

Influência da Nutrição sobre a Qualidade do Pescado: Especial Referência aos Ácidos Graxos



Dezembro, 2013

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pantanal
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos

124

*Embrapa Pantanal
ISSN 1981-7223*

121

*Embrapa Agropecuária oeste
ISSN 1679-043X*

Influência da Nutrição sobre a Qualidade do Pescado: Especial Referência aos Ácidos Graxos

*Ricardo Borghesi
Hamilton Hisano
Lia Ferraz de Arruda Sucasas
Leandro Kanamaru Franco de Lima
Marília Oetterer
Autores*

Embrapa Pantanal
Corumbá, MS
2013

Embrapa Pantanal

Rua 21 de Setembro, 1880
79320-900, Corumbá, MS
Caixa Postal 109
Fone: (67) 3234-5800
Fax: (67) 3234-5815
Home page: www.cpap.embrapa.br
Email: cpap.sac@embrapa.br

Unidade Responsável pelo conteúdo

Embrapa Pantanal

Comitê Local de Publicações da Embrapa Pantanal

Presidente: *Suzana Maria de Salis*
Membros: *Ana Helena B.M. Fernandes*
Dayanna Schiavi N. Batista
Sandra Mara Araujo Crispim
Vanderlei Doniseti Acssio dos Reis
Secretária: *Eliane Mary P. de Arruda*

Supervisora editorial: *Suzana Maria de Salis*
Tratamento de ilustrações: *Eliane Mary P. de Arruda*
Foto da capa: *Leandro Kanamaru Franco de Lima*
Editoração eletrônica: *Eliane Mary P. de Arruda*
Disponibilização na página: *Marilisi Jorge da Cunha*

1ª edição

Formato digital (2013)

Embrapa Agropecuária Oeste

BR 163 Km 253,6, Trecho Dourados-Caarapó
79804-970, Dourados, MS
Caixa Postal 449
Fone: (67) 3416-9700
Fax: (67) 3416-9721
Home page: www.cpao.embrapa.br
Email: cpao.sac@embrapa.br

Unidade Responsável pelo conteúdo

Embrapa Agropecuária Oeste

Comitê de Publicações da Embrapa Agropecuária Oeste

Presidente: *Harley Nonato de Oliveira*
Membros: *Auro Akio Otsubo, Clarice Zanoni*
Fontes, Fernando Mendes Lamas, José Rubens
Almeida Leme Filho, Márcia Mayumi Ishikawa,
Michely Tomazi, Rodrigo Arroyo Garcia e Sílvia
Mara Belloni

Membros suplentes: *Augusto César Pereira Goulart e Oscar*
Fontão de Lima Filho
Secretário-executivo: *Germani Concenço*

Supervisora editorial: *Eliete do Nascimento Ferreira*
Normalização bibliográfica: *Sílvia Mara Belloni*

1ª edição

Formato digital (2013)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pantanal

Influencia da nutrição sobre a qualidade do pescado: especial referência aos ácidos graxos / Ricardo Borghesi... [et al.]. – Corumbá : Embrapa Pantanal; Dourados : Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 21 p.; 29 cm - (Documentos / Embrapa Pantanal, ISSN 1981-7223 ; 124; Documentos / Embrapa Agropecuária Oeste, ISSN 1679-043X; 121).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso:
<<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/DOC124.pdf>>

1. Pescado – Produção. 2. Pescado – Nutrição. I. Borghesi, Ricardo. II. Embrapa Pantanal. III. Embrapa Agropecuária Oeste. IV. Série.

Autores

Ricardo Borghesi

Zootecnista, Doutor em Agronomia
Embrapa Pantanal
Rua 21 de Setembro, 1880 - CP 109
79320-900 Corumbá, MS
Telefone (67) 3234-5975
ricardo.borghesi@embrapa.br

Hamilton Hisano

Zootecnista, Doutor em Zootecnia
Embrapa Agropecuária Oeste
BR 163 Km 253,6 - CP 449
79804-970 Dourados, MS
Telefone (67) 3416-9721
hamilton.hisano@embrapa.br

Lia Ferraz de Arruda Sucasas

Agrônoma, Doutora em Ciências (Energia Nuclear na Agricultura)
ESALQ/USP
Av. Pádua Dias, 11
13400-000 Piracicaba, SP
Telefone (19) 3429-4150
liaferraz2000@yahoo.com.br

Leandro Kanamaru Franco de Lima

Veterinário, Mestre em Ciência Animal
Embrapa Pesca e Aquicultura
103 Sul, Av. JK - Conj. 01 - Lt. 18 (térreo)
Plano Diretor Sul
77015-012 Palmas, TO
Telefone (63) 3218-5953
leandro.kanamaru@embrapa.br

Marília Oetterer

Agrônoma, Doutora em Ciência dos Alimentos
ESALQ/USP
Caixa Postal 09
13418-900 Piracicaba, SP
Telefone: (19) 3429-4468
mariliaoetterer@usp.br

Apresentação

Reconhecida como uma fonte de proteína de alta qualidade, a carne de pescado tem sido objeto de inúmeras pesquisas relacionadas à sua composição em ácidos graxos, dentre os quais se encontram os popularmente conhecidos como ômega-3, os quais estão diretamente associados à saúde humana pelo seu efeito protetor, principalmente contra doenças cardiovasculares e reumatismo.

Nesse sentido, um dos grandes desafios da aquicultura é apresentar ao consumidor um produto final que se assemelhe, em termos nutricionais e sensoriais, aos peixes capturados na natureza que são ricos em ácidos graxos.

Este documento faz uma revisão da influência da nutrição nos peixes cultivados sobre a composição de ácidos graxos e a importância dessa como ferramenta para melhorar a qualidade nutricional e agregar valor ao pescado.

Emiko Kawakami de Resende
Chefe-Geral da Embrapa Pantanal

Sumário

Introdução.....	9
Produção e consumo	10
Valor nutricional.....	11
Ácidos graxos e seus benefícios na alimentação humana	12
Influência da dieta na composição em ácidos graxos na dieta	14
Considerações finais	16
Referências	16

Influência da Nutrição sobre a Qualidade do Pescado: especial referência aos ácidos graxos

Ricardo Borghesi

Hamilton Hisano

Lia Ferraz de Arruda Sucasas

Leandro Kanamaru Franco de Lima

Marília Oetterer

Introdução

Com a população mundial, estimada em 7 bilhões de habitantes em 2012 (POPULATION REFERENCE BUREAU, 2012), há a necessidade de se buscar alternativas e tecnologias para suprir a demanda crescente por alimentos.

O pescado, mais especificamente os peixes, tem sido utilizado como fonte de alimento pelo homem há milênios. Antes, comia-se para sobreviver, de forma que a qualidade não era prioridade. Ao longo das últimas décadas, a preocupação do consumidor em relação à qualidade dos alimentos cresceu consideravelmente, tornando-os sinônimos de bem-estar e de redução de riscos de doenças assim como veículos de uma melhor qualidade de vida (PIEIDADE, 2007). Neste sentido, a qualidade e excelência do pescado como alimento é indiscutível, uma vez que é fonte de proteína de alto valor biológico e de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) que, reconhecidamente trazem benéficos à saúde.

Com os estoques das principais espécies sobre-explorados e poucas condições de possibilitar aumento da captura, com a produção pesqueira estabilizada, a aquicultura tem sido considerada como o caminho mais eficiente para a redução do déficit entre a demanda e a oferta de pescado no mercado mundial. A produção aquícola tem crescido acentuadamente nos últimos anos, uma vez que de uma produção menor que 1 milhão de toneladas no início dos anos 50, alcançou em 2010, 59,9 milhões de toneladas, com um valor estimado de US\$119,4 bilhões (FAO, 2012).

A participação da atividade aquícola na produção mundial de organismos aquáticos aumentou de 3,9% em 1970 para 36% em 2006. Se considerado apenas o que foi produzido e destinado à alimentação humana, a participação chega a 47% (FAO, 2009).

Um dos grandes desafios da aquicultura é apresentar ao consumidor um produto final que se assemelhe, em termos nutricionais e sensoriais, aos peixes capturados na natureza. Sabe-se que existem variações no que se refere a composição em nutrientes e propriedades físico-químicas e sensoriais entre os peixes “selvagens” e aqueles provenientes da aquicultura, com dieta sendo um dos principais fatores que afetam estas propriedades (ALASALVAR et al., 2002; GONZÁLEZ et al., 2006; LIE, 2001; RASMUSSEN, 2001). Ou seja, a nutrição de peixes, além de influenciar diretamente a integridade estrutural, saúde, funções fisiológicas, crescimento e qualidade da água (CYRINO et al., 2010), também exerce papel importante sobre vários parâmetros de qualidade do pescado, como cor, aparência, aroma, sabor, textura, valor nutricional, vida útil e nível de contaminantes. A qualidade do pescado pode ser avaliada utilizando vários parâmetros: rendimento (de filé, por exemplo), perda por *drip*, textura, cor, teor de gordura, a composição em ácidos graxos (AG), composição em aminoácidos, conteúdo mineral, contagem microbiológica, presença e quantidade de contaminantes, entre outros (HAARD, 1992; JANKOWSKA et al., 2003; RASMUSSEN, 2001).

