UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

RASTREABILIDADE EM CAMARÕES MARINHOS UTILIZANDO A TÉCNICA DOS ISÓTOPOS ESTÁVEIS DO CARBONO E NITROGÊNIO

CIBELE REGINA DE SOUZA-KRULISKI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia como parte das exigências para obtenção do título de Mestre

BOTUCATU – SP
Dezembro – 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

RASTREABILIDADE EM CAMARÕES MARINHOS UTILIZANDO A TÉCNICA DOS ISÓTOPOS ESTÁVEIS DO CARBONO E NITROGÊNIO

CIBELE REGINA DE SOUZA-KRULISKI
Bióloga

ORIENTADOR: Prof. Dr. CARLOS DUCATTI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia como parte das exigências para obtenção do título de Mestre

BOTUCATU – SP
Dezembro – 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO DE AQUIS. E TRAT. DA INFORMAÇÃO
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: *ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE*

Souza-Kruliski, Cibele Regina de.
Rastreabilidade em camarões marinhos utilizando a técnica dos isótopos estáveis do carbono e nitrogênio / Cibele Regina de Souza-Kruliski. – Botucatu: [s.n.], 2011

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Orientador: Carlos Ducatti
Capes: 50403001

1. Camarão. 2. Isótopos estáveis.

Palavras-chave: Camarões; Carbono; Isótopos estáveis; Nitrogênio; Rastreabilidade.

O trabalho concretizado recompensa
longos dias batalhados
e algumas noites mal dormidas.

"Nos meus sonhos você sempre acreditou,
com seu jeito amigo você me encorajou,
fez descobrir a verdadeira pessoa que hoje sou."
Gisele Laet

Aos meus pais Lúcio de Souza "in memorian" e Ivanira Cruz de Souza, por me ensinarem o verdadeiro valor da família, exemplos, na prática, de pais zelosos e carinhosos, amigos de todas as horas, pessoas maravilhosas, escolhidas por Deus, e que sempre me mostraram que a vida só tem sentido quando nela temos o amor, a família, o respeito ao próximo, a fé e o trabalho.

Às minhas irmãs e verdadeiras amigas Luciane Cristina de Souza Liao e Gisele Cristiane de Souza Oliveira Laet, por aprenderem tão bem o que nossos pais nos ensinaram, tornando minha vida muito mais feliz. Vocês são as melhores irmãs que eu poderia ter.

À minha avó Lourdes, exemplo de perseverança, presente em todos os momentos da minha vida, sempre com palavras de incentivo e coragem.

Ao meu marido Adan, por todos os maravilhosos anos de convivência, pelo amor, amizade e acima de tudo confiança.

A todos vocês...

Dedico

Agradecimentos Especiais

A Deus, sempre, pelo dom da vida, pela saúde, por guiar-me pelos melhores caminhos, os mais seguros e os mais certos para minha felicidade.

Aos meus sobrinhos Bruno, Júlia, Gabriel e Guilherme, por me fazerem a tia mais feliz do mundo.

Aos meus cunhados, que considero irmãos, Marcão e Cesinha, por estarem sempre presentes e cuidarem de verdadeiros tesouros, minhas irmãs e meus sobrinhos.

À minha sogra Odete, meu sogro Adão e minha cunhada Évelin, por torcerem por mim sempre, em toda e qualquer ocasião.

Ao João, obrigado cuidar com carinho da minha mãe e da vó.

Agradecimentos

Meus sinceros agradecimentos,

Ao Prof. Dr. Carlos Ducatti, meu orientador e amigo, por "escancarar" as portas do Centro de Isótopos, dando-me a oportunidade de desenvolver esta e outras pesquisas, pelo profissionalismo e seriedade em tudo que faz, pela confiança, paciência, respeito e amizade, saiba Tatão que seu lema "liberdade com responsabilidade" me acompanhará por toda vida. Muito Obrigada!

À Prof.ª Dr.ª Léa Silvia Sant'Ana, pela coorientação neste trabalho, pelas boas e empolgantes idéias, por compartilhar seu conhecimento, pelos contatos que proporcionaram as coletas, pela amizade e atenção dispensadas. Muito Obrigada!

Ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP/Botucatu, pela oportunidade de realização deste curso.

Aos funcionários da Seção de Pós Graduação da FMVZ, Seila Cristina Cassineli e Carlos Pazini Júnior, por toda atenção e auxílio dispensados, mas principalmente pela paciência.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Adilson Fransozo, por prontamente aceitar fazer parte deste trabalho, pelas coletas em Ubatuba, por todas as idéias e principalmente pela amizade.

À Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Negreiros Fransozo, pela disposição em ajudar sempre com valiosas dicas e sincera amizade.

À amiga e agora professora Dr.ª Juliana Célia Denadai, por toda ajuda sempre muito bem vinda, pela amizade que começou na infância e que hoje tenho o prazer de trabalhar, conviver e aprender. Jú, sua ajuda foi inquestionavelmente fundamental para a realização deste trabalho, muito obrigada!

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, pescadores, amigos, amigos de amigos que contribuíram com coletas.

Aos excelentes profissionais e queridos amigos do Centro de Isótopos Estáveis, Evandro Tadeu da Silva e Silvia Regina Américo Maschette, por todo cuidado nas

análises isotópicas, por estarem sempre prontos a me ajudar, não só neste trabalho, mas em todos que realizamos no laboratório, obrigada por "segurarem as pontas". Vocês são amigos de longa data que considero muito, obrigada por dividirem comigo trabalho, carinho, sorriso, emoções, enfim, nossas vidas.

À Dr.ª Luciene Aparecida Madeira, amiga querida sempre pronta a ajudar, ouvir e entender, pessoa insubstituível que perto ou longe guardarei sempre em meu coração.

À Prof.ª Dr.ª Maria Márcia Pereira Sartori, por sua amizade, profissionalismo e indispensável ajuda com as análises estatísticas.

À Dr.ª Rosangela Kiyoko Jomori Bonichelli, pela disposição sempre em contribuir com excelentes idéias.

À minha amiga Dr.ª Vivian Negreiros Fransozo Cunha, pelo incentivo em trabalhar com camarões, por todo material compartilhado, e principalmente por sua sincera amizade.

Aos primos Rodrigo e Sofia, obrigada por trazerem os camarões de Santa Catarina, mas principalmente obrigada pela amizade, carinho e incentivo, por todos os momentos, e não forem poucos, que passamos juntos, nos divertindo sempre e tornando a vida mais gostosa.

A todos vocês, muito obrigada!!!

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS 1
Considerações iniciais 2
Introdução 2
Caracterização das espécies estudadas 4
Importância e consumo de camarão 6
Rastreabilidade 8
Isótopos estáveis do carbono e nitrogênio 9
Literatura Citada 14
CAPÍTULO 2 20
ANÁLISE DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS DO $\delta^{13}C$ E $\delta^{15}N$ PARA ESTUDOS EM RASTREABILIDADE DE CAMARÕES PESCADOS NA COSTA BRASILEIRA 21
Resumo 21
Abstract 22
Introdução 23
Material e Métodos 26
Resultados e Discussão 29
Conclusões 45
Literatura Citada 46
IMPLICAÇÕES 50
Implicações 51

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1	.....	1
Figura 1	Vista lateral representativa da anatomia externa do camarão peneídeo. Esquema indicando as principais partes do camarão peneídeo: antenas, antênulas, rostro, carapaça, cefalotórax, abdomen, urópodes, pleópodes, pereópodes e maxilípedes	3
Figura 2	Vista lateral do *Xiphopenaeus Kroyeri*	4
Figura 3	Vista lateral de um exemplar adulto de *Farfantepenaeus brasiliensis*...	6
Figura 4	Esquema representativo de enriquecimento relativo de uma amostra em relação ao padrão	12
CAPÍTULO 2	.....	20
Figura 1	Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo, casca e estômago de camarões rosa coletados em Alagoas.....	31
Figura 2	Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo, casca e estômago de camarões rosa coletados no Piauí	32
Figura 3	Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo, casca e estômago de camarões rosa coletados em São Paulo	33
Figura 4	Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo, casca e estômago de camarões rosa coletados em Santa Catarina	34
Figura 5	Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e de $\delta^{15}N$ do músculo de camarões rosa entre estados	35
Figura 6	Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e de $\delta^{15}N$ da casca de camarões rosa entre estados.....	36
Figura 7	Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e de $\delta^{15}N$ do estômago de camarões rosa entre estados	37

Figura 8 Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo, casca e estômago de camarões sete barbas coletados em Alagoas 38

Figura 9 Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo, casca e estômago de camarões sete barbas coletados no Piauí 39

Figura 10 Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo, casca e estômago de camarões sete barbas coletados em São Paulo 39

Figura 11 Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo, casca e estômago de camarões sete barbas coletados em Santa Catarina 40

Figura 12 Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo de camarões sete barbas entre estados 41

Figura 13 Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ da casca de camarões sete barbas entre estados 42

Figura 14 Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do estômago de camarões sete barbas entre estados 43

Figura 15 Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo de camarões rosa e sete barbas dos estados de (A) Alagoas, (B) Piauí, (C) Santa Catarina e (D) São Paulo 45

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1	.....	1
Tabela 1	Abundância natural dos isótopos estáveis em átomos% e suas moléculas gasosas comumente utilizadas em espectrometria de massas	11
CAPÍTULO 2	.....	20
Tabela 1	Número de exemplares de camarão coletados de cada espécie, separados por sexo e por estado	26
Tabela 2	Quantidade de material seco, em microgramas (μg), das diferentes frações corporais do camarão	27
Tabela 3	Valor médio do comprimento do cefalotórax (CC), em milímetros, dos animais coletados em cada estado.....	29
Tabela 4	Média e desvio padrão dos valores de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ das diferentes frações corporais do camarão rosa, por estado.....	30
Tabela 5	Média e desvio padrão dos valores de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ das diferentes frações corporais do camarão sete barbas, por estado.....	37

CAPÍTULO 1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Introdução

Os crustáceos pertencem a um grupo zoológico constituído por mais de 42.000 espécies, sendo a maioria aquática. Este grupo inclui inúmeras espécies muito apreciadas para consumo humano, como, por exemplo, camarões, lagostas, lagostins, caranguejos e siris (BARRACCO *et al.*, 2007). *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817), (= *Penaeus brasiliensis*, classificação alterada por Pérez-Farfante e Kensley, 1997) conhecido, popularmente, como camarão rosa, e *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862), camarão sete barbas, crustáceos pertencentes à Ordem Decápoda, Subordem Dendrobranchiata, Superfamília Penaeoidea, que pertencem à Família Penaeidae (RUPERT e BARNES, 2005).

Existem três grupos principais de camarões: Dendrobranchiata, Stenopodidea e Caridea. Os Dendrobranchiata (com duas superfamílias: Penaeoidea e Sergestoidea) são caracterizados por apresentarem os três primeiros pares de pereiópodos quelados com forma e tamanhos similares, a pleura do segundo somito abdominal sobrepõe a terceira, mas não a primeira, e as brânquias são do tipo dendrobranquiata, com ramificações bisseriadas (PÉREZ-FARFANTE e KENSLEY, 1997). O aparelho copulador do macho (petasma) está localizado no primeiro somito abdominal, e na fêmea (télico) situado ventralmente na base entre o quarto e quinto pares de pereíopodos. (COSTA *et al.*, 2003), podendo ser fechado ou aberto. As fêmeas liberam os ovos diretamente na água. (DALL *et al.* 1990).

Os camarões possuem tegumento fino e corpo dividido em duas regiões: o cefalotórax e o abdome. A maioria deles tem rostro proeminente com dentes dorsais e alguns gêneros com dentes na região ventral. Os olhos são pedunculados. A cabeça apresenta um par de antenas, um par de antênulas, um par de mandíbulas e dois pares de maxilas. O tórax possui três pares de maxilípedes e cinco pares de pereiópodos (patas). Os cinco primeiros somitos abdominais apresentam apêndices (pleópodos) especializados para a natação e no sexto somito os apêndices estão modificados como um leque caudal formado por um par de urópodos e um telso terminal.

