012).

Destaca-se ainda, que no referido tratamento, as amostras com 21 dias de estocagem apresentaram valores de 29,65 mg N.100g⁻¹, próximo ao limite máximo determinado pelo RIISPOA de 30 mg N.100g⁻¹ (BRASIL, 1952), corroborando com resultados obtidos na contagem de bactérias *Staphylococcus* coagulase positiva, no mesmo período, que atingiu o valor máximo permitido pela legislação.

Estudos apresentados por BATISTA *et al.*, (2004b); LALITHA *et al.*, (2005); TEODORO *et al.*, (2007); BONO e BADALUCCO (2012), com outras espécies (*Brycon amazonicus*, *Etrophus suratensis* Bloch, *Sardinella brasiliensis* e *Mullus surmuletus*, respectivamente), utilizando EAM, demonstraram que até o 10º dia de armazenamento refrigerado, a carne do pescado apresentou-se com elevado frescor e dentro dos padrões estabelecidos pela legislação. Após este período os valores ultrapassavam o limite qualidade preconizado de 30 mg N.100g⁻¹ de pescado (BRASIL, 1952).

Estudos de BATISTA *et al.*, (2004b) obtiveram escores máximos pelo Método do Índice de Qualidade, aos 26 dias, para matrinxãs inteiras conservadas em gelo, corroborando com este trabalho, onde todas as amostras não atingiram o limite para rejeição entre os avaliadores durante o tempo de estocagem.

Embalagens com alto volume de CO₂ possuem características negativas quando associadas à análise sensorial por apresentarem perda por gotejamento, na qualidade da textura e mudanças na cor (HUSS, 1995; MASNIYOM, 2011). Tais fatores podem ter influenciado na escala de aceitabilidade para os parâmetros aparência, odor, textura e cor das amostras embaladas com CO₂ (100%), durante o período de armazenamento refrigerado. No entanto, o tratamento CO₂/N₂ (60/40%) foi o que melhor respondeu, considerando os parâmetros físico-químicos e sensoriais em conjunto, provavelmente, devido a mistura de gases.

LALITHA *et al.*, (2005) encontraram para a *Etroplus suratensis* Bloch (eviscerados e sem guelras) odores intensos e indesejáveis para amostra controle, aos 15 dias de estocagem, no entanto, para as embalagens com O₂/CO₂ (40/60%) a vida útil se estendeu por até 21 dias.

Escore para aceitabilidade do produto cozido, quanto a aparência, sabor, odor, textura e cor do filé de matrinxã do tratamento controle e embaladas a vácuo, bem como, com CO₂ (100%) e CO₂/N₂ (60/40%) diminuíram ao longo do tempo de armazenamento refrigerado. Este declínio da qualidade sensorial durante o armazenamento foi detectado nos estudos realizados por SIVERTSVIK *et al.*, (2003), ERKAN *et al.*, (2007), YESUDHASON *et al.*, (2009) e MOHAN *et al.*, (2010); com as espécies *Salmo salar*; *Scomber japonicus* e *Scomberomorus commerson*, respectivamente. Os autores observaram que durante o tempo de armazenamento ocorreu a liberação de substâncias voláteis, ranço e odor desagradável. Entretanto, ressaltam a importância da EAM para estender a vida útil do produto quando comparada aos métodos convencionais.

CONCLUSÃO

No presente estudo, a EAM CO₂/N₂ (60/40%) reduziu significativamente a deterioração microbiana e retardou o ranço oxidativo, mantendo-se aceitável sensorialmente por até 35 dias de estocagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKMAN, R.G. 1989 Nutritional composition of fats in seafoods. *Progress in Food and Nutrition Science*, 13(3-4): 161-289.
- AOAC, 1995 Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 16th ed. AOAC, Washington, DC. 1141p.
- BANKS, H.; NICKELSON, R.; FINNE, G. 1980 Shelf life studies on carbon dioxide packaged finfish from the Gulf of Mexico. *Journal of Food Science*, 45(2): 157-162.
- BATISTA, G.M.; LESSI, E.; KODAIRA, M.; FALCÃO, P.T. 2004b Alterações bioquímicas *post-mortem* de matrinxã *Brycon cephalus* (Günther, 1869) procedente da piscicultura, mantido em gelo. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 24(4): 573-581.
- BATISTA, V.S.; ISSAC, V.J.; VIANA, J.P. 2004a Exploração e manejo dos recursos pesqueiros da Amazônia. In: RUFINO, ML, editor. A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira. Ibama-ProVárzea, Manaus, p. 63-152.
- BONO, G.; BADALUCCO, C. 2012 Combining ozone and modified atmosphere packaging (MAP) to maximize shelf-life and quality of striped red mullet (*Mullus surmuletus*). *Food Science and Technology*, 47: 500-504.
- BRANDÃO, F.R.; GOMES, L.C.; CHAGAS, E.C.; ARAÚJO, L.D.; SILVA, A.L.F. 2005 Densidade de estocagem de matrinxã (*Brycon amazonicus*) na recria em tanque-rede. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 40(3): 299-303.
- BRASIL. 1952 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal - RIISPOA: pescados e derivados. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 14 fev. 2012.
- BRASIL. 2001 Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Regulamento Técnico Sobre Padrões de Qualidade para Alimentos. Resolução-RDC. n. 12, de 02 de janeiro de 2001. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br>. Acesso em: 08 jan. 2010.
- BRASIL. 2003 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária (DISPOA). Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003. Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 15 fev. 2012
- BRASIL. 2014 Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA). Semana do Peixe populariza consumo de pescado no País. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br>> Acesso em: 20 out. 2015.
- CARTONILHO, M.M.; JESUS, R.S. 2011 Qualidade de cortes congelados de tambaqui cultivado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 46(4):