Reconhecida como uma fonte de proteína de alta qualidade, a carne de pescado, tem sido objeto de inúmeras pesquisas relacionadas à sua composição em AG, os quais estão diretamente associados à saúde humana pelo seu efeito protetor, principalmente contra doenças cardiovasculares e reumatismo (CALDER, 2003; HARRIS, 1999; HUNTER; ROBERTS, 2000; JUSTI et al., 2003; VISENTAINER, 2003; UAUY; VALENZUELA, 2000).

A composição em AG dos peixes pode ser influenciada por uma série de fatores, entre eles a temperatura, a salinidade e a alimentação. Entretanto, o principal fator que influencia o perfil de AG é a alimentação, sendo que diversos autores relatam que a composição de AG do tecido muscular reflete a composição de AG da dieta (DURAZO-BELTRÁN et al., 2003; JOBLING; BENDIKSEN, 2003; JUSTI et al., 2003; LEE et al., 2003; VISENTAINER et al., 2005; TIDWELL et al., 2007). Peixes de água doce e marinha diferem entre si em termos de composição de AG. Este fato está associado a vários fatores, dentre os quais as diferenças relacionadas à bioquímica do metabolismo dos AG essenciais nos peixes marinhos e de água doce (GREENE; SELIVONCHICK, 1987) e à composição dos alimentos ingeridos nos dois habitats (ZENEBE et al., 1998).

Portanto, o enriquecimento das rações destinadas aos organismos aquáticos representa a possibilidade de se agregar valor à piscicultura, através da produção de uma carne de qualidade superior para o consumo humano adaptando a composição em ácidos graxos para atender à demanda de mercado.

Produção e consumo de pescado

Os peixes têm sido utilizados para a alimentação e subsistência pelo homem há milênios. Primeiramente, era obtido por meio da pesca extrativa e, posteriormente, há aproximadamente uns 2 mil anos, nascia a aquicultura, com o monocultivo de carpas em pequenas represas. Porém, há relatos que sugerem que os chineses cultivavam macroalgas marinhas, as quais seriam os primeiros organismos aquáticos cultivados pelo homem (ARANA, 1999).

Nas últimas três décadas (1980-2010) a produção aquícola mundial expandiu aproximadamente doze vezes, em uma taxa de crescimento anual de 8,8% (FAO, 2012), enquanto os outros sistemas de produção de carne vêm apresentando taxas de crescimento médio de 2,8% anuais (FAO, 2007, 2009). Além disso, é a atividade que cresce mais rapidamente que qualquer outra do setor alimentício de origem animal, superando até o aumento populacional (FAO, 2009).

A produção mundial de pescado em 2010 (exceto plantas aquáticas) foi de 148,5 milhões de toneladas, sendo que deste total, 59,9 milhões de toneladas foram provenientes da aquicultura e 88,6 milhões de toneladas da pesca (extrativismo). Do total da aquicultura, 41,7 milhões de toneladas foram provenientes do cultivo em águas continentais e 18,1 milhões de toneladas em águas marinhas. Do total produzido no mundo no ano de 2010, 86,4% (128,3 milhões de toneladas) foi destinado ao consumo humano, sendo 46,9% na forma de produtos frescos, 29,3% de congelados, 14% em conservas e 9,8% de curados. Os outros 13,4% (20,2 milhões de t) restantes foram destinados para outros fins, principalmente para ração animal, na forma de farinha ou óleo de peixe (FAO, 2012).

No Brasil, a produção de pescado foi de 1,43 milhões de toneladas no ano de 2011. Deste total, 803,2 mil toneladas foram provenientes da pesca e 628,7 mil toneladas provenientes da aquicultura. A pesca extrativa registrou um crescimento de 2,3% na produção em relação a 2010. Enquanto que, no mesmo período, a aquicultura apresentou um crescimento significativo da ordem de 31,1%, saltando de 479,4 mil toneladas em 2010 para 628,7 toneladas em 2011 (BRASIL, 2013). Dentro da aquicultura, destaca-se a piscicultura continental que representa 86,6% da produção aquícola no país (BRASIL, 2013).

Esse crescimento da produção aquícola nacional pode ser comprovado pelo aumento da produção das rações para organismos aquáticos. Em 2011, foram produzidas 570 mil toneladas de rações destinadas à aquicultura, sendo que deste total 500 mil toneladas eram para peixes (BOLETIM..., 2013). Já, em 2012, 740 mil toneladas de rações foram destinadas à aquicultura, sendo 661 mil toneladas para piscicultura (BOLETIM..., 2013).

Ao compararmos o crescimento da produção das atividades zootécnicas, no período de 2007 a 2009, observamos que a aquicultura no Brasil registrou expressiva evolução, com um crescimento relativo de 43,8% ao passo que as principais criações da pecuária nacional, aves e suínos, registraram apenas 12,9% e 9,2%, respectivamente, e a de bovinos uma retração na ordem de 8,6% (BRASIL, 2010).

Em 2010, o consumo mundial de pescado *per capita* por ano foi de 18,6 kg/habitante (FAO, 2012). No mesmo ano, no Brasil, o consumo *per capita* aparente de pescado foi de 9,75 kg/habitante, 8% superior ao ano de 2009 (BRASIL, 2012). Em termos de comparação, o consumo per capita nacional de carne de frango em 2010 foi de 44,1 kg/habitante (UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA, 2012), quatro vezes e meia superior ao consumo de pescado no mesmo ano. Contudo, esse cenário está mudando, uma vez que, há a preocupação dos consumidores com uma alimentação mais saudável, fazendo do pescado um forte concorrente à carne vermelha.

Como pôde ser observado o consumo *per capita* de pescado no Brasil, é relativamente baixo quando comparado a outros tipos de carnes, ou em relação ao consumo mundial de pescado. Diversos fatores inter-relacionados justificam esse baixo consumo. O primeiro está associado à sua oferta: no âmbito nacional, os índices de capturas decaíram e na última década estão estabilizados. As razões para este baixo desempenho estão associadas aos investimentos insatisfatórios em equipamentos de pesca, ao manejo inadequado dos estoques, à degradação das áreas de reprodução, às políticas implementadas em alguns estados que limitaram o uso de redes e tarrafas aos pescadores artesanais, favorecendo o setor turístico pesqueiro (mais rentável economicamente); acrescenta-se a esses fatores o preço elevado, características de distribuição de renda e o hábito alimentar da população (SONODA, 2006).

Pode-se ainda relacionar o baixo consumo com a deficiência na comercialização, o produtor não tem incentivo para colocar no mercado um produto com melhor qualidade, que será mais oneroso e exigirá mais divulgação e, por outro lado, o consumidor não se empenha em exigir melhores condições de comercialização, uma vez que opta por outras carnes ofertadas a preços mais baixos (OETTERER, 2002).

Porém, este cenário está mudando, o consumidor está mais exigente em termos de qualidade, buscando alimentos de conveniência e palatabilidade, que sejam produzidos de maneira sustentável, daí a importância da rastreabilidade na cadeia produtiva. Frente a este cenário, a aquicultura, vem desempenhando um importante papel para satisfazer à crescente demanda por um produto de qualidade, contribuindo com aproximadamente 50% do pescado consumido no mundo (FAO, 2009). A carne de pescado já representa 16,6% do total de proteína animal consumida e 6,5% do total de proteína consumida no mundo (FAO, 2012).

Valor nutricional

O princípio “deixe o alimento ser teu remédio e o remédio ser teu alimento” foi exposto por Hipócrates há 2.500 anos e este fundamento tem sido observado em diversos trabalhos e estudos nos últimos anos. Antes, comia-se para sobreviver, de forma que a qualidade não era prioridade. Durante as últimas décadas a preocupação do consumidor em relação à qualidade dos alimentos cresceu consideravelmente, tornando-os sinônimos de bem-estar e de redução de riscos de doenças assim como veículos de uma melhor qualidade de vida. Daí a aceitação de alimentos funcionais, reforçando a ideia de que a alimentação é um fator crítico para a manutenção da saúde (PIEDADE, 2007).