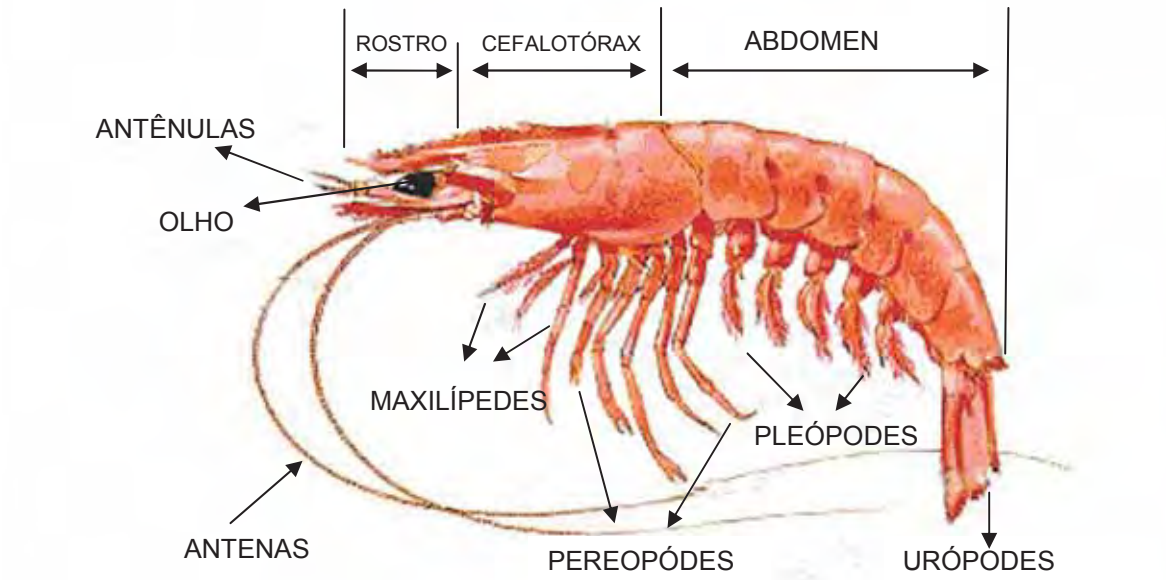


Figura 1 – Vista lateral representativa da anatomia externa do camarão peneídeo. Esquema indicando as principais partes do camarão peneídeo: antenas, antênulas, rostro, carapaça, cefalotórax, abdomen, urópodes, pleópodes, pereópodes e maxilípedes. (Fonte DALL *et al.*, 1990)

Diversos fatores ambientais podem ser determinantes e fundamentais na distribuição espaço-temporal dos camarões peneídeos, como o tipo de sedimento, salinidade, profundidade e temperatura. O fator mais importante na distribuição desses organismos é o sedimento e suas características como textura (granulometria) e teor de matéria orgânica uma vez que grande parte das espécies de camarões peneídeos possui hábitos bentônicos (DALL *et al.*, 1990; COSTA *et al.*, 2007).

No Estado de São Paulo, a espécie de camarão peneídeo mais explorada comercialmente, em termos de biomassa, é *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862), denominado popularmente como camarão sete barbas (RODRIGUES *et al.*, 1993; NAKAGAKI e NEGREIROS-FRANSOZO 1998 e CASTRO *et al.*, 2005). Segundo D'Incao *et al*. (2002), o camarão sete barbas constitui a principal parcela dos desembarques pesqueiros das regiões Sul e Sudeste.

Caracterização das espécies estudadas

O camarão sete barbas (*Xiphopenaeus Kroyeri*) ocorre em toda costa do Atlântico Ocidental, do Estado da Virgínia (EUA) até o Estado do Rio Grande do Sul (Brasil), e no Pacífico Oriental, da costa da Sinaloa (México) até Paita (Peru), sendo encontrados com maior abundância em profundidades mais rasas, ou seja, menores que 30 m, com fundo de areia e lama (IWAI, 1973; PÉREZ FARFANTE, 1978; HOLTHUIS, 1980; D'INCAO, 1995; COSTA *et al.*, 2003). Esta espécie possui características morfoanatômicas de fácil visualização como rostro com dentes dorsais em número de cinco reunidos na crista proximal, sendo seu comprimento maior que o pedúnculo antenular. As fêmeas possuem télico com placa anterior mediana larga e par de receptáculos seminais cobertos por uma bolsa. Nos machos o petasma é formado no primeiro par de pleópodos pela união dos endopoditos modificados e com expansões laterais em forma de asas (D'INCAO, 1995).

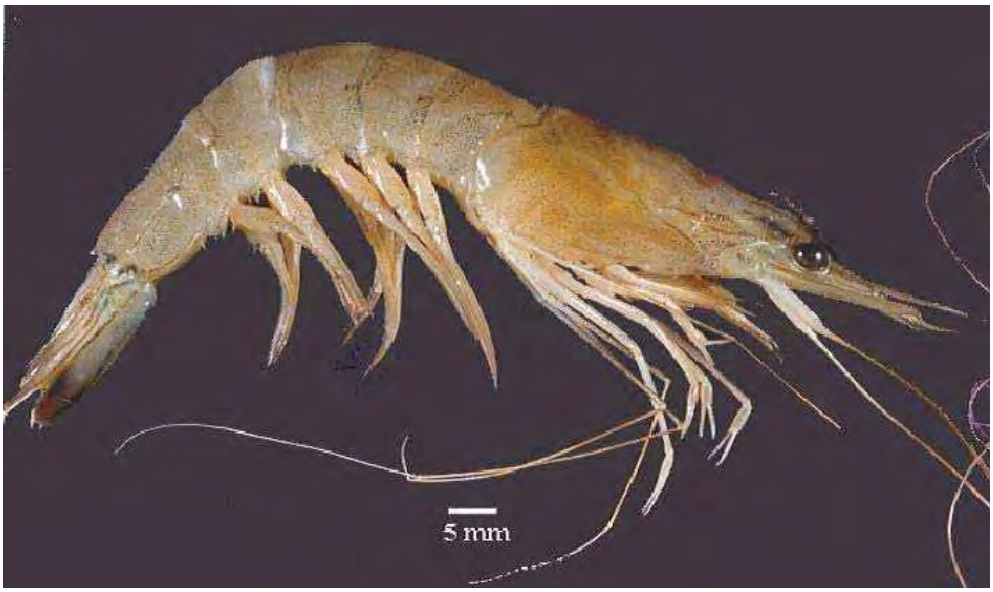


Figura 2. Vista lateral do *Xiphopenaeus Kroyeri* (COSTA *et al.*, 2003)

O camarão sete barbas é considerado um dos mais importantes recursos pesqueiros, dentre os Dendrobranchiata de águas marinhas da costa norte do Estado de São Paulo (NAKAGAKI e NEGREIROS-FRANSOZO, 1998; FRANSOZO *et al.*, 2000; CASTRO *et al.*, 2005). Além disso, possui importante papel ecológico, juntamente com outros organismos marinhos, no sentido de manter a estabilidade nas relações tróficas de comunidades bentônicas (NAKAGAKI e NEGREIROS-

FRANSOZO, 1998), pois é um dos componentes que apresenta maior biomassa. Nas últimas décadas, *X. kroyeri* tem sido muito explorado como recurso pesqueiro, chegando a ser 90% do total de camarões peneídeos capturados em águas rasas, em profundidades menores que 20 m (FRANSOZO *et al.*, 2002).

No Brasil, o camarão sete barbas tem sido estudado, principalmente, quanto à sua biologia pesqueira, dinâmica populacional, distribuição geográfica e ecológica, reprodução e desenvolvimento larval. Por se tratar de espécie costeira, é acessível à pesca de pequena escala, destacando-se entre os pescados desembarcados na costa paulista pela quantidade capturada e pelo número de embarcações envolvidas na atividade (SEVERINO-RODRIGUES *et al.*, 1993).

O camarão rosa, *Farfantepenaeus brasiliensis*, distribui-se desde o Atlântico Ocidental - USA (Cape Hatteras, Carolina do Norte) até o Brasil (Amapá até o Rio Grande do Sul). É encontrado desde águas rasas até profundidade máxima mencionada na literatura de 366 m, sendo mais freqüente entre 36 e 55 m de profundidade, preferindo fundos de areia, lama e lama com conchas. Essa espécie apresenta como característica distintiva dois dentes ventrais no rostro, sulco adostral rostral longo e sulco dorso-lateral sem estreitamento, além de uma mancha escura na juntura do 3° e 4° somito abdominal (D'NCAO, 1995 e COSTA *et al.*, 2003).

Juvenis destas espécies são capturados em áreas de berçários naturais por pequenas embarcações ou por redes de espera, enquanto que populações adultas em mar aberto (VALENTI *et al.*, 1991). De acordo com Dall *et al.* (1990), os adultos da maioria das espécies do gênero *Farfantepenaeus*, geralmente, habitam áreas distantes da costa para a reprodução. Logo após a eclosão das larvas, estas migram para regiões mais rasas e quando atingem a fase de pós-larvas adentram os estuários onde se assentam e desenvolvem-se até juvenis. Uma vez alcançando esse estágio, crescem e próximos da maturidade sexual (subadultos) iniciam uma migração para o mar aberto, completando assim o ciclo de vida (COSTA e FRANSOZO, 1999). Dall *et al.* (1990) e D'Incao (1991) propõem um ciclo de vida (tipo II) para este evento em que os organismos na fase inicial de vida dependem do estuário para completar seu desenvolvimento como no caso das espécies de camarões rosa.

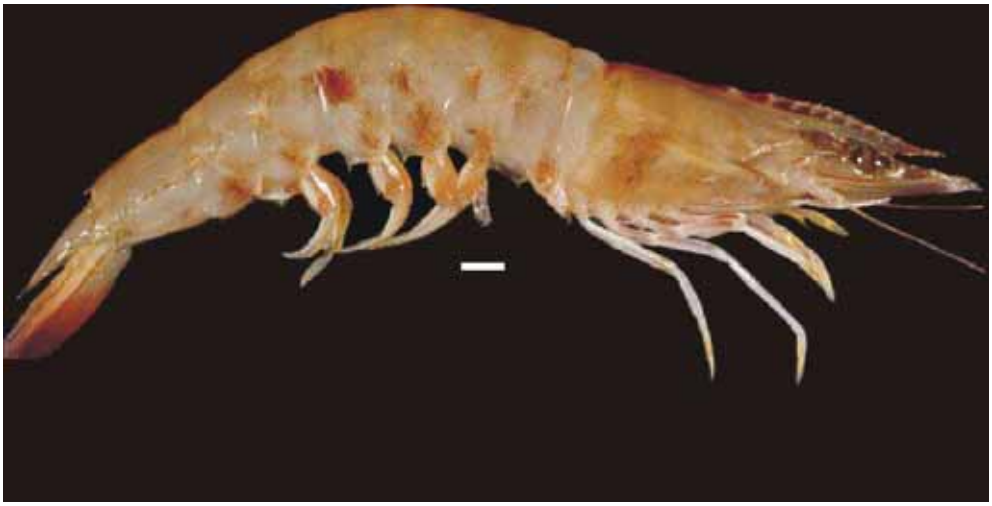


Figura 3. Vista lateral de um exemplar adulto de *Farfantepenaeus brasiliensis* (COSTA *et al.*, 2003)

Importância e consumo de camarão

Os camarões peneídeos constituem um dos recursos pesqueiros mais freqüentes e explorados nas regiões costeiras em todo o mundo, assim como em toda costa brasileira (ALBERTONI *et al.*, 2003). Segundo Natividade *et al*. (2004), o camarão sete barbas constitui a principal parcela dos desembarques pesqueiros das regiões Sul e Sudeste do Brasil.

No ano de 2005, 50,3% da produção total de pescado do Brasil veio da pesca extrativista marinha, apresentando realidades bastante distintas entre regiões, inclusive com relação a camarões e demais crustáceos. Na região Norte, por exemplo, a pesca do camarão rosa sofreu decréscimo de 13,1%, igualmente na região Nordeste, já na região Sudeste várias espécies de crustáceos apresentaram crescimento na produção, e na região Sul, o destaque foi para o camarão rosa que esteve entre os itens de maior crescimento (SEBRAE, 2008).

Segundo dados do Sebrae (2008), um estudo de mercado, mostrou que o consumo total de camarões no Brasil pode ser estimado por meio do consumo aparente, no qual ao volume produzido é somado as importações e subtraído as exportações. Dessa forma considerando que a produção de 2005 foi de 63.134 mil toneladas e que as exportações atingiram 45.055 mil toneladas, tem-se que o consumo total foi de 18.079 mil toneladas.

Em 2005, considerando os dados do consumo total e o número de habitantes, estimou-se que o consumo aparente de camarão no Brasil foi em torno de 0,25 kg *per capita* /ano, ficando abaixo da média mundial de 0,7 kg/ano (SEBRAE, 2008).

Segundo dados do IBGE de 2004, resultados de pesquisas comprovam a pequena participação do pescado na mesa dos brasileiros em relação às outras fontes como as carnes vermelhas e as proteínas prontas (laticínios, presuntos e embutidos). O estudo mostrou que o camarão fresco apresenta o quarto maior consumo entre os tipos de pescado, destacando-se o consumo domiciliar elevado de camarões na região Norte do país, onde o camarão é o segundo pescado mais consumido nos domicílios. O consumo *per capita* de camarões varia muito entre os estados, Amapá, Pará e Sergipe e até o Distrito Federal destacam-se como alguns dos principais consumidores. São Paulo possui um baixo consumo *per capita*, apenas 0,040 kg/ano, mas, como possui a maior população qualquer aumento implica em grandes volumes (SEBRAE, 2008).

Em São Paulo, o consumo per capita de pescado foi em torno de 2,5 kg/habitante/ano (IBGE, 2000). Segundo dados da FAO (2011a), em 2007 a captura global de camarão rosa girava em torno de 8.238 toneladas enquanto que em 2009, esse número passou para 10.841 toneladas, aumento de 24%.

No Brasil, em Ubatuba, no ano de 2004, o camarão sete barbas contribuiu com 10% do total pescado no município, com produção de 265.955 kg pescados, enquanto que a pesca do camarão rosa contribuiu com 68.501 kg (ÁVILA-DA-SILVA *et al.*, 2005). Com relação à captura global de camarão sete barbas, nota-se um decréscimo de 9,43% nos últimos anos, em 2007 foram capturados 42.397 toneladas e em 2009 foram 42.001 toneladas (FAO, 2011b).

Em termos de valor de mercado, o camarão rosa, relativamente maior e por isso mais valorizado, tem seu quilo comercializado em torno de R$ 45,00, dependendo do seu tamanho. Já o camarão sete barbas, tem o quilo avaliado no mercado em torno de R$ 6,00 (CEAGESP, 2011), o que poderia levar comerciantes inescrupulosos a tentar fraudar a comercialização destes camarões, misturando-os, principalmente se estes estiverem descascados e limpos.