- 344-350.
- CHURCH, N. 1994 Developments in modified-atmosphere packing and related technologies. *Food Science and Technology*, 5: 345-352.
- ERKAN, N.; OZDEN, O.; INUGUR, M. 2007 The effects of modified atmosphere and vacuum packaging on quality of chub mackerel. *International Journal of Food Science and Technology*, 42: 1297-1304.
- FAO, 2012 Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Roma: FAO. 231p.
- FLOROS, J.D.; MATSOS, K.I. 2005 Introduction to modified atmosphere packaging. In: Han J.H. ed. *Innovations in food packaging*. Elsevier, Oxford, UK, p. 159-172.
- FONTES, M.C.; ESTEVES, A.; CALDEIRA, F.; SARAIVA, C.; VIEIRA-PINTO, M.; MARTINS, C. 2007 Estado de frescor e qualidade higiênica do pescado vendido numa cidade do interior de Portugal. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, 59(5): 1308-1315.
- GOMIERO, J.S.G.; RIBEIRO, P.A.P.; FERREIRA, M.W.; LOGATO, P.V.R. 2003 Rendimento de carcaça de peixe Matrinxã (*Brycon cephalus*) nos diferentes cortes de cabeça. *Ciência agrotecnologia*, Lavras, 27(1): 211-216.
- HANSEN, A.A.; MORKORE, T.; RUDI, K.; LANGSRUDA, O.; EIE, T. 2009 The combined effect of superchilling and modified atmosphere packaging using CO₂ emitter on quality during chilled storage of pre-rigor salmon fillets (*Salmo salar*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89: 1625-1633.
- HUSS, H.H. 1988. El pescado fresco su calidad y cambios de calidad. Manual de entrenamiento FAO/DANIDA. Roma. 135p.
- HUSS, H.H. 1995 Quality and quality changes in fresh fish. FAO Documento técnico de Pesca nº 348, Rome: *Food and Agriculture Organization*. 195p.
- HUSS, H.H. 1998 El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad. FAO Documento Técnico de Pesca nº 348. Rome: *Food and Agriculture Organization*. 202p.
- JESUS, R.S.; LESSI, E.L.; TENUTA-FILHO, A. 2001 Estabilidade química e microbiológica de "minced fish" de peixes amazônicos durante o congelamento. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, 21(2): 144-148.
- LALITHA, K.V.; SONAJI, E.R.; MANJU, S.; JOSE, L.; GOPAL, T.K.S.; RAVISANKAR, C.N. 2005 Microbiological and biochemical changes in pearl spot (*Etroplus suratensis* Bloch) stored under modified atmospheres. *Journal of Applied Microbiology*, 99: 1222-1228.
- LEMPEK, T.S.; PRENTICE, C.; LOPES, M.L. 2001 Efeito do vácuo na qualidade da pescada-foguete (*Macrodon ancylodon*). *Revista Brasileira de Agrociência*, 7(1): 64-67.
- LEROI, F.; JOFFRAUD, J.J.; CHEVALIER, F.; CARDINAL, M. 2001 Research of quality indices for cold-smoked salmon using a stepwise multiple regression of microbiological counts and physico-chemical parameters. *Journal of Applied Microbiology*, 90: 578-587.
- MANTILLA, S.P.S.; SANTOS, E.B.; VITAL, H.C.; MANO, S. B.; FRANCO, R.M. 2010 Atmosfera modificada e irradiação: métodos combinados de conservação e inocuidade alimentar. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, ano VIII. n. 15
- MASNIYOM, P. 2011 Deterioration and shelf-life extension of fish and fishery products by modified atmosphere packaging. *Songklanakarin Journal Science Technology*, 33(2): 181-192.
- MOHAN, C.O.; RAVISHANKAR, C.N.; GOPAL, T.K.S.; LALITHA, K.V.; KUMAR, K.A. 2010 Effect of reduced oxygen atmosphere and sodium acetate treatment on the microbial quality changes of seer fish (*Scomberomorus commerson*) steaks stored in ice. *Food Microbiology*, 27: 526-534.
- MONTEIRO, M.L.G.; MÁRSICO, E.T.; TEIXEIRA, C.E.; MANO, S.B.; JÚNIOR, C.A.C.; VITAL, H.C. 2012 Validade comercial de filés de Tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) resfriados embalados em atmosfera modificada e irradiados. *Ciência Rural*, Santa Maria, 42(4): 737-743.