A qualidade do pescado como alimento é indiscutível, uma vez que é uma importante fonte de proteínas e lipídeos. De maneira geral, o pescado está sendo cada vez mais procurado, já que pode estar presente nos mais variados tipos de dietas e possui qualidades nutricionais para combater, ao mesmo tempo, dois problemas contemporâneos, a fome e a obesidade. A recomendação para a ingestão de pescado é de, pelo menos, duas vezes por semana. No entanto, o consumo é fortemente dependente de fatores como os ligados ao hábito e aos aspectos econômicos que envolvem a oferta e demanda em cada região de produção. O pescado é geralmente pobre em gorduras saturadas, carboidratos e colesterol e proporciona não só proteínas de alto valor, mas também uma ampla gama de micronutrientes essenciais, incluindo várias vitaminas, minerais e ácidos graxos poliinsaturados da série ômega-3 (FAO, 2012).

A percentagem comestível do pescado oscila entre 30% e 60% variando segundo a espécie e o tipo de beneficiamento ao qual é submetido, sendo composta por 60% a 85% de umidade; aproximadamente 20% de proteína bruta, 1% a 2% da fração cinza e 0,6% a 36% de lipídeos (OGAWA; MAIA, 1999). Apresenta proteínas de alto valor nutritivo, por conter um perfil completo de aminoácidos, principalmente de aminoácidos essenciais, tais como a lisina, aminoácido *starter* do processo digestivo e necessário na dieta brasileira à base de arroz. A carne de pescado é notadamente uma excelente fonte de proteínas de alta digestibilidade, cerca de 90 a 95%, por possuir baixo teor de tecido conectivo, superando a carne bovina, que atinge valores ao redor de 90% além do valor biológico próximo de 100, determinado pela alta absorção dos aminoácidos essenciais (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994; CRAWFORD, 1985; MORETTO et al., 2002; OETTERER, 2006; RUITER, 1995; SGARBIERI, 1996).

O pescado marinho é fonte de iodo, mineral cuja deficiência pode levar à alteração no desenvolvimento do cérebro e consequente aparecimento do cretinismo. No Brasil, nos anos 40 e 50, a falta de iodo na dieta da população provocou o bócio endêmico e levou o governo a estabelecer a obrigatoriedade da adição de iodo ao sal de cozinha. No entanto, se houvesse o hábito do consumo de pescado esta deficiência não teria alcançado tal dimensão. Outros minerais como o ferro e o zinco merecem destaque, particularmente pela falta generalizada destes na dieta brasileira, levando à fadiga e anemia ferropriva, bem como queda da resposta imune. O consumo de 100 g de pescado pode prover de 30% a 80% da necessidade em selênio, um elemento traço que exerce efeito anticâncer (OETTERER, 2002; OETTERER, 2009; RICE, 1995).

As vantagens do pescado com relação à carne bovina são principalmente o teor e a qualidade da fração lipídica. Os peixes, principalmente os de águas frias ou marinhas, são ricos em gorduras insaturadas e poli-insaturadas e contêm baixíssimos níveis de colesterol. O consumo dessas gorduras é de extrema importância para prevenção de doenças cardiovasculares por conter grandes quantidades de AG da série ômega-3 (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994). De uma maneira geral, a composição em lipídeos pode variar de acordo com a espécie de pescado, tipo de músculo corporal analisado, sexo, tipo de alimentação fornecida ou hábito alimentar, idade, época do ano, *habitat*, dieta e grau de maturação gonadal.

O pescado na alimentação auxilia na perda de peso e controle dos níveis de colesterol no sangue. Os pescados, especialmente de água fria, são ricos em AG que apresentam a ligação ômega-3, tipo de gordura benéfica à saúde. Estes aspectos nutricionais são importantes, principalmente quando são considerados os hábitos da população contemporânea como sedentarismo e o consumo de alimentos ricos em gorduras saturadas e açúcares. Tais hábitos estão relacionados à obesidade, hipertensão, e doenças cardiovasculares (YOKOYAMA, 2007).

Ácidos graxos e seus benefícios na alimentação humana

Os AG são ácidos carboxílicos, com cadeias hidrocarbonetos, que contêm entre 4 e 36 átomos de carbono, embora os mais comuns sejam compostos de 12 a 24 carbonos, e podem conter apenas ligações simples, sendo chamados saturados, ou duplas ligações, sendo chamados insaturados. As duplas ligações podem estar presentes em qualquer carbono da cadeia e conferir propriedades de isomeria (*cis* ou *trans*), sendo que o consumo dos *trans*, que podem ocorrer em óleos vegetais após exposição ao aquecimento, vem sendo associados à problemas de saúde (SIKORSKI; KOLAKOWSKA, 2003).

A natureza dos AG determina basicamente a qualidade dos lipídeos. A composição de AG no pescado é fundamentalmente diferente de outras carnes, vegetais e produtos lácteos, sendo variável entre espécies. Os AG compõem os triglicerídeos e podem ser hidrolisados pela ação de lipases musculares e microbianas. AG com cadeia de até 10 átomos de carbono são considerados de cadeia curta e todos são saturados. Aqueles contendo de 12 a 14 átomos de carbono são de média cadeia e com mais de 14 átomos de carbono são considerados AG de cadeia longa, os quais podem ser saturados ou insaturados. Por volta de 1920, a importância nutricional dos AG de cadeia longa, também conhecidos como AG essenciais, foi reconhecida (OHR, 2005; SKAARA; REGENSTEIN, 1990).

A família dos AGPI *n*-3 é conhecida como a família do ácido alfa-linolênico (18:3*n*-3), um precursor do qual, por alongamento e/ou dessaturação, são gerados os demais AG desta série. A família *n*-6 apresenta como precursor o ácido linoleico (LA, 18:2*n*-6), um ácido graxo diinsaturado, que por enzimas alongases e/ou dessaturases podem dar origem a outros AG da série *n*-6 (EWIN, 1997; VISENTAINER, 2003).

A biossíntese do ácido linoléico e do ácido α -linolênico ocorre apenas em organismos do reino vegetal, não sendo formados em animais que, entretanto, possuem sistema enzimático capaz de dessaturá-los e alongá-los (SIKORSKI; KOLAKOWSKA, 2003). Portanto, são considerados AG essenciais, porque as duplas ligações situadas no terceiro e sexto átomos de carbono não podem ser produzidas pelo organismo humano, de forma que os AG essenciais devem ser obtidos a partir da dieta (SUÁREZ-MAHECHA et al., 2002).

O ácido linoleico converte-se em longas cadeias, tal como o ácido g-linolênico (GLA) e o ácido araquidônico (AA), através de sistemas enzimáticos de dessaturação e alongamento. O ácido graxo α -linolênico é convertido em EPA (ácido eicosapentaenoico – C20:5) e em DHA (ácido docosaexaenoico – C22:6). A taxa de conversão é muito baixa em humanos e diminui ainda mais à medida que a quantidade de ácido linoleico aumenta, pois os dois substratos competem pelo mesmo sistema enzimático (HAAG, 2003). Portanto, as fontes de *n*-3 obtidas através da ingestão de alimentos são muito importantes (FAO/WHO, 1994; NEWTON, 1996; WARD, 1995). Os tecidos que têm a capacidade de biossintetizar EPA e DHA, na espécie humana, são os do fígado, das gônadas, e em menor escala, do cérebro e do tecido adiposo (HAAG, 2003).

Os AG saturados são sintetizados em um compartimento celular extra- mitocondrial, com um sistema enzimático complexo gerido pela acetil coenzima A. Os AG monoinsaturados são formados a partir dos saturados e os poli-insaturados são derivados dos monoinsaturados pela ação de dessaturação específica nas posições das duplas ligações na cadeia (BELDA; POURCHET-CAMPOS, 1991).

O organismo humano não consegue efetuar a transformação de um *n*-3 em um *n*-6, ou vice-versa, portanto as necessidades de AG EPA e DHA devem ser obtidas diretamente através dos alimentos (PIECADE, 2007) ou da baixa taxa de conversão a partir do ácido linolênico (SIMOPOULOS, 2000).

Uma vez consumidos, os ácidos linoleico e α -linolênico podem ser alongados até cadeias de pelo menos 20 ou 22 carbonos. O ácido linoleico pode ser metabolizado em outros AG intermediários como os ácidos γ -linolênico, dihomog- γ -linolênico e ácido araquidônico. Já, o ácido α -linolênico é metabolizado em outros da série *n*-3, entre eles o EPA e DHA (PIECADE, 2007). Esse processo metabólico é mediado pelas enzimas alongase e dessaturase, as quais participam na formação dos ácidos graxos poli-insaturados (AGPI), *n*-6 e *n*-3, resultando em uma competição metabólica entre os dois grupos (SALEM, 1999). A concorrência entre os ácidos linoleico e α -linolênico está determinada pela afinidade da enzima Δ -6-dessaturase por ambos AG, sendo que o equilíbrio entre eles deve ser feito por meio da dieta (PIECADE, 2007).