Rastreabilidade

Definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2005), segundo a norma NBR ISO 9000, rastreabilidade "é a capacidade de recuperar o histórico, a aplicação ou localização daquilo que está sendo considerado".

O Regulamento (CE) nº 178/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho de 28 de Janeiro de 2002 define rastreabilidade de alimentos como "a capacidade de detectar a origem e de seguir o rasto de um gênero alimentício, de um alimento para animais, de um animal produtor de gêneros alimentícios ou de uma substância, destinados a ser incorporados em gêneros alimentícios ou em alimentos para animais, ou com probabilidades de o ser, ao longo de todas as fases da produção, transformação e distribuição". Esta definição de rastreabilidade refere-se a informações relacionadas a produtos agropecuários, animais ou alimentos para animais.

Rastreabilidade é um sistema que possibilita a localização, a origem do alimento ou de espécies consumidas como alimentos em todos os elos da cadeia de produção ou da extração, rastreando o produto da matéria prima ao consumidor, fornecendo informações quanto à origem e qualidade desse produto, bem como o ambiente onde o produto ou o animal estão inseridos, gerando desta forma um alimento monitorado.

A dificuldade de se fazer um histórico adequado em relação à origem geográfica e à identidade de determinados alimentos faz da rastreabilidade uma ferramenta chave no processo de certificação de produtos.

Segundo Petersen e Green (2007), a rastreabilidade pode ser dividida em interna e externa: rastreabilidade interna refere-se à capacidade de acompanhar o que acontece a um produto, seus ingredientes e embalagens dentro de uma empresa ou unidade de produção. Rastreabilidade externa refere-se à capacidade de acompanhar o que acontece a um produto, seus ingredientes e embalagens em um todo ou parte de uma cadeia de suprimentos.

Todas estas normas de segurança do alimento influenciam o comércio internacional de pescado. Desde 2001, a União Européia exige a identificação do nome científico oficial e comercial, a origem do peixe e o método de produção: cultivo ou selvagem (MORETTI *et al*., 2003). Este regulamento tem por objetivo fornecer aos consumidores informações mínimas sobre as características desses produtos.

Até pouco tempo atrás a maioria dos países da Europa consumia apenas o pescado capturado em suas próprias águas, este fato restringia o consumo do pescado a um limitado número de espécies, as quais eram facilmente identificáveis por suas características morfológicas (SOTELO e PÉREZ-MARTÍN, 2003).

A realidade mudou devido a alguns fatores, como o desenvolvimento de embarcações de pesca para alto mar, com habilidade para navegar extensas áreas, bem como a melhoria no processamento e armazenamento do pescado, tanto a bordo como em terra, e ainda o desenvolvimento de uma moderna indústria de pesca em alguns países em desenvolvimento como América do Sul, África e Ásia, que realizavam pesca artesanal para abastecer os mercados locais. O aumento e melhoria da comunicação aérea, marítima e terrestre e a globalização do mercado, levou a um aumento no número de espécies de peixes, frescos ou processados, presentes em nossos mercados (SOTELO e PÉREZ-MARTÍN, 2003).

A substituição de espécies que possuem preços mais elevados ou espécies mais apreciadas pelo consumidor por espécies de menor valor comercial é caracterizada como comportamento fraudulento, principalmente se o pescado não for comercializado inteiro.

Toda essa globalização na cadeia de pesca requer mecanismos adequados para que seja garantido ao consumidor a compra e o consumo da espécie que procura. O fato de uma espécie ser mais valorizada que outra seja pelo preço ou pela procura faz com que haja a necessidade de identificação dessas espécies.

A identificação de uma espécie baseia-se no reconhecimento de uma série de características morfológicas taxonômicas, como o padrão de pele, forma e tamanho do corpo, forma e número de barbatanas, olhos e órgão internos, sendo bastante difícil e apenas pode ser executada corretamente por um taxonomista. Quando essas características morfológicas são removidas, como é o caso de peixes filetados, cozidos ou enlatados, é mais difícil ou quase impossível identificá-los (SOTELO e PÉREZ-MARTÍN, 2003).

Isótopos estáveis do carbono e nitrogênio

A análise de isótopos estáveis foi durante muito tempo, utilizada principalmente por geólogos e geoquímicos, mas nos últimos 20 anos tem aumentado

significativamente a aplicação desta tecnologia para avaliação de rastreabilidade em alimentos (KELLY, 2003; THOMAS *et al.*, 2005).

Isótopos estáveis têm sido utilizados em estudos com organismos aquáticos, como por exemplo: distinção entre peixes de aqüicultura e da natureza (SANT'ANA*, et al.*, 2010; BELL, *et al*, 2007; SERRANO, *et a.l*, 2007); determinação de origem geográfica de espécies e alimentos (LIMA *et a.l*, 2011; LUYKX e VAN RUTH, 2008); avaliação de fonte de energia para camarão (ABREU *et al.*, 2007; BURFORD*, et al*., 2002).

A rastreabilidade da variabilidade isotópica natural, na dinâmica da cadeia alimentar proporcionou as bases científicas do princípio básico de que, você é o que come, mais ou menos uma pequena variação, em partes por mil, demonstrado originalmente por DeNiro e Epstein (1978).

Isótopos estáveis são átomos, não radioativos, de um mesmo elemento químico que apresentam o mesmo número de prótons e diferentes números de nêutrons, portanto diferentes números de massa. Os isótopos apresentam o mesmo número de elétrons em sua camada eletrônica, portanto, pode-se dizer que apresentam mesmas propriedades químicas e diferentes propriedades físicas, permitindo assim que sejam utilizados como traçadores naturais em pesquisas (BOUTTON, 1991).

Carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e enxofre são elementos químicos que apresentam isótopos estáveis de interesse biológico e ocorrem naturalmente. Cada elemento químico apresenta um isótopo estável leve e um ou dois isótopos estáveis pesados. Os termos leve e pesado referem-se ao número de massa de cada um dos isótopos (BARRIE e PROSSER, 1996), conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Abundância natural dos isótopos estáveis em átomos% e suas moléculas gasosas comumente utilizadas em espectrometria de massas

Elemento	Isótopo leve	átomos %	Isótopo pesado	átomos %	Gás
Hidrogênio	^{1}H	99,985	^{2}H	0,015	H_2
Carbono	^{12}C	98,890	^{13}C	1,110	CO_2
Nitrogênio	^{14}N	99,630	^{15}N	0,370	N_2
Oxigênio	^{16}O	99,759	^{17}O ^{18}O	0,037 0,204	CO_2
Enxofre	^{32}S	95,000	^{33}S ^{34}S	0,760 4,220	SO_2

Fonte: Adaptado de Kelly (2003)

A terminologia empregada na detecção dos valores do enriquecimento relativo dos elementos naturais é expressa pela linguagem delta per mil (δ‰) para compostos naturais e átomos por cento (atm%) para compostos enriquecidos (BARRIER e PROSSER, 1996).

Na comparação das composições isotópicas do carbono a razão isotópica $^{13}C/^{12}C$ da amostra é obtida em relação a um padrão internacional definido como PDB (*PeeDee Belemnite*). Segundo Friedman e O'Neill (1977), o padrão PDB é aceito universalmente. Trata-se de um carbonato de cálcio sólido de *Belemnitella cretaceos*, *Belemnitella americana*, da formação PeeDee da Carolina do Sul - EUA, empregado inicialmente como padrão por Craig (1957).

A determinação da razão isotópica da amostra e do padrão é definida como a razão do isótopo mais pesado sobre o mais leve, mensurada pelo espectrômetro de massas de razão isotópica (IRMS) e obtida pela expressão de enriquecimento isotópico relativo:

$$\delta X_{(amostra,\ padrão)} = [(R_{amostra}/R_{padrão}) - 1] \times 10^3$$

Na expressão, a simbologia empregada significa:

δX*:* enriquecimento isotópico da amostra relativo ao padrão internacional ($\delta^{13}C$ ou $\delta^{15}N$).

$R_{amostra}$ *e* $R_{padrão}$: representam a razão isotópica do isótopo mais pesado sobre o mais leve ($^{13}C/^{12}C$), ou ($^{15}N/^{14}N$), tanto para a amostra como para seu padrão. Segundo Ducatti (2007), se possui sinal negativo, como é caso do $\delta^{13}C$, indica que o material estudado apresenta menor concentração de ^{13}C que o padrão internacional PDB.



Figura 4: Esquema representativo de enriquecimento relativo de uma amostra em relação ao padrão. (Adaptado de DUCATTI, 2007)

Nestas comparações relativas, as amostra A e B apresentam menor enriquecimento de ^{13}C, ao passo que as amostra C e D apresentam maiores enriquecimentos, ou sejas, maiores concentrações.

Para os isótopos estáveis do nitrogênio, o padrão internacional aceito é o ar atmosférico, que é considerado uma mistura isotópica homogênea na superfície terrestre. Os valores isotópicos de nitrogênio-15 também são expressos na notação delta per mil ($\delta^{15}N$) da razão isotópica $^{15}N/^{14}N$ do produto em relação ao padrão internacional.

A aplicabilidade dos isótopos estáveis na rastreabilidade em alimentos, bem como em pesquisas agrícolas, ecológicas e nos estudos de digestibilidade e metabolismo humano e animal vem aumentando. Estas investigações demonstraram que as composições isotópicas dos tecidos de animais dependem principalmente da alimentação, da água ingerida e dos gases inalados. Associado a isto, os efeitos dos isótopos estão ligados aos processos metabólicos (KENNEDY e KROUSE, 1990).

Em geral, os valores isotópicos das razões $^{13}C/^{12}C$ e $^{15}N/^{14}N$ presentes nos animais refletem os valores isotópicos de suas dietas (DeNIRO e EPSTEIN, 1978; WADA *et al.*, 1991). Porém, os tecidos celulares dos animais podem apresentar composições isotópicas diferentes das características dos alimentos que consomem, devido a fatores como "memória" isotópica, ou seja, as alterações nas dietas não provocam mudanças imediatas na composição isotópica de seus tecidos. A dinâmica de

incorporação isotópica depende de vários fatores como o tamanho e a taxa de crescimento do animal, a composição nutricional das dietas, ou o *turnover* catabólico inerente ao tipo de tecido biológico. Outro fator seria o fracionamento metabólico, ou seja, a diferença na composição isotópica entre reagentes e produtos das reações bioquímicas (REICH *et al.*, 2008).

Entretanto, a composição isotópica das fontes de alimentos pode variar continuamente durante o ano, sobretudo em ecossistemas aquáticos. Nesses ambientes, a composição isotópica do plâncton chega a sofrer alterações em torno de 20‰. Sendo o plâncton parte da base da cadeia alimentar dos organismos aquáticos, tal variabilidade nos valores de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ pode alterar significativamente as composições isotópicas dos tecidos dos animais consumidores, ao longo da cadeia (PERGA e GERDEAUX, 2005).

Portanto, essas diferenças na composição isotópica de determinado produto, com a consequente alteração do volume de seus elementos químicos e respectivos isótopos, podem ser medidas através de instrumentos eficazes. Os valores de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ estão relacionados a hábitos alimentares, legalidades dos rótulos de produtos industriais, rastreabilidade de produtos e origem geográfica (THOMAS *et al.*, 2005).

O Capítulo 2, intitulado **"Análise de isótopos estáveis do $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ para estudos em rastreabilidade de camarões pescados na costa brasileira",** encontra-se redigido de acordo com as normas editoriais da *Revista Brasileira de Zootecnia.* Este trabalho teve como objetivo avaliar duas espécies de camarões peneídeos, de importância comercial, capturados em diferentes regiões brasileiras, para verificar a possibilidade de utilizar a técnica dos isótopos estáveis em estudos de denominação de origem, bem como diferenciação das espécies estudadas.

Literatura Citada

ABREU, P.C.; BALLESTER, E.L.C.; ODEBRECHT, C.; WASIELESKY JR., W.; CAVALLI, R.O.; GRANÉLI, W.; ANESIO, A.M. Importance of biofilm as food source for Shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) evaluated by stable isotopes ($\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v.347, p.88-96, 2007.

ALBERTONI, E.F.; PALMA-SILVA, C.; ESTEVES, F.A. Crescimento e fator de condição na fase juvenil de *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille) e *F. paulensis* (Pérez-Farfante) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) em uma lagoa costeira tropical do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, n.20, p.409-418, 2003.

ÁVILA-DA-SILVA, A.O.; CARNEIRO, M.H.; MENDONÇA, J.T.; SERVO, G. J. M.; BASTOS, G.C.C.;OKUBO-DA-SILVA, S.; BATISTA,P. A. **Produção Pesqueira Marinha do Estado de São Paulo**, São Paulo, n. 20, p.1-40, 2005.

BARRACCO, M.A.; PERAZZOLO, L.M.; ROSA, R. D. **Imunologia de crustáceos com ênfase em camarões.** [Apostila] Laboratório de Imunologia Aplicada à Aqüicultura, Departamento de Biologia Celular Embriologia e Genética, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 2007.

BARRIE, A.; PROSSER, S. J. Automated Analysis of Light-Element Stable Isotopes by Isotope Ratio Mass Spectrometry. In: BOUTTOM, T.W.; YAMASAKI, S-I. (Ed). **Mass Spectrometry of Soils**. New York, cap.1, p. 1-46. 1996.