- NURHASAN, M.; MAEHRE, H.K.; MALDE, M.K.; STORMO, S.K.; HALWART, M.; JAMES, D.; ELVEVOLL, E.O. 2010 Nutritional composition of aquatic species in Laotian rice field ecosystems. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23: 205-213.
- OSAWA, C.C.; FELÍCIO, P.E.; GONÇALVES, L.A.G. 2005 Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. *Química Nova*, 28(4): 655-663.
- OZOGUL, Y.; OZOGUL, F. 2004 Effects Of Slaughtering Methods On Sensory, Chemical And Microbiological Quality Of Rainbow Trout (*Onchorynchus Mykiss*) Stored in Ice and MAP. *European Food Research and Technology*, 219: 211-216.
- PRENTICE, C.; SAINZ, R.L. 2005 Cinética de deterioração apresentada por filés de Carpa – Capim (*Ctenopharyngodon idella*) embalados a vácuo sob diferentes condições de refrigeração. *Ciência Tecnologia Alimentos*, Campinas, 25(1): 127-131.
- SANTOS-FILHO, L.C.; BATISTA, L.C. 2009 Dinâmica populacional da matrinxã *Brycon amazonicus* (Characidae) na Amazônia Central. *Zoologia* 26(2): 195-203.
- SÃO PAULO [Estado], 1991 Código Sanitário do Estado de São Paulo. IMESP, São Paulo. 412p.
- SÃO PAULO. 2008 Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz.: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 5.ed. São Paulo. 1020p.
- SIVERTSVIK, M.; ROSNES, J.T.; KLEIBERG, G.H. 2003 Effect of Modified Atmosphere Packaging and Superchilled Storage on the Microbial and Sensory Quality of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Fillets. *Journal of Food Science*, 68(4): 1467-1472.
- SOUZA, A.F.L.; INHAMUNS, A.J. 2011 Análise de rendimento cárneo das principais espécies de peixes comercializadas no Estado do Amazonas, Brasil. *Acta Amazônica*, 41(2): 289-296.
- STAMMEN, K.; GERDES, D.; CAPORASO, F.; MARTINS, R.E. 1990 Modified atmosphere packaging of seafood. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 29(5): 301-331.
- TEIXEIRA, E.; MEINER, E.M.; BARBETTA, P.A. 1987 *Análise sensorial de alimentos*. Florianópolis: UFSC. 180p.
- TEODORO, A.J.; ANDRADE, E.C.B.; MANO, S.B. 2007 Avaliação da utilização de embalagem em atmosfera modificada sobre a conservação de sardinhas (*Sardinella brasiliensis*). *Ciência Tecnologia Alimentos*, Campinas, 27(1): 158-161.
- VYNCKE W. 1970 Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. *Fette Seifen Anstrichmittel* 72(12): 1084-1087.
- WOOTLON, M.; CHUA N.S.H. 1981 The use the of sea mullet (*Mugil Cephalus*) in the production of cold marinades. *Food Technology in Australia*, Sidney, 33(8): 392-397.
- YESUDHASON, P.; KRISHNASWAMY, T.; GOPAL, S.; RAVISHANKAR, C.N.; LALITHA, K.V.; KUMAR, K.N. 2009 Effect of modified atmosphere packaging on chemical, textural, microbiological and sensory quality of seer fish (*Scomberomorus commerson*) steaks packaged in thermoformed trays at 0-2°C. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33: 777-797.
- ZAR, J.H. 1996 *Biostatistical Analysis*. 3ª ed. New Jersey: Prentice Hall. 662p.