Os lipídeos do pescado são diferentes dos animais de origem terrestre na medida em que contém quantidades significativas de EPA e DHA, porém, essas quantidades variam entre e dentro de uma mesma espécie e de acordo com as variáveis ambientais como a dieta e o habitat (OHR, 2005; SKAARA; REGENSTEIN, 1990). Os AG insaturados mais comuns no pescado são principalmente o ω 9 18:1 (ácido monoênico - oleico), ω 6 18:2 (diênico - linoleico) e 20:4 (ácido araquidônico) e o ω 3 18:3 (triênico - linolênico), sendo que o ω 3 apresenta maior ocorrência em pescado marinho quando comparado ao de água doce (OGAWA; MAIA, 1999).

É cada vez mais frequente o interesse pelos lipídeos do pescado, dada a concentração de AGPI ω 3 de cadeia longa (SHAHIDI, 2000). Diversas pesquisas têm estabelecido que os AGPI, em particular o EPA e o DHA, são os principais componentes, biologicamente ativos, de óleos de peixe (SIMOPOULOS, 2000).

Peixes continentais geralmente contém porções menores de ácidos AGPI em comparação com frutos do mar (ANDRADE et al., 1995), mas há peixes de água doce, provenientes de regiões frias que contém altas quantidades de ácidos AGPI ω 3 (AGREN et al., 1998). A existência da instauração dos ácidos graxos em peixes tem um significado biológico vital, diminuindo o ponto de fusão, fazendo as biomembranas dos peixes ficarem em um estado de fluidez para funcionarem corretamente em várias temperaturas (VIEGAS, 2011)

Em peixes e crustáceos marinhos, encontram-se AG com maior número de carbonos e com maior quantidade de duplas ligações, pertencentes à série n-3. São os AG de cadeia muito longa (superior a 18 carbonos), o EPA e o DHA (MEDINA et al., 2003).

Estudos mostram que as variações sazonais influenciam na composição de AG do filé e da carne mecanicamente separada de diversos peixes marinhos (BADOLATO et al., 1994). Outros estudos mostram as variações na composição dos AG com relação a diferentes espécies de peixes. Dentre as espécies estudadas, verificou-se que os teores de DHA foram superiores no atum (*T. tynnus*) e no bonito (*Katsuwonus pelamis*), enquanto que os teores de EPA totais foram superiores na sardinha (*S. brasiliensis*) e no bonito (*K. pelamis*) (VISENTAINER et al., 2000).

Apesar da importância verificada no consumo de AGPI, constatou-se que a maioria dos peixes de água doce são fontes deficientes de EPA e DHA. Quanto aos de origem marinha, apenas sardinha e manjuba apresentam uma fonte adequada desses AG (GUTIERREZ; SILVA, 1993).

Porém, vale lembrar que a susceptibilidade dos AGPI (AGPI) à oxidação é linearmente proporcional ao seu grau de insaturação, ou seja, produtos com altos teores AGPI tem vida útil consideravelmente menor (NARAYAN et al., 2006). A oxidação lipídica é o processo primário de deterioração da qualidade dos peixes e seus produtos, manifestando-se por mudanças em seu odor, cor, textura, valor nutritivo, e possível formação de compostos tóxicos, afetando sua aceitabilidade para o consumo (NOGALA-KALUCKA et al., 2005).

Resultados de pesquisas demonstram repetidamente que o aumento na ingestão de AGPI n-3 reduz os níveis de triacilgliceróis do sangue (DEPARTMENT OF HEALTH, 1994). Além disso, estudos feitos com base em intervenções de dietas comprovam que o consumo de AGPI n-3 e/ou óleos de pescado reduz fatores bioquímicos de risco associados a doenças cardiovasculares (HU et al., 2001; WONNACOTT et al., 2004), psoríase (MAYSER et al., 1997), artrite (EWIN, 1997; KREMER et al., 1987), câncer (KIMURA et al., 2001; ROSE; CONNOLLY, 1999), podendo ainda estar envolvido na fertilidade humana (CONQUER et al., 2000) e diabetes (CONNOR et al., 1993).

A ingestão de EPA e DHA, especialmente DHA, é necessária para manutenção das membranas biológicas, retina, córtex cerebral, tecidos nervosos, testículos e plaquetas sanguíneas (NETTLETON, 1995; SCHIMIDT, 2000). O EPA assume importância maior ainda pelos seus efeitos a vasculares, especificamente ações antitrombóticas e anti-inflamatórias, exercidas através do metabolismo dos eicosanoides (MUELLER; TALBERT, 1988).

Em comum com todos os vertebrados, os peixes não apresentam as enzimas Δ 12 e Δ 15-dessaturases, que são necessárias para sintetizar os ácidos LA e LNA, respectivamente. Por consequência, os peixes devem obter estes ácidos da dieta e endogenamente sintetizar pelo processo de alongação e dessaturação os demais AG da série (HENDERSON; TOCHER, 1987). Além disso, os AG das famílias n-3 e n-6 podem ser considerados de famílias "nobres", pois os ácidos de uma família n-3 não podem ser transformados em membros da família n-6 e vice-versa. Isto ocorre porque a inclusão de uma dupla ligação pela Δ -dessaturase e de dois átomos de carbono pela elongase se dá entre a carboxila e a primeira dupla da cadeia carbônica do ácido graxo, não alterando desta forma a posição da dupla ligação em relação ao grupo metil terminal da cadeia carbônica (VISENTAINER, 2003).

As diferenças nas exigências de AG essenciais de espécies de água doce e espécies marinhas têm sido estudadas ao longo dos anos. Espécies de água doce possuem, de maneira geral, todas as enzimas com capacidade de alongar e dessaturar AG precursores para seus correspondentes sequenciais de uma determinada família n-3 ou n-6. Portanto, os AG linoleico e alfa-linolênico, precursores, podem satisfazer as exigências em AG essenciais (VISENTAINER, 2003).

Embora não tenham sido estabelecidas as quantidades e as razões entre os AG das famílias *n*-6 e *n*-3, o consumo de uma dieta com razão *n*-6/*n*-3 abaixo de 4 está associada à uma redução de 70% nas mortes por doenças das coronárias (SIMOPOULOS, 2008). A razão *n*-6/*n*-3 nas dietas ocidentais tem variado de 15 a 16,7:1, valores muito acima dos considerados ideais de 1 a 2:1 (SIMOPOULOS, 2011). Apesar de não estarem estabelecidas, alguns autores sugerem quantidades de AGPI *n*-3 a serem ingeridas pelo homem. A ingestão diária (EPA+DHA) de 1,25 g (GESTER, 1998) e 0,5 g (LAVIE et al., 2009), tem sido recomendada para a prevenção de doenças cardiovasculares e inflamatórias. A ingestão de 0,8 a 1,1 g do ácido LNA, um precursor dos demais ácidos da família *n*-3, também tem sido recomendada por alguns pesquisadores (GALLI; SIMOPOULOS, 1991), apesar da baixa conversão deste ácido em AGPI *n*-3 de cadeia longa, especialmente EPA e DHA (VISENTAINER, 2003).

Alguns estudos sugerem a redução na ingestão do ácido linoleico, pois as doenças coronárias têm um componente inflamatório e porque o ácido araquidônico (*n*-6) é o substrato para síntese de uma variedade de moléculas pró-inflamatórias. Portanto, reduzindo a ingestão de ácido linoléico, reduzir-se-ia o conteúdo de ácido araquidônico nos tecidos, fato que diminuiria o potencial inflamatório e, conseqüentemente, o risco de doenças coronárias (HARRIS et al., 2009).

Na Tabela 1, Eckel (2010) cita diferentes doses terapêuticas diárias de EPA + DHA, para o tratamento de diferentes fatores de risco de doenças cardiovasculares.

Tabela 1. Dose diária de EPA + DHA para o tratamento de diferentes fatores de risco de doenças cardiovasculares.

Dose diária necessária de EPA + DHA (g)	
Baixar níveis de triglicerídeos	3-4
Diminuir inflamações	3-4
Diminuir funções plaquetárias	6
Diminuir reatividade vascular	3-4

Fonte: Adaptado de Eckel (2010).

Influência da dieta na composição em ácidos graxos de organismos aquáticos

A utilização de óleos na alimentação animal tem aumentado nos últimos anos, decorrente dos inúmeros benefícios que a inclusão deste ingrediente pode trazer, tanto para o desempenho animal quanto para a saúde humana. Entre as fontes lipídicas mais comumente usadas na formulação de rações para organismos aquáticos podem-se encontrar os óleos de peixe, soja, milho, canola, girassol, gordura de vísceras de aves e sebo bovino (BALLESTRAZZI; LANARI, 1996; CHO, 1990; HARDY, 1989; PERES; OLIVA-TELES, 1999).