BELL J.G.; PRESTON T.; HENDERSON R.J., et al.. Discrimination of wild and cultured European sea bass (Dicentrarchus labrax) using chemical and isotopic analyses. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 55 p, 2007.

BOUTTON, T.W. Stable carbon isotope rations of natural materials: I. sample preparation and mass spectrometric analysis. In: COLEMAM, D.C.; FRY, B. **Carbon isotope techniques**. San Diego: Academic Press, cap.10, p.155-171. 1991.

BURFORD, M.A.; PRESTON, N.P. GLIBERT, P.M.; DENNISON, W.C.. Tracing the fate of ^{15}N-enriched feed in an intensive shrimp system. **Aquaculture**,v.206, p.199-216. 2002.

CASTRO, R.H., COSTA, R.C., FRANSOZO, A.; MANTELATTO, F.L.M. Population structure of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea, Penaeoidea) in the littoral of São Paulo, Brazil. **Scientia Marina**, 69:105-112, 2005.

CE nº 178/2002, Regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho de 28 de Janeiro de 2002. Disponível em: http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:031:0001:0024:PT:PDF. Acesso em: 03/11/2011.

CEAGESP, Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo Disponível em http://www.ceagesp.gov.br/cotacoes/index_html?b_start:int=0&grupo_nome=Pescado&consultar=Consultar&grupo=6&data= acesso em 03/11/2011.

COSTA, R.C.; FRANSOZO, A.A nursery ground for two tropical pink-shrimp Farfantepenaeus species: Ubatuba bay, Northern coast of São Paulo, Brazil. **Nauplius**, v. 7,p. 73-81, 1999.

COSTA, R.C.; FRANSOZO, A.; MELO, G.A. S.; FREIRE, F. A. M. Chave ilustrada para a identificação dos camarões dendrobranchiata do litoral norte de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica.**, [S.I.], v.3, p.1, 2003.

COSTA, R. C.; FRANSOZO, A.; FREIRE, F.A. M.; CASTILHO, A. L. Abundance and ecological distribution of the "Sete-barbas" shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea, Penaeoidea) in three bays of the Ubatuba region, Southeastern Brazil. **Gulf and Caribbean Research**, v.19, p.33-41, 2007.

CRAIG, H. Isotopic standards for carbon and oxygen and correction factors for mass-spectrometric analysis of carbon dioxide. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v.12, p.133-149, 1957.

D'INCAO, F. Pesca e biologia de *Penaeus paulensis* na Lagoa dos Patos, RS. **Atlântica**, v.12, p.31-51, 1991.

D'INCAO, F. **Taxonomia, padrões distribucionais e ecológico dos dendrobranchiata (Crustácea: Decapoda) do Brasil e Atlântico Ocidental**. 1995, 365p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, 1995.

D'INCAO, F.; VALENTI, H.; RODRIGUEZ, L.F. Avaliação da pesca de camarões nas regiões sul e sudeste do Brasil (1965-1999). **Atlântica**, Rio Grande, v.24, n.2,p.103-116, 2002.

DALL, W.; HILL, B. J.; ROTHLISBERG, P.C.; SHARPLES, D. J. The biology of the Penaeidae. *In* J. H. S. Blaxter & A. J.Southward, eds. **Advances in Marine Biology**, San Diego, Academic Press, San Diego, CA, USA, v.27, p.1-489, 1990.

DeNIRO, M.J.; EPSTEIN, S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta,** v.42, p.495-506, 1978.

DUCATTI, C. **Isótopos estáveis ambientais**. [Apostila] Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 204p., 2007.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponívem em: http://www.fao.org/figis/servlet/SQServlet?ds=Capture&k1=SPECIES&k1v=1&k1s=3407&outtype=html. Acesso em: 25/10/2011 a.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponívem em: http://www.fao.org/figis/servlet/SQServlet?ds=Capture&k1=SPECIES&k1v=1&k1s=2600&outtype=html. Acesso em: 25/10/2011 b.

FRANSOZO, A.; COSTA, R. C.; PINHEIRO, M. A. A.; SANTOS, S. e MANTELATTO, F. L. M. Juvenile recruitment of the seabob *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1962) (Decapoda, Penaeidea) in Fortaleza Bay, Ubatuba, SP, Brazil. **Nauplius,** 8(2): 179-184, 2000.

FRANSOZO, A.; COSTA R. C.; MANTELATTO F.M.; PINHEIRO M.A.A.; SANTOS, S. Composition and abundance of shrimp species (Penaeidea and Caridea) in Fortaleza Bay, Ubatuba, São Paulo, Brazil. p. 117-125 *In* E. E. Briones & F. Alvarez, eds. **Modern Approaches to the Study of Crustacea**, New York, NY, USA, 2002.

HOLTHUIS, L. D. Shrimps and Prawns of the Word. An annotated Catalogue of Species of Interest to Fisheries. **FAO Fisheries Synopses**. [s.n.], v.125, n.1, 261p.1980.

IWAI, M. Pesquisa e estudo biológico dos camarões de valor comercial. **Publicação Especial do Instituto Oceanográfico**. São Paulo, v.3, p.501-534, 1973.

KELLY, S.D. Using stable isotope ratio mass spectrometry (IRMS) in food authentication and traceability. In LEE, M. **Food authenticity and traceabilit**y. Boca Raton: CRC Press, 2003.

KENNEDY, B.V.; KROUSE, H.R. Isotope fractionation by plants and animals: implications for nutrition research. **Canadian Journal Physiology and Pharmacology** v. 68, p. 960-972, 1990.

LIMA, E.J.V.M.O. ; SANT'ANA, L.S.; DUCATTI, C. et al. The use of stable isotopes for authentication of gadoid fish species. **European Food Research & Technology**, v. 232, p. 1, 2011

LUYKX, D.M.A.M.; VAN RUTH, S.M. An overview of analytical methods for determining the geographical origin of food products. **Food Chemistry**, v. 107, p. 897-911, 2008.

MORETTI, V.M.; TURCHINI G.M.;BELLAGAMBA, F. et al. Traceability Issues in Fishery and Aquaculture Products. **Veterinary Research Communications**, 27 Suppl. 1, p. 497–505, 2003.

NAKAGAKI, J.M.; NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. Population biology of *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeidae) from Ubatuba bay, São Paulo, Brazil. **Journal of Shellfish Research.** 17(4):931-935, 1998.

PÉREZ FARFANTE, Shrimps and praws. In: FISHER, W. (Ed). **FAO species identification sheets for fishery purposes**: Western Central Atlantic Roma: FAO, v.6, 1978.

PÉREZ-FARFANTE, I.; KENSLEY, B. **Penaeoid and Segestoid Shrimps and Prawns of the World. Keys and diagnoses for the families and genera.** Éditions du Muséum national d'Histoire naturalle, Paris, 233p., 1997.

PERGA, M.E.; GERDEAUX, D. "Are fish what they eat" all year round? **Oecologia**, v.144, n.4, p.598-606, 2005.

PETERSEN, A.; GREEN, D. **Seafood Traceability: A Practical Guide for the U.S. Industry**. North Carolina Sea Grant, 31p, 2007.

REICH, K.J.; BJORNDAL, K.A.; MARTÍNEZ DEL RIO, C. Effects of growth and tissue tupe on the kinetics of ^{13}C and ^{15}N incorporation in a rapidly growing ectotherm. **Oecologia**, v.155, n.4, p.651-663, 2008.

RODRIGUES, E. S., PITA, J. B., GRAÇA-LOPES, R., COELHO, J. A.; PUZZI, A. Aspectos biológicos e pesqueiros do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) capturados pela pesca artesanal no litoral do Estado de São Paulo. **Boletim do Instituto de Pesca**, 19:67-81. 1993.

RUPERT, E.E.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados**. 7ª ed. São Paulo: Roca, 1029 p. 2005.

SERRANO, R.; BLANES, M.A.; ORTERO, L. Stable isotopes determination in wild and farmed gilthead seabream (Sparus aurata) tissues from the western Mediterranean. **Chemosphere**, 69, pp. 1075–1080, 2007.

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

SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Aquicultura e pesca: camarões.** Relatório Completo, 2008.

SOTELO C.G.; PÉREZ-MARTÍN, R.I.; Species identification in processed seafoods. In: **Food authenticity and traceability**. CRC Press, Boca Raton, 2003.

SEVERINO-RODRIGUES, E.; PITA, J.B.; GRAÇA-LOPES, R.; COELHO e A. PUZZI, J.A.P. Aspectos biológicos e pesqueiros do camarão sete barbas (*Xyphopenaeus kroyeri*) capturados pela pesca artesanal no litoral do Estado de São Paulo. **Boletim do Instituto Pesca**, São Paulo, v.19, p.67-81,1993.

THOMAS, F.; JAMIN, E.; LEES, M. Isotopic analisys of lipids as a mean of authenticating fish products. **Lipid Technology**, v.17, n9, p.204-208, 2005.

VALENTI, H.; D'INCAO, F.; RODRIGUES, L. F.; REBELO NETO, J. E.; RAHN, E. Análise da pesca do camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis* e *Penaeus paulensis*) nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. **Atlântica**, Rio Grande, **13**(I): 143-157, 1991.

WADA ,E.; MIZUTANI, H.; MINAGAWA, M. The use of stable isotopes for food web analysis. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.30, n.3, p.361-371, 1991.

CAPÍTULO 2

Análise de isótopos estáveis do δ ^{13}C e δ ^{15}N para estudos em rastreabilidade de camarões pescados na costa brasileira

Análise de isótopos estáveis do δ ^{13}C e δ ^{15}N para estudos em rastreabilidade de camarões pescados na costa brasileira

Resumo: O interesse do consumidor em conhecer a origem e a qualidade do produto consumido vem crescendo e fazendo com que aumentem as pesquisas por métodos que permitam a certificação de origem e de qualidade de produtos de origem animal. Existem vários níveis de rastreabilidade, no caso do pescado o local de origem da pesca é a primeira etapa da rastreabilidade externa. A espectrometria de massa, por meio da análise da razão isotópica de $^{13}C/^{12}C$ e $^{15}N/^{14}N$ tem sido utilizada com sucesso para rastreabilidade e para testar a autenticidade, a qualidade e a origem geográfica de vários produtos. Este trabalho teve como objetivo avaliar duas espécies de camarões peneídeos, de importância comercial, capturados em diferentes regiões brasileiras, para verificar a possibilidade de utilizar a técnica dos isótopos estáveis em estudos de denominação de origem, bem como diferenciação das espécies estudadas. Foram analisados músculo, casca e estômago de camarão rosa (*Farfantepenaeus brasiliensis*), e de camarão sete barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) coletados nos estados de Santa Catarina, São Paulo, Alagoas e Piauí. Tanto para a espécie de camarão rosa quanto para o camarão sete barbas o tecido mais enriquecido em nitrogênio-15 é o músculo, seguido do estômago e da casca. A diferença entre os tecidos pode ser conseqüência das diferenças metabólicas entre eles. Pela análise do par isotópico ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$) é possível distinguir os camarões pescados na região Nordeste dos camarões pescados nas regiões Sul /Sudeste, para ambas as espécies, possibilitando a rastreabilidade e denominação de origem. A análise isotópica permite também diferenciar as duas espécies estudadas, possibilitando detectar mistura entre estas.

Palavras-chave: carbono, nitrogênio, músculo, análises isotópicas, *Farfantepenaeus brasiliensis, Xiphopenaeus kroyeri*

Stable isotope analysis of δ ^{13}C and δ ^{15}N for studies on traceability of shrimp caught off the Brazilian coast

Abstract: Consumer interest in food origin and quality makes it necessary research for methods that allow the certification of origin and identify quality parameters of foos animal origin. There are several levels of traceability and for fish the local of fishing is the first step of the external traceability. Mass spectrometry for the analysis of the isotopic ratio $^{13}C/^{12}C$ and $^{15}N/^{14}N$ has been successfully used for traceability and to test the authenticity, quality and geographical origin of various products. The aim of this study is to evaluate the possibility of using the technique of stable isotopes in studies of designation of origin and differentiation of species in two commercial important shrimp captured in different regions of Brazil. Muscle, skin and stomach of pink shrimp (*Farfantepenaeus brasiliensis*) and seabob shrimp (*Xiphopenaeus kroyeri*) collected in Santa Catarina, São Paulo, Alagoas and Piaui, were analyzed. So much for the kind of pink shrimp for shrimp and seven beards tissue nitrogen-15 is enriched in the muscle, followed by stomach and skin. The difference between the tissues may be due to metabolic differences between them. Analyze of the isotopic pair ($\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$) allows to distinguish the shrimp caught in the Northeast region of the shrimp caught in the South/Southeast, for both species, allowing for the designation of origin and traceability. Isotopic analysis also allows differentiating the two species, making it possible to detect mixing between them.

Keywords: carbon, nitrogen, muscle, isotopic analysis, *Farfantepenaeus brasiliensis, Xiphopenaeus kroyeri*

Introdução

O interesse do consumidor em conhecer a origem e a qualidade do produto consumido vem crescendo e fazendo com que aumentem as pesquisas por métodos que permitam a certificação de origem e de qualidade de produtos de origem animal (Hargin 1996; Monin 1998; Gonzáles-Martin et al., 1999; Piasentier et al., 2003).