Com a ascensão dos valores comerciais do óleo de peixe, pelo aumento da demanda e dificuldade em se encontrar produtos de qualidade pesquisas têm sido direcionadas para avaliar o uso de fontes de origem vegetal (óleos vegetais) em dietas para organismos aquáticos. Têm-se observado que não há comprometimento do desempenho de peixes de água doce alimentados com dietas contendo lipídeos de origem vegetal (VARGAS et al., 2008). Por outro lado, observa-se alteração na composição em AG da carne do pescado, particularmente redução dos AG altamente insaturados da série *n*-3, uma vez que esta reflete a composição em AG da dieta (FRANCIS et al., 2007b; TURCHINI et al., 2009).

Conforme citado anteriormente, o perfil de AG dos peixes pode ser influenciado por uma série de fatores, entre eles a temperatura, a salinidade e a alimentação (fonte lipídica). Sabe-se que, dentre estes fatores, a alimentação exerce grande influência sobre a composição em AG dos peixes, refletindo no tecido muscular o perfil de AG presente na dieta (DURAZO-BELTRÁN et al., 2003; JOBLING; BENDIKSEN, 2003; JUSTI et al., 2003; LEE et al., 2003; TONIAL et al., 2009; TIDWELL et al., 2007; VISENTAINER et al., 2005). Como os AG essenciais não são sintetizados *de novo*, os AG incorporados nos tecidos representam o conteúdo destes nos alimentos ingeridos (FRACALLOSSI; LOVELL, 1995).

Pesquisas realizadas revelaram que as rações para organismos aquáticos comercializadas no Brasil contêm baixos níveis de AG $n-3$ e altos níveis de AG $n-6$ (MOREIRA et al., 2001), uma vez que, de maneira geral, peixes tropicais têm exigência em AGPI $n-6$ ou uma mistura de AG $n-3$ e $n-6$ (WEBSTER; LIM, 2002), o que produzirá um pescado de alta razão $n-6/n-3$. Desta forma, a diminuição da razão $n-6/n-3$ via alimentação em espécies de água doce é bastante interessante.

O enriquecimento da carne de peixes com AG da série ômega-3 por meio da dieta, foi avaliada por Visentainer et al. (2005) ao estudarem o efeito da inclusão de níveis crescentes de óleo de linhaça em substituição ao óleo de girassol na alimentação de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Observou-se aumento ($P < 0,05$) nas concentrações dos AG α -linolênico, eicosapentaenoico (EPA) e docosaenoico (DHA) nos filés, na medida em que aumentavam os níveis de óleo de linhaça na dieta em substituição ao óleo de girassol. Resultados semelhantes foram relatados para a mesma espécie, quando alimentadas com dietas contendo o óleo de linhaça como principal fonte lipídica por Tonial et al. (2009) e Justi et al. (2003).

O aumento dos teores de AG em função da fonte lipídica utilizada na ração, foi observado em estudos com o bacalhau Murray (*Maccullochella peelii peelii*), peixe carnívoro de água doce cultivado na Austrália, nos quais Francis et al. (2006, 2007a) mostraram que a composição de AG no filé refletiu àquela fornecida pela fonte de lipídeos da dieta, na qual peixes alimentados com diferentes óleos apresentaram altas concentrações de C20:5 $n-3$, C22:6 $n-3$ (óleo de peixe), ácido oleico (óleo de canola) e ácido linolênico (óleo de linhaça). Resultados semelhantes foram observados para o bacalhau do Atlântico (*Gadhus morhua*) quando alimentados com as mesmas fontes de lipídeos (JOBLING et al., 2008).

Com o objetivo de enriquecer os filés de *catfish* (*Ictalurus punctatus*) com ácido graxo linoleico conjugado (CLA) e AG altamente insaturados da série $\omega-3$ ($n-3$ AGAI, Ácidos Graxos Altamente Insaturados) através de dietas enriquecidas com fonte de lipídeos contendo altos níveis desses nutrientes, Manning et al. (2006), relataram que os filés obtidos deste experimento apresentaram excelentes características organolépticas e sensoriais, além de apresentarem no seu perfil de AG elevados níveis de CLA e os $n-3$ AGAI (Ácidos Graxos Altamente Insaturados), considerados nutracêuticos. Altos níveis de $n-3$ AGAI, também foram observados nos filés do *catfish* quando alimentado com óleo de peixe refinado, podendo ser usado como importante fonte de $n-3$ AGAI na alimentação humana (MANNING et al., 2007; O'NEAL; KOHLER, 2008; YILDIRIM-AKSOY et al., 2007).

As carpas comum (*Cyprinus carpio*) quando criadas em tanques com alimento natural, apresentam altos níveis dos AG das séries $n-6$ e $n-3$ e, portanto um equilíbrio na relação destes. Por outro lado, quando criadas de maneira intensiva, com base no alimento artificial, apresentam baixos níveis desses AG essenciais. Ao receberem uma ração contendo como fonte de lipídeos o óleo de peixe ou óleo de linhaça, observaram-se altos níveis dos AGPI da série $n-3$, que exercem um efeito positivo na saúde humana (KUKACKA et al., 2009; STEFFENS; WIRTH, 2007).

A substituição do óleo de peixe pelo óleo de canola na alimentação do *sunshine bass* (*Morone chrysops* x *Morone saxatilis*) levou a um aumento linear nos níveis dos AG 18:1($n-9$) e 18:2($n-6$) e a um decréscimo linear nas quantidades de 20:5($n-3$), 22:6($n-3$) e $n-3$ AGAIs, nos filés desta espécie, na medida em que o óleo de peixe era substituído pelo canola (WONNACOTT et al., 2004). Também para o *largemouth bass* (*Micropterus salmoides*), a composição corporal em AG foi fortemente influenciada pela composição das fontes lipídicas adicionadas na dieta (TIDWELL et al., 2007). Os autores observaram maiores concentrações de EPA e DHA, nos peixes alimentados com a dieta contendo óleo de peixe quando comparados aos animais alimentados com outras fontes de lipídios (óleo de milho, óleo de linhaça, óleo de girassol e óleo extraído de um fungo).

O conhecimento do período necessário de arraçoamento para se obter filés com altos níveis de $n-3$ e boa relação $n-6/n-3$ é de extrema importância, uma vez que, as fontes de lipídeos que fornecem esses AG são mais cara que as comumente utilizadas nas dietas comerciais. Portanto, o uso de dietas enriquecidas com AG $n-3$ na fase final da produção, como uma ração de "acabamento", tornaria o pescado um produto com valor agregado e economicamente viável.

Com este propósito Tonial et al. (2009) relataram que o tempo necessário para se obter filés de tilápia do Nilo enriquecidos com $n-3$ foi de 45 dias, quando alimentadas com uma ração contendo 7% de óleo de linhaça. Pesquisas realizadas anteriormente para esta mesma espécie apresentam resultados satisfatórios de inclusão de AG $n-3$ nos filés de peixes alimentados por 30 dias (JUSTI et al., 2003; VISENTAINER et al., 2005). Porém, vale ressaltar que estes experimentos foram realizados com juvenis de tilápia, enquanto que, Tonial et al. (2009) trabalharam com adultos da mesma espécie.

Ao analisar a composição em AG de filés de linguados (*Scophthalmus maximus*) alimentados com dietas à base de óleo vegetal, observou-se redução no conteúdo de EPA e DHA. Contudo, este efeito foi revertido por meio do uso de rações de acabamento contendo óleo de peixe como fonte lipídica por um período de oito semanas (REGOST et al., 2003a, 2003b). Efeito similar foi observado para o salmão do Atlântico (*Salmo salar*), porém quando alimentados por 16 semanas com uma ração de acabamento enriquecidas com óleo de peixe (BELL et al., 2004).

O pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) é uma espécie carnívora muito apreciada por pescadores esportivos e por sua carne de excelente qualidade. Como forma de agregar valor à sua carne, o uso de dietas ricas em *n-3*, também é importante. Juvenis de pintado, quando alimentados com dietas contendo óleo de linhaça apresentaram altos níveis de AG *n-3* e *n-3* AGAIs na carcaça, melhorando sua relação *n-6/n-3*, o que a torna ainda mais saudável para o consumo humano (MARTINO et al., 2002a, 2002b).

O uso de fontes de origem vegetal (óleo de soja, óleo de girassol, óleo de linhaça) e animal (óleo de salmão) na alimentação do pacu (*Piaractus mesopotamicus*), com objetivo de avaliar a composição da composição de AG do filé, foi realizado por Nunes (2006). O autor relatou aumento no conteúdo de 18:2*n-6* nos filés dos peixes alimentados com o óleo de girassol e o óleo de soja, enquanto os animais alimentados com os óleos de linhaça e de salmão produziram filés ricos em AG da família *n-3* e com baixa relação *n-6/n-3*, características favoráveis à saúde humana.