Existem vários níveis de rastreabilidade e no caso do pescado o local de origem da pesca é a primeira etapa da rastreabilidade externa. A União Européia, os Estados Unidos, Japão e Canadá têm requisitos de rastreabilidade em vários estágios de implementação. No Japão, desde 2000 a Notificação nº 514 exige a rotulagem do país de origem para todos os produtos do mar, bem como rotulagem do pescado como selvagem ou de criação, frescos, congelados ou descongelados (Petersen e Green, 2007).

Os seres vivos são formados principalmente por carbono, nitrogênio, oxigênio, enxofre e hidrogênio. Na natureza, estes elementos químicos apresentam no mínimo dois isótopos estáveis. O isótopo mais abundante é o mais leve, enquanto o isótopo pesado é o menos abundante (Barrie e Prosser, 1996). A relação entre os isótopos estáveis pode ser utilizada como sinal da matéria e da fonte de energia que caracteriza os organismos (Tiunov, 2007).

Nos ecossistemas aquáticos, as plantas aquáticas e terrestres, direta ou indiretamente, são fontes primárias de energia utilizadas pelos animais (Forsberg et al., 1993). Entretanto, a composição isotópica das fontes de alimentos nestes ecossistemas pode variar continuamente durante o ano (Perga e Gerdeaux, 2005).

A espectrometria de massa, por meio da análise da razão isotópica de $^{13}C/^{12}C$ e $^{15}N/^{14}N$ tem sido utilizada com sucesso para rastreabilidade e para testar a autenticidade,

a qualidade e a origem geográfica de vários produtos como, por exemplo: méis (Arauco et al., 2008; Souza-Kruliski et al., 2010), sucos (Figueira et al., 2010; Nogueira et al., 2011), cerveja (Sleiman et al., 2008) e peixes (Sant'Ana et al., 2010; Lima et al., 2011; Serrano, et a.l, 2007; Sotero e Pérez-Martín, 2003).

A composição isotópica dos constituintes de produtos agrícolas, como proteínas, carboidratos, gorduras e minerais, depende de vários fatores que podem indicar a origem geográfica, ou que estão mais relacionados a fatores de produção, como a utilização de fertilizantes, dietas dos animais e variações sazonais (Luykx e Van Ruth, 2008). Todos esses fatores afetam a razão dos isótopos estáveis e podem ser usados como um sinal da origem de produtos alimentícios.

Os isótopos de carbono são mais apropriados como marcadores, uma vez que fracionam muito pouco nas cadeias alimentares, já os isótopos de nitrogênio são mais utilizados em processos ecológicos (Tiunov, 2007). Portanto, as análises isotópicas de um animal podem ser utilizadas para reconstruir seus hábitos alimentares quando as fontes de alimentos têm diferentes valores de nitrogênio, sendo este um parâmetro eficiente para analisar nível trófico num determinado ecossistema. Por outro lado, os valores de carbono encontrados nos tecidos dos animais são o reflexo de seus hábitos alimentares (Wada et al., 1991).

A rastreabilidade em pescado com o auxilio das análises isotópicas permite identificar tanto a origem geográfica de determinadas espécies (Lima, et al, 2011; Luykx e Van Ruth, 2008) como o método de produção: selvagem ou cultivo (Sant'Ana, et al, 2010; Bell, et al, 2007; Serrano, et al, 2007).

As tentativas formais de valorizar a qualidade associada à origem, no entanto, são ainda muito recentes no Brasil. A Lei no 9.279 de 1996 estabelece no Brasil duas

modalidades de indicações geográficas: a Indicação de Procedência (IP) e a Denominação de Origem (DO). Na Indicação de Procedência, é considerado o nome geográfico de um país, cidade da região ou da localidade do seu território, que tenha se tornado conhecido como centro de extração, produção ou fabricação de determinado produto ou prestação de serviço. Na Denominação de Origem, o nome geográfico designa produto ou serviço cujas características ou qualidades se devam exclusiva ou essencialmente ao meio geográfico, incluídos aí os fatores naturais e humanos (Sant´Ana e Souza, 2011).

Dentre os camarões pescados na costa brasileira, existem duas espécies comercialmente importantes, *Farfantepenaeus brasiliensis*, popularmente conhecido como camarão rosa e *Xiphopenaeus kroyeri,* camarão sete barbas. São espécies que possuem diferentes valores de mercado, enquanto o camarão rosa custa em média R$ 45,00 o quilo, o camarão sete barbas tem seu quilo comercializado em torno de R$ 6,00 (Ceagesp, 2011). Embora haja diferenças morfológicas entre estas duas espécies, tal diferenciação nem sempre é possível porque em muitas situações, o camarão não é comercializado inteiro, dificultando esse processo de identificação, o que possibilitaria misturar as espécies na hora da comercialização. Sendo assim, a rastreabilidade associada aos isótopos estáveis torna-se importante ferramenta na detecção de mistura entre as espécies.

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar duas espécies de camarões peneídeos, de importância comercial, capturados em diferentes regiões brasileiras, para verificar a possibilidade de utilizar a técnica dos isótopos estáveis em estudos de denominação de origem, bem como diferenciação das espécies estudadas.

Material e Métodos

As coletas dos exemplares de camarão rosa (*Farfantepenaeus brasiliensis*), e camarão sete barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) foram realizadas com o auxílio de barcos pesqueiros no litoral de quatro estados do Brasil; Santa Catarina, São Paulo, Alagoas e Piauí, entre novembro de 2009 e dezembro de 2010.

Os camarões foram coletados imediatamente resfriados em gelo, posteriormente congelados em freezer a temperatura aproximada de -15º C e transportados congelados até o laboratório do Centro de Isótopos Estáveis Ambientais – UNESP/Botucatu.

As espécies foram descongeladas e identificadas de acordo com Costa et al. (2003), sendo separadas por gênero. Foram coletados 59 exemplares de camarão rosa e 94 exemplares de camarão sete barbas. O número de animais (n) de cada espécie coletada em cada região, o gênero e o total geral das espécies coletadas encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Número de exemplares de camarão coletados de cada espécie, separados por sexo e por estado

Estado	Camarão rosa			Camarão sete barbas		
	Macho	Fêmea	Total	Macho	Fêmea	Total
Santa Catarina	0	10	10	0	22	22
São Paulo	7	10	17	13	19	32
Alagoas	5	9	14	11	15	26
Piauí	10	8	18	8	6	14
Total geral	22	37	**59**	32	62	**94**

O tamanho de cada animal foi mensurado de acordo com o comprimento do cefalotórax, CC (mm), definido como a distância linear entre a margem póstero-orbital e o sulco mediano posterior do cefalotórax.

Os camarões foram separados por frações corporais: casca, músculo (livre do tubo intestinal) e estômago (com presença ou ausência do conteúdo estomacal). As frações de cada indivíduo foram secas durante 48 horas, em estufa com circulação e renovação de ar, à temperatura de 50^{o}C.

Após a secagem, as amostras de músculo e casca foram moídas, durante seis minutos, em moinho criogênico, para total homogeneização. As amostras de estômago, devido à pequena quantidade de material seco, foram maceradas em cadinho com auxilio de pistilo. O material moído foi colocado em cápsulas de estanho e pesado em balança analítica de alta sensibilidade, com precisão de seis casas decimais, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Quantidade de material seco, em microgramas (μg), das diferentes frações corporais do camarão

Frações corporais	material seco (μg)	
	carbono	nitrogênio
músculo	50-70 μg	500-600 μg
casca	150-200 μg	1500-2000 μg
estômago	100-150 μg	1500-2000 μg

Após a pesagem as cápsulas foram submetidas à combustão total sob fluxo contínuo de hélio, à 1050º C no analisador elementar *Flash 2000 Organic Elemental Analyzer EA for IRMS*, acoplado ao *conflo* IV e ao espectrômetro de massa *Delta V Advantage Isotope Ratio MS*, *Thermo Scientific*, para determinação da composição isotópica das amostras. Os resultados foram expressos em notação $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$, em relação aos respectivos padrões: *Peedee Belemnite* (PDB) para o carbono e ar atmosférico para o nitrogênio, com erro analítico da ordem de 0,2‰ ($^{13}C/^{12}C$) e 0,3‰ ($^{15}N/^{14}N$), respectivamente, calculados pela seguinte equação:

$$\delta X_{(amostra,\ padrão)} = [(R_{amostra}/R_{padrão}) - 1] \times 10^3$$

Na expressão, a simbologia empregada significa:

δX*:* enriquecimento isotópico da amostra relativo ao padrão internacional ($\delta^{13}C$ ou $\delta^{15}N$).

$R_{amostra}$ *e* $R_{padrão}$: representam a razão isotópica do isótopo mais pesado sobre o mais leve ($^{13}C/^{12}C$), ou ($^{15}N/^{14}N$), tanto para a amostra como para o padrão.

Para comparação dos dados do par isotópico de músculo, casca e estômago entre os diferentes estados e espécies de camarão rosa e sete barbas foi utilizada análise de variância multivariada (MANOVA), sendo analisados os grupos de respostas pela análises de componentes principais. A análise de componente principal usa um conjunto de dados representado por uma matriz de n registros por p atributos, que podem estar correlacionados, e sumarizam o conjunto por eixos não correlacionados (componentes principais) que são uma combinação linear das p variáveis originais. PC 1 (primeira componente) é a direção de maior variação na nuvem p-dimensional de pontos (combinação linear entre carbono-13 e nitrogênio-15). PC 2 (segunda componente) está na direção da próxima maior variância, condicionada a zero covariância com PC 1, ou seja, os componentes principais representam um sistema de eixos ortogonais que explicam toda a variabilidade original dos dados, mas o primeiro eixo explica a maior parte da variabilidade, o segundo explica a segunda maior parte e assim sucessivamente. (Bouroche e Saporta, 1980).

As análises foram realizadas no *software Minitab*®16, (Minitab, 2010).

O comprimento em função do sexo dos animais foi analisado pela ANOVA (análise da variância) (Minitab, 2010).

Resultados e Discussão

O tamanho médio do camarão rosa (*Farfantepenaeus brasiliensis*) e do camarão sete barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) coletados por estado está disposto na Tabela 3.

Tabela 3. Valor médio do comprimento do cefalotórax (CC), em milímetros, dos animais coletados em cada estado

Estado	Camarão rosa	Camarão sete barbas
	Comprimento do cefalotórax (mm)	
Santa Catarina	25,42±3,20	26,29±2,35
São Paulo	30,51±3,79	19,89±3,73
Alagoas	22,86±1,60	20,70±2,26
Piauí	26,03±1,40	17,53±2,50
Média	**26,21±1,18**	**21,10±0,69**

Com relação ao tamanho, o camarão rosa apresentou-se maior que o camarão sete barbas. Os maiores exemplares de camarão rosa foram encontrados no estado de São Paulo, seguido pelo estado do Piauí e Santa Catarina, e os menores exemplares foram pescados em Alagoas. Para o camarão sete barbas destacou-se os coletados em Santa Catarina, apresentando maior tamanho entre todos os estados. Avaliou-se também o comprimento em relação ao sexo observando diferença estatística apenas para o camarão sete barbas dos estados de São Paulo e Alagoas ($p<0,01$). Acredita-se que não houve diferença entre os comprimentos por se tratarem de exemplares adultos.

Foi observada diferença estatística entre os valores isotópicos quando os camarões foram separados entre macho e fêmea, a diferença foi observada na casca dos camarões rosa coletados no estado de Alagoas ($p<0,05$) e na casca e no estômago dos camarões sete barbas coletados no estado do Piauí ($p<0,05$).

Os valores médios de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo, casca e estômago do camarão rosa (*Farfantepenaeus brasiliensis*), distribuídos por estado, estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4. Média e desvio padrão dos valores de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ das diferentes frações corporais do camarão rosa, por estado

Espécie: *Farfantepenaeus brasiliensis*						
Estado	Músculo		Casca		Estômago	
	$\delta^{13}C$	$\delta^{15}N$	$\delta^{13}C$	$\delta^{15}N$	$\delta^{13}C$	$\delta^{15}N$
Santa Catarina	-18,77±1,49	12,58±0,29	-16,79±0,72	7,16±0,44	-18,17±0,59	10,04±0,40
São Paulo	-18,19±0,98	11,36±0,53	-18,04±0,54	7,38±0,38	-18,23±0,99	9,36±0,39
Alagoas	-16,87±1,30	10,27±0,99	-16,86±1,40	6,24±1,22	-15,71±1,86	8,14±1,04
Piauí	-18,51±1,53	8,87±0,50	-17,36±0,77	5,44±0,52	-15,91±2,26	7,63±0,97

O par isotópico ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$) foi diferente ($p<0,01$) para as frações corporais (músculo, casca e estômago) do camarão rosa para todos os estados avaliados. Pode-se observar que para os camarões coletados nos estados de Alagoas (Figura 1) e Piauí (Figura 2) os valores do par isotópico diferem entre músculo e casca.