Considerações finais

O intenso crescimento da aquicultura nas últimas décadas auxiliou a tornar o pescado mais acessível à população em geral. O Brasil tem um imenso potencial para a aquicultura, por apresentar características favoráveis como clima, geografia, disponibilidade de água e de grãos, além de inúmeras espécies com potencial produtivo. O desafio é aumentar a produção sem causar prejuízos ao ambiente. O pescado é, notadamente, um produto de altíssimo valor nutricional e, portanto, seu consumo é amplamente recomendado. Melhorar a qualidade nutricional da carne de algumas espécies de pescado, por meio do uso de fontes lipídicas nas dietas para as diferentes espécies de peixe mostra-se viável, quando o objetivo do produtor for agregar valor ao pescado, oferecer um produto diferenciado, rico em AG *n-3*, a um mercado crescente de consumidores em busca de alimentos mais saudáveis.

Referências

- AGREN, J. J.; HANNINEN, O.; LAITINEN, M.; SEPPANEN, K.; BERNHARDT, I.; FOGELHOLM, L.; HERRANEN, J.; PENTTILLA, I. Boreal freshwater fish diet modifies the plasma lipids and prostanoids and membrane fatty acids in man. **Lipids**, v. 23, n. 10, p. 924-929, 1998.
- ALASALVAR, C.; TAYLOR, K. D. A.; ZUBCOV, E.; SHAHIDI, F.; ALEXIS, M. Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): total lipid content, fatty acid and trace mineral composition. **Food Chemistry**, v. 79, n. 2, p.145-150, 2002.
- ANDRADE, A. D.; RUBIA, A. F.; MATSUSHITA, M.; SOUZA, N. E. W3 FATTY ACIDS IN FRESHWATER FISH FROM South Brazil. **Journal of The American Oil Chemoists Society**, v. 72, n. 10, p. 1207-1210, 1995.
- ARANA, L.V. **Aquicultura e desenvolvimento sustentável**: subsídios para a formulação de políticas de desenvolvimento da aquicultura brasileira. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999. 310 p.
- BADOLATO, E. S.; CARVALHO, J. B.; AMARAL MELLO, M. R. P.; TAVARES, M.; CAMPOS, N. C.; AUED-PIMENTEL, S.; MORAIS, C. Centesimal composition of fatty acids and caloric-value of five marine fish species in the different seasons. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 54, n. 1, p. 27-35, 1994.
- BALLESTRAZZI, R.; LANARI, D. Growth, body composition and nutrient retention efficiency of growing sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed fish oil or fatty acids Ca salts. **Aquaculture**, v. 139, n. 1, p. 101-106, 1996.
- BELDA, M. C. R.; POURCHET-CAMPOS, M. A. Ácidos graxos essenciais em nutrição: uma visão atualizada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 11, n. 1, p. 5-35, 1991.

BELL, J. G.; HENDERSON, R. J.; TOCHER, D. R.; MCGHEE, F.; SARGENT, J. R. Replacement of dietary fish oil with increasing levels of linseed oil: modification of flesh fatty acid compositions in Atlantic salmon (*Salmo salar*) using a fish oil finishing diet. **Lipids**, v. 39, n. 3, p. 223-232, 2004.

BOLETIM INFORMATIVO DO SETOR DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. São Paulo: Sindirações, maio 2013. Disponível em: <http://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2013/05/boletim-informativo-do-setor_maio-2013_versao_portugues-final.pdf>. Acesso em: 7 out 2013.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura: Brasil 2010**. Brasília, DF, 2012. 129 p. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/images/docs/Informações_e_Estatísticas/Boletim_MPA_2010.pdf>. Acesso em: 9 mar 2013.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura: Brasil 2011**. Brasília, DF, 2013. 60 p. Disponível em: <[http://www.mpa.gov.br/images/docs/Informações_e_Estatísticas/Boletim Estatístico MPA 2011FINAL3.pdf](http://www.mpa.gov.br/images/docs/Informações_e_Estatísticas/Boletim_Estatístico_MPA_2011FINAL3.pdf)>. Acesso em: 15 out. 2013.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Produção pesqueira e aquícola: estatística 2008 e 2009**. Brasília, DF, 2010. 30 p. disponível em: <<http://www.mpa.gov.br>>. Acesso em: 6 dez. 2013.

CALDER, P. C. Long-chain n-3 fatty acids and inflammation: potential application in surgical and trauma patients. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 36, n. 4, p. 433-446, 2003.

CHO, C. Y. Fish nutrition, feed and feeding: with special emphasis on salmonid aquaculture. **Food Review International**, v. 6, n., p. 333-357, 1990.

CONNOR, W. E.; PRINCE, M. J.; ULLMANN, D. The hypotriglycerimide effect of fishoil in adult onset diabetes without adverse glucose control. **Annals of the NewYork Academy of Science**, v.683, p.337-340, 1993.

CONQUER, J. A.; MARTIN, J. B.; TUMMON, I.; WATSON, L.; TEKPETEY, F. Effect of DHA supplementation on DHA status and sperm motility in asthenzoospermic males. **Lipids**, v. 35, n.1, p. 149-154, 2000.

CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Bioquímica de pescado e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 409 p.

CRAWFORD, A. M. C. D. **Seleção e preparo de alimentos**. Rio de Janeiro: Record, 1985. 383 p.

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K. A Piscicultura e o meio ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 68-87, 2010. Suplemento especial.

DEPARTMENT OF HEALTH. **Nutritional aspects of cardiovascular disease**. London: HMSO, 1994. 178 p. (Report on health and social subjects 46).

DURAZO-BELTRÁN, E.; D'ABRAMO, L. R.; TORO-VAZQUEZ, J. F.; VAZQUES-PELÁEZ, C.; VIANA, M. T. Effect of triacylglycerols in formulated diets on growth and fatty acid composition in tissue of green abalone (*Haliotis fulgens*). **Aquaculture**, v. 224, n. 1-4, p. 257-270, 2003.

ECKEL, R. H. The fish oil story fishy. **Circulation**, v. 122, n. 21, p. 2110-2112, 2010.

EWIN, J. **O lado sadio das gorduras**. Rio de Janeiro: Campus, 1997. 162 p.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture (SOFIA): 2008**. Rome, 2009. 196 p.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture (SOFIA): 2012**. Rome, 2012. 209 p.

FAO/WHO. Expert Committee. **Lipids in early development in fats and oil in human nutrition**. Rome, 1994. p. 49-55. (Food and nutrition paper, 57).

FRACALOSSO, D. M.; LOVELL, R. T. Growth and polar fatty acid composition of year-1 channel catfish fed various lipid source at two water temperatures. **The Progressive Fish Culturist**, v. 57, n. 2, p.107-113, 1995.

FRANCIS, D.S.; TURCHINI, G.M.; JONES, P.L.; DE SILVA, S.S. Effects of fish oil substitution with a mix blend vegetable oil on nutrient digestibility in Murray cod *Maccullochella peelii peelii*. **Aquaculture**, v. 269, n.1-4, p. 447- 455, 2007a.

FRANCIS, D. S.; TURCHINI, G. M.; JONES, P. L.; DE SILVA, S. S. Growth performance, feed efficiency and fatty acid composition of juvenile Murray cod, *Maccullochella peelii peelii*, fed graded levels of canola and linseed oil. **Aquaculture Nutrition**, v.13, n. 5, p. 335-350, 2007b.