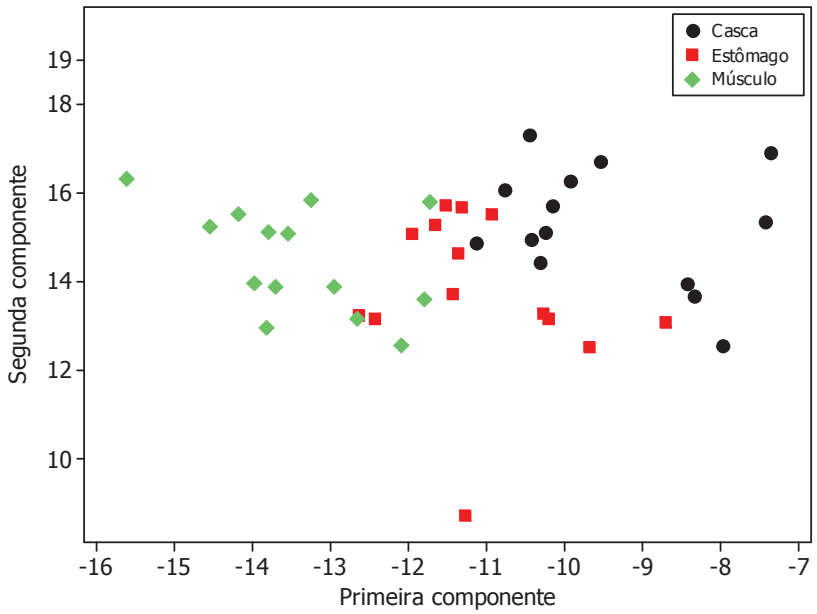


Figura 1: Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo, casca e estômago de camarões rosa coletados em Alagoas

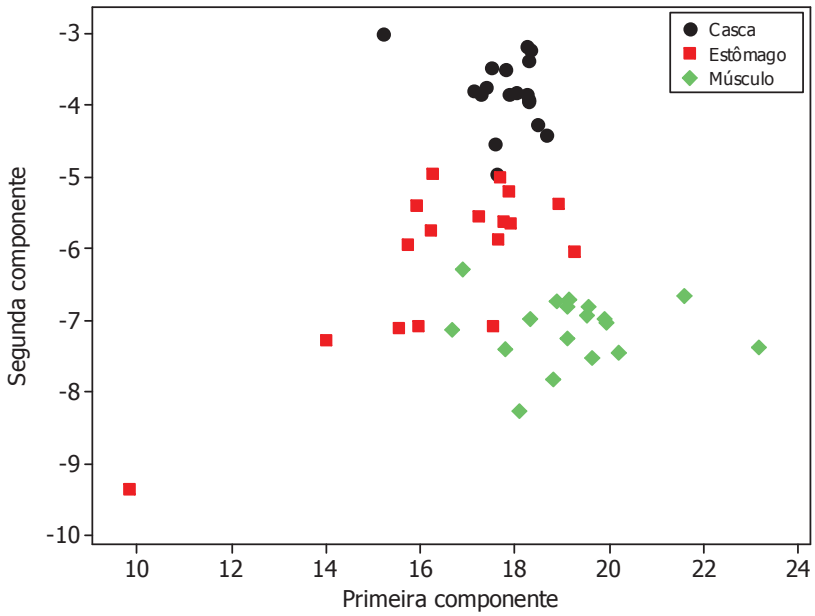


Figura 2: Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo, casca e estômago de camarões rosa coletados no Piauí

Os camarões rosa coletados nos estados de São Paulo (Figura 3) e Santa Catarina (Figura 4) apresentaram o mesmo comportamento para o par isotópico ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$), apresentando diferença estatística entre as três frações corporais ($p<0,01$).

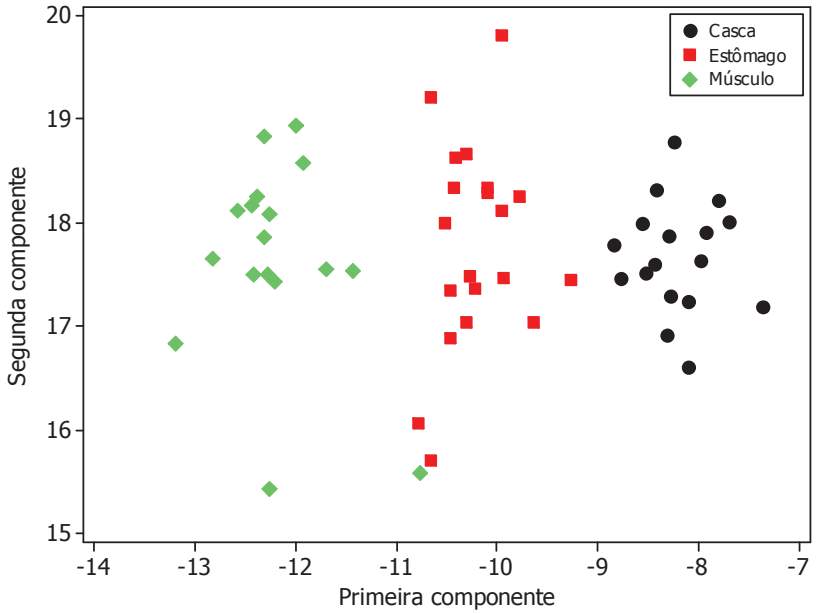


Figura 3: Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo, casca e estômago de camarões rosa coletados em São Paulo

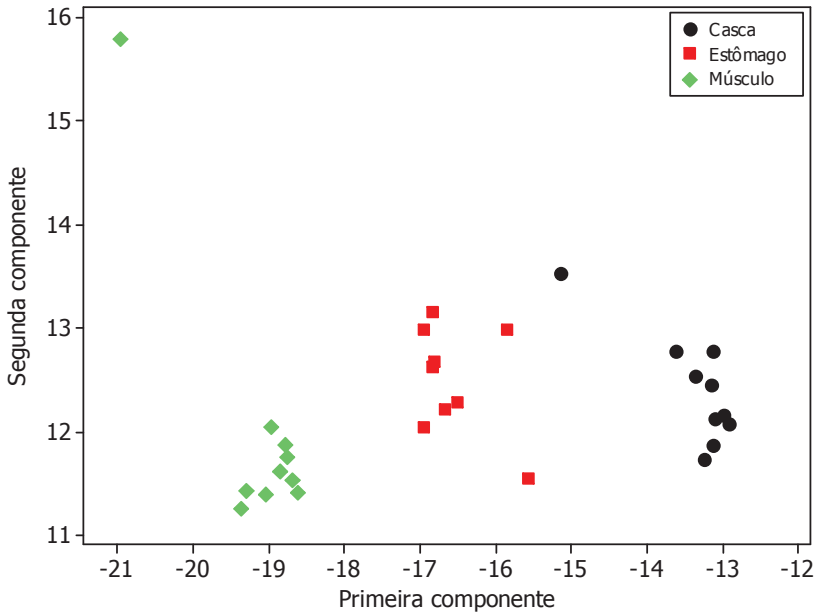


Figura 4: Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo, casca e estômago de camarões rosa coletados em Santa Catarina

A comparação do par isotópico ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$) do músculo dos camarões rosa por estado (Figura 5) expôs que os animais coletados no estado de Alagoas diferiram apenas dos coletados em Santa Catarina, no entanto, os animais coletados em Santa Catarina apresentaram-se diferentes dos coletados nos demais estados.

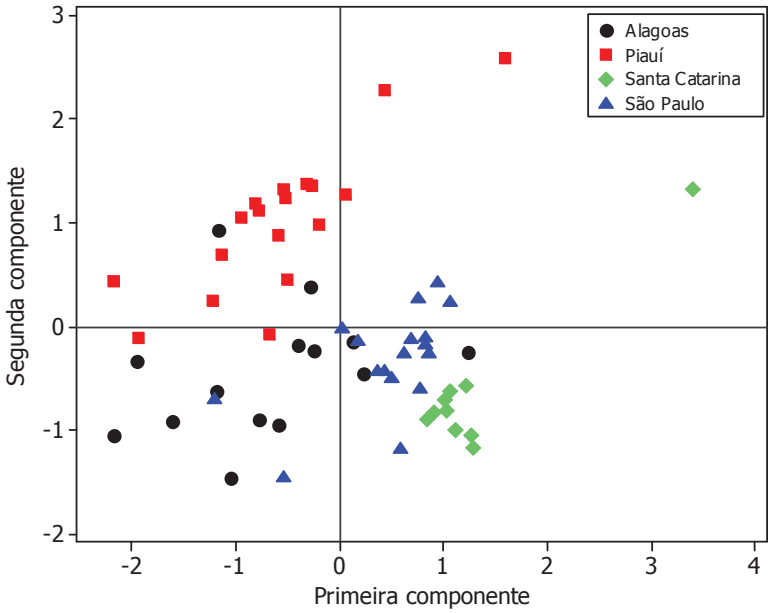


Figura 5: Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e de $\delta^{15}N$ do músculo de camarões rosa entre estados

Para a casca do camarão rosa observou-se que há diferença ($p<0,01$) entre os camarões do estado do Piauí com relação aos camarões dos estados de São Paulo e Santa Catarina, não observando diferença dos valores do par isotópico dos camarões coletados no estado de Alagoas com os demais (Figura 6).

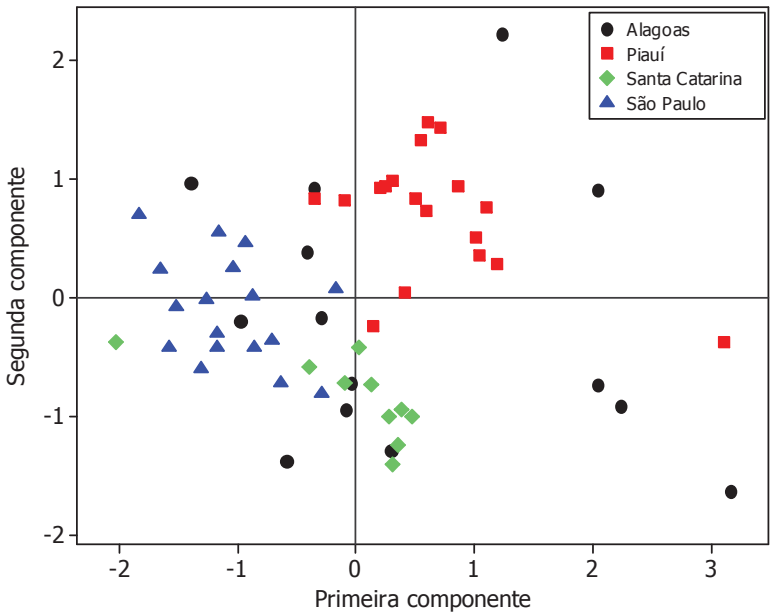


Figura 6: Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e de $\delta^{15}N$ da casca de camarões rosa entre estados

Com relação à comparação dos valores do par isotópico do estômago do camarão rosa entre os estados (Figura 7), observou que os coletados nos estados de São Paulo e Santa Catarina não diferiram entre si, assim como, os camarões coletados nos estados de Alagoas e Piauí, porém, ressaltou a diferença dos valores do par isotópico ($p<0,01$) entre as regiões Nordeste de Sul e Sudeste.

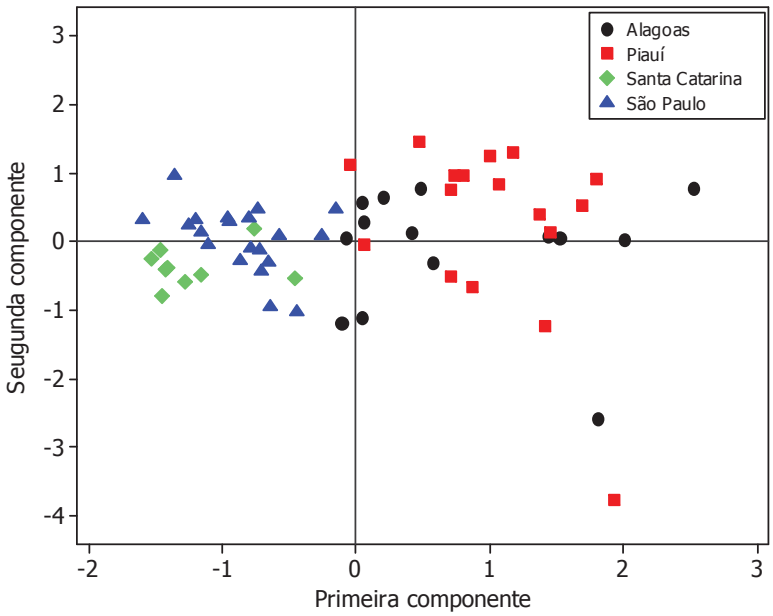


Figura 7: Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e de $\delta^{15}N$ do estômago de camarões rosa entre estados

Para o camarão sete barbas (*Xiphopenaeus Kroyeri)*, os valores médios de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo, casca e estômago, por estado, estão dispostos na Tabela 5.

Tabela 5. Média e desvio padrão dos valores de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ das diferentes frações corporais do camarão sete barbas, por estado

Espécie: *Xiphopenaeus Kroyeri*						
Estado	Músculo		Casca		Estômago	
	$\delta^{13}C$	$\delta^{15}N$	$\delta^{13}C$	$\delta^{15}N$	$\delta^{13}C$	$\delta^{15}N$
Santa Catarina	-18,16±0,35	12,92±0,31	-17,29±0,50	7,52±0,52	-19,01±0,66	10,53±0,31
São Paulo	-18,61±0,65	12,27±0,25	-17,71±0,72	8,40±0,50	-18,84±1,20	10,68±0,45
Alagoas	-17,68±0,61	9,95±0,54	-16,87±0,68	7,01±2,34	-18,18±1,09	9,05±0,42
Piauí	-18,03±0,74	11,27±0,41	-17,34±0,53	6,77±0,91	-17,98±1,22	8,87±0,47

Os valores do par isotópico diferiram entre as frações corporais (músculo, casca e estômago) do camarão sete barbas para todos os estados ($p<0,01$). No estado de Alagoas (Figura 8) os camarões apresentaram diferença para os valores do par isotópico da casca com relação ao músculo e ao estômago ($p<0,01$), sendo o músculo e o estômago semelhantes entre si.

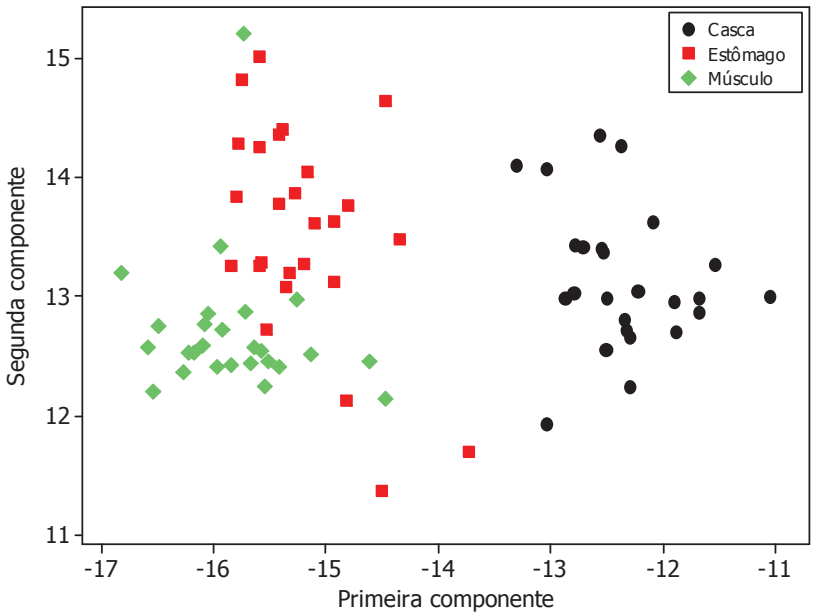


Figura 8: Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo, casca e estômago de camarões sete barbas coletados em Alagoas

Observou-se também diferenciação dos valores do par isotópico entre casca, músculo e estômago ($p<0,01$) dos camarões sete barbas coletados no estado de Piauí (Figura 9), São Paulo (Figura 10) e Santa Catarina (Figura 11).

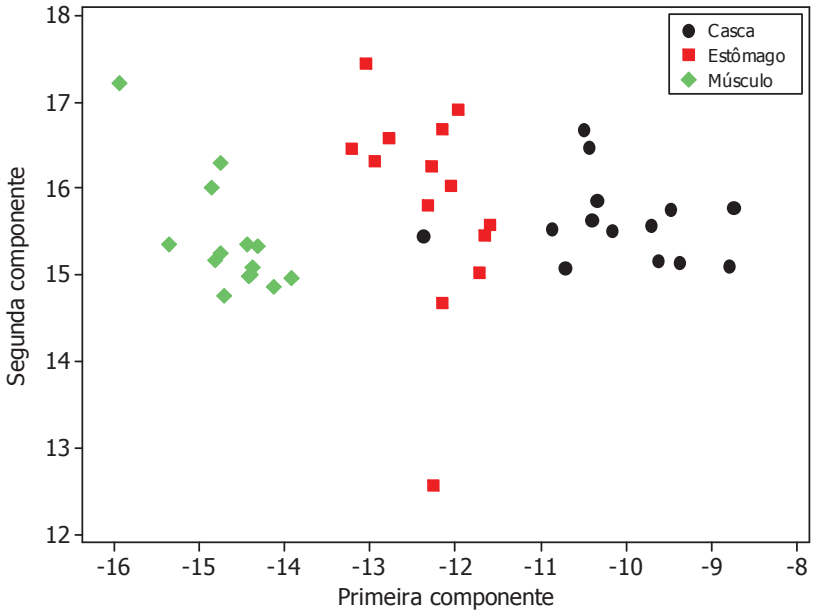


Figura 9: Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo, casca e estômago de camarões sete barbas coletados no Piauí

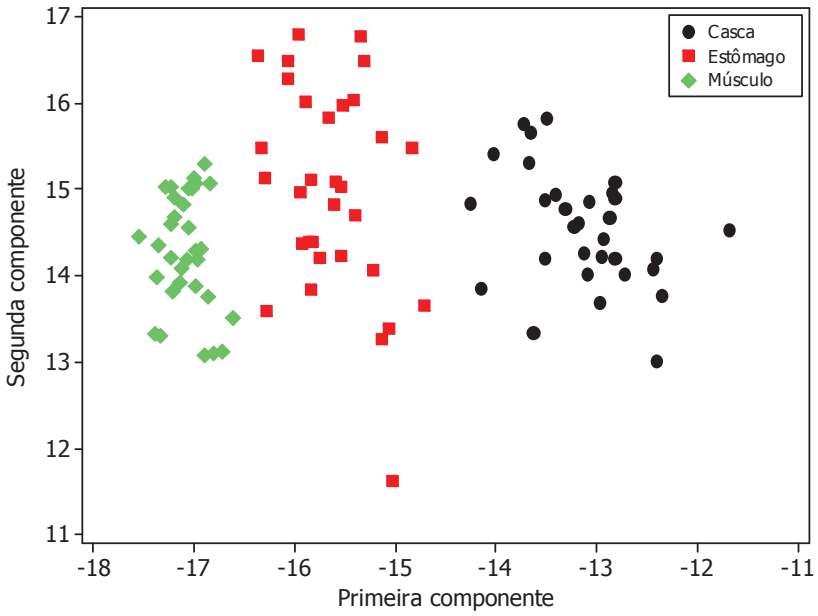


Figura 10: Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo, casca e estômago de camarões sete barbas coletados em São Paulo

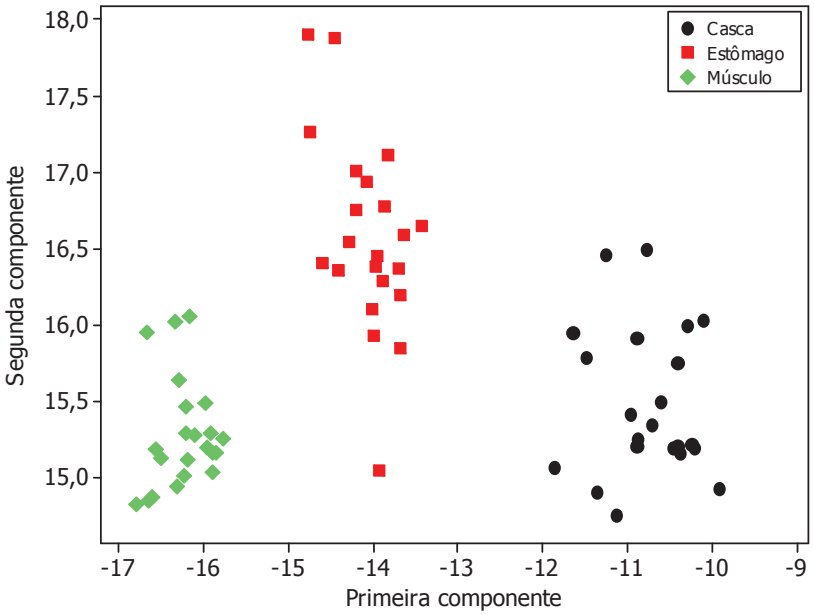


Figura 11: Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo, casca e estômago de camarões sete barbas coletados em Santa Catarina

A comparação dos valores do par isotópico ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$) das frações corporais do camarão sete barbas entre os estados foi diferente estatisticamente ($p<0,01$). Para o músculo (Figura 12) notou-se que os animais coletados no estado de Alagoas e Piauí diferenciaram-se entre si e também dos camarões coletados nos demais estados. Com relação aos camarões coletados em São Paulo e Santa Catarina, estes não diferiram entre si.

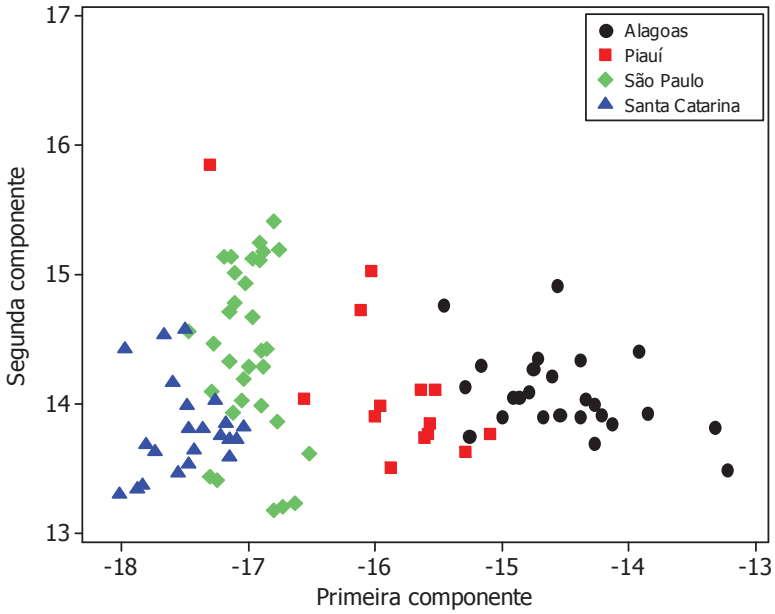


Figura 12: Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo de camarões sete barbas entre estados

Com relação à casca dos camarões sete barbas (Figura 13) houve diferenciação do par isotópico para aos animais coletados no estado de São Paulo e Alagoas ($p<0,01$).

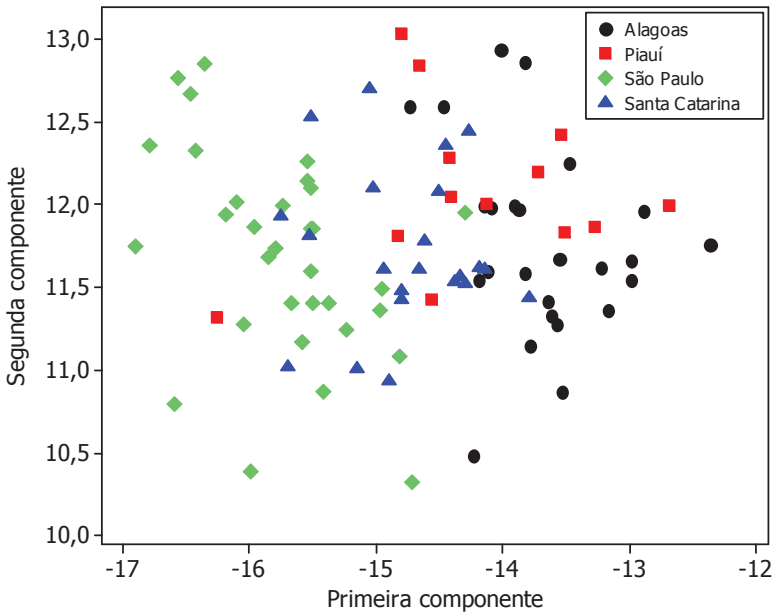


Figura 13: Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ da casca de camarões sete barbas entre estados

Para o estômago (Figura 14) não há diferenciação entre os valores do par isotópico para os camarões sete barbas coletados em Alagoas dos coletados no Piauí ($p<0,01$), porém notou-se diferença destes para os coletados nos demais estados. O estômago dos camarões sete barbas coletados no estado de São Paulo e Santa Catarina não diferiram isotopicamente entre si ($p<0,01$).

A diferença estatística, com relação ao estômago, entre as regiões Sul/Sudeste e Nordeste, tanto para o camarão sete barbas quanto para o rosa, evidenciou que a análise isotópica deste orgão pode ser considerada possível indicador geográfico, o enriquecimento pode ser causado por diferença de alimentação, resultado das diferentes correntes marítimas entre estas regiões (Richardson, 1994).

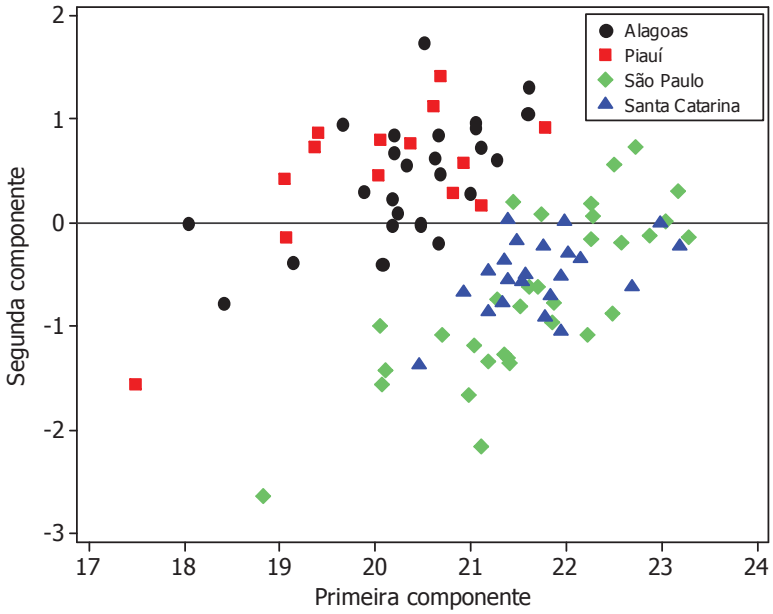


Figura 14: Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do estômago de camarões sete barbas entre estados

Tanto para a espécie de camarão rosa quanto para o camarão sete barbas o tecido mais enriquecido em nitrogênio-15 é o músculo, seguido do estômago e da casca, com enriquecimento em torno de 2‰ de um tecido para o outro. Esses dados corroboraram com Schmidt et al. (2004), que analisando o krill, uma espécie de camarão encontrado no Oceano Antártico, encontraram diferenças isotópicas de 1 a 2‰ para o valor de $\delta^{15}N$ entre os tecidos glândula digestiva (estômago) e segmentos abdominais (músculo). Os autores afirmaram que as diferenças isotópicas entre os tecidos analisados não são específicos apenas do krill, mas para todos os organismos consumidores.