- FRANCIS, D. S.; TURCHINI, G. M.; JONES, P. L.; DE SILVA, S. S. Effects of dietary oil source on growth and fatty acid composition of Murray cod, *Maccullochella peelii peelii*. **Aquaculture**, v. 253, n. 1-4, p. 547-556, 2006.
- GALLI, C.; SIMOPOULOS, A. P. **Dietary ω -3 and ω -6 fatty acids**: biological effects and nutritional essentiality. New York: Plenum Press, 1991. p. 391-402.
- GESTER, H. Can adults adequately convert alfa-lilenic (18:3n-3) to eicosapentaenoic acid (20:5n-3) and docosahexaenoic acid (22:6n-3)? **International Journal for Vitamin and Nutrition Research**, v. 68, n. 3, p.159-173, 1998.
- GONZÁLEZ, S.; FLICK, G. J.; O'KEEFE, S. F.; DUNCAN, S. E.; McLEAN, E.; CRAIG, S. R. Composition of farmed and wild yellow perch (*Perca flavescens*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 6-7, p. 720-726, 2006.
- GREENE, D. H. S.; SELIVONCHICK, D. P. Lipid metabolism in fish. **Progressive Lipid Research**, v. 26, n.1, p. 53-85, 1987.
- GUTIERREZ, L. E.; SILVA, R. C. M. Composição em ácidos graxos de peixes comercialmente importantes do Brasil. **Scientia Agricola**, v. 50, n. 3, p. 478-483, 1993.
- HAAG, M. Essential fatty acids and the brain. **Canadian Journal of Psychiatry**, v. 48, n. 3, p. 195-203, 2003.
- HAARD, N. F. Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. **Food Research International**, v. 25, n. 4, p. 289-307, 1992.
- HARDY, R. W. Diet preparation. In: HALVER, J. E. (Ed.) **Fish Nutrition**. 2 nd. San Diego: Academic Press, 1989. p. 476-549.
- HARRIS, W. S. Nonpharmacologic treatment of hypertriglyceridemia: focus on fish oils. **Clinical Cardiology**, v. 22, suppl. II, p. 40-43, 1999.
- HARRIS, W. S.; MOZAFFARIAN, D.; RIMM, E.; KRIS-ETHERTON, P.; RUDEL, L. L.; APPEL, L. J.; ENGLER, M. M.; ENGLER, M. B.; SACKS, F. Omega-6 fatty acids and risks for cardiovascular disease: a science advisory from the American Heart Association Nutrition Subcommittee of the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; Council on Cardiovascular Nursing; and Council on Epidemiology and Prevention. **Circulation**, v.119, n. 6, p. 902-907, 2009.
- HENDERSON, R.J.; TOCHER, D.R. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. **Progress in Lipid Research**, v. 26, n. 4, p. 282-347, 1987.
- HU, F.B.; MANSON, J.E.; WILLETT, W.C. Types of dietary fat and risk of coronary heart disease: a critical review. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 20, n.1, p. 5-19, 2001.
- HUNTER, B. J.; Roberts, D. C. K. Potential impact of the fat composition of farmed fish on human health. **Nutrition Research**, v. 20, n. 7, p. 1047-1058, 2000.
- JANKOWSKA, B.; ZAKES, Z.; ZMIJEWSKI, T.; SZCZEPKOWSKI, M. A comparison of selected quality features of the tissue and slaughter yield of wild and cultivated pikeperch *Sander lucioperca* (L.). **European Food Research and Technology**, v. 217, n. 5, p. 401-405, 2003.
- JOBLING, M.; BENDIKSEN, E. A. Dietary lipids and temperature interact to influence tissue fatty acid composition of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr. **Aquaculture Research**, v. 34, n. 15, p. 1423-1441, 2003.
- JOBLING, M.; LEKNES, O.; SAETHER, B. S.; BENDIKSEN, E. A. Lipid and fatty acid dynamics in Atlantic cod, *Gadus morhua*, tissues: influence of dietary lipid concentrations and feed oil sources. **Aquaculture**, v. 281, n. 1-4, p. 87-94, 2008.
- JUSTI, K. C.; HAYASHI, C.; VISENTAINER, N. E.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M. The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with n-3 fatty acids. **Food Chemistry**, v. 80, n. 4, p. 489-493, 2003.
- KIMURA, Y.; TAKAKU, T.; NAKAJIMA, S.; OKUDA, H. Effects of carp and tuna oils on 5-fluorouracil-induced antitumor activity and side effects in sarcoma 180-bearing mice. **Lipids**, v. 36, n. 4, p. 353-359, 2001.
- KREMER, J. M.; JUBIZ, W.; MICHALEK, A. Fish-oil fatty acid supplementation in active rheumatoid arthritis. **Annals of Internal Medicine**, v. 106, n. 4, p. 497-503, 1987.

- KUKACKA, V.; CHALOUPOKOVA, L.; FIALOVÁ, M.; KOPP, R.; MARES, J. The influence of linseed oil diet supplements to the fatty acid spectrum of common carp (*Cyprinus carpio* L.) muscle. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae et Brunensis**, v. 57, n. 5, p. 1-10, 2009.
- LAVIE, C. J.; MILANI, R. V.; MEHRA, M. R.; VENTURA, H. O. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and cardiovascular disease. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 54, n. 7, p. 585-594, 2009.
- LEE, S-M.; LEE, J. H.; KIM, K-D. Effect of dietary essential fatty acids on growth, body composition and blood chemistry of juvenile starry flounder (*Platichthys stellatus*). **Aquaculture**, v. 225, 1-4, p. 269-281, 2003.
- LIE, Ø. Flesh quality-the role of nutrition. **Aquaculture Research**, n. 32, suppl. 1, p. 341-348, 2001.
- MANNING, B. B.; LI, M. H.; ROBINSON, E. H. Feeding channel catfish, *Ictalurus punctatus*, diets amended with refined marine fish oil elevates omega-3 highly unsaturated fatty acids in fillets. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 38, n. 1, p. 49-58, 2007.
- MANNING, B. B.; LI, M. H.; ROBINSON, E. H.; PETERSON, B. C. Enrichment of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fillets with conjugated linoleic acid and omega-3 fatty acids by dietary manipulation. **Aquaculture**, v. 261, n. 1, p. 337-342, 2006.
- MARTINO, R. C.; CYRINO, J. E. P.; PORTZ, L.; TRUGO, L. C. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of the surubim, *Pseudoplatystoma coruscans*. **Aquaculture**, v. 209, n. 1-4, p. 209-219, 2002a.
- MARTINO, R. C.; CYRINO, J. E. P.; PORTZ, L.; TRUGO, L. C. Performance and fatty acid composition of surubim, *Pseudoplatystoma coruscans* fed diets with animal and plant lipids. **Aquaculture**, v. 209, n. 1-4, p. 233-246, 2002b.
- MAYSER, P.; MROWIETZ, U.; ARENBERGER, P.; BARTAK, P.; BUCHVALD, J.; CHRISTOPHERS, E.; JABLONSKA, S.; SAMHOFER, W.; SCHILL, W. B.; KRAMER, H. J.; SCHLOTZER, E.; MAYER, K.; SEEGER, W.; GRIMMINGER, F. Omega-3 fatty acid-based lipid infusion in patients with chronic plaque psoriasis: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled, multicenter trial. **Journal of the American Academy of Dermatology**, v. 38, n. 4, p.539-547, 1997.
- MEDINA, I.; GONZÁLEZ, M. J.; PAZOS, M.; MEDAGLIA, D. D.; SACCHI, R.; GALLARDO, J. M. Activity of plant extracts for preventing functional food containing n-3-PUFA. **European Food Research and Technology**, v. 217, n. 4, p. 301-307, 2003.
- MOREIRA, A. B.; VISENTAINER, J. V.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M. Fatty acids profile and cholesterol contents of three Brazilian *brycon* freshwater fishes. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 14, n. 4, p. 565-574, 2001.
- MORETTO, E.; FETT, R.; GONZAGA, L. V.; KUSKOSKI, E. M. **Introdução à ciência de alimentos**. Florianópolis: UFSC, 2002. 255 p.
- MUELLER, B. A.; TALBERT, R. L. Biological mechanisms and cardiovascular effects of Omega-3 fatty acids. **Clinical Pharmacology**, v. 7, n. 11, p. 795-807, 1988.
- NARAYAN, B.; MIYASHITA, K.; HOSAKAWA, M. Physiological effects of eicopentaenoic acid (EPA) and docosaheptaenoic acid (DHA) - a review. **Food Reviews International**, v. 22, n. 3, p. 291-307, 2006.
- NETTLETON, J.A. **Omega-3 fatty acids and health**. New York: Chapman & Hall, 1995. 357 p.
- NEWTON, I.S. Food enrichment with long-chain n-3 PUFA. **Food Technology**, v. 7, n. 2, p. 169-177, 1996.
- NOGALA-KALUCKA, M.; KORCZAK, J.; DRATWIA, M.; LAMPART-SZCZAPA, E.; SIGER, A.; BUCHOWSKI, M. Changes in antioxidant activity and free radical scavenging potential of rosemary extract and tocopherols in isolated rapeseed oil triacylglycerols during accelerated tests. **Food Chemistry**, v. 93, n. 2, p. 227-235, 2005.
- NUNES, C. S. **Desempenho de produção e enriquecimento em ácidos graxos de pacu *Piaractus mesopotamicus* com diferentes fontes lipídicas nas dietas**. 2006. 76 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) –, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- O'NEAL, C. C.; KOHLER, C. C. Effect of replacing menhaden oil with catfish oil on the fatty acid composition of juvenile channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 39, n. 1, p. 62-71, 2008.
- OETTERER, M. **Industrialização do pescado cultivado**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 200 p.