O estômago pode refletir a dieta ingerida enquanto que o tecido muscular e a casca a dieta assimilada. As diferenças isotópicas entre músculo e casca podem ser conseqüência das diferenças metabólicas entre esses tecidos. (Parker et al., 1989).

Considerando que os camarões congelados geralmente são vendidos descascados e sem cabeça, ou seja, na maioria das vezes o que é comercializado é o músculo, isso impossibilita a diferenciação entre as espécies por características morfológicas. Assim, somente o tecido muscular foi utilizado para diferenciação entre as espécies de camarões (Figura 15), observando-se diferença pela MANOVA ($p<0,01$) entre os camarões rosa e sete barbas nos estados avaliados, sugerindo, neste caso, que o músculo seria o tecido mais apropriado para o estudo de diferenciação entre as espécies, servindo desta forma como referência do sinal isotópico do animal como um todo.

Com relação os camarões coletados nos estados do Piauí e São Paulo a diferenciação entre as espécies foi clara. Para os resultados de valores isotópicos de camarões coletados nos estados de Alagoas e Santa Catarina observou-se que alguns camarões rosa se misturam aos sete barbas. A sobreposição de alguns resultados pode ser explicada pelo fato de que os camarões rosa adultos habitam águas mais profundas enquanto que os junenis desta espécies habitam águas mais rasas, neste caso proporcionando a mesma alimentação do camarão sete barbas. Outro fator que poderia explicar a sobreposição dos pontos seria a pequena quantidade de camarões coletados em ambos estados.

A importância da utilização dos isótopos de carbono e nitrogênio ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$) na rastreabilidade e caracterização de organismos aquáticos, conforme observado por Lima et al., 2011 para diferenciação de espécies de peixes salgados e secos do bacalhau do Atlântico (*Gadus morhua*) e do bacalhau do Pacífico (*Gadus macrocephalus*), mostrou-se também eficiente no processo de rastreabilidade em camarões capturados na costa brasileira, possibilitando o uso desta ferramenta na detecção de adulterações de mistura entre estas espécies.

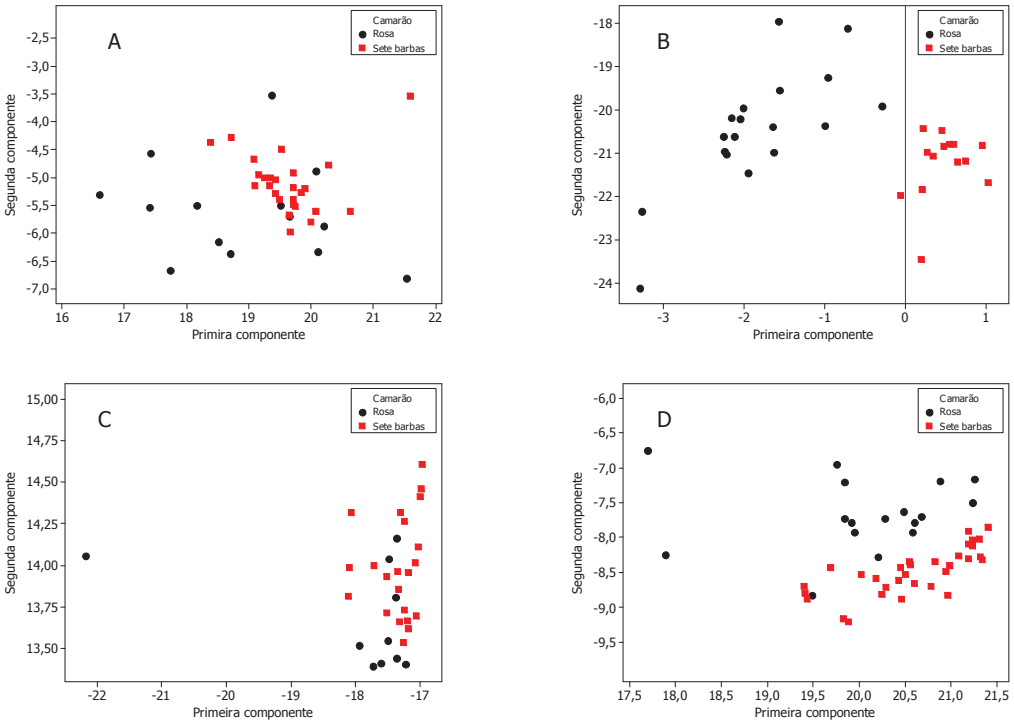


Figura 15: Análise de componentes principais para os valores do par isotópico de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ do músculo de camarões rosa e sete barbas dos estados de Alagoas (A), Piauí (B), Santa Catarina (C) e São Paulo (D).

Conclusões

Pela análise do par isotópico ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$) é possível distinguir os camarões pescados na região Nordeste dos camarões pescados nas regiões Sul /Sudeste, tanto para camarões rosa (*Farfantepenaeus brasiliensis*) como para o sete barbas (*Xiphopenaeus Kroyeri*) possibilitando a rastreabilidade e denominação de origem.

A análise isotópica do tecido muscular permite também diferenciar as duas espécies estudadas.

Literatura Citada

ARAUCO, E.M.R.; FUNARI, S.R.C.; DUCATTI, C. et al. Variabilidade isotópica do carbono ($\delta^{13}C$) em méis brasileiros utilizando sua proteína como padrão interno. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 11, n. 4, p. 299-304, 2008.

BARRIE, A.; PROSSER, S. J. Automated Analysis of Light-Element Stable Isotopes by Isotope Ratio Mass Spectrometry. In: BOUTTOM, T.W.; YAMASAKI, S-I. (Ed). Mass Spectrometry of Soils. New York, cap.1, p. 1-46. 1996.

BELL J.G.; PRESTON T.; HENDERSON R.J., et al.. Discrimination of wild and cultured European sea bass (Dicentrarchus labrax) using chemical and isotopic analyses. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 55 p, 2007.

BOUROCHE, J.M.; SAPORTA, G. **Análise de Dados**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1980.

COSTA, R.C.; FRANSOZO, A.; MELO, G.A. S.; FREIRE, F. A. M. Chave ilustrada para a identificação dos camarões dendrobranchiata do litoral norte de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica.**, [S.I.], v.3, p.1, 2003.

DUCATTI, C. **Isótopos estáveis ambientais**. [Apostila] Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 204p., 2007.

FIGUEIRA, R.; DUCATTI, C.; VENTURINI FILHO, W.G. Isotopic analysis method ($\delta^{13}C$) in apple-flavoured soft drinks. **Brazilian Journal of Food Technology** (Online), v. 13, p. 69-74, 2010.

FORSBERG, B.R.; ARAUJO-LIMA, C.A.R.M.; MARTINELLI, L.A. et al. Autotrophic carbon sources for fish of the Central Amazon. **Ecology**, v.74, n.3, p.643-652, 1993.

GONZÁLES-MARTIN, I; GONZÁLES-PÉREZ, C.; HERNÁNDEZ-MÉNDEZ, J. et al. Use of isotope analysis to characterize meat from Iberiam-breed swine. **Meat Science**, v.52, p.437-441, 1999.

HARGIN, K.D. Authenticity issues in meat and meat products. **Meat Science**, v.43, p.S277-S289, 1996.

LIMA, E.J.V.M.O. ; SANT'ANA, L.S.; DUCATTI, C. et al. The use of stable isotopes for authentication of gadoid fish species. **European Food Research & Technology**, v. 232, p. 97-101, 2011.

LUYKX, D.M.A.M.; VAN RUTH, S.M. An overview of analytical methods for determining the geographical origin of food products. **Food Chemistry**, v. 107, p. 897-911, 2008.

MINITAB Statistical Software [computer program], version 16. State College, PA: Minitab Inc, 2010.

NOGUEIRA, A.M.P.; FIGUEIRA, R.; DUCATTI, C. et al. Análise isotópica ($\delta^{13}C$) para detecção de adulteração em néctares de pêssego. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, p. 115-124, 2011.

PARKER, P.L.; ANDERSON, R.K.; LAWRENCE, A. A $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ tracer study of nutrition in aquaculture: Penaeus vannamei in a pond growout system. In: RUNDEL, P.W.; EHLERINGER, J.R.; NAGY, K.A. (Eds). **Stable isotopes in ecological research**. p.288-303, 1989.

PERGA, M.E.; GERDEAUX, D. "Are fish what they eat" all year round? **Oecologia**, v.144, n.4, p.598-606, 2005.

PETERSEN, A.; GREEN, D. **Seafood Traceability: A Practical Guide for the U.S. Industry**. North Carolina Sea Grant, 31p, 2007.

PIASENTIER, E.; VALUSSO, R.; CAMIN, F. et al. Stable isotope ratio analysis for authentication of lamb meat. **Meat Science**,v.64, p.239-247, 2003.

RICHARDSON, P.L. Giant eddies of South Atlantic water invade the north: disrupted flow and swirling waters. **Oceanus**, 37(1), 19-21, 1994.

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

SANT´ANA, L. S.; SOUZA, M. C. M. Qualidade no setor de bebidas. In: Waldemar Gastoni Venturini Filho. **Indústria de Bebidas: Inovação, gestão e produção**. 1ª ed. São Paulo: Edgar Bluchner, v. 03, p. 337-347, 2011.

SCHMIDT K.; MCCLELLAND J.W.; MENTE E. et al. Trophic-level interpretation based on $\delta^{15}N$ values: implications of tissue-specific fractionation and amino acid composition. **Marine Ecology Progress Series**, v. 266, p. 43–58, 2004.

SLEIMAN, M.; VENTURINI FILHO, W.G.; DUCATTI, C. et al. Utilização de isótopos estáveis do carbono e do nitrogênio para determinar o percentual de malte em cervejas tipo Pilsen. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 11, n. 2, p. 95-102, 2008.

SMITH, B.N.; EPSTEIN, S. Two categories of $^{13}C/^{12}C$ ratios of higher plants. **Plant Physiology**, v. 47, p. 380-384, 1971.

SERRANO, R.; BLANES, M.A.; ORERO, L. Stable isotope determination in wild and farmed gilthead sea bream (Sparus aurata) tissues from the western Mediterranean. Chemosphere, v. 69, n. 7, p. 1075-1080, 2007.

SOTELO C.G.; PÉREZ-MARTÍN, R.I.; Species identification in processed seafoods. In: **Food authenticity and traceability**. CRC Press, Boca Raton, 2003.

SOUZA-KRULISKI, C.R.; DUCATTI, C.; VENTURINI FILHO, W. et al. Estudo de adulteração em méis brasileiros através de razão isotópica de carbono. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 34, p. 434-439, 2010.

TIUNOV, A.V. Stable isotopes of carbon and nitrogen in soil ecological studies. **Biology Bulletin**, v.34, n.4, p.395-407, 2007.

WADA ,E.; MIZUTANI, H.; MINAGAWA, M. The use of stable isotopes for food web analysis. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.30, n.3, p.361-371, 1991.

IMPLICAÇÕES

Implicações

Como as plantas do ciclo fotossintético C_3 e seus subprodutos apresentam valores isotópicos de $\delta^{13}C$ = -28‰ e as plantas do ciclo fotossintético C_4 em média $\delta^{13}C$ = -12‰, percebe-se que existe uma diferença entre elas. As plantas C_4 são mais ricas em carbono-13 que as do ciclo C_3, enriquecimento em torno de 16‰. Esta ponderação abre perspectiva enorme na alimentação e ou rações utilizadas pelos animais, uma vez que o erro analítico cometido na determinação da variabilidade natural do carbono pelo espectrômetro de massa é da ordem de 0,2‰ permitindo com segurança a rastreabilidade destes ingredientes.

Porém em organismos aquáticos, principalmente em camarões, a alimentação não depende diretamente de plantas isotopicamente diferentes em carbono-13 e sim de microorganismos em suspensão na água e matéria em decomposição.

Além disso, organismos aquáticos apresentam rotas metabólicas distintas quanto ao aproveitamento de fontes de nitrogênio de acordo com a espécie, ambiente (temperatura, pH da água, poluição, etc) e tipo de alimentação.

Para o estudo da rastreabilidade é necessário um levantamento de outras características como variações sazonais, informações de dietas relacionadas bem como materiais em decomposição.

O estudo mais aprofundado de cada ecossistema onde foram coletados os camarões, um número maior de regiões envolvidas torna-se de extrema importância para a determinação da diferenciação geográfica destes animais. Além da inclusão da avaliação dos isótopos de hidrogênio e oxigênio, que são aplicados em estudos que visam determinar a caracterização da origem geográfica. Estudos já realizados reportaram que o conteúdo de $\delta^{18}O$ e $\delta^{2}H$ na água consumida pelos animais, exibe estreita correlação com aqueles encontrados nos produtos derivados de animais, e nos animais estudados.

Assim, esta linha de pesquisa poderá ser ampliada utilizando todos os parâmetros acima relacionados.