- OETTERER, M. Pescado - um alimento importante e nem sempre selecionado e conservado adequadamente. In: RAMIRES, J. A. F. (Ed.). **Viva com mais saúde**. São Paulo. Editora da USP, 2009. p. 37-43.
- OETTERER, M. Proteínas do pescado: processamento com intervenção na fração protéica. In: OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2006. p. 99-134.
- OGAWA, N. B. P.; MAIA, E. L. **Manual de Pesca: ciência e tecnologia do pescado**. São Paulo: Varela, 1999. v. 1, 430 p.
- OHR, L. M. Functional fatty acids. **Food Technology**, v. 59, n. 4, p. 63-65, 2005.
- PERES, H.; OLIVA-TELES, A. Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juveniles (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, v. 179, n. 1-4, p. 325-334, 1999.
- PIEIDADE, K. R. Uso de ervas aromáticas na estabilidade oxidativa de filés de sardinha (*Sardinella brasiliensis*) processados. Piracicaba, 2007. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- POPULATION REFERENCE BUREAU. **World population data sheet 2011**. Disponível em <http://www.prb.org/pdf11/2011population-data-sheet_eng.pdf>. Acesso em: 26 fev 2013.
- RASMUSSEN, R. S. Quality of farmed salmonids with emphasis on proximate composition, yield, and sensory characteristics. **Aquaculture Research**, v. 32, n. 10, p. 767-786, 2001.
- REGOST, C.; ARZEL, J.; ROBIN, J.; ROSENLUND, G.; KAUSHIK, S. J. Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in turbot (*Psetta maxima*), 1. Growth performance, flesh fatty acid profile, and lipid metabolism. **Aquaculture**, v. 217, n. 1-4, p. 465-482, 2003a.
- REGOST, C.; ARZEL, J.; ROBIN, J.; ROSENLUND, G.; KAUSHIK, S. J. Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in turbot (*Psetta maxima*), 2. Flesh quality properties. **Aquaculture**, v. 220, n. 1-4, p. 737-747, 2003b.
- RICE, R. D. Fish consumption and health: an overview. In: HAMILTON, R. J.; RICE, R. D. (Ed.). **Fish oil technology, nutrition and marketing**. Bridgewater: Barnes & Associates, 1995. p. 9-26.
- ROSE, D. P.; CONNOLLY, J. M. Omega-3 fatty acids as cancer chemopreventive agents. **Pharmacology & Therapeutics**, v. 83, n. 3, p. 217-244, 1999.
- RUITER, A. **Fish and fishery products: composition, nutritive properties and stability**. Wallingford: CAB International, 1995. 387 p.
- SALEM Jr., N. Introduction to polyunsaturated fatty acids. **Backgrounder**, v. 3, n. 1, p. 1-8, 1999.
- SCHIMIDT, M. A. **Gorduras inteligentes**. São Paulo: Roca, 2000. 231 p.
- SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações**. São Paulo: Varela, 1996. 517 p.
- SHAHIDI, F. Lípidos y proteínas funcionales del pescado In: MASSA, G. (Ed.). **Alimentos funcionales: aspectos bioquímicos y de procesos**. Zaragoza: Editora Acribia, 2000. p. 379-400.
- SIKORSKI, Z. E.; KOLAKOWSKA, A. **Chemical and functional properties of food lipids**. Boca Raton: CRC Press, 2003. 388 p.
- SIMOPOULOS, A. P. Evolutionary aspects of the diet: the Omega-6/omega-3 ratio and the brain. **Molecular Neurobiology**, v. 44, n. 2, p. 203-215, 2011.
- SIMOPOULOS, A. P. Symposium: role of poultry products in enriching the human diet with *N*-3 PUFA: human requirement for *N*-3 polyunsaturated fatty acids. **Poultry Science**, v.79, n. 7, p. 951-970, 2000.
- SIMOPOULOS, A. P. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic disease. **Experimental Biology and Medicine**, v. 233, n. 6, p. 674-688, 2008.
- SKAARA, T.; REGENSTEIN, J. M. The structure and properties of myofibrillar proteins in beef, poultry, and fish. **Journal of Muscle Foods**, v. 1, n. 4, p. 269-291, 1990.

- SONODA, D. Y. **Demanda por pescado no Brasil entre 2002 e 2003**. 2006. 119 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba.
- STEFFENS, W.; WIRTH, M. Influence of nutrition on the lipid quality of pond fish: common carp (*Cyprinus carpio*) and tench (*Tinca tinca*). **Aquaculture International**, v. 15, n. 3-4, p. 313-319, 2007.
- SUÁREZ-MAHECHA, H.; FRANCISCO, A.; BEIRÃO, L. H.; BLOCK, J. M.; SACCOL, A.; PARDO-CARRASCO, S. Importância de ácidos graxos poliinsaturados presentes em peixes de cultivo e de ambiente natural para a nutrição humana. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 28, n. 10, p. 101-110, 2002.
- TIDWELL, J.H.; COYLE, S.; BRIGHT, L.A. Effects of different types of dietary lipids on growth and fatty acid composition of largemouth bass. **North American Journal of Aquaculture**, v. 69, n.4, p. 257-264, 2007.
- TONIAL, I. B.; STEVANATO, F. B.; MATSUSHITA, M.; SOUZA, N. E.; FURUYA, W. M.; VISENTAINER, J. V. Optimization of flaxseed oil feeding time length in adult Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) as a function of muscle omega-3 fatty acids composition. **Aquaculture Nutrition**, v.15, n. 6, p. 564-568, 2009.
- TURCHINI, G. M.; TORSTENSEN, B. E.; NG, W.-K. Fish oil replacement in finfish nutrition. **Reviews in Aquaculture**, v.1, n. 1, p.10-57, 2009.
- UAUY, R.; VALENZUELA, A. Marine oils: the health benefits of n-3 fatty acids. **Nutrition**, v.16, n. 7, p. 680-684, 2000.
- UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. **Relatório anual**: 2012. Disponível em: <<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/41c30a0f46702351b561675f70fae077.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2013.
- VARGAS, R. J.; SOUZA, S. M. G.; KESSLER, A. M.; BAGGIO, S. R. Replacement of fish oil with vegetable oils in diets for jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy and Gaimard 1824): effects on performance and whole body fatty acid composition. **Aquaculture Research**, v. 39, n. 6, p. 657-665, 2008.
- VIEGAS, E. M. M. Lipídios e ácidos graxos na nutrição de peixes de água doce. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE NUTRIÇÃO E SAÚDE DE PEIXES, 4. 2011, Botucatu. [Trabalhos apresentados...]. Botucatu: FEPAF, 2011. p. 80-86.
- VISENTAINER, J. V. **Composição de ácidos graxos e quantificação dos ácidos graxos LNA, EPA e DHA no tecido muscular de tilápias (*Oreochromis niloticus*), submetidas a diferentes tratamentos com óleo de linhaça**. Campinas, 2003. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas.
- VISENTAINER, J. V.; CARVALHO, P. O.; IKEGAKI, M.; PARK, Y. K. Concentração de ácido eicosapentaenóico (EPA) e ácido docosahexanóico (DHA) em peixes marinhos da costa brasileira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, p. 90-93, 2000.
- VISENTAINER, J. V.; SALDANHA, T.; BRAGAGNOLO, N.; FRANCO, M. R. B. Relação entre teores de colesterol em filés de tilápias e níveis de óleo de linhaça na ração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 310-314, 2005.
- WARD, O. P. Microbial production of long-chain PUFAs. **Biotechnology Inform**, v. 6, n. 6, p. 683-687, 1995.
- WEBSTER, C. D.; LIM, C. Introduction to fish nutrition. In: WEBSTER, C. D.; LIM, C. (Ed.). **Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture**. New York: CABI Publishing, 2002. p. 1-27.
- WONNACOTT, E. J.; LANE, R. L.; KOHLER, C. C. Influence of dietary replacement of menhaden oil with canola oil on fatty acid composition of sunshine bass. **North American Journal of Aquaculture**, v. 66, n.4, p. 243-250, 2004.
- YILDIRIM-AKSOY, M.; SHELBY, R.; LIM, C.; KLESIUS, P. H. Growth performance and proximate and fatty acid compositions of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, fed for different duration with a commercial diet supplemented with various levels of menhaden fish oil. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.38, n. 4, p. 461-474, 2007.
- YOKOYAMA, V. A. Qualidade do camarão da espécie *Xyphopenaeus kroyeri* mediante ação de antimelanócitos. 2007. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba.
- ZENEBE, T.; AHLGREN, G; GUSTAFSSON, I. B. Fatty acid and lipid content on *Oreochromis niloticus* L. in Ethiopian lakes – dietary effects of phytoplankton. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 7, n. 3, p. 146-158, 1998.

Embrapa

**Agropecuária Oeste
Pantanal**

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

G O V E R N O F E D E R A L
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA