CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o rápido desenvolvimento da ciência tem contribuído para elucidar as causas de muitos distúrbios patológicos, conscientizando e alertando a população mundial para a necessidade de uma alimentação saudável. O peixe é um dos mais importantes alimentos em uma dieta, por apresentar alta qualidade em proteína, alto teor de ácidos graxos poliinsaturados da série ômega (ω3 e ω6), grande quantidade de nutrientes e excelente digestibilidade (KOTB et al. 1991; EVANGELISTA, 2000; AL-JEDAH e ROBINSON, 2001; FARKAS et al. 2002, 2003; Ikem e Egiebor, 2005; MENDIL et al. 2005; PATIN et al. 2006).

O rápido desenvolvimento industrial tem aumentado os impactos ambientais em ecossistemas marinhos, provocando um crescimento desequilibrado na contribuição de elementos químicos que ficam disponíveis para a fauna e a flora. Muitos desses elementos participam de processos do metabolismo dos seres vivos e são denominados de essenciais, enquanto outros não apresentam qualquer atividade e podem, inclusive, ser tóxicos ao organismo. Mesmo os essenciais podem causar problemas para a saúde, quando em excesso no organismo.

O conhecimento dos teores dos nutrientes e de outros elementos, metais, por exemplo, nos pescados e em seus diferentes produtos é da maior importância no estudo da qualidade destes alimentos e, também, na avaliação das condições ambientais. Para a maioria dos elementos químicos, as emissões antropogênicas são similares, ou maiores, que as emissões naturais e, na maioria das vezes, são direcionadas para o ecossistema marinho (PACYNA e PACYNA, 2001). Geralmente, uma contaminação por determinado elemento tem como fonte de origem gases ou efluentes provenientes de uma indústria, que irão para a atmosfera, solo, água, alcançando a cadeia trófica, fitoplanctos, zooplanctos, peixes, chegando finalmente aos humanos.

Segundo Pereira e Tenuta-Filho (2005), de um modo geral, não são encontradas informações suficientes referente à qualidade do pescado, permitindo a comercialização de forma não adequada e, conseqüente, risco à Saúde Pública.

Pode-se considerar que a maioria dos minerais é encontrada no músculo do peixe (OGAWA e MAIA, 1999). Grande variedade de elementos é necessária ao metabolismo, em

quantidades apreciáveis ou até como vestígios, embora nem todos, até o momento, tenham as suas funções completamente definidas (KRAUSE, 1998).

As brânquias dos peixes são os principais sítios receptores de metais onde os íons Na^{1+} (sódio) e Ca^{2+} (cálcio) são transportados por bombeamento, da água para a circulação sanguínea. A movimentação e a translocação de íons metálicos, como Na^{1+}, K^{1+} (potássio), Ca^{2+} e outros, são realizadas pelas bombas de ATPase (adenosina trifosfato). O canal ou proteínas carreadoras, associadas a estas bombas, apresentam ligantes específicos carregados negativamente. Experimentos demonstraram uma extensa correlação entre a extensão da saturação dos sítios receptores nas brânquias e a mortalidade (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1993; BERG et al. 2004). O modelo de complexação dos metais nas brânquias também depende da disponibilidade da espécie do metal (WHO, 1993). Segundo Hollis et al. (1999), o acúmulo de metais pelas guelras dos peixes varia com a dureza (íons Ca^{2+} e Mg^{2+} ,magnésio) da água.

A maioria dos estudos discute o papel da metalotioneína como um sistema de detoxificação para metais com ação contaminante e a tolerância ao desenvolvimento dessa proteína com esses metais (EVANS et al. 1993; CHAN, 1995; HEAGLER et al. 1996). A metalotioneína é considerada uma molécula com ações bioquímicas favoráveis para monitoramento biológico (HAMZA-CHAFFA et al. 1997), sendo que, sua concentração aumenta no peixe quando ele está em contato com o Cu (cobre), Zn (zinco) e Cd (cádmio; HOGSTRAND e HAUX, 1990).

Muitos estudos abordando tipos de secagem, digestão e métodos de detecção dos elementos químicos, em diferentes tecidos de organismos, de ecossistemas aquáticos, têm sido realizados (Tabelas 1, 2, 3). Em sua grande maioria, focaliza metais como Cu, Ni (níquel) e Zn. A captação dos metais pelos peixes vem sendo reportada como diretamente da água, através das brânquias ou, de uma forma indireta, através do sedimento e da dieta. A acumulação desses elementos é influenciada pelos diferentes órgãos e tecidos, assim como pelo gênero e espécies dos peixes (ALQUEZAR et al. 2006).

Tabela 1 - Tecidos, tipos de secagem, analitos e autores de pesquisas realizadas em diversas espécies de peixes.

Tecido investigado	Tipos de secagem	Analitos	Referências
Fígado, Músculo	-	Cd, Cu, Ni, Pb, Cr, Zn, Fe, Mn	Usero, 2004.
Fígado, Gônadas, Músculo	Liofilização	Cu, Zn	Papagiannis,2004.
Fígado inteiro, Músculo (uma parte, barbatana dorsal sem pele)	Liofilização	Cd, Cu, Mn, Pb	Henry, 2004.
Brânquias, Fígado, Músculo	-	Cd, Cu, Mn,Pb,Cd,Cu, Zn,Pb,Cr,Ni, Co	Sekhar, 2004.
Brânquias, Fígado, Músculo	Estufa 105ºC / 48 h	Cd,Cu,Zn,Pb, Hg	Farkas,2003.
Brânquias, Músculo	Estufa/110ºC	Cd, Cu, Zn, Pb, Cr, Ni	Licata,2003.
Brânquias, Fígado, Músculo	Estufa 105ºC / 48 h	Cd,Cu,Hg,Pb,Zn	Farkas, 2002.
Cabeça, Gônodas, Músculo Vísceras	AOAC 1995	Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Sn, Zn, Ni	Mansour, 2002.
Músculo	Desidratada ao ar	Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe, Mn	Topcuoglu, 2002.
Fígado, Gônadas, Músculo	Liofilização	Cd, Cu, Fe, Pb, Zn, Ni, Cr	Júnior, 2002.
Músculo	Desidratada ao ar	Ag,As,Cd,Cu,Zn,Pb,Fe,Mn, Hg,Se,Al,Ni,Cr	Lewis, 2002.
Fígado, Músculo, Pele	-	Cu,Mn,Zn,Cd	Al-Yousuf,2000.
Brânquias, Carcaça, Fígado	-	Cd	Hollis,1999.
Brânquias, Fígado, Músculo	Estufa 120ºC	Cd,Cu,Zn,Pb,Fe,Cr,Ni	Kalay,1999.
Fígado, Músculo, Pele	-	Pb,Cd,Hg	Barak,1990.

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Tabela 2 - Tecidos, procedimentos de digestão, analitos e autores de pesquisas realizadas em diversas espécies de peixes.

Tecido investigado	Procedimento de digestão	Analitos	Referências
Fígado, Músculo	HNO_3 / H_2O_2 microondas	Cd, Cu, Ni, Pb, Cr, Zn, Fe, Mn	Usero, 2004.
Fígado,Gônadas, Músculo	HNO_3 microonda	Cu, Zn	Papagiannis,2004.
Fígado inteiro, Músculo (uma parte, barbatana dorsal sem pele)	HNO_3, PTFE	Cd, Cu, Mn, Pb	Henry, 2004.
Brânquias, Fígado, Músculo	$HClO_4$ / HNO_3 140ºC / 4 h	Cd, Cu, Mn,Pb,Cd,Cu, Zn, Pb,Cr, Ni, Co	Sekhar, 2004.
Brânquias, Fígado, Músculo	HNO_3 / H_2O_2 microondas	Cd,Cu,Zn,Pb,Hg	Farkas,2003.
Brânquias, Músculo	HNO_3 / H_2SO_4 (4:1)	Cd, Cu, Zn, Pb, Cr, Ni	Licata,2003.
Brânquias, Fígado, Músculo	HNO_3 / H_2O_2 HNO_3/H_2SO_4 para Hg	Cd,Cu,Hg,Pb,Zn	Farkas, 2002.
Cabeça, Gônodas, Músculo, Vísceras	-	Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn,Pb, Sn, Zn, Ni	Mansour, 2002.
Músculo	HNO_3 / H_2O_2	Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe,Mn	Topcuoglu, 2002.
Fígado, Gônadas, Músculo	HNO_3 / H_2O_2	Cd, Cu, Fe, Pb, Zn, Ni, Cr	Júnior, 2002.
Músculo	HNO_3 microondas	Ag,As,Cd,Cu,Zn,Pb,Fe,Mn, Hg,Se,Al,Ni,Cr	Lewis, 2002.
Fígado, Músculo, Pele	HNO_3 /$HClO_4$ (4:1)	Cu,Mn,Zn,Cd	Al-Yousuf,2000.
Brânquias, Carcaça, Fígado	HNO_3	Cd	Hollis,1999.
Brânquias, Fígado, Músculo	HNO_3 / $HClO_4$	Cd,Cu,Zn,Pb,Fe,Cr,Ni	Kalay,1999.
Fígado, Músculo, Pele	HNO_3 /$HClO_4$ / (4:1)	Pb,Cd,Hg	Barak,1990.

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Tabela 3 - Tecidos, técnicas de análises, analitos e autores de pesquisas realizadas em diversas espécies de peixes.

Tecido investigado	Técnica analítica	Analitos	Referências
Fígado, Músculo	ETAAS / FAAS	Cd, Cu, Ni, Pb, Cr,Zn, Fe, Mn	Usero, 2004.
Fígado, Gônadas,Músculo	ETAAS	Cu, Zn	Papagiannis,2004.
Fígado,Músculo	ETAAS	Cd, Cu, Mn, Pb	Henry, 2004.
Brânquias, Fígado, Músculo	ICP OES	Cd, Cu, Mn,Pb,Cd,Cu, Zn, Pb,Cr, Ni, Co	Sekhar, 2004.
Brânquias, Fígado, Músculo	ETAAS - vapor frio	Cd,Cu,Zn,Pb, Hg	Farkas,2003.
Brânquias,Músculo	ETAAS	Cd, Cu, Zn, Pb, Cr, Ni	Licata,2003.
Brânquias,Fígado,Músculo	ETAAS - vapor frio	Cd,Cu,Hg,Pb,Zn	Farkas, 2002.
Cabeça, Gônodas,Músculo, Vísceras	AAS	Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Sn, Zn, Ni	Mansour, 2002.
Músculo	ICP OES	Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe, Mn	Topcuoglu, 2002.
Fígado, Gônadas, Músculo	AAS	Cd, Cu, Fe, Pb, Zn, Ni, Cr	Júnior, 2002.
Músculo	ICP OES	Ag,As,Cd,Cu,Zn,Pb,Fe,Mn, Hg,Se,Al,Ni,Cr	Lewis, 2002.
Fígado, Músculo, Pele	ETAAS	Cu,Mn,Zn,Cd	Al-Yousuf,2000.
Brânquia, Carcaça, Fígado	FAAS	Cd	Hollis,1999.
Brânquias, Fígado,Músculo	ETAAS	Cd,Cu,Zn,Pb,Fe,Cr,Ni	Kalay,1999.
Fígado, Músculo, Pele	FAAS	Pb,Cd,Hg	Barak,1990.

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

1.1 ELEMENTOS QUÍMICOS ENFATIZANDO OS METAIS

Os minerais são elementos químicos necessários para todas as formas de vida influenciando principalmente os processos metabólicos dos animais. Nem todos os elementos essenciais para o crescimento de diferentes tipos de organismos têm sido descritos em peixes. Entretanto, todos os elementos essenciais, metais ou não, quando em quantidades acima do necessário pelo organismo tornam-se contaminantes. Elementos como Pb, Cd e Hg mesmo em pequenas quantidades, são tóxicos ao organismo, podendo ser absorvidos, concorrendo com os metais essenciais, causando a deficiência dos nutrientes e podendo causar patologias bioquímicas, estruturais e funcionais.

1.1.1 Alumínio (Al)

Não se tem conhecimento de atividade biológica do Al no organismo. Contudo, este elemento está entre os mais abundantes na crosta terrestre (8% do total), encontrado na forma de óxidos (alumina). As emissões industriais e a queima de combustíveis fósseis liberam gases ácidos e, em conseqüência, a chuva torna-se ácida contribuindo para solubilizar e biodisponibilizar este elemento, que poderá ser absorvido por animais e plantas aquáticas, com conseqüente impacto sobre os seres humanos (COZZOLINO, 2005).

Não há, para o Al, limite máximo de tolerância (LMT) em alimentos na legislação brasileira (BRASIL, 1998).

1.1.2 Cálcio (Ca)

Nas águas naturais, o Ca normalmente está presente. É componente essencial tanto dos tecidos das plantas quanto dos animais. No músculo dos peixes, o Ca, em geral, está presente no estado inorgânico. É aproveitado principalmente em sua forma livre, pela sua reatividade com o oxigênio. A maior parte do cálcio (90%) é armazenada nos ossos. Contudo,

ocorre uma troca constante entre o sangue, tecidos e ossos, necessário para o funcionamento do sistema nervoso e imunológico, contração muscular, coagulação sangüínea e pressão arterial. Sua ingestão inadequada resulta em prejuízo para a estrutura óssea, causando o raquitismo e a osteomalácia, osteosporose e hipertensão (KRAUSE, 1998).

Este elemento também é necessário para a ação de algumas enzimas (Ca^{2+}ATPase) e pode competir com o Fe no sítio de ligação, sendo então absorvido pela célula (BERG et al. 2004). Em pequenas quantidades, o Ca aumenta a absorção do Fe e em grande quantidade, a inibe (BAYNES e BOTHWELL, 1990). Segundo Cozzolino (2005) a interação do cálcio relacionada com a absorção de outros elementos essenciais, deve ser melhor avaliada.

Nas brânquias dos peixes, por exemplo, mesmo em presença de Ca, pode ocorrer acúmulo de íons de Cd e de acordo com Hollis et al. (1999), quando a captação do Ca pelas brânquias é irreversivelmente bloqueada, ocorre a hipocalcemia fatal, aparentemente por inibição não competitiva da enzima Ca^{2+}ATPase.

1.1.3 Cádmio (Cd)

O cádmio é um elemento traço sem uma função fisiológica bem definida. Na natureza, é encontrado juntamente com o Zn e o Pb (FRANCO, 1987). Devido a sua alta toxicidade, é considerado poluidor ambiental. Seus efeitos tóxicos severos em organismos aquáticos prejudicam os órgãos reprodutores, as brânquias, o rim e o fígado e em conseqüência, os organismos podem apresentar anemia, anorexia e dificuldade respiratória, reduzindo, consideravelmente, a possibilidade de sobrevivência. Podem também, causar aumento da pressão sanguínea e alterar o equilíbrio do Ca (MURAMOTO, 1981). No organismo, o Cd é complexado por moléculas orgânicas, como carboidratos, aminoácidos, e pode substituir o Zn no metabolismo, provocando a inativação de alguns complexos enzimáticos. Com relação aos grupos sulfetos, apresenta alta afinidade aumentando a sua solubilidade em lipídios, promovendo a sua bioacumulação e toxicidade. É absorvido no trato gastrointestinal, sendo esta absorção inversamente proporcional às do Zn e do Cu (FRANCO, 1987).

O Cd não é elemento essencial e uma vez ingerido e absorvido, mesmo em quantidades mínimas, dificilmente é excretado (DE CONTO CINIER et al. 1997). O mecanismo bioquímico para acumulação de Cd depende das rotas de exposição, do tipo do organismo, da captação e da taxa de eliminação (ABOU-ÁRAB et al. 1996; DE CONTO CINIER et al.1998). De acordo com Sindermann (1996), o Cd, ou excesso de Cu e de Zn, no intestino dos peixes não são absorvidos porque, no muco intestinal, há formação de complexos que precipitam e depois são eliminados pelas fezes.

Evans et al. (1993), afirmam que a concentração de metais aumenta com o comprimento do peixe. Contudo, este comportamento poderia ser esperado com o aumento dos metais contaminantes como Ag, Cd, Hg e Pb, que são excretados lentamente, mas não é comum para elementos essenciais, como Cu, Fe, Mn, Se e Zn, que estão sob controle regulamentar, em equilibro estável nas atividades biológicas no corpo. A correlação entre íons metálicos e o tamanho dos organismos aquáticos também foi observada por diversos autores (MORMEDE e DAVIES, 2001; CANLI e ATLI, 2003; POURANG et al. 2004; RUELAS-INZUNZA e PÁES-OSUNA, 2004; AGUSA et al. 2005; KOJADINOVIC et al. 2007).

A retenção dos íons de Cd^{1+} é associada à formação de metalotioneína, que pode ter a sua síntese induzida por ligação a íons de Zn^{2+} e Cu^{2+}, metais essenciais e componentes da metalotioneína hepática (LINDE et al. 2005; SMIRNOV et al. 2005). Exposição a Cd demonstra um aumento da concentração de Cd-metalotioneína mais que qualquer outro metal. Porém, essa acumulação alcança concentrações limitadas (DE CONTO CINIER et al. 1997). No rim, a concentração de Cd aumenta mais rapidamente que no fígado, possivelmente em função de maior atividade metabólica, devido à maior formação de metalotioneína no rim que no fígado (DE CONTO CINIER et al. 1998).

Entre outros elementos químicos, o Cd possui limite máximo de tolerância (LMT) em alimentos relacionado na Portaria n.12, de 27 de agosto de 1998 da legislação brasileira. (Tabela 4).

Tabela 4 - Limite Máximo de Tolerância (LMT) de elementos químicos em alimentos.

Elementos	LMT (ppm)	Elementos	LMT (ppm)
Cd	1,0	Pb*	2,0
Cr	0,1	Sb	2,0
Cu	30,0	Se	0,30
Hg**	0,50	Sn	250,0
Ni	5,0	Zn	50,0
As	1,0	-	-

Fonte: Agência de Vigilância Sanitária - ANVISA.
Nota: * Pescado.
** Peixes, crustáceos e moluscos.

1.1.4 Chumbo (Pb)

O chumbo é encontrado na natureza nos estados de oxidação Pb^{+2} e Pb^{+4}, e sua presença nos organismos, até o momento, não apresenta efeitos benéficos ou nutritivos, e uma vez absorvido, se acumula nos tecidos do ser humano e de outros animais. As crianças absorvem até 50% e os adultos apenas 10%. A exposição a altas concentrações de Pb pode produzir lesão de cérebro, cólica intestinal, paralisias, anemia e morte (CAMPBELL et al. 2000; EVANGELISTA, 2000; BERG et al. 2004).

No caso de poluição extrema, o Pb se acumula nos peixes e em outros organismos. Foi observada uma correlação entre o Pb existente no sedimento e o Pb encontrado no fígado de trutas. Fígado e rim são os melhores indicadores para exposição crônica, em função do metabolismo dos metais no organismo (LINDE et al. 1998).

A deficiência de Fe contribui para promover a captura e retenção do Pb (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 1998). Uma vez absorvido, o Pb passa à corrente sanguínea e mais de 95% desse elemento liga-se aos eritrócitos, causando aumento da fragilidade e redução do tempo de vida das células. O Pb possui grande afinidade pelos ossos, bioacumulando-se em função do tempo de exposição (EVANGELISTA, 2000; BERG et al. 2004).

1.1.5 Cobre (Cu)

O cobre é um metal essencial, importante para os animais, utilizado como cofator e constituinte de muitas enzimas oxidativas. No metabolismo dos peixes está em homeostasia, isto é, em equilíbrio bioquímico (FRANCO, 1987; BURY et al. 2003; COUTURE e KUMAR, 2003). O Cu pode ser encontrado dissolvido como íon Cu^{+2} (cúprico) ou na forma de complexos podendo ser acumulado em fitoplâncton, moluscos e peixes (COZZOLINO, 2005).

A dieta é considerada a principal fonte de cobre para peixes, porém os estudos indicam que a brânquia pode contribuir de forma significativa aumentando a sua concentração. A toxicidade do Cu pode causar danos às guelras e necrose em fígado e rim (WATANABE et al. 1997).

A ingestão do cobre pelos seres humanos ocorre principalmente através dos alimentos. Os efeitos da contaminação por Cu está relacionado à nefrite, anuria e lesão renal. As maiores concentrações são encontradas no fígado, cérebro, coração e rim (KAMUNDE et al. 2002). Nos músculos, são encontradas baixas concentrações, contudo, devido à sua grande massa, concentra aproximadamente 40% de todo o cobre do organismo. A doença de Wilson[1] promove o excesso de Cu no organismo que em altas concentrações pode levar riscos à saúde animal e humana (AMUNDSEN et al. 1997; COZZOLINO, 2005).

O excesso de Cu leva à grande produção de oxiradicais pela reação de Fenton:

$$Cu^{+} + H_2O_2 \rightarrow Cu^{2+} + OH^{-} + OH°$$

A produção desses radicais pode iniciar um estresse oxidativo, cascata de reações de oxi-redução, levando à perda da integridade celular (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 1998).

A Síndrome de Menkes[2] promove deficiência de cobre no organismo (AMUNDSEN et al. 1997; COZZOLINO, 2005). Esta deficiência, possivelmente, é agravada pela ingestão excessiva de suplementos de Fe e/ou Zn e não somente pela deficiência de cobre na dieta (OMS, 1998).

---

[1] Defeito na excreção deste metal pela bile, levando um maior acúmulo no fígado.
[2] Defeito na absorção intestinal desse metal, com captação defeituosa pelos tecidos causando degeneração cerebral progressiva.

1.1.6 Cromo (Cr)

É possível encontrar o Cr em estados de oxidação diferenciados, mas as formas trivalentes Cr^{3+}, possivelmente associadas com os aminoácidos glicina, cisteina e ácido glutâmico em doses mínimas são importantes no metabolismo dos carboidratos. Essas formas auxiliam na atividade da insulina, das proteínas e dos lipídios, podendo estar associadas a outros metais no caso de tratamento de diabetes e infecções oftalmológicas (WATANABE et al. 1997).

As formas hexavalente Cr^{6+} (cromatos e dicromatos) são as mais comuns, predominantemente solúveis no ambiente aquático e podem ser convertidas em Cr^{3+} por meio de redutores como H_2S e FeS (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2004). O Cr^{6+} mesmo em baixas concentrações é a forma carcinogênica e pode ser acumulado nos organismos aquáticos por difusão passiva. É absorvido pelas células vivas, atravessa mais facilmente as membranas e promove oxidações no interior das células prejudicando vários órgãos como rins e fígado sendo rapidamente reduzido a Cr^{3+}, tendo o Cr^{4+} e o Cr^{5+} como intermediários. Estas reações geralmente envolvem espécies intracelulares, como o ascorbato, a glutationa ou os aminoácidos. As espécies Cr^{4+}, Cr^{5+} e o Cr^{6+} estão envolvidas no ciclo oxidativo de Fenton, gerando radicais livres. O Cr^{3+}, em condições fisiológicas normais, dificilmente gera esse tipo de radical (ATSDR, 2004).

1.1.7 Estrôncio (Sr)

O estrôncio (Sr), é considerado o 15º elemento mais abundante na Terra, constituindo cerca de 0,034% das rochas magmáticas (celestita-sulfato de estrôncio e a estroncianita-carbonato de estrôncio). Também é encontrado no solo e em petróleo.

O Sr é absorvido pelo organismo humano de forma semelhantemente ao Ca. Não há grandes riscos na forma natural, pois a mesma é estável, mas isótopos radioativos são perigosos, podendo provocar câncer nos ossos. Nos processos biológicos, o césio e o estrôncio, semelhantes quimicamente ao potássio e cálcio, tendem a acompanhá-los, depositando-se parcialmente nos músculos e ossos, respectivamente.

1.1.8 Ferro (Fe)

Ferro é um dos íons metálicos mais importantes, participando da estrutura das proteínas que contêm o grupo heme[3] na forma de Fe^{2+} ou Fe^{3+}. Na forma de Fe^{2+} (ferroso) é mais facilmente absorvido. Essa forma constitui apenas 6% do ferro na dieta. A maior parte do ferro alimentar está na forma Fe^{3+} (férrica), que tem potencial de absorção determinado pelas reservas corporais e pelos componentes da refeição, (HILLMAN, 1995; GOYER, 1997; CAMPBELL, 2000; SIVAPERUMAL et al. 2007). A sua absorção pode ser potencializada pela ação da succinato desidrogenase ou do ascorbato (GANONG, 1993; SILVA et al. 2002).

A succinato desidrogenase é uma enzima integrante da membrana mitocondrial interna, que atua na regulação do ciclo do ácido cítrico, e contém átomos de Fe, mas não um grupo heme. Ela pode ser referida como uma ferro-proteína não hemínica, ou uma proteína ferro-enxofre (CAMPBELL, 2000).

O íon Fe^{2+} (ferroso) da hemoglobina carreia oxigênio a todos os tecidos. É um componente da oxidase mitocondrial e faz parte, como centro ativo, de muitas metaloenzimas nos animais superiores (FRANCO, 1987). O Fe de origem animal é mais facilmente absorvido que o de origem vegetal. O teor de Fe, em geral, é consideravelmente mais baixo em peixes que em outros vertebrados. (BAYNES e BOTHWELL, 1990; ANDREWS, 2000).

As informações sobre a absorção e o metabolismo de Fe nos peixes são limitadas, mas o processo metabólico parece ser semelhante ao dos outros vertebrados, sendo que a sua deficiência provoca anemia nestes organismos. (WATANABE et al. 1997).

1.1.9 Lítio (Li)

O lítio é considerado tóxico quando encontrado no plasma em níveis superiores a 10 $\mu g\ mL^{-1}$. É o metal alcalino mais leve e tem sido encontrado na natureza em baixíssimas concentrações. Nos animais e nos humanos tem sido encontrado em torno de 2 a 200 $ng\ g^{-1}$ (peso úmido). Segundo a OMS (1998), o Li possui papel funcional essencial com atividade farmacológica (tratamento de psicose maníaca depressiva).

---

[3] Grupamento prostético de diversas proteínas como hemoglobina, mioglobina, catalase, peroxidase e citocromo c.

1.1.10 Magnésio (Mg)

O Mg é um macroelemento essencial para a ação de muitas enzimas. Este elemento apresenta papel de coenzima específica em processos metabólicos de um grande número de enzimas envolvidas na transferência de fosfato que utilizam ATP, como as ATPases. No organismo, está na forma de um cátion intracelular extremamente importante. Em geral, está presente, principalmente, nos músculos e ossos, onde ajuda na contração muscular e metabolismo energético (FRANCO, 1987).

O Mg, também, está presente na clorofila. Sendo cofator na fotossíntese, ele faz parte dos pigmentos verdes dos vegetais superiores. Sua relação com patologias como eclâmpsia, alcoolismo, doenças cardíacas, aterosclerose, asma e hipertensão vem sendo investigada (COZZOLINO, 2005).

1.1.11 Manganês (Mn)

O Mn é importante para peixes, sendo amplamete distribuído nos tecidos animais (WATANABE et al. 1997). Constituinte e ativador de várias enzimas nos seres vivos, dificilmente sua deficiência é encontrada em humanos (FRANCO, 1987). Quando em excesso, devido à sua acumulação no cérebro, provoca o mal de Parkinson e comportamento agressivo. É um microelemento essencial encontrado no ser humano, principalmente nos ossos, nas mitocôndrias de células hepáticas, hipófise, fígado, rim, pâncreas e tecido gastrointestinal (FRANCO, 1987). Nos animais, parece estar ligado aos efeitos de reprodução, função pancreática e apresenta variações no metabolismo dos carboidratos, aminoácidos e colesterol (COZZOLINO, 2005).

1.1.12 Molibdênio (Mo)

O Mo é muito importante, por ser um nutriente essencial ao metabolismo do organismo humano. Este microelemento age no organismo dos seres vivos como cofator essencial para enzimas (metaloenzima xantino-oxidase, aldeído-oxidase e sulfito-oxidase) e catalisa a conversão do Fe^{3+} (ferro férrico) para Fe^{2+} (ferro ferroso; FRANCO, 1987; CAMPBELL, 2000; BERG et al. 2004). Em altas concentrações causa intoxicação, podendo elevar o ácido úrico e promover a deficiência do cobre. A deficiência de Mo aumenta a metionina plasmática e hipo-uricemia severa, taquicardia, náusea e vômitos, letargia, desorientação, coma, cefaléia, e dano cerebral severo com retardo mental.

O Mo é prontamente absorvido no estômago e intestino delgado pela ação de carreadores ou por difusão passiva. É excretado inicialmente pela urina. A absorção se dá através da ingestão oral, sendo transportado ao fígado pelos eritrócitos (KRAUSE, 1998).

1.1.13 Níquel (Ni)

Na crosta terrestre, o Ni é encontrado associado a carbonatos, óxidos, silicatos, ferro, mercúrio, arsenatos, sulfetos e teluriatos. O Ni tem papel fundamental no metabolismo bioquímico e, em excesso, pode apresentar efeitos carcinogênicos. Segundo Franco (1987) e Berg et al.(2004), no ambiente aquático a toxicidade pelo Ni indica tolerâncias que variam amplamente e são influenciados por vários fatores, como o pH e o efeito sinérgico (provocado pela interação entre as espécies químicas).

A contaminação por Ni pode ser através do petróleo, efluentes de indústrias petroquímicas, processos metalúrgicos de refinamento de Ni, baterias de Ni, de Cd e outros. O Ni é encontrado no óleo bruto na composição das porfirinas (LAVILLA et al. 2008). O tratamento recomendado, normalmente, é a eliminação da fonte de contaminação, aumento da ingestão de fibras e suplementação com Se, Zn, L-cisteina, D, L metionina e terapia anti-oxidante. O níquel Ni^{2+} forma complexos estáveis com ligantes orgânicos e inorgânicos (FRANCO, 1987; KRAUSE, 1998). Em animais, o Ni, mostrou-se importante para o

crescimento, reprodução, metabolismo do Fe e do Zn e para a hematopoese. (CAMPBELL, 2000; EVANGELISTA, 2000; BERG et al. 2004; COZZOLINO, 2005).

1.1.14 Selênio (Se)

O Se é um micronutriente essencial para animais, inclusive peixes. Faz parte de selenoproteinas (selenocisteina e selenometionina) e é indispensável à ação da glutationa-peroxidase que protege a célula de danos oxidativos, quando da formação de radicais livres (BERG et al. 2004; CHEUNG e WONG, 2006; TALAS et al. 2006; LAVILLA et al. 2008). O Se participa da detoxificação do organismo contra metais contaminantes (NAVARRO-ALARCÓN e LÓPEZ-MARTINEZ, 2000).

Se a área em estudo recebe efluente como esgoto (industrial e/ou doméstico), poderá ocorrer processo microbiológico nos sedimentos, convertendo o Se inorgânico em formas orgânicas. Embora os compostos orgânicos de Se sejam voláteis, eles são absorvidos por produtores primários (BESSER et al. 1993). O Se é adquirido pelos peixes através das guelras, sendo absorvido sob a forma de selenito. Ainda não está bem clara a ação do Se nos seres humanos. Entretanto, sua atuação parece estar relacionada com a vitamina E em ação sinérgica para a cura de doenças hepáticas e certas afecções musculares (WATANABE et al. 1997).

1.1.15 Vanádio (V)

O vanádio é um nutriente traço importante em peixes, porém há poucas informações na literatura. É um elemento tóxico dependendo da dosagem e da espécie de peixe no qual ele está presente (WATANABE et al. 1997). Participa na regulação das enzimas ATPase, fosfotransferases, fosfo-hidrolases e adenilatociclases em animais superiores (KRAUSE, 1998; FRANCO, 1987).

Os efeitos tóxicos que resultam da ingestão de grandes quantidades de V na dieta ainda não estão bem esclarecidos (LAVILLA et al. 2008). É encontrado no óleo bruto na

composição das porfirinas. A toxicidade normalmente ocorre apenas como o resultado de exposição industrial de altos níveis de V transportado pelo ar. Ocorre a absorção de aproximadamente 1% da ingestão oral no trato gastrointestinal e o limite de toxicidade pode ser menor que 10 mg de V/dia (OMS, 1998).

1.1.16 Zinco (Zn)

O Zn é um micronutriente essencial para os organismos marinhos devido à sua importância como cofator para a ação das enzimas (KRAUSE, 1998; BERG et al. 2004; COZZOLINO, 2005) importantes no crescimento, na reprodução, no desenvolvimento e na função imune dos peixes (WATANABE et al. 1997, BURY et al. 2003). Aparentemente, o Zn protege contra o efeito tóxico do Cd e Pb. Contudo, ao interferir com a homeostase do Ca pode gerar toxicidade (PEREZ CID et al. 2001; SIVAPERUMAL et al. 2007). Assim como o Cu, o Zn também é controlado por homeostasia (WATANABE et al.1997), sendo esta, regulada primeiramente através dos órgãos e mecanismos de controle de absorção intestinal. Em excesso, é excretado através da bílis, pelos resíduos intestinais ou pelas brânquias (HARDY et al. 1987).

As vias principais para a absorção do Zn nos peixes são as brânquias e o intestino. O consenso é que o intestino é a via de absorção no ambiente natural. Com a redução da concentração do Zn proveniente da dieta, a brânquia torna-se cada vez mais importante, especialmente quando os níveis de Zn na água estiverem elevados. No geral, o local da absorção do Zn parece ser o mesmo entre peixes e mamíferos. As etapas que envolvem a absorção intestinal do Zn nos peixes ainda não foram bem esclarecidas (GLOVER e HOGSTRAND, 2002).

Dos metais essenciais, o Zn ocupa o segundo lugar em importância quantitativa para os peixes, perdendo apenas para o Fe (WATANABE et al.1997). O Zn não participa de reações redox e diferentemente do Cu e Fe, não forma radical livre e possui propriedades antioxidantes (POWELL, 2000).

Embora essencial à fisiologia de organismos, são conhecidos efeitos tóxicos do zinco sobre os peixes e em certos tipos de algas, influenciados por fatores ambientais como dureza, oxigênio dissolvido e temperatura (AMUNDSEN et al. 1997).

1.2 DESENVOLVIMENTO DA PRODUÇÃO BRASILEIRA DE PESCADO

A produção de pescado no Brasil, ainda é constituída, principalmente, de peixes de origem marinha, com pouca produção em cativeiro. Na região Nordeste, em 2003, esta produção foi da ordem de aproximadamente 139 mil toneladas. A produção de sardinha ficou em torno de 13 mil toneladas, e o Estado da Bahia contribuiu com cerca de oito mil toneladas dessa sendo a produção de peixes (Tabela 5) bem mais significativa que a dos outros pescados (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS; DIRETORIA DE FAUNA E RECURSOS PESQUEIROS; COORDENAÇÃO-GERAL DE GESTÃO DE RECURSOS PESQUEIROS; CENTRO DE PESQUISA E GESTÃO DE RECURSOS PESQUEIROS DO LITORAL NORDESTE, 2004).

Tabela 5-Produção pesqueira (t) no Estado da Bahia, no período de 1988, 2002/2003.

Categoria	**Ano**		
	1998	**2002**	**2003**
Peixes	32 550,00	40 752,50	34 815,54.
Crustáceos	7 955,10	6 461,69	8 522,65.
Moluscos	439,00	159,68	43,42.
Total	40 945,00	47 373,87	43 381,61.

Fonte: Projeto ESTATPESCA, 1998, 2002, 2003.

No ano de 2005, a produção de pescado no Nordeste foi de aproximadamente 153 mil toneladas, sendo 72,6% referentes aos peixes, 21,5% aos crustáceos e 5,9% aos moluscos. De nove estados da região, a Bahia, com cerca de 45 mil toneladas (29,9%) de pescados, se destacou como um dos maiores produtores. A produção de peixes, cerca de 32 mil toneladas do pescado, representou 70,0% do total. Do total capturado no Estado, 10,21% são referentes às sardinhas, com aproximadamente 5 mil toneladas, e 4,09% referente às tainhas, aproximadamente 2 mil toneladas. Em uma análise por município verifica-se que Salvador foi o terceiro maior produtor com cerca de 3 mil toneladas em 2005. Quando comparada a 2003,

observa-se que a produção de pescados na Bahia registrou um incremento de 5,2% (MMA, IBAMA, DIFAP, CGREP, CEPENE, 2005).

Ao longo das ultimas décadas, a BTS e o Extremo Sul da Bahia (Porto Seguro) vêem sendo submetidas a impactos ambientais, despertando uma constante apreensão na população e forte preocupação na comunidade cientifica e ecológica.

Os peixes da Baía de Aratu, da BTS e do Extremo Sul, além de serem utilizados para alimentação da população local, são geradores de fonte de renda para os nativos. Em função desse importante potencial sócio-econômico, torna-se imprescindível um diagnóstico criterioso nesses organismos cujos dados poderão se tornar importantes ferramentas, para a avaliação dos riscos à saúde da população baiana.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo desse trabalho foi fazer uma avaliação química (enfatizando principalmente metais) em espécies de peixes consumidos no Estado da Bahia a fim de fornecer informações importantes dos aspectos nutricionais e ambientais. Para isso, composição centesimal (umidade, proteínas, cinzas e lipídios totais) e os elementos (químicos Al, Ca, Cd, Cu, Cr, Fe, Li, Mg, Mo, Mn, Ni, Pb, Se, Sr, V e Zn) foram investigados no tecido muscular das diversas espécies de peixe coletadas em região costeira da cidade de Porto Seguro, na Baía de Todos os Santos (BTS) e na Baía de Aratu.

1.3.2 Objetivos Específicos

Determinar e avaliar o teor de umidade, proteínas, cinzas e lipídios totais nos músculos das espécies de peixes estudadas da BTS e de Porto Seguro.

Determinar as concentrações dos elementos químicos (Al, Ca, Cd, Cu, Cr, Fe, Li, Mg, Mo, Mn, Ni, Pb, Se, Sr, V e Zn) no tecido muscular de várias espécies de peixes.

Avaliar a presença de substâncias contaminantes no tecido muscular das espécies de peixes e comparar com os limites máximos de tolerância (LMT) de elementos químicos permitido pela ANVISA.

Avaliar a presença de elementos essenciais no tecido muscular das espécies de peixes.

Avaliar a qualidade deste alimento em função da concentração dos elementos químicos pesquisados.

CAPÍTULO II - PARTE EXPERIMENTAL

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 EQUIPAMENTOS

Agitador de tubos - Vortex
Balança analítica - Sartorius Bl 210s
Deionizador Milli Q Academic (filtro 0,22μm)
Destilador - QUIMIS
Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP OES) - Vista Pro (Varian, Mulgrave, Austrália)
Estufa de Secagem e Esterilização - Modelo 315 SE
Liofilizador - Terroni-Fauvel - Modelo LT 6000
Forno Mufla - QUIMIS
Reatores de digestão com cadinho de Politetrafluoretileno (PTFE)

2.2 REAGENTES

Ácido Clorídrico, HCl, Merck p.a. 37% (v/v)
Acido Nítrico, HNO3, Merck 65% (v/v)
Ácido Sulfúrico, H2SO4, Merck p.a
Ampola padrão para Al, Ca, Cd, Cu, Cr, Fe, Li, Mg, Mo, Mn, Ni, Pb, Se, Sr, V e Zn - Titrisol Merck
Água ultrapura com resistividade específica ≥ 18 MΩ-cm
Clorofórmio - Merck p.a.
Gás Argônio - (grau comercial), marca AGA
Metanol - Merck p.a.
Sulfato de Sódio - solução 1,5%

2.2.1 Soluções

Todas as soluções necessárias às determinações foram preparadas com reagentes de grau analítico (Merck) e água ultrapura MILLI-Q®. As soluções de referência foram preparadas a partir das soluções estoque contendo 1000 mg L^{-1} de Al, Ca, Cd, Cu, Cr, Fe, Li, Mg, Mo, Mn, Ni, Pb, Se, Sr, V e Zn. Estas foram utilizadas para o preparo das soluções padrões da curva analítica necessária à determinação dos elementos.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE COLETA DAS AMOSTRAS

2.3.1 A Baía de Todos os Santos – BTS

Situada na costa Norte do Estado da Bahia, (Figura 1), coordenadas 13° 10' S e 38° 50' W, a BTS é uma das maiores baías da costa brasileira, com aproximadamente 1100 km² que abriga duas pequenas baías, a do Iguape e a de Aratu. O arquipélago da BTS é formado por 56 ilhas tropicais, onde se destacam as ilhas de Itaparica, Madre Deus, Maré, Frades, Medo, Bom Jesus dos Passos, Vacas, Maria Guarda, Cajaíba, Cal, São Gonçalo e Matarandiba. Dezesseis municípios são banhados por suas águas. Entre eles, estão Cachoeira, Candeias, Itaparica, Madre de Deus, Maragogipe, Salina das Margaridas, Salvador, Santo Amaro, São Félix, São Francisco do Conde, Saubara, Simões Filho, Vera Cruz (SANTOS, 1997), perfazendo um total aproximado de duzentos quilômetros de borda, onde cerca de três milhões de baianos (nativos, naturalizados por afinidade ou conveniência), vivem nas cercanias de um parque industrial fundamentado na indústria química e de exploração, refino e processamento de petróleo, além da indústria de celulose e de extração e beneficiamento de minérios. Devido ao desenvolvimento acelerado de atividades humanas realizadas em suas margens e áreas vizinhas, a BTS encontra-se em impacto crescente.

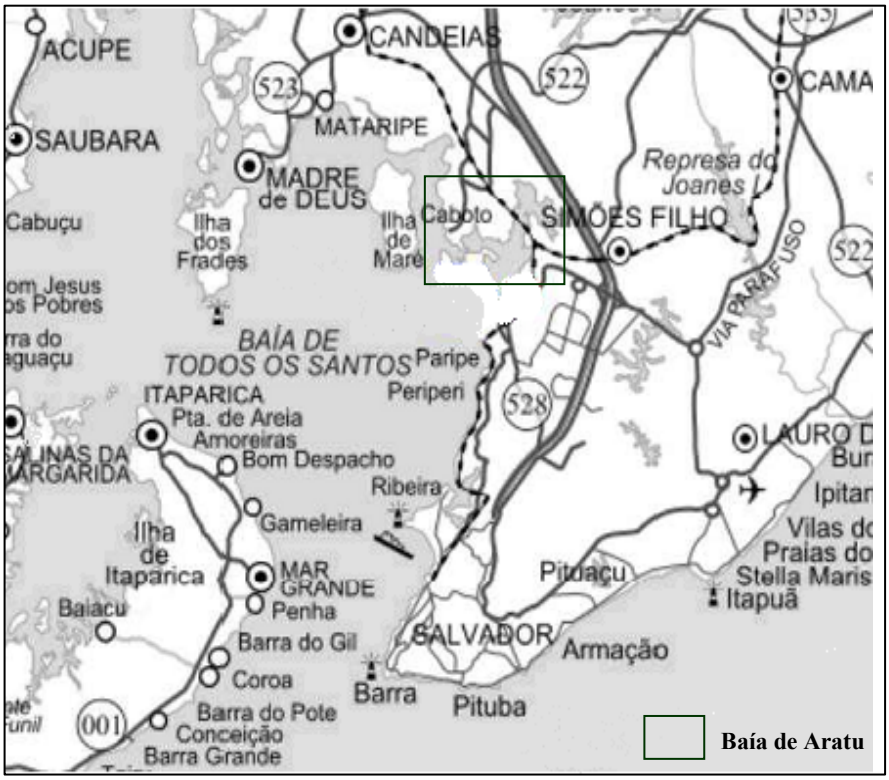

Figura 1 - Localização da Baía de Aratu e da Baía de Todos os Santos.
Fonte: https://images.google.com.br

2.3.2 A Baía de Aratu

Situada nas coordenadas 12°47'S; 38°29'W no Estado da Bahia/Brasil, a Baía de Aratu (Figura 1) abrange um estuário de características lagunares, com forte influência de águas costeiras. Esta baía, abrigada na Baía de Todos os Santos, é cercada por uma área de alta densidade populacional com precária qualidade no setor de saneamento básico. Alem disso, possui importantes centros industriais (produção de ferro, papel, tintas, cimento, cerveja e outros) e um terminal portuário (Porto de Aratu), na região nordeste da Baía de Todos os Santos, nas proximidades da entrada do canal de Cotegipe (BRITO e GOUVEIA, 1982).

2.3.3 Porto Seguro

É uma cidade litorânea com atividade pesqueira desde o século XVII, situada no Extremo Sul da Bahia, mais exatamente no subespaço da região de Eunápolis (Figura 2).

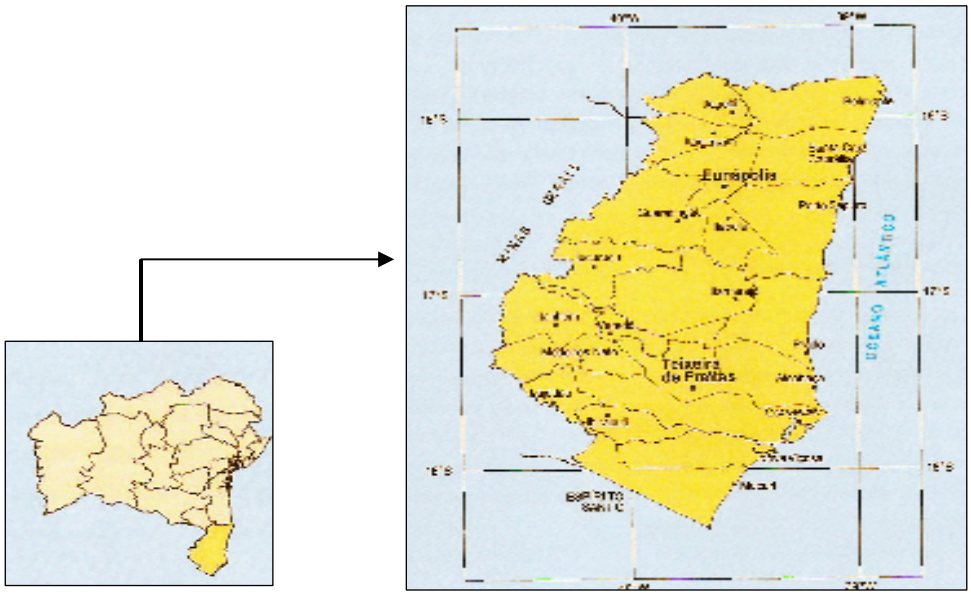

Figura 2 - Localização de Porto Seguro.
Fonte: BAHIA,2006.

Além de sua importância regional, Porto Seguro é uma das principais cidades turísticas do Brasil. Segundo Costa et al. (2003), a predominância dos desembarques em Porto Seguro é dos peixes da família Serranidae (82%), seguidos dos Lutjanidae (16%). Em 2005, a produção de pescado desembarcada em Porto Seguro foi de cerca de mil toneladas de pescado (MMA, IBAMA, DIFAP, CGREP, CEPENE, 2005).

2.3.4 Amostragens

2.3.4.1 Parte I - Espécies de peixes provenientes da Baía de Aratu

As espécies de peixes provenientes da Baía de Aratu (Tabela 6) foram adquiridas em uma única amostragem, de dois a dez exemplares por espécie, em julho de 2005. Cada

espécie adquirida, ainda fresca, foi imediatamente colocada em saco de polietileno, previamente descontaminado e encaminhado ao laboratório sob resfriamento.

Tabela 6 - Relação das famílias, espécies dos peixes coletados na Baía de Aratu e seus respectivos nomes populares.

Família	Espécie	Nome Popular
Scianidae	*Cynoscion leiarchus*	Pescadinha.
Gerreidae	*Diapterus rhombeus*	Carapeba.
Scianidae	*Micropogonias furniere*	Corvina.
Scombridae	*Scomberomorus brasiliensis*	Sororoca.
Achiridae	*Achirus lineatus*	Peixe tapa.
Carangidae	*Chloroscombrus chrysurus*	Garapau.
Lutjanidae	*Lutjanus synagris*	Ariacó.
Carangidae	*Oligoplites palometa*	Solteira.
Carangidae	*Caranx latus*	Guaricema.
Paralichthyidae	*Paralichthys brasiliensis*	Linguado preto.
Sparidae	*Archosargus rhomboidalis*	Sargo de dente.
Haemulidae	*Pomadasys corninaeformis*	Quatinga branca.
Carangidae	*Selene vomer*	Galo.

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

2.3.4.2 Parte II - Espécies de peixes provenientes da Baía de Todos os Santos (BTS) e região costeira da cidade de Porto Seguro

As espécies de peixes provenientes da BTS foram *Opisthonema oglinum* (sardinha-laje) e *Mugil* spp. (tainha). As espécies procedentes da região costeira de Porto Seguro foram *Ocyurus chrysurus* (guaiúba) e *Lutjanus synagris* (ariacó).

Embora essas espécies tenham as procedências mencionadas acima, elas foram adquiridas frescas no Mercado Municipal Frutos do Mar da cidade de Salvador (Bahia), em amostragens mensais, de março de 2004 a fevereiro de 2005. Foi obtido aproximadamente hum Kg de cada espécie de peixe, para extração do músculo dorsal, colocados em saco de polietileno, previamente descontaminado, e encaminhado ao laboratório sob resfriamento. Houve um esforço no sentido de trabalhar com peixes do mesmo tamanho, mas

eventualmente ocorreram variações. As espécies nem sempre estavam disponíveis mensalmente no Mercado Municipal Frutos do Mar para a realização desse estudo.

2.4 DESCONTAMINAÇÃO DO MATERIAL

Todo o material, vidrarias e utensílios utilizados nas análises foram previamente lavados com água corrente e água destilada. Em seguida, colocados em solução diluída de detergente neutro (Extran) a 0,5 % por 24 h e, após três lavagens com água destilada, foram imersos em HNO3 10% pelo mesmo período, sendo posteriormente lavados duas vezes com água destilada e por fim com água ultrapura MILLI-Q®. Posteriormente, armazenados em ambiente isento de poeira.

2.5 PRE-TRATAMENTO DAS AMOSTRAS

2.5.1 Preparo das amostras

Os peixes foram filetados, sendo separado o músculo que, a seguir, foi homogeneizado, liofilizado, tamisado (partículas ≤ 149 µm, 100 mesh), quarteado e armazenado em frascos de vidro devidamente identificados. O processo de liofilização foi realizado com vácuo de 10 µm de Hg, por cerca de 36 h, sob congelamento a – 40ºC (MELO, 2002). Ainda segundo Melo (2002) a digestão de aproximadamente 0,2 g do músculo liofilizado (base seca; Figura 3) de cada uma das espécies foi realizada em cadinhos de digestor de teflon (Figura 4 A), onde foram adicionados 2 mL de HNO3 65% (v/v) e 2 mL de água deionizada, tampado e encaixado em um recipiente constituído por aço inoxidável, fechado com tampa rosqueável (Figura 4 B). Durante quatro horas, a amostra foi deixada em repouso, iniciando assim a decomposição da matéria orgânica.

A seguir, optou-se por trabalhar, levando as amostras à estufa a 120°C, por 14 h, completando a digestão como pode ser verificado na Figura 5.

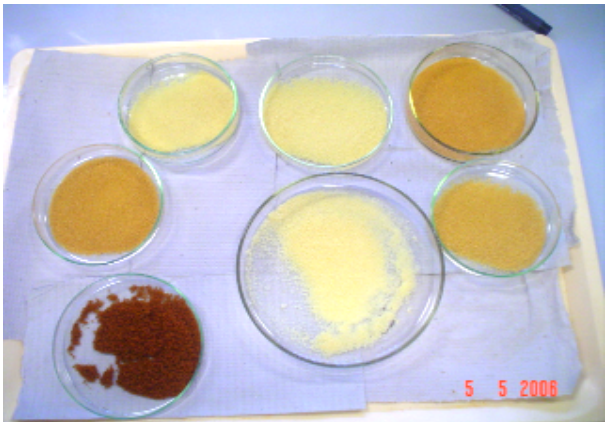

Figura 3 - Amostras de peixes liofilizadas.
Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

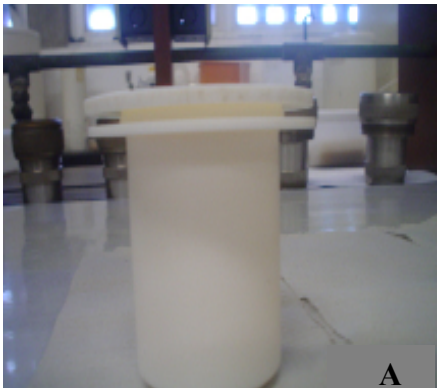

Figura 4 - Bombas Parr - A - Digestor de teflon; B – Reatores
Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Figura 5 - Amostras de peixes digeridas
Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Em cada batelada de abertura de amostras foram realizadas três provas em branco e, para validar o método, análises em triplicata do material certificado de referência Oyster Tissue (SRM-NBS-1566b) e Cod Muscle (CRM-BCR-422) foram introduzidas de forma aleatória.

As amostras digeridas foram transferidas quantitativamente para balões de 10,00 mL e estes foram avolumados com água ultrapura MILLI-Q®.

2.6 DETERMINAÇÕES DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL (UMIDADE, CINZAS, PROTEÍNA E LIPÍDIOS).

2.6.1 Umidade

Determinada por processo gravimétrico com base no aquecimento direto. Cada amostra (≈ 40 g) foi acondicionada em placa de petri, previamente pesada. Em seguida, colocada na estufa de 105°C. A total desidratação foi constatada após pesagens sucessivas para a obtenção do peso constante. Antes de cada pesagem, as amostras (triplicatas) foram resfriadas em dessecador, evitando as oscilações de peso em função das variações de temperatura. Os resultados foram expressos em percentagem (g%).

É de fundamental importância o conhecimento do teor de umidade do pescado e seus derivados, para determinar o tempo de prateleira e procedimentos adequados para a conservação destes produtos elaborados (OGAWA e MAIA 1999).

2.6.2 Cinzas

Cada amostra seca (≈ 1g, em triplicata) foi pesada em cadinho de porcelana préviamente tarado, incinerada em mufla, à temperatura de aproximadamente 525ºC, para obtenção de cinzas brancas até peso constante (AOAC, 2000). O valor foi expresso em percentual da amostra.

2.6.3 Proteínas

Segundo a AOAC (2000), o conteúdo total de nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl (em duplicata) e o teor de proteínas foi calculado pela multiplicação do valor de nitrogênio pelo fator geral 6,25.

2.6.4 Lipídios

O conteúdo de lipídios totais foi determinado (em duplicata) pelo método de Bligh e Dyer (1959). A cada amostra de músculo liofilizado (≈3g), devidamente pesada no tubo, foi adicionado 10 mL de clorofórmio, seguida de 20 mL de metanol e 8mL de água destilada. Após agitação rotativa do tubo, por 30 minutos, foi acrescentado mais 10mL de clorofórmio e 10 mL de solução de Sulfato de Sódio 1,5% (m/v). Após repouso, de cerca de dois minutos, a camada metanólica (superior) formada foi retirada, e uma alíquota de 5 mL da camada inferior foi filtrada direto em Becker, previamente tarado em balança analítica. O conteúdo do becker foi evaporado em estufa a 100º C até peso constante.

2.7 DETERMINAÇÃO DOS ELEMENTOS

As determinações analíticas dos elementos foram realizadas, em triplicata, no total das amostras do tecido muscular de cada espécie de peixe por Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado[4] (ICP OES) simultâneo com visão axial. Os brancos e as soluções padrões de calibração foram analisados seguindo o mesmo método aplicado às amostras.

As condições de trabalho no ICP OES podem ser observadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Condições experimentais do ICP OES.

Parâmetros	Valores
Potência RF (kW)	1,3
Vazão do gás de nebulização (L min^{-1})	0,70
Vazão do gás auxiliar (L min^{-1})	1,5
Vazão do gás do plasma (L min^{-1})	15
Tempo de integração (s)	1,0
Tempo de estabilização (s)	15
Tempo de leitura (min)	1
Replicatas	3
Nebulizador	Concêntrico
Câmara de Nebulização	Ciclônica

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Os elementos químicos em seus respectivos comprimentos de onda e linhas de emissão podem ser observados na Tabela 8 e os limites de detecção (LOD) e de quantificação (LOQ), determinados de acordo com o método empregado nesta pesquisa, podem ser observados na Tabela 9.

[4] O ICP é uma fonte espectrométrica de emissão utilizada para a determinação de traços de metais em matrizes alimentícias e outros materiais (SKOOG et al. 2006).

Tabela 8 - Linhas de emissões dos elementos analisados.

Elementos	Linhas Espectrais (nm)	Elementos	Linhas Espectrais (nm)
Al	396,152 (II)	Pb	220,353(II)
Cd	228.802 (II)	Mg	285,213 (I)
Cu	422.673 (I)	Mo	202,032 (II)
Fe	238,204 (II)	Ni	231,604 (II)
Ca	396,847 (II)	V	292,401 (II)
Cr	267,716 (II)	Se	196,026 (I)
Li	670,783 (I)	Sr	407,771 (II)
Mn	257,610 (I)	Zn	213,857 (I)

Nota: (I) linha de emissão atômica.
(II) linha de emissão iônica.
Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Tabela 9 - Limites de detecção (LOD) e quantificação (LOQ) do método (ng g^{-1}).

Elementos	LOD	LOQ
Al	4	13
Ca	48	161
Cd	1	4
Cr	1	3
Cu	1	4
Fe	7	23
Li	0,1	0,2
Mg	2	6
Mn	0,3	1
Mo	31	103
Ni	7	23
Pb	3	10
Se	4	14
Sr	0,3	1
V	1	3
Zn	3	10

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

2.8 VALIDAÇÃO DO MÉTODO

Os procedimentos analíticos utilizados neste trabalho para validação do método foram avaliados pela análise, em triplicata, dos materiais certificados de referência Oyster Tissue (SRM-NBS-1566b) e Cod Muscle (CRM-BCR-422). Aproximadamente 0,25 g do material certificado de referência foi mineralizado, de acordo com o método utilizado neste estudo.

2.9 METODOLOGIA ESTATÍSTICA

Na avaliação dos resultados dos elementos, detectados nas espécies da BTS (*O. oglinum* – sardinha-laje e *Mugil* spp - Tainha) e de Porto Seguro (*O. chrysurus* - guaiúba e *L. synagris* - ariacó), foi usada a análise descritiva e exploratória, para observar o comportamento da concentração dos metais nos peixes. Também foi usada a análise inferencial paramétrica (teste F da análise de variância classificação simples, ANOVA, seguida do teste de comparações múltiplas, quando o F foi significativo ao nível de 5%), e a não paramétrica (Teste de Kruskal-Wallis, seguido dos procedimentos de comparações múltiplas quando o teste foi significativo ao nível de 5%), para as comparações de médias. Na avaliação das associações entre os teores dos elementos foi utilizada a correlação não paramétrica de Spearman, a análise de cluster e a de componentes principais.

2.9.1 Análise Descritiva

Como são apresentadas muitas variáveis (elementos químicos), procurou-se utilizar técnicas estatísticas multivariadas a fim de reduzir o número de variáveis. Para tanto, se fez a utilização de análise de cluster e a de componentes principais.

2.9.2 Análise Paramétrica

2.9.2.1 Análise de Variância

Para proceder às comparações entre espécies de peixes foi empregada a análise de variância (ANOVA). Para utilização da ANOVA foram verificadas as suas pressuposições básicas como, normalidade dos resíduos, heterogeneidade da variância, independência e aleatoriedade. A normalidade foi analisada tanto descritivamente (mediana, quartis, máximo, mínimo, histograma, gráficos QQ-norm, QQ-Line e Box-Plot), como de forma inferencial (Teste de Shapiro Wilk). Para identificar a transformação mais adequada para normalizar os dados, a transformação Box-Cox foi aplicada (BOX e COX, 1964). Para testar a pressuposição de homogeneidade de variância da variável resposta nos tratamentos foi utilizado o teste de Levene, ao nível de 5% de significância. Quando as pressuposições não foram satisfeitas, foram utilizados os testes não paramétricos.

No caso de aceitação das pressuposições para a análise de variância, o modelo matemático (ANOVA classificação simples) adotado para análise das variáveis resposta é:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij}$$

em que,

Y_{ij} é a resposta (acúmulo de um determinado elemento);

μ é a média geral de acúmulo do elemento comum a todas as espécies;

τ_i é o efeito da espécie de peixe;

e_{ij} é o erro experimental a i-ésima espécie na j-ésimo repetição, admitindo-se $e_{ij} \cap NID(0, \sigma^2)$.

As hipóteses a serem testadas pela ANOVA são:

$$\begin{cases} H_0 : \tau_1 = \cdots = \tau_i = \cdots = \tau_I = 0 \\ H_a : \tau_i \neq \tau_j \; para \quad i \neq j \qquad i, j = 1,2,...,I \end{cases}$$

Ou equivalente em termos das médias

H_0: $\mu_1 = \mu_2 = ... = \mu_1 = \mu$

H_a: $\mu_i \neq \mu_j$ i,j = 1, 2, ..., I ; i $\neq$ j

Essas hipóteses são testadas através do Teste F da ANOVA. Na tabela 10 é apresentado o esquema da ANOVA. Em que,

I é o número de espécies;

r_i é o número de repetições da i-ésima espécie;

y_{ij} é o valor da resposta na j-ésima repetição da i-ésima especie.

$$N = \sum_{i=I}^{i} ri$$

A hipótese nula é rejeitada, quando o valor da estatística de teste F obtida na tabela da ANOVA exceder o valor tabelado da distribuição F de Snedecor com $I-1$ graus de liberdade no numerador e $(N-I)$ graus de liberdade no denominador, com um nível de significância (α) de 5%.

Neste estudo, a ANOVA foi aplicada para verificar se as médias populacionais de acumulação dos elementos químicos diferem entre as espécies.

Na Tabela 10, é apresentado o quadro geral da análise de variância repetido sobre cada variável resposta. Maiores detalhes sobre os cálculos da ANOVA podem ser encontrados em Montgomery, (1991).

2.9.2.2 Comparações múltiplas

Este procedimento é mais eficiente do que o teste de Tukey por ser mais poderoso na detecção de diferenças significativas, mantendo a taxa de erro experimental no nível prefixado e relaxando as pressuposições de normalidade, independência e homogeneidade de variâncias.

O procedimento de comparações múltiplas utilizado pelo R é o mais recomendado no momento, que consiste em calcular um p-valor para cada comparação de duas médias e ajustar a taxa de erro experimental para todas as comparações realizadas (inferência simultânea).

Quando as pressuposições para a análise de variância (ANOVA) paramétrica foram satisfeitas houve o processamento e, sempre quando o teste F foi significativo ao nível de 5%, aplicou-se o procedimento de comparações múltiplas disponíveis no software R, denominado teste de t múltiplo, para identificação dos pares de médias que são estatisticamente diferentes (SHAFFER, 1986; WESTFALL, 1997). Para as comparações múltiplas adotou-se também o nível de significância de 5%. A aplicação deste procedimento é similar ao tradicional teste de Tukey, pelo fato de comparar pares de médias. Entretanto, o enfoque é diferente do de Tukey porque não é necessário calcular a estatística de teste para comparar as diferenças entre as médias. Através de simulação de monte carlo, p-valores ajustados são calculados e, sendo menor ou igual a 5% as duas médias são declaradas diferentes estatisticamente. O algoritmo de aplicação do teste t múltiplo está implementado no R com o nome de GLHT (general linear hypotesis test) no pacote MULTICOMP.

Tabela 10 - Análise de variância.

Causas de Variação	Graus de Liberdade (g.l)	Soma dos Quadrados (SQ)	Quadrados Médio (QM)	F
Tratamento	$I-1$	$SQTrat = \sum_{i=1}^{I} \frac{y_{i.}^2}{r_i} - C$	$QMTrat = \frac{SQTrat}{(I-1)}$	$\frac{QMTrat}{QM\,\mathrm{Res}}$
Resíduos	$N-I$	$SQ\,\mathrm{Res} = SQTot - (SQBl + SQTrat)$	$QM\,\mathrm{Res} = \frac{SQ\,\mathrm{Res}}{(I-1)}$	-
Total	$N-1$	$SQTot = \sum_i \sum_j y_{ij}^2 - C$	-	-

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

y_{ij} é o valor da resposta observada *j*-ésima repetição da *i*-ésima especie.

$y_{i.}$ é a soma da variável resposta nas ri repetições.

C é a soma da variável resposta em todas as repetições de todas as repetições elevada ao quadrado dividido por N.

2.9.3 Análise Não Paramétrica

2.9.3.1 Correlação de Spearman

Para avaliar a associação entre as concentrações dos diversos elementos químicos, utilizou-se o coeficiente de correlação de Spearman, quando as pressuposições para a aplicação do coeficiente de correlação de Pearson não foram atendidas.

A correlação de Spearman mede a força e a significância da associação entre duas variáveis. Este coeficiente de correlação é denotado por rs, cujo valor varia de +1 (correlação direta perfeita) a -1 (correlação inversa perfeita). O valor rs = 0 indica ausência de correlação.

A eficiência do coeficiente Spearman chega a 91%, quando comparado com o mais poderoso teste paramétrico de associação, o coeficiente Pearson. Isto é, usando-se rs para testar a existência de associação na população para a qual os pressupostos requeridos pelo coeficiente Pearson não foram cumpridos, a eficiência do rs chega a 91% do r na rejeição da hipótese nula (DEMÉTRIO, 2002; BOX e COX, 1964).

2.9.3.2 Teste de Kruskal-Wallis

Quando as pressuposições para a análise de variância paramétrica não foram satisfeitas aplicou-se a ANOVA não paramétrica, classificação simples (Teste de Kruskal-Wallis) e, em seguida, quando se rejeitou a hipótese de nulidade (todas as médias iguais), aplicou-se o procedimento de comparações múltiplas (de medianas) não paramétrico, usando o pacote NPMC (non parametric multiple comparison) disponível no R (MUNZEL e HOTHORN, 2001), quando para as comparações de médias, o teste foi significativo ao nível de 5%.

O principio básico do teste considera que, se os grupos forem todos iguais, a única variação será aquela decorrente dessa variabilidade natural, que sempre existe, mesmo entre elementos de uma mesma população. O teste não utiliza os valores numéricos diretamente,

mas sim os postos (ou ranks) que eles ocupam, numa série de dados ordenados por magnitude dos valores (DEMÉTRIO, 2002; BOX e COX, 1964).

2.9.4 Estruturação dos Dados

O software da Microsoft, Excel 2003, foi utilizado para estruturação do banco de dados no formato apropriado para implementação no pacote estatístico. Na segunda etapa foram feitas algumas análises estatísticas, utilizando o SPSS v 13 e o R v 2.4. O Excel também foi usado para análise gráfica.

CAPÍTULO III - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3 AVALIAÇÃO DE PEIXES PROVENIENTES DA BAÍA DE ARATU COLETADOS EM UMA ÚNICA AMOSTRAGEM - PARTE I

As espécies de peixes estudadas na Parte I foram: *Cynoscion leiarchus* (pescadinha), *Diapterus rhombeus* (carapeba), *Micropogonias furniere* (corvina), *Scomberomorus brasiliensis* (sororoca), *Achirus lineatus* (peixe tapa), *Chloroscombrus chrysurus* (garapau), *Lutjanus synagris* (ariacó), *Oligoplites palometa* (solteira), *Caranx latus* (guaricema), *Archosargus rhomboidalis* (sargo de dente), *Paralichthys brasiliensis* (linguado preto), *Pomadasys corninaeformis* (quatinga branca), *Selene vomer* (galo) provenientes da Baía de Aratu (BA).

3.1 ELEMENTOS INVESTIGADOS

Os elementos investigados em tecido muscular dessas espécies de peixes foram Ni, Li, Mn, Se, Al, Zn, Cu, Fe, Sr, Cr, Ca , Mg, Cd, Mo, Pb e V.

As médias das concentrações dos elementos químicos encontrados no tecido dos peixes investigados estão apresentadas na Tabela 11.

Não foram realizadas a composição centesimal e as análises estatísticas para estes peixes devido ao número limitado de amostras para cada espécie.

3.1.1 Níquel

A faixa de concentração obtida para Ni, nas amostras de músculo das espécies de peixes analisadas, variou de <0,023 a 0,4 $\mu g\ g^{-1}$ (Tabela 11). Apenas nas espécies *C.latus*, (guaricema) e *P.brasiliensis* (linguado preto), as concentrações de Ni foram acima do LOQ do método (Tabela 9). Embora o linguado preto tenha sido a espécie que apresentou o teor mais alto para o Ni (Tabela 11), este valor, ficou abaixo do LMT (5,0 mg Kg^{-1}; Tabela 4).

Tabela 11 - Concentrações médias dos elementos encontrados nos peixes provenientes da Baía de Aratu (BA).

Amostra	**Elementos**											
	µg g^{-1}										**mg g^{-1}**	
	Ni	**Li**	**Mn**	**Se**	**Al**	**Zn**	**Cu**	**Fe**	**Sr**	**Cr**	**Ca**	**Mg**
Peixe tapa	**<0,023**	0,1 (±0,0)	1,6 (±0,2)	3,4 (±0,3)	33,4 (±4,6)	16,8 (±3,3)	25,3 (±0,1)	38,6 (±1,1)	21,1 (±2,5)	0,4 (±0,1)	3,2 (±0,1)	1,2 (±0,0)
Sargo de dente	**<0,023**	0,04 (±0,00)	1,0 (±0,0)	2,8 (±0,1)	26,1 (±0,2)	12,6 (±1,7)	9,4 (±0,3)	29,2 (±0,6)	3,5 (±0,0)	0,03 (±0,00)	1,1 (±0,0)	1,2 (±0,0)
Guaricema	0,3 (±0,0)	0,2 (±0,0)	0,7 (±0,1)	1,8 (±0,2)	9,7 (±0,0)	14,5 (±1,2)	7,2 (±0,1)	39,8 (±12,7)	11,3 (±0,0)	0,5 (±0,1)	3,3 (±0,0)	1,9 (±0,1)
Garapau	**<0,023**	0,1 (±0,0)	0,4 (±0,0)	**1,61 (±0,06)**	27,7 (±0,8)	32,5 (±4,9)	8,2 (±0,1)	51,1 (±1,2)	9,7 (±0,9)	0,20 (±0,03)	2,4 (±0,1)	**1,0 (±0,0)**
Pescadinha	**<0,023**	0,1 (±0,0)	0,5 (±0,1)	1,8 (±0,4)	18,2 (±0,0)	6,3 (±0,4)	5,8 (±0,4)	21,7 (±0,4)	6,2 (±1,0)	**<0,003**	2,9 (±0,2)	1,4 (±0,0)
Carapeba	**<0,023**	**0,5 (±0,0)**	**5,7 (±0,2)**	**25,6 (±0,9)**	**139,0 (±0,1)**	39,4 (±0,4)	**33,7 (±0,2)**	**135,1 (±0,06)**	26,0 (±0,4)	0,4 (±0,1)	2,4 (±0,1)	2,3 (±0,0)
Ariacó	**<0,023**	0,03 (±0,00)	**0,3 (±0,0)**	1,8 (±0,1)	**2,3 (±0,3)**	**<0,01**	**2,0 (±0,2)**	10,9 (±0,3)	7,7 (±0,6)	0,2 (±0,0)	2,7 (±0,1)	**1,0 (±0,0)**
Corvina	**<0,023**	0,1 (±0,0)	1,2 (±0,0)	4,4 (±0,1)	39,3 (±0,8)	2,8 (±0,6)	3,3 (±0,2)	38,5 (±1,2)	30,1 (±0,4)	0,5 (±0,1)	5,5 (±0,0)	1,2 (±0,0)
Solteira	**<0,023**	0,2 (±0,0)	0,8 (±0,0)	2,6 (±0,2)	24,6 (±1,1)	24,7 (±0,8)	9,2 (±0,0)	38,9 (±0,1)	3,4 (±0,1)	0,5 (±0,0)	1,1 (±0,1)	1,8 (±0,0)
Linguado preto	**0,4 (±0,0)**	0,04 (±0,00)	0,7 (±0,0)	1,8 (±0,1)	11,7 (±0,2)	**40,5 (±0,5)**	17,2 (±0,1)	**2,4 (±0,4)**	**2,0 (±0,1)**	0,6 (±0,1)	**1,04 (±0,04)**	1,5 (±0,0)
Quatinga branca	**<0,023**	0,07 (±0,02)	1,6 (±0,3)	3,4 (±0,8)	72,0 (±6,7)	24,3 (±0,2)	7,2 (±2,6)	39,7 (±5,8)	**35,1 (±8,7)**	**0,8 (±0,0)**	**9,1 (±2,3)**	1,1 (±0,1)
Sororoca	**<0,023**	0,03 (±0,00)	0,9 (±0,0)	2,5 (±0,2)	7,1 (±0,5)	26,1 (±0,2)	7,4 (±0,2)	21,1 (±0,2)	4,0 (±0,1)	0,5 (±0,0)	1,7 (±0,1)	**2,5 (±0,0)**
Peixe Galo	**<0,023**	**0,01 (±0,00)**	0,5 (±0,0)	2,1 (±0,1)	21,5 (±2,6)	2,8 (±0,2)	6,4 (±0,8)	61,8 (±4,7)	3,4 (±0,1)	0,03 (±0,01)	1,3 (±0,1)	1,2 (±0,0)

Nota: (±Desvio padrão);
negrito: teor máximo e mínimo obtido;
Cd, Mo,Pb, V < LOQ do método para todas as amostras analisadas.
Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Canli et al. (2001) quando pesquisaram peixes do mar Mediterâneo (*Caranx crysos*) determinaram maiores teores de Ni (1,8 a 4,8 µg g^{-1}) que o apresentado neste estudo para a guaricema (*C.latus*) . Tariq et al. (1991) pesquisando em diversas espécies de peixes, amostras úmidas, determinaram maiores teores (0,775 a 3,250 µg g^{-1}) que este estudo. Riedel et al. (2002) determinaram para *Cynoscion xanthulus* (0,00 µg g^{-1}; peso úmido), menor teor de Ni que o da pescadinha. Sivaperumal et al. (2007) avaliaram Ni em peixes (*Scomberomorus guttatus*, 0,40 a 0,59 mg Kg^{-1}; peso úmido), do mesmo genêro da *S. brasiliensis* (sororoca), encontrando menor teor. Usero et al. (2004), Mora et al. (2004) e Ikem e Egiebor (2005) também determinaram menores concentrações de Ni (0,015 a 0,070 µg g^{-1}, peso úmido, < 0,01 a 0,11 µg g^{-1} e 0,0 a 15,6 µg Kg^{-1}; respectivamente) em diversas espécies de peixes, quando comparados a este estudo.

Estudando metais em peixes, Liang et al. (1999), observaram que os peixes menores apresentam uma velocidade de absorção maior de metais, que se concentram nas vísceras, e que a acumulação é inversamente proporcional ao comprimento do animal. Concluíram que a energia metabólica é o fator determinante para o acúmulo de metais em peixes, estando correlacionada à velocidade de seu seqüestro e da sua eliminação.

3.1.2 Lítio

As amostras de tecido de músculo dos peixes provenientes da Baía de Aratu, investigadas neste trabalho apresentaram uma variação na faixa de concentração para o Li de 0,01 a 0,5 µg g^{-1} (Tabela 11).

A espécie que apresentou a maior concentração desse elemento foi a carapeba (*D.rhombeus*). Contudo, ainda não existe, na legislação brasileira, referência correlacionada às concentrações máximas permitidas para Li em pescados.

As concentrações de Li em peixe também foram determinadas por Prudente et al. (1997) nas espécies *Lutjanus russeli* e *Scomberomorus commerson* (323 ng g^{-1} e 179 ng g^{-1}, respectivamente). Os resultados observados foram maiores que os encontrados no *L.synagris*, ariacó e na *S. brasiliensis*, sororoca do presente trabalho.

Poucas informações foram obtidas na literatura sobre estudos desenvolvidos para avaliar as concentrações de Li em músculo de peixes.

Vários são os processos biológicos que são dependentes, regulados ou modificados pela presença ou ausência de metais alcalinos. O Li e o Na, baseados em seus raios covalentes, possuem atividades biológicas semelhantes (CAMPBELL, 2000; BERG et al. 2004) e, de acordo com Richelson (1977), o Li é capaz de atravessar os canais de sódio desenvolvendo efeitos elétricos semelhantes aos do Na. Segundo Cozzolino (2005), esse metal alcalino é indicado sob a forma de sais para o tratamento de determinados distúrbios emocionais nos seres humanos.

3.1.3. Manganês

As amostras de tecido de músculo dos peixes provenientes da Baía de Aratu, investigadas neste trabalho, apresentaram uma variação para o Mn na faixa de concentração de 0,3 a 5,7 $\mu g\ g^{-1}$ (Tabela 11). As maiores concentrações desse elemento foram observadas no carapeba (*D.rhombeus*; Tabela 11). O Mn não possue LMT em pescados, regulamentado pela legislação brasileira.

Vários autores estudaram Mn em amostras de peixes e observaram menores teores de Mn quando comparadas aos valores encontrados neste estudo (Tabela 11; ABOU-ARAB et al. 1996; CARVALHO et al. 2000; AL-YOUSUF et al. 2000; Tarley et al. 2001; RIEDEL et al. 2002, USERO et al. 2004; HENRY et al. 2004; MORA et al. (2004); IKEM e Egiebor 2005; NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO; UNIVERSIDADE DE CAMPINAS, 2006; Agusa et al. 2007 e SIVAPERUMAL et al. 2007).

Tariq et al. (1991) examinaram Mn em diversas espécies de peixes e observaram concentrações na faixa de 3,735 a 10,705 $\mu g\ g^{-1}$, peso úmido. Prudente et al. (1997) nas espécies *L. russeli* e *S. commerson*, encontraram teores mais altos (4,59 $\mu g\ g^{-1}$ e 13,3 $\mu g\ g^{-1}$, respectivamente), quando comparadas às mesmas espécies *L.synagris* (0,3 $\mu g\ g^{-1}$; Tabela 11) e *S.brasiliensis* (0,9 $\mu g\ g^{-1}$; Tabela 11) deste estudo.

Mn é um elemento essencial envolvido na formação dos ossos e no metabolismo de aminoácidos, colesterol e carboidratos do organismo do ser vivo. Em geral, o Mn encontra-se como Mn^{2+} em soluções e como componente de metaloenzima. O Mn^{3+} também é importante in vivo, pois neste estado ele se liga à transferrina e provavelmente interage com o Fe^{3+} (COZZOLINO, 2005).

Alguns estudos sugerem que a ingestão de Mn junto com Ca, Fe e P (fósforo) diminui a sua absorção e que o Mg, dada sua similaridade química ao Mn, poderia substituí-lo em reações enzimáticas, como na ação da piruvato carboxilase. O manganês também está presente na água do mar como um dos principais elementos. Ele é encontrado no fundo do oceano, principalmente como nódulo de manganês (MnO_2), termodinamicamente favorecido sob condições alcalinas e na presença de oxigênio, características da maioria dos oceanos (LIBES,1992).

3.1.4 Selênio

As amostras de tecido de músculo dos peixes provenientes da Baía de Aratu, investigadas neste trabalho apresentaram uma variação para o Se na faixa de concentração; de 1,6 a 25,6 $\mu g\ g^{-1}$ (Tabela 11). A espécie que apresentou maior teor desse elemento também foi o carapeba (*D.rhombeus*). As concentrações de Se em todas as espécies de peixes da Baía de Aratu (Tabela 11), avaliadas neste trabalho foram maiores que o LMT (0,30 mg Kg^{-1}; Tabela 4).

Outros autores (RIEDEL et al. 2002, NEPA;UNICAMP, 2006; Agusa et al. 2007 e SIVAPERUMAL et al. 2007) observaram menores teores de Se em diversas espécies de peixes do que os identificados por este trabalho (Tabela 11). No entanto, Reash et al. (2006) determinaram maiores teores de Se em músculo de peixes na faixa de < 3,75 a 44,55 $\mu g\ g^{-1}$.

3.1.5 Alumínio

As amostras de tecido de músculo dos peixes provenientes da Baía de Aratu, investigadas neste trabalho, apresentaram uma variação para o Al na faixa de concentração de 2,3 a 139 $\mu g\ g^{-1}$ (Tabela 11). Os maiores teores foram encontrados na carapeba (*D.rhombeus*) e, ainda, não existe, na legislação brasileira, referência relacionada às concentrações máximas permitidas desse elemento em pescados.

As concentrações de Al encontradas em *C. leiarchus* (pescadinha) neste estudo (18,2 µg g^{-1}, Tabela 11), foram menores que as determinadas na mesma espécie, *C. jamaicencis*, (29,0 µg g^{-1}), por Carvalho et al. (2000) e maiores que as determinadas na mesma espécie, em *C. xanthulus* (4,16 µg g^{-1}; peso úmido), por Riedel et al. (2002).

Olgilvie e Stechey (1983) relataram uma redução da capacidade motora e de respiração nos peixes, quando expostos a uma concentração de Al de 200 µg L^{-1}. Contudo, poucas informações foram obtidas na literatura a respeito de estudos desenvolvidos para avaliar as concentrações de Al em músculo de peixes.

Al é o metal mais abundante na natureza e o terceiro, depois do oxigênio e silício (Si), sendo encontrado na forma de óxidos (alumina). Apesar da abundância na crosta terrestre sua concentração nos oceanos é baixa, possivelmente devido ao acúmulo de Al e Si em diatomáceas, importantes fontes alimentares para os organismos marinhos. Não há confirmação que o Al possui alguma função essencial em animais ou em seres humanos, porém a sua monitoração nos alimentos é de grande importância, pois o Al parece estar associado com numerosas doenças neurodegenerativas, como o mal de Alzheimer (COZZOLINO, 2005).

3.1.6 Zinco

As amostras de tecido de músculo dos peixes provenientes da Baía de Aratu, investigadas neste trabalho, apresentaram uma variação na faixa de concentração para o Zn de < 0,01 a 40,5 µg g^{-1} (Tabela 11). Os maiores valores foram encontrados na espécie *P.brasiliensis*, linguado preto, ainda que abaixo do LMT (50,0 mg Kg^{-1}; Tabela 4).

Prudente et al.(1997), determinaram concentrações de Zn nas espécies *L. russeli* (43,90 µg g^{-1}) e *S. commerson* (69,50 µg g^{-1}) mais altas que as que foram encontradas nas mesmas espécies *L.synagris* (< 0,01µg g^{-1}) e *S.brasiliensis* (26,1 µg g^{-1}) deste estudo. Entretanto, esse elemento tem sido investigado em diversas amostras de peixes sendo observados teores menores de Zn, quando comparado aos valores mais altos encontrados neste estudo (Tabela 11; TARIQ et al. 1991; ABOU-ARAB et al. 1996; CARVALHO et al. 2000; AL-YOUSUF et al. 2000; Tarley et al. 2001; RIEDEL et al. 2002, Canli e ATLI, 2003; USERO et al. 2004; HENRY et al. 2004; IKEM e Egiebor 2005; VIANA et al. 2005;

NEPA;UNICAMP, 2006; Agusa et al. 2007 e SIVAPERUMAL et al. 2007). Al-Jedah e Robinson (2001) determinaram menor teor de Zn na espécie *S. commerson* (2,64 mg Kg^{-1}) que na sororoca (Tabela 11) e maior teor de Zn em *Lutjanus malabaricus* (2,55 mg Kg^{-1}) que no ariacó (Tabela 11).

Zinco é um elemento traço necessário em sistemas biológicos e o peixe é uma excelente fonte de Zn. Ele intervém no metabolismo de carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucléicos e estimula a atividade de várias enzimas (BERG et al. 2004).

Interações competitivas entre o Zn e outros íons, com propriedades físico-químicas semelhantes, como o Cd, Cu e Fe, quando em excesso, podem diminuir a entrada de Zn na célula e conseqüentemente a sua absorção (COZZOLINO, 2005).

3.1.7 Cobre

As amostras de tecido de músculo dos peixes provenientes da Baía de Aratu, investigadas neste trabalho, apresentaram uma variação para o Cu na faixa de concentração de 2,0 a 33,7 µg g^{-1} (Tabela 11). Seus valores mais elevados foram encontrados no carapeba e ficaram acima do LMT (30,0 mg Kg^{-1}; Tabela 4).

Vários autores (TARIQ et al. (1991); ABOU-ARAB et al. 1996; CARVALHO et al. 2000; AL-YOUSUF et al. 2000; Canli et al. 2001; Tarley et al. 2001; RIEDEL et al. 2002, Canli e ATLI 2001; USERO et al. 2004; HENRY et al. 2004; IKEM e Egiebor 2005; VIANA et al. 2005; NEPA; UNICAMP, 2006; REASH et al. 2006; AGusa et al. 2007 e SIVAPERUMAL et al. 2007) determinaram concentrações de Cu em diversas espécies de peixes e encontraram valores mais baixos que as deste estudo (2,0 a 33,7 µg g^{-1}, Tabela 11). Outros autores como Al-Jedah e Robinson (2001), que determinaram Cu nas espécies *S. commerson* e *L. malabaricus* (0,13 mg Kg^{-1} e 0,35 mg Kg^{-1}, respectivamente), e Prudente et al. (1997), que nas espécies *L. russeli* (1190 ng g^{-1}), e *S. commerson* (2750 ng g^{-1}) observaram teores mais baixos que as espécies *L.synagris* e *S.brasiliensis* deste estudo.

Com exceção do peixe carapeba (*D.rhombeus*, Tabela 13), os valores médios de Cu se apresentaram abaixo do LMT (30,0 mg Kg^{-1}, Tabela 4). De um modo geral, o padrão de distribuição deste elemento nas diferentes famílias foi semelhante entre as amostras. Segundo Bustamante et al. (2003), quando há deficiência do Cu pode haver enriquecimento do Cd.

3.1.8 Ferro

As amostras de tecido de músculo dos peixes provenientes da Baía de Aratu, investigadas neste trabalho, apresentaram uma variação na faixa de concentração para o Fe de 2,4 a 135,1 μg g^{-1} (Tabela 11). O teor de ferro foi mais elevado no carapeba (*D.rhombeus*). Esse elemento não é regulamentado pela ANVISA.

Estudos para avaliação de Fe em peixes têm sido realizados por diversos autores (CARVALHO et al. 2000; CANLI et al. 2001; Tarley et al. 2001; RIEDEL et al. 2002, Canli e ATLI, 2003; USERO et al. 2004; IKEM e Egiebor 2005 e NEPA; UNICAMP, 2006), e menores teores de Fe foram obtidos quando comparados aos encontrados neste estudo (Tabela 13). No entanto, Tariq et al. (1991) e Mora et al. (2004) observaram faixas de concentrações de Fe (1020 a 1400 μg g^{-1}, peso úmido; 2,4 a 203,0 μg g^{-1}, respectivamente) mais elevadas que as do presente estudo.

O Fe é um dos elementos essenciais, para o organismo do ser humano, com grande relevância em processos metabólicos. Ele é o quarto elemento mais abundante da crosta da Terra. Em estudos sobre a distribuição de metais em peixes, Carvalho et al. (2000) ressaltam que as variações obtidas na absorção de Fe em diferentes espécies de peixes devem ser avaliadas, visto que, além de ocorrer alterações metabólicas e/ou hormonais, o Fe exerce papel importante em sistemas biológicos. Segundo Cozzolino (2005), o ferro e outros metais próximos na tabela periódica (Co, Ni, Mn, Zn e Cd) podem compartilhar o mesmo sistema de absorção, e quando ocorre deficiência em Fe, aumenta a absorção dos outros metais.

3.1.9 Estrôncio

As amostras de tecido de músculo dos peixes provenientes da Baía de Aratu, investigadas neste trabalho, apresentaram uma variação na faixa de concentração para o Sr de 2,0 a 35,1 μg g^{-1} (Tabela 11). Não existe referência na legislação brasileira sobre a concentração máxima permitida para este elemento em pescados.

O estrôncio tem sido objeto de estudos em tecido de peixe. Prudente et al. (1997) encontraram maiores concentrações de Sr em músculo de *L. russeli*, (132,0 μg g^{-1}) e

S.commerson (64,1 µg g^{-1}) que as determinadas nas espécies *L. synagris* e *S. brasiliensis* (7,7 µg g^{-1} e 4,0 µg g^{-1}, respectivamente, Tabela 11). Enquanto que Agusa et al. (2007), de um modo geral, observaram menores concentrações de Sr (1,05 a 3,19 µg g^{-1}) que as do presente estudo (35,1 µg g^{-1}, Tabela 11).

No Brasil, o ^{90}Sr já foi detectado na água do mar do Atlântico Sul e em músculos de peixe (1,3 Bq m^{-3} e 19 mBq Kg $^{-1}$, respectivamente), por Figueira e Cunha (1998), que ressaltam a importância de se conhecer os teores dos elementos químicos presentes no ecossistema a fim de estimar se há perigo para a população exposta ao consumo de produtos marinhos contaminados.

De acordo com Figueira e Cunha (1998), este elemento, devido a similaridade química com o Ca, pode participar do equilíbrio com o carbonato e sofrer uma ação de fixação no meio marinho. Ele pode ser adsorvido nos ossos e carapaças de animais marinhos e em corais e sedimentos. Nos seres humanos é depositado nos ossos.

3.1.10 Cromo

As amostras de tecido de músculo dos peixes provenientes da Baía de Aratu, investigadas neste trabalho, apresentaram uma variação na faixa de concentração para o Cr de <0,003 a 0,8 µg g^{-1} (Tabela 11). Em apenas uma espécie, *C.leiarchus* (pescadinha) o teor de Cr ficou abaixo do LOQ (0,003 µg g^{-1}; Tabela 9) do método. De um modo geral, a concentração de Cr nas espécies de peixes da Baía de Aratu (Tabela 11) foi maior que o LMT (0,1 µg g^{-1}, Tabela 4).

Carvalho et al. (2000) e Riedel et al. (2002) observaram teores de Cr 0,28 µg g^{-1} na espécie *C. jamaicencis* e 0,05 µg g^{-1}, peso úmido, em *C. xanthulus*, respectivamente, mais baixos que o obtido neste estudo para o mesmo gênero *C. leiachus* (<0,003 µg g^{-1}, Tabela 11). Ikem e Egiebor (2005) encontraram na espécie *Scomberomorus cavalla* valores de Cr mais altos, na faixa de 11,1 a 298,6 mg Kg^{-1} (peso úmido), que os determinados neste estudo para a *S. brasiliensis*, sororoca, (0,5 µg g^{-1}, Tabela 11), da Baía de Aratu.

Embora os peixes também sejam considerados fontes de Cr, que na forma Cr^{3+} parece ser cofator de proteínas de baixo peso molecular (oligopeptídeo; COZZOLINO 2005), esse elemento é um dos metais presentes na porfirina do petróleo. Porfirinas são compostos

organometálicos de estrutura complexa e são sintetizadas por seres vivos, tanto vegetais como animais (LEE, 1999). O enriquecimento de Cr na maioria das amostras de peixes investigadas pode indicar que, provavelmente, a Baía de Aratu sofreu ou está sofrendo, impacto desse metal cuja uma das origens poderá ser a de combustíveis fósseis.

3.1.11 Cálcio

Nas diversas amostras de músculo de espécies de peixes analisadas, os teores de Ca variaram de 1,04 a 9,1 mg g^{-1}, (Tabela 11). O *P.corninaeformis* (quatinga branca) foi o peixe que apresentou maior teor de Ca (9,1 mg g^{-1}; Tabela 11).

Tariq et al. (1991) determinaram Ca em várias espécies de peixes e observaram teores mais baixos, na faixa de 3101 a 3641 μg g^{-1} (peso úmido) do que os encontrados neste estudo (Tabela 11).

O Ca é um dos importantes elementos para o organismo do ser humano e o peixe tem sido considerado uma opção de obtenção desse elemento, suprindo apenas pequena parte do Ca da dieta. As funções do Ca não se restringem apenas aos ossos. Cerca de 0,6% do Ca total do organismo encontram-se nos tecidos moles. Os músculos contêm 15 mmol de Ca/Kg de tecido (COZZOLINO, 2005). Nos seres vivos, o Ca é aproveitado principalmente em sua forma livre, pela reatividade com o oxigênio, sendo necessário para a ação de algumas enzimas (CaATPase, α amilase e fosfolipases). Ele compete com o Fe no sítio de ligação, sendo absorvido pela célula. A quantidade absorvida de Ca varia com a idade, com o sexo e com a composição deste elemento na dieta. Em pequenas quantidades, o Ca aumenta a absorção do Fe e, em grandes quantidades, a inibe (BERG et al. 2004).

3.1.12 Magnésio

As concentrações médias de Mg, obtidas nas amostras de músculo para as diversas espécies de peixes analisadas, variaram entre 1,0 e 2,5 mg g^{-1} (Tabela 11). O peixe sororoca (*S. brasiliensis*) apresentou o valor mais elevado (2,5 mg g^{-1}; Tabela 11). Tariq et al.

(1991) estudando várias espécies de peixes, encontraram teores mais baixos de Mg (1126 a 5372 μg g^{-1}, peso úmido) que os determinados nas espécies da Baía de Aratu.

O Mg se encontra nas fontes alimentares vegetais (cofator na fotossíntese, presente na clorofila) e animais (produtos marinhos). A principal função do Mg é estabilizar o ATP no músculo e em outros tecidos moles. Contudo é muito importante no metabolismo de Ca, K,P, Zn, Cu, Fe, Pb, Na, Cd e em outras funções variadas. A quantidade de Mg absorvida pelos peixes varia com a quantidade na dieta, condição do indivíduo e sua composição como um todo, além da idade e sexo (COZZOLINO, 2005).

3.1.13 Cádmio, Molibdênio, Chumbo e Vanádio

Os teores dos elementos Cd, Mo, Pb e V encontrados no músculo de todas as espécies de peixes coletadas nesta Baía ficaram abaixo do LOQ (0,004 μg g^{-1}; 0,01 μg g^{-1}; 0,01 μg g^{-1} e 0,003 μg g^{-1} respectivamente; Tabela 9) do método empregado.

3.2 SÍNTESE DA PARTE I – PEIXES PROVENIENTES DA BAÍA DE ARATU COLETADOS EM UMA ÚNICA AMOSTRAGEM

Esta área de estudo, possui alta densidade populacional, importantes centros industriais e um terminal portuário (Porto de Aratu). Essas áreas contribuem com o aumento da concentração dos elementos químicos naturais, além da adição de novos produtos, levando a impactos ambientais, o que vem motivando estudos com o objetivo de estimar a qualidade ambiental e avaliar a bioquímica dos organismos vivos.

Os elementos químicos (Ni, Li, Mn, Se, Al, Zn, Cu, Fe, Sr, Cr, Ca , Mg, Cd, Mo, Pb e V) foram investigados em amostras de tecido de músculo das diversas espécies de peixes: *Cynoscion leiarchus* (pescadinha), *Diapterus rhombeus* (carapeba), *Micropogonias furniere* (corvina), *Scomberomorus brasiliensis* (sororoca), *Achirus lineatus* (peixe tapa), *Chloroscombrus chrysurus* (garapau), *Lutjanus synagris* (ariacó), *Oligoplites palometa* (solteira), *Caranx latus* (guaricema), *Archosargus rhomboidalis* (sargo de dente), *Paralichthys brasiliensis* (linguado preto), *Pomadasys corninaeformis* (quatinga branca), *Selene vomer* (galo).

Foi possível quantificar os elementos Ni, Li, Mn, Se, Al, Zn, Cu, Fe, Sr, Cr, Ca e Mg nas espécies de peixes estudadas, com exceção de Cd, Mo, Pb e V que apresentaram concentrações abaixo do LOQ do método empregado.

Todas as espécies apresentaram os teores de Se acima do LMT permitido pela ANVISA.

Os peixes tapa, guaricema, garapau, carapeba, ariacó, corvina, solteira, linguado preto, quatinga branca e sororoca apresentaram um enriquecimento do elemento Cr, e o maior teor foi encontrado na quatinga branca. Contudo, os peixes sargo de dente, pescadinha e peixe-galo apresentaram teores de Cr abaixo dos LMT permitido pela ANVISA. A pescadinha foi a única espécie que teve o teor abaixo do LOQ do método.

Ainda que os teores de Zn e Ni, encontrados em todas as espécies de peixes, tenham se apresentado abaixo do LMT (50,0 mg Kg^{-1}; 5,0 mg Kg^{-1}, respectivamente), o linguado preto apresentou o maior teor de Zn (40,5 µg g^{-1}). Enquanto a quatinga branca apresentou o maior teor de Ca (9,1 mg g^{-1}) encontrado e a sororoca apresentou o maior teor de Mg (2,5 mg g^{-1}).

O carapeba apresentou os maiores teores dos elementos Li, Mn, Se, Al, Cu e Fe no tecido muscular. Dentre esses elementos, os teores de Se e Cu ficaram acima dos LMT (0,30 mg Kg^{-1}; 30,0 mg Kg^{-1}, respectivamente). O enriquecimento do carapeba com relação à maioria dos metais, ainda não está esclarecido, mas três razões podem ser sugeridas: 1) esta espécie pode ter a habilidade de absorver mais esses elementos que as outras; 2) por alguma razão, esta espécie pode freqüentar esta baía assiduamente (para reprodução, como zona de abrigo ou mesmo para alimentação) ou ser de um habitat dentro da Baía de Aratu que receba despejos de efluentes contendo os metais em questão; 3) o carapeba alimenta-se de invertebrados que vivem no fundo, como vermes e moluscos. Esses organismos da sua dieta, devido a pouca mobilidade, podem normalmente acumular esses elementos, sendo inclusive chamados de filtro marinho. A carapeba pode, portanto, através da magnificação apresentar enriquecimento desses elementos com relação às demais espécies.

Os resultados das concentrações dos elementos químicos determinados no músculo das espécies de peixes da Baía de Aratu, quando se comparam aos LMT sinalizam um enriquecimento nos peixes, do Se e do Cr nestas espécies e as concentrações de Cd, Mo, Pb e V estão abaixo do LOQ do método empregado.

3.3 AVALIAÇÃO DE PEIXES PROVENIENTES DA BAÍA DE TODOS OS SANTOS (BTS) E DE PORTO SEGURO COLETADOS EM DOZE AMOSTRAGENS - PARTE II

Nesta etapa do trabalho, foram avaliadas quatro espécies de peixes (*L. synagris*, *O. chrysurus*, *Mugil* spp. e *O. oglinum*) amostradas mensalmente, durante um ano, de forma a traçar um perfil da composição centesimal e mineral. A Tabela 12 se refere às espécies de peixes investigadas com as suas respectivas procedências.

Tabela 12 - Família, espécie, nome popular e procedência dos peixes investigados em doze amostragens.

Família	Espécie	Nome popular	Procedência
Lutjanidae	*L. synagris*	Ariacó	Porto Seguro
Lutjanidae	*O. chrysurus*	Guaiúba	Porto Seguro
Mugilidae	*Mugil spp.*	Tainha	BTS
Clupeidae	*O. oglinum*	Sardinha laje	BTS

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

3.3.1 Umidade, cinza, proteína e lipídios

Os teores médios da composição centesimal do tecido muscular das amostras dos peixes sardinha laje (*O. oglinum*), tainha (*Mugil spp*.), ariacó (*L. synagris*) e guaiúba (*O. chrysurus*), investigada em triplicata (umidade e cinzas) e em duplicata (proteínas e lipídios) estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Teores, em %, de umidade, cinza, proteína e lipídios determinados nas amostras das quatro espécies de peixes investigadas.

Espécies	Umidade	Cinzas	Proteína	Lipídios
Sardinha laje	75,7±1,4	1,8±0,2	20,3	2,0
Tainha	76,0±1,7	1,2±0,1	20,6	2,1
Ariacó	77,0±1,7	1,1±0,1	19,7	1,2
Guaiúba	77,8±1,4	1,1±0,1	19,7	0,9

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

3.3.1.1 Umidade

O teor de umidade observado, para as amostras dos peixes investigados variou de 75,7 a 77,8% (Tabela 13). A sardinha laje foi a espécie que apresentou o menor teor de umidade, enquanto a guaiúba apresentou o maior valor (Tabela 13).

Chandrashekar e Deosthale (1993); Silva et al. (1994); Ogawa e Maia (1999); Vila Nova et al. (2005) e Furlong et al. (2006) avaliaram a composição centesimal em tecido muscular de diferentes espécies de peixes e encontraram a variação do teor de umidade na faixa de 64 a 90%, portanto os valores obtidos neste trabalho (75,7 a 77,8%) estão contemplados nesta faixa.

Em comparação aos trabalhos realizados com peixes (Figura 6), a sardinha laje apresentou teor de umidade similar ao da corvina, analisada por NEPA;UNICAMP (2006), e apresentou teor mais elevado que a *S. brasiliense* (72,5%), representada como sardinha (3), determinada por Bruschi (2001). Os valores de umidade ficaram abaixo do peixe papa-terra avaliado por Furlong et al. (2006), da pescada branca (79,7%) e da corvina (79,6%) analisadas por Bruschi (2001).

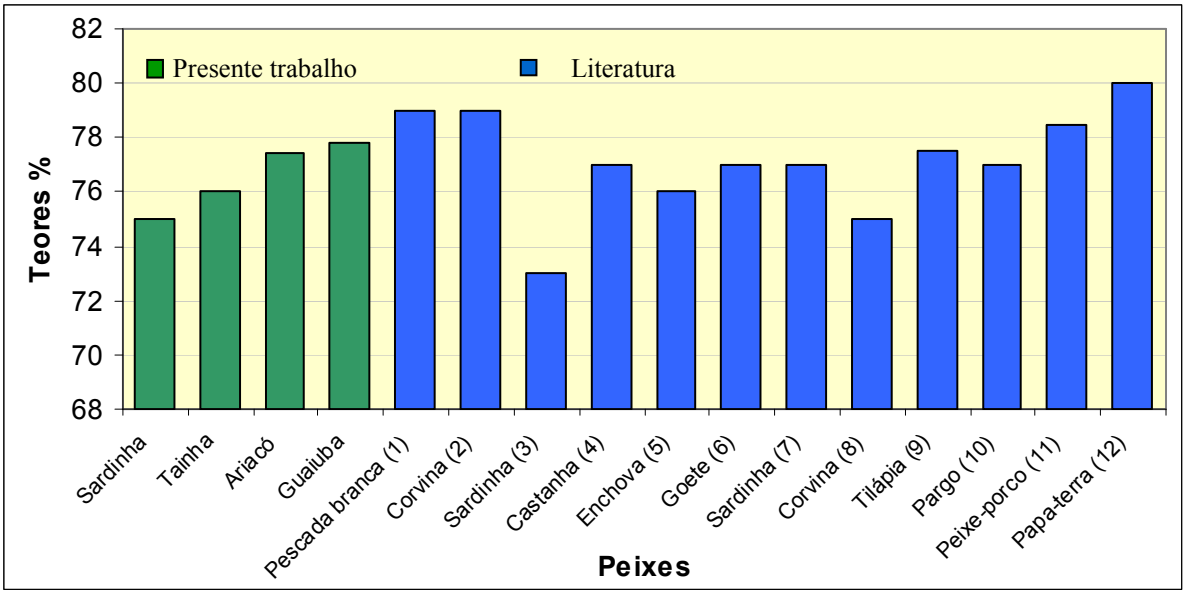

Figura 6 - Comparação entre os teores de umidade, em %, obtidos neste trabalho com dados da literatura. Fontes:(1-6) Bruschi,2001; (7,8) NEPA; UNICAMP,2006; (9,10) Vila Nova et al.2005; (11-12) Furlong et al.2006.

3.3.1.2 Cinzas

O teor de cinzas observado para as amostras dos peixes investigadas variou de 1,1 a 1,8% (Tabela 13). Esses resultados foram consistentes, quando comparados com resultados (1 a 2%) obtidos por diversos autores, que pesquisaram a composição centesimal em tecido muscular de diferentes espécies de peixes (CHANDRASHEKAR e DEOSTHALE, 1993; SILVA et al. 1994; OGAWA e MAIA, 1999; VILA NOVA et al. 2005; FURLONG et al. 2006).

O ariacó apresentou o menor teor de cinzas e a sardinha laje foi a espécie que apresentou o maior teor de cinza dentre todas as espécies avaliadas neste trabalho e dentre as espécies avaliadas pelos outros pesquisadores Tabela 13; (Figura 7).

O teor de cinza de sardinha laje do presente trabalho (Tabela 13, Figura 7) foi similar ao encontrado para a sardinha (NEPA;UNICAMP, 2006) e a S. brasiliensis (sardinha verdadeira) determinada por Bruschi (2001). O ariacó (Figura 7) apresentou, neste trabalho, teor de cinza similar ao da castanha (BRUSCHI, 2001) e da corvina (NEPA;UNICAMP, 2006). Os peixes tainha e guaiúba (Figura 7) apresentaram neste trabalho o mesmo teor de cinzas que o da pescada branca (BRUSCHI, 2001) e do papa-terra (FURLONG et al. 2006).

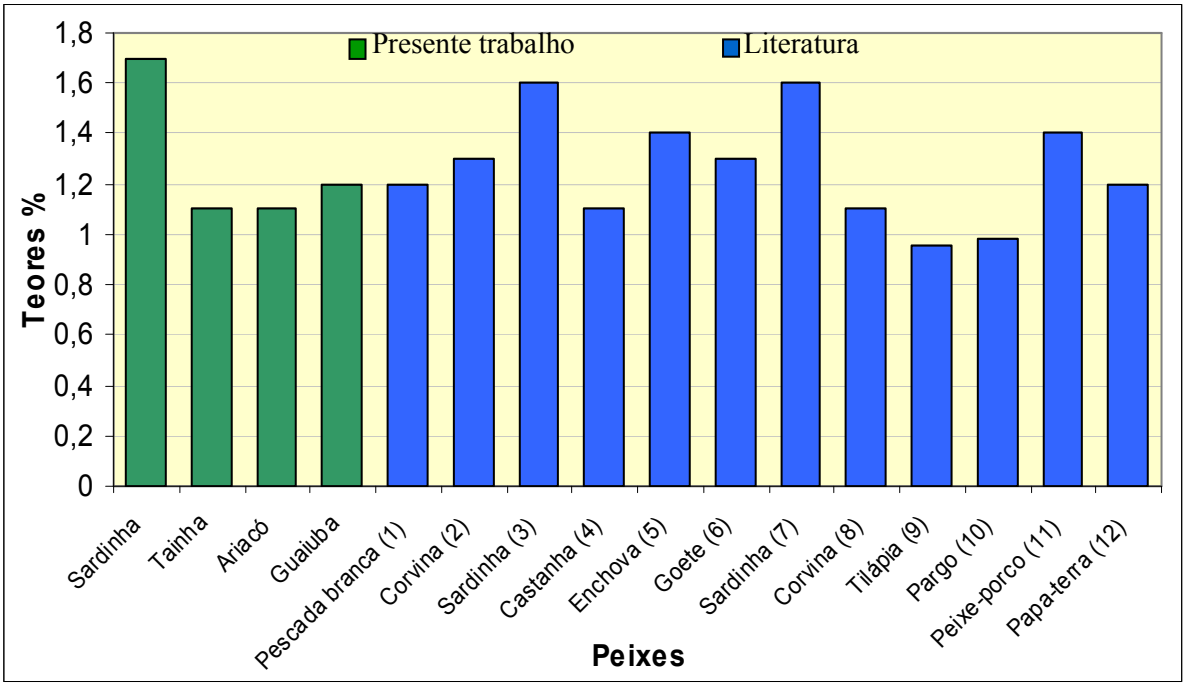

Figura 7 - Comparação entre os teores de cinzas, em %, obtidos neste trabalho com dados da literatura.
Fontes:(1-6) Bruschi,2001; (7,8) NEPA;UNICAMP, 2006; (9,10) Vila Nova et al.2005; (11-12) Furlong et al.2006.

A determinação de cinzas indica o teor dos nutrientes como Ca, K, Na, Mg, Fe, Cu, Co, Al e ânions sulfato, cloreto, silicato, fosfato entre outros. As substâncias voláteis que se decompõem por altas temperaturas foram eliminadas e a matéria orgânica será transformada em CO_2, H_2O, etc. Nos alimentos de origem marinha, poderá formar Na_2CO_3, caso uma quantidade do CO_2 fique retido nas cinzas (SILVA, 1981).

3.3.1.3 Proteínas

A faixa de variação do teor protéico, determinado nas amostras de peixes foi de 19,7% a 20,6% (Tabela 13). A sardinha laje e a tainha apresentaram os maiores porcentuais de proteínas dentre as espécies avaliadas e os valores estão consistentes com os teores (14 a 23%; Figura 8) relatados por outros autores (CHANDRASHEKAR e DEOSTHALE, 1993; SILVA et al. 1994; OGAWA e MAIA, 1999; VILA NOVA et al. 2005; FURLONG et al. 2006).

A sardinha laje apresentou fração protéica maior que a da *S. brasiliensis*, indicada na Figura 8 como sardinha 3 determinada por Bruschi (2001) porém a *S. brasiliensis*, indicada na Figura 8 como sardinha (7), (NEPA;UNICAMP, 2006), apresentou maior porcentual de

proteínas que a sardinha laje. As espécies ariacó e guaiúba apresentaram teores similares ao do pargo (VILA NOVA et al. 2005; Tabela 13).

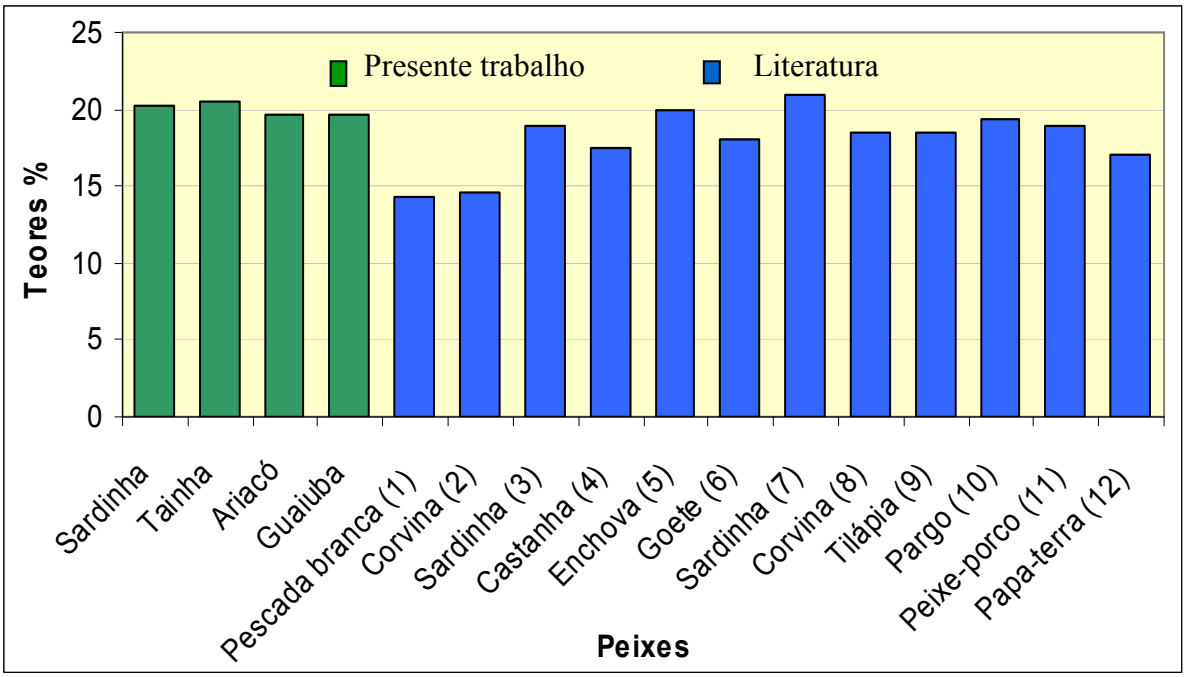

Figura 8 - Comparação entre os teores de proteínas, em %, obtidos neste trabalho com dados da literatura. Fontes:(1-6) Bruschi, 2001; (7,8) NEPA;UNICAMP, 2006; (9,10) Vila Nova *et al.*2005; (11-12) Furlong, *et al.*2006.

3.3.1.4 Lipídios

A faixa de variação dos lipídios foi de 0,9% a 2,1% sendo o menor valor da guaiúba e o maior, da tainha (Tabela 13). A composição centesimal de tecido muscular de peixes tem sido apresentada em vários trabalhos da literatura (CHANDRASHEKAR e DEOSTHALE, 1993; SILVA et al. 1994; OGAWA e MAIA, 1999; VILA NOVA et al. 2005; FURLONG et al. 2006), e o teor de lipídios encontrado varia na faixa de 0,9 a 7,7%.

Pode ser observado na Figura 9, que os valores da fração lipídica determinados neste trabalho estão relativamente similares aos determinados por outros pesquisadores. No entanto, o teor encontrado para a sardinha lage (2,0%) foi menor que o valor encontrado por Bruschi (2001) na *S. brasiliensis* indicada na Figura 9 como sardinha (3) e da S. brasiliensis indicada na Figura 9 (NEPA; UNICAMP, 2006) como sardinha (7). A tainha apresentou a

maior fração lipidica dentre as espécies avaliadas, similar a CARVALHO et al. (2000) quando analisou *M. cephallus.*

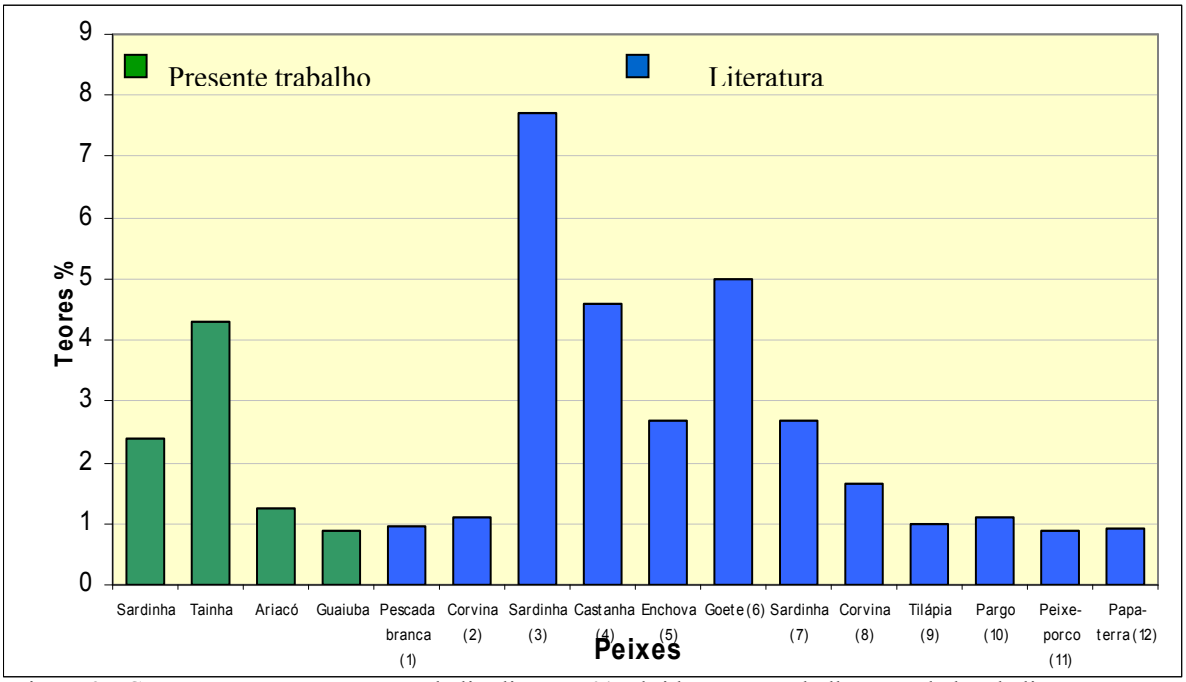

Figura 9 - Comparação entre os teores de lipídios, em %, obtidos neste trabalho com dados da literatura.
Fontes:(1-6) Bruschi, 2001; (7,8) NEPA;UNICAMP, 2006; (9,10) Vila Nova et al.2005; (11-12) Furlong, et al.2006.

De um modo geral, a composição centesimal determinada neste trabalho é similar as compiladas na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (NEPA;UNICAMP, 2006) para sardinha e pescados. Entretanto, os estudos realizados estão relacionados à mesma família e é fato que variações podem ocorrer entre o teor de umidade, cinzas, proteínas e lipídios dentro de uma mesma espécie, em função de hábitos alimentares, da época do ano, da idade, da distribuição e origem dos organismos, dentre outros fatores (CANLI e ATLI, 2003).

3.4 ELEMENTOS INVESTIGADOS NAS ESPÉCIES DE PEIXES PROVENIENTES DA REGIÃO COSTEIRA DE PORTO SEGURO (BA)

Duas espécies de peixes foram procedentes da região costeira de Porto Seguro (BA), o ariacó (*L. synagris*) e o guaiúba (*O. chrysurus*), da família dos Lutjanídeos. Estes peixes constituem importantes recursos pesqueiros nos trópicos e subtrópicos, ocupando elevados níveis tróficos nos ecossistemas (DUARTE e GARCIA, 1999).

O gênero Lutjanus é o mais diversificado da família Lutjanidae e o mais importante do ponto de vista econômico. Há muitas espécies distribuídas por todos os mares tropicais e a maior parte delas chega a alcançar o tamanho ideal para comercialização, sendo apreciadas pela excelente qualidade de sua carne (ACERO e GARZÓN, 1985).

O ariacó (*L. synagris*) é um peixe que ocorre nas águas litorâneas e é encontrado em profundidades de até 400 m. Alimentam-se principalmente de crustáceos e peixes, alcançando tamanhos máximos de aproximadamente 40 a 50 cm (MENEZES e FIGUEIREDO, 1980; ALMEIDA, 2000). Estudos de dieta, conduzidos por Duarte e Garcia (1999) no Golfo de Salamanda, Mar do Caribe Colombiano, classificaram o *L. synagris* como uma espécie generalista e carnívora oportunista. No Brasil, é relativamente abundante na costa nordeste, onde tem grande importância comercial. As primeiras investigações sobre o L. synagris foram realizadas no estado do Ceará, sendo estudada a idade e crescimento (ALEGRIA e MENEZES, 1970) e fecundidade (GESTEIRA e ROCHA, 1976).

O peixe guaiúba (*O. chrysurus*) tem grande importância comercial. Chega a medir até 70 cm de comprimento, sendo uma espécie importante na pesca artesanal do litoral baiano encontrada desde Nova Inglaterra (EUA) ao Sudeste do Brasil (MENEZES e FIGUEIREDO, 1980). Rezende et al. (2003) verificaram que a gênero *Ocyurus* está entre as categorias de pescados mais valiosas, sendo dominante na pesca de lutijanídeos no litoral da Bahia e Rio Grande do Norte, desde 1978. Os juvenis alimentam-se de plâncton e vivem agrupadas em águas litorâneas, enquanto os adultos ocorrem em águas mais afastadas da costa e alimentam-se principalmente de pequenos peixes, crustáceos diversos e poliquetas (MENEZES e FIGUEIREDO, 1980).

3.4.1 *L. synagris* (ariacó)

Os elementos Se, Sr, Al, Zn, Cr, Cu, Fe, Mo, Ca, Mg, Cd, Li, Mn, Ni, Pb e V foram investigados em tecido muscular da espécie *L. synagris* (ariacó; Figura 10) obtida na região costeira de Porto Seguro durante 12 meses (março de 2004 a fevereiro de 2005), com uma amostragem por mês.

As médias das concentrações dos elementos químicos encontrados no tecido dos peixes investigados podem ser observadas na Tabela 14.

Figura 10 - Espécie *Lutjanus synagris* (ariacó).
Fonte: Andrade, 2008.

3.4.1.1 Selênio

Para o Se, as concentrações médias obtidas nas amostras de músculo da espécie *L. synagris* (ariacó) proveniente de Porto Seguro, oscilaram entre 1,1 até 2,3 µg g^{-1} (Tabela 14). Todos os resultados encontrados estão acima dos LMT (0,30 µg g^{-1}, Tabela 4), o que sugere, no período investigado, que houve um aumento desse elemento nesse ecossistema.

Envenenamento crônico de animais, através da ingestão de plantas cultivadas em solo com concentração alta de selênio, é citado na literatura (LEWIS, 2002). É possível que o enriquecimento de Se nessas amostras de peixes tenha sido proveniente da dieta (vegetais e outros organismo que possam acumular esse elemento retirado do sedimento) e por transferência através da cadeia alimentar.

Tabela 14 - Concentrações médias dos elementos encontrados no ariacó, proveniente de Porto Seguro (BA) em função do mês.

Mês/ano	Elementos									
	µg g^{-1}								mg g^{-1}	
	Se	Sr	Al	Zn	Cr	Cu	Fe	Mo	Ca	Mg
Março/2004	2,1 (±0,6)	2,9 (±0,4)	7,4 (±1,7)	3,2 (±1,3)	0,10 (±0,01)	0,5 (±0,0)	8,4 (±2,9)	**<0,103**	1,0 (±0,2)	1,00 (±0,03)
Maio/2004	1,4 (±0,5)	1,9 (±0,6)	8,7 (±1,3)	5,3 (±2,9)	**<0,003**	4,4 (±1,6)	4,91 (±0,05)	**<0,103**	0,7 (±0,1)	1,16 (±0,02)
Junho/2004	**2,3 (±0,2)**	1,56 (±0,03)	7,1 (±5,0)	3,8 (±0,6)	**<0,003**	1,1 (±0,2)	3,0 (±0,5)	0,17 (±0,06)	**0,59 (±0,02)**	**1,01 (±0,01)**
Julho/2004	1,5 (±0,1)	1,9 (±0,3)	7,9 (±2,4)	6,9 (±0,7)	**<0,003**	4,30 (±0,32)	6,3 (±0,5)	0,12 (±0,04)	0,8 (±0,1)	1,12 (±0,02)
Agosto/2004	1,5 (±0,1)	4,3 (±2,0)	**<0,013**	**30,3 (±3,7)**	**0,8 (±0,1)**	**39,6 (±3,1)**	14,9 (±4,8)	0,14 (±0,02)	**1,3 (±0,5)**	1,20 (±0,01)
Setembro/2004	1,5 (±0,4)	1,4 (±0,1)	1,88 (±0,13)	1,10 (±0,07)	0,1 (±0,0)	1,10 (±0,06)	**<0,023**	**0,17 (±0,02)**	0,6 (±0,2)	1,13 (±0,01)
Outubro/2004	1,3 (±0,5)	3,1 (±1,1)	10,1 (±2,1)	1,48 (±0,02)	0,2 (±0,0)	**<0,004**	8,7 (±0,6)	**<0,103**	1,0 (±0,3)	1,17 (±0,01)
Novembro/2004	1,7 (±0,4)	**1,1 (±0,1)**	4,9 (±1,0)	5,0 (±2,7)	0,01 (±0,00)	**<0,004**	4,0 (±0,1)	**<0,103**	0,8 (±0,1)	**1,34 (±0,03)**
Dezembro/2004	1,8 (±0,2)	1,6 (±0,6)	1,9 (±1,7)	2,4 (±0,7)	0,30 (±0,03)	1,8 (±0,3)	3,11 (±0,15)	0,13 (±0,03)	0,6 (±0,1)	1,01 (±0,05)
Janeiro/2005	1,5 (±0,1)	**4,5 (±0,3)**	**11,3 (±0,3)**	1,40 (±0,01)	0,30 (±0,03)	3,5 (±0,4)	**21,5 (±2,0)**	**<0,103**	1,2 (±0,1)	1,18 (±0,01)
Fevereiro/2005	**1,1 (±0,2)**	1,6 (±0,3)	6,9 (±1,3)	**1,10 (±0,06)**	**<0,003**	1,5 (±0,3)	5,22 (±0,19)	0,16 (±0,05)	0,6 (±0,1)	1,20 (±0,01)

Nota: (±Desvio padrão).
negrito: teor máximo e mínimo obtido.
Cd, Li, Mn,Ni,Pb, V < LOQ do método para todas as amostras analisadas.
Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Segundo Amouroux et al. (2001), áreas próximas aos oceanos possuem solos com maior concentração de selênio devido à formação dos gases dimetilselenido e dimetilselenilsulfido, produzidos sazonalmente por alguns fitoplânctons, em especial os das bactérias Caccolithophorid. Isso, possivelmente, poderá explicar esse teor máximo de selênio observado no início do período da estação chuvosa (março a agosto) que, devido à lixiviação do solo pelas chuvas, tenha acarretado um aumento deste elemento no ecossistema marinho.

Os valores de Se (2,3 $\mu g\ g^{-1}$; Tabela 14) da amostragem do mês de junho de 2004, foram similares ao teor de Se determinado por Agusa et al. (2007), nas espécies *Lutjanus vitta* (2,3 $\mu g\ g^{-1}$) e *Lutjanus russellii* (2,3 $\mu g\ g^{-1}$). Contudo, nas demais amostragens, os teores de Se na espécie *L. synagris* provenientes de Porto Seguro foram menores ao se comparar com aqueles obtidos por Agusa et al. (2007).

Estudos realizados em seres humanos e em animais reportaram que o Se interage com elementos, como As, Cd, Hg, Cu, Ag, Pb e Pt (ORTUÑO et al. 1997 apud COZZOLINO, 2005. p.560).

O Se pode ser encontrado em diversas formas e faz parte de selenoproteinas (selenocisteina e selenometionina), sendo o principal componente da glutationa-peroxidase, enzima sintetizada a partir dos aminoácidos sulfurados. Combina-se tanto com metais como com não metais, para formar compostos orgânicos e inorgânicos. Vale ressaltar que, desta forma, o Se protege o organismo da ação agressiva dos metais contaminantes. Para Maier et al. (1998), as formas inorgânicas selenito (SeO_3^{2-} ou Se^{2+}) e selenato (SeO_4^{2-} ou Se^{6+}) é que são tóxicas. Segundo Shumt e Houk (1993), em pesquisas sobre este elemento, é imprescindível uma análise mais detalhada para diferenciar as formas presentes de selênio.

3.4.1.2 Estrôncio

A faixa de concentração obtida para Sr nas amostras de músculo da espécie *L. synagris (*ariacó) variou de 1,1 a 4,5 $\mu g\ g^{-1}$ (Tabela 14). Prudente et al. (1997) determinaram concentrações superiores de Sr (132,0 $\mu g\ g^{-1}$) na espécie *L. russeli*, que as determinadas neste estudo na espécie *L. synagris* (4,5 $\mu g\ g^{-1}$). Por outro lado, o elemento Sr (1,05 a 3,19 $\mu g\ g^{-1}$) estudado nas espécies *L. vitta, L.russeli* e *L.malabaricus* por Agusa et al. (2007), apresentou

concentrações inferiores às determinadas neste estudo nas amostragens do mês de agosto de 2004 e janeiro de 2005 (Tabela 14).

Devido o Sr apresentar propriedades químicas e biológicas similares àquelas do Ca, ele pode ser absorvido pelo organismo e acumular nos ossos.

3.4.1.3 Alumínio

A faixa de concentração obtida para o Al nas amostras de músculo de *L. synagris*, (ariacó), variou de <0,013 a 11,3 µg g^{-1} (Tabela 14). Para a amostragem do mês de agosto de 2004, os resultados encontrados ficaram abaixo do LOQ (0,013 µg g^{-1}; Tabela 9) do método.

De acordo com a OMS, 1998, ainda não existe confirmação da essencialidade do Al para os animais ou seres humanos, porém, observa-se que, se a exposição ao Al for excessiva, ocorre osteomalacia[5], deficiência renal e anemia hipocrômica microcítica não associada à deficiência de Fe. O aumento da concentração de Al ocorre no cérebro de indivíduos portadores do mal de Alzheimer. O Al interage com Ca, F, Fe, Mg, P e Sr e, em excesso, pode reduzir a absorção destes elementos. Devido à chuva ácida e emissões industriais, a solubilidade e a biodisponibilidade do Al aumentaram com o passar dos anos, nos animais e plantas aquáticas, com conseqüente impacto para os seres humanos (COZZOLINO, 2005).

3.4.1.4 Zinco

As concentrações médias de Zn, nas amostras de músculo do *L. synagris* (ariacó), estão situadas entre 1,1 até 30,3 µg g^{-1} (Tabela 14). Em todas as amostras, os teores deste elemento estão abaixo LMT (50,0 µg g^{-1}; Tabela 4).

Prudente et al. (1997) determinaram na espécie *L. russeli*, concentrações superiores de Zn (43,90 µg g^{-1}) que as determinadas neste estudo na espécie *L. synagris* (30,3 µg g^{-1}). Agusa et al. (2007) determinaram Zn nas espécies *L. vitta* (16,9 µg g^{-1}), *L. russellii*

[5]Defeito na remineralização dos ossos durante o *turnover* (quantidade de um elemento metabolizado ou processado em um determinado período) normal dos adultos.

(14,4 µg g^{-1}) e *L. malabaricus* (13,4 µg g^{-1}) em menor concentração apenas nos valores obtidos no estudo na espécie *L.synagris* provenientes de Porto Seguro, na amostragem do mês de agosto de 2004 (30,3 µg g^{-1};Tabela 14).

Segundo Mcgeer et al. (2000), a captação de Zn depende da concentração aquática de íons Ca^{2+} e, uma vez nas guelras, o Zn é acumulado nos tecidos musculares. Porém, apesar desse elemento também ser absorvido pela dieta, a absorção pelas brânquias é a mais importante. O Zn, que se acumula fortemente no fígado, está relacionado com o Zn do músculo, sugerindo um eventual transporte entre o tecido hepático e o muscular (PYLE et al. 2005).

3.4.1.5 Cromo

As concentrações médias de Cr, obtidas nas amostras de músculo da espécie *L. synagris* (ariacó), variaram de <0,003 até 0,8 µg g^{-1} (Tabela 14). Em quatro amostragens (maio, junho e julho de 2004 e fevereiro de 2005), os valores de Cr ficaram abaixo do LOQ (0,003 µg g^{-1}; Tabela 9) do método.

Foi determinada maior concentração de Cr na espécie *L.synagris*, apenas na amostragem do mês de agosto de 2004 (Tabela 14). Esse teor foi mais elevado que o teor de Cr (0,39 a 0,49 µg g^{-1}) determinado por Agusa et al. (2007), nas espécies *L. vitta, L. russeli* e *L. malabaricus*. Os valores das amostragens do mêses de agosto, outubro e dezembro de 2004 e do mês de janeiro de 2005 estão acima dos LMT (0,1 µg g^{-1}, Tabela 4). Este fato pode sugerir um aumento do incremento desse metal no ambiente, nos períodos citados acima.

Na maioria dos alimentos o Cr existe em baixa concentração, porém, os peixes são considerados uma boa fonte desse metal (KRAUSE, 1998).

3.4.1.6 Cobre

As concentrações médias de cobre, nas amostras de músculo da espécie *L. synagris*, (ariacó) situaram-se na faixa entre <0,004 e 39,6 µg g^{-1} (Tabela 14). Em duas

amostragens, correspondentes aos meses de outubro e novembro de 2004, as concentrações de cobre ficaram abaixo do LOQ (0,004 µg g^{-1}; Tabela 9). Excetuando as amostras do mês de agosto de 2004, cujo teor de Cu determinado foi de 39,6 µg g^{-1}, todas as outras apresentaram concentração de cobre abaixo do LMT (30,0 µg g^{-1}, Tabela 4).

De acordo com Agusa et al. (2007), os valores de concentração desse elemento nas espécies *L. vitta* (0,846 µg g^{-1}), *L.russellii* (0,867 µg g^{-1}) e *L.malabaricus* (1,31 µg g^{-1}) foram superiores aos encontrados para a *L. synagris* (Tabela 14), exceto nas amostragens de março, outubro e novembro de 2004.

Prudente et al. (1997) determinaram na espécie *L. russeli*, concentrações inferiores de cobre (1190 ng g^{-1}) que as determinadas neste estudo na espécie *L. synagris* (30,3 µg g^{-1}), exceto nas amostragens de março, setembro, outubro e novembro de 2004.

3.4.1.7 Ferro

As concentrações médias de Fe, obtidas nas amostras de músculo da espécie *L. synagris* (ariacó), variaram de < 0,023 até 21,5 µg g^{-1} (Tabela 14). Para a amostragem do mês de setembro de 2004, foram obtidos valores abaixo do LOQ (0,023 µg g^{-1}, Tabela 9) do método.

3.4.1.8 Molibdênio

As concentrações médias de Mo, obtidas nas amostras de músculo da espécie *L. synagris* (ariacó), variaram entre <0,103 até 0,17 µg g^{-1} (Tabela 14). Em cinco amostragens (março, maio, outubro e novembro de 2004 e janeiro de 2005), os valores de Mo ficaram abaixo do LOQ (0,103 µg g^{-1}, Tabela 11) do método.

Embora os teores de Mo para a espécie *L. synagris* (Tabela 14) provenientes de Porto Seguro, tenham sido relativamente baixos, foram superiores aos observados por Agusa et al. (2007) nas espécies *L. vitta* (0,007 µg g^{-1}), *L.russellii* (0,006 µg g^{-1}) e *L.malabaricus* (0,002 µg g^{-1}).

O molibdênio é um cofator de enzimas e atua na enzima xantino-oxidase. Este elemento, presente nos alimentos e na forma de complexos solúveis, é rapidamente absorvido pelo organismo (BERG et al. 2004). Há poucas informações na literatura sobre o Mo.

3.4.1.9 Cálcio

As concentrações médias de Ca nas amostras de músculo da espécie *L. synagris*, (ariacó) variaram entre 0,59 e 1,3 mg g^{-1} (Tabela 14). A maior concentração de Ca foi observada na amostragem do mês de agosto de 2004 (Tabela 14).

A ingestão inadequada do Ca resulta em prejuízo para a estrutura óssea, causando o raquitismo, a osteomalácia, osteosporose e hipertensão (BERG et al. 2004).

3.4.1.10 Magnésio

As concentrações médias obtidas para Mg nas amostras de músculo da espécie *L. synagris* (ariacó) ficaram entre 1,00 e 1,34 mg g^{-1} (Tabela 14). A maior concentração de Mg para essa espécie foi determinada na amostragem do mês de novembro de 2004 (Tabela 14).

3.4.1.11 Cádmio, lítio, manganês, níquel , chumbo e vanádio

As concentrações dos elementos Cd, Li, Mn, Ni, Pb e V ficaram abaixo dos limites de quantificação (LOQ, Tabela 9) do método empregado (0,004 µg g^{-1}; 0,0002 µg g^{-1}; 0,001µg g^{-1}; 0,023 µg g^{-1}; 0,01 µg g^{-1} e 0,003 µg g^{-1}, respectivamente).

Os elementos V, Mn, Cd, Pb, Zn, Sr e Li, estudados na espécie L. russeli por Prudente et al. (1997; Tabela 14), e V, Mn, Cd e Pb, nas espécies *L. vitta, L. russeli* e *L. malabaricus* observados por Agusa et al. (2007) apresentaram concentrações superiores às determinadas neste trabalho na espécie *L. synagris*, proveniente de Porto Seguro (Tabela 14).

3.4.2 *O. chrysurus* (guaiúba)

Os elementos investigados em tecido muscular da espécie *O. chrysurus* (guaiúba; Figura 11) obtida na região costeira de Porto Seguro, foram Li, Se, Sr, Al, Zn, Cr, Cu, Fe, Mo, Ca, Mg, Cd, Mn, Ni, Pb e V. As médias das concentrações dos elementos químicos encontrados no tecido dos peixes investigados podem ser observadas na Tabela 15.

Figura 11 - Espécie *Ocyurus chrysurus* (guaiúba).
Fonte: Andrade, 2008.

3.4.2.1 Lítio

A faixa de concentração obtida para Li nas amostras de músculo para a espécie *O.chrysurus* (guaiúba) variou de <0,0002 a 0,07 µg g^{-1} (Tabela 15). Não existe, na legislação brasileira, referência quanto às concentrações máximas permitidas para Li em pescados.

Embora os resultados para Li da espécie *O. chrysurus* (guaiúba), nas amostragens dos meses de junho, outubro e novembro de 2004, tenham sido menores que o LOQ (0,0002 µg g^{-1}, Tabela 9), os valores encontrados na amostragem de janeiro de 2005 (Tabela 15), e que equivale ao maior teor para esse elemento, foram inferiores, quando comparados aos observados na espécie *L. russeli* (323 ng g^{-1}) por Prudente et al. (1997).

Tabela 15 - Concentrações médias dos elementos encontrados na guaiúba, proveniente de Porto Seguro (BA) em função do mês.

Mês/ano	**Elementos**										
	µg g^{-1}									**mg g^{-1}**	
	Li	**Se**	**Sr**	**Al**	**Zn**	**Cr**	**Cu**	**Fe**	**Mo**	**Ca**	**Mg**
Junho/2004	**<0,0002**	1,9 (±0,3)	**5,1 (±0,3)**	3,8 (±0,4)	**6,2 (±0,3)**	**<0,003**	1,41 (±0,07)	2,15 (±0,14)	0,45 (±0,02)	**1,6 (±0,2)**	1,18 (±0,04)
Julho/2004	0,03 (±0,01)	1,7 (±0,8)	1,7 (±0,1)	5,52 (±0,33)	**<0,01**	**<0,003**	**50,4 (±4,3)**	**14,1 (±1,8)**	**<0,103**	**0,06 (±0,01)**	1,21 (±0,04)
Agosto/2004	0,02 (±0,00)	2,3 (±0,3)	1,39 (±0,03)	0,31 (±0,02)	**<0,01**	**0,4 (±0,1)**	0,7 (±0,0)	**<0,023**	**<0,103**	0,09 (±0,04)	1,13 (±0,00)
Setembro/2004	0,02 (±0,00)	1,8 (±0,8)	1,18 (±0,03)	12,8 (±4,6)	6,2 (±0,5)	**<0,003**	1,3 (±0,0)	1,0 (±0,05)	**<0,103**	0,37 (±0,01)	1,17 (±0,01)
Outubro/2004	**<0,0002**	1,9 (±0,3)	1,5 (±0,1)	3,3 (±0,2)	**<0,01**	**<0,003**	3,2 (±0,2)	**<0,023**	**<0,003**	0,3 (±0,0)	1,09 (±0,00)
Novembro/2004	**<0,0002**	**<0,014**	**<0,001**	**<0,013**	2,93 (0,02)	**<0,003**	3,94 (0,22)	2,98 (0,02)	**0,58 (0,14)**	0,3 (0,1)	**1,00 (0,05)**
Janeiro/2005	**0,07 (±0,00)**	**2,5 (±0,3)**	2,8 (±0,8)	8,9 (±2,4)	1,5 (±0,7)	0,1 (±0,0)	**<0,004**	10,9 (±1,6)	**<0,103**	1,0 (±0,2)	1,22 (±0,04)
Fevereiro/2005	0,02 (±0,00)	1,9 (±0,2)	1,92 (±0,04)	**16,5 (±0,4)**	**<0,01**	**<0,003**	6,2 (±2,6)	13,8 (±2,2)	**<0,103**	0,42 (±0,03)	**1,27 (±0,04)**

Nota: (±Desvio padrão).
negrito: teor máximo e mínimo obtido.
Cd, Mn,Ni,Pb, V < LOQ do método para todas as amostras analisadas.
Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

3.4.2.2 Selênio

A faixa de concentração obtida para Se, nas amostras de músculo para a espécie *O.chrysurus* (guaiúba) variou de <0,014 a 2,5 µg g^{-1} (Tabela 15).

Os resultados de Se, da espécie *O. chrysurus,* da amostragem do mês de novembro de 2004, foram menores que o LOQ (0,014 µg g^{-1}; Tabela 9) do método, embora as amostras dos demais meses analisados tenham apresentado concentrações acima do LMT (0,30 µg g^{-1}, Tabela 4).

Selênio elementar não é considerado tóxico. Entretanto, H_2Se e outros compostos desse elemento podem ser extremamente tóxicos. Os pesquisadores Pyle et al. (2005), assim como Kennedy et al. (2000), sugerem que os peixes são importante fonte de Se. Contudo, ressaltam que a compreensão da sua toxicidade não se encontra, até o momento, devidamente esclarecida, recomendando prudência quando da interpretação dos resultados, devido à semelhança química entre o Se e enxofre (S). Yamazaki et al. (1996) determinaram alta concentração de Se no sangue, rim e fígado de algumas espécies de peixes e, segundo Lemly (1993), o Se é tóxico aos organismos e pode causar deficiência na reprodução, deformações e mortalidade, se em altas concentrações nos tecidos dos peixes.

3.4.2.3 Estrôncio

A faixa de concentração obtida para Sr nas amostras de músculo para a espécie *O.chrysurus* (guaiúba) variou de <0,001 a 5,1 µg g^{-1} (Tabela 15). Os resultados obtidos, para a amostragem de novembro de 2004, foram menores que o LOQ (0,001 µg g^{-1}, Tabela 9) do método.

Prudente et al. (1997) determinaram na espécie L. russeli concentrações superiores de Sr (132,0 µg g^{-1}), quando comparadas à espécie *O. chrysurus* (guaiúba) deste trabalho (5,1 µg g^{-1},Tabela 15), porém, Agusa et al. (2007), determinaram nas espécies *L. vitta* (1,05 µg g^{-1}), *L.russellii* (1,15 µg g^{-1}) e *L.malabaricus* (3,19 µg g^{-1}), concentrações de Sr inferiores às determinadas nesta investigação para as amostragens do mês de junho de 2004 (5,1 µg g^{-1},Tabela 15).

3.4.2.4 Alumínio

A faixa de concentração obtida para Al nas amostras de músculo para a espécie *O.chrysurus* (guaiúba) variou de <0,013 a 16,5 µg g^{-1} (Tabela 15). Concentração de Al abaixo do LOQ (0,013 µg g^{-1}; Tabela 9) foi observada apenas na amostragem de novembro de 2004. Segundo Vela et al. (1998), alimentos com alta concentração de Al são os que possuem teores maiores que 1,0 µg g^{-1}. A OMS (1998) reporta que o Al, quando originado da dieta, é pouco absorvido pelo intestino dos mamíferos e, em geral, as pequenas concentrações absorvidas são eliminadas pelos rins saudáveis, não sendo, portanto acumulado nos órgãos e tecidos.

3.4.2.5 Zinco

As concentrações médias de Zn, nas amostras de músculo para a espécie *O.chrysurus* (guaiúba) estão situadas entre <0,01 a 6,2 µg g^{-1} (Tabela 15). Estes teores estão abaixo LMT (50,0 µg g^{-1}, Tabela 4). Os resultados ficaram abaixo do LOQ (0,01 µg g^{-1}, Tabela 11) do método nas amostragens de julho, agosto e outubro de 2004, assim como em fevereiro de 2005.

3.4.2.6 Cromo

As concentrações médias de Cr, nas amostras de músculo para a espécie *O.chrysurus*, (guaiúba) oscilaram entre <0,003 e 0,4 µg g^{-1} (Tabela 15). Os resultados de Cr das amostras de agosto de 2004 e janeiro de 2005 foram acima do LMT (0,1 µg g^{-1}, Tabela 4).

3.4.2.7 Cobre

As concentrações médias de cobre, nas amostras de músculo para a espécie *O.chrysurus* (guaiúba) variaram de <0,004 a 50,4 μg g^{-1} (Tabela 15). Na amostragem do mês de janeiro de 2005, os resultados obtidos foram menores que o LOQ (0,004 μg g^{-1}; Tabela 9) do método. Na amostragem do mês de julho de 2004, as concentrações deste elemento ficaram acima do LMT (30,0 μg g^{-1}, Tabela 4). O cobre é um dos constituintes de muitos fungicidas e pigmentos. Esse enriquecimento exatamente na amostragem de julho pode ser resultado de carreamento pela chuva de fungicida residual, ou de outros materiais contendo esse elemento.

No presente trabalho foi observada, em média, maior concentração de metais na estação chuvosa, em consonância com o observado por Phillips et al. (1982). Estes pesquisadores reportaram que as concentrações de íons metálicos nos tecidos podem diminuir no verão, devido ao aumento no metabolismo geral do organismo, associado ao calor (diminuição das taxas lipídicas). Não há influência apenas com relação à fonte alimentar, podendo ser o resultado de diferentes biotipos com as suas diferentes atividades metabólicas.

Os mecanismos bioquímicos de cada organismo vivo regulamentam a necessidade de elementos essenciais em concentrações constantes, o que é confirmado por Fabris et al. (2006) quando relatam que os metais essenciais são extremamente bem regulados na mesma espécie. Com relação à possibilidade de se utilizar algumas espécies como bioindicadores do ecossistema aquático, Pyle et al. (2005), analisando o efeito de metais provenientes das indústrias sobre peixes e relacionando-os ao meio ambiente, observaram que Cu e/ou Zn, neste caso específico por serem metais essenciais e estando interrelacionados ao metabolismo desses animais, não apresentam condições favoráveis para serem utilizados como biomonitores.

3.4.2.8 Ferro

As concentrações médias de Fe, nas amostras de músculo para a espécie *O.chrysurus* (guaiúba) variaram entre <0, 023 e 14,1 μg g^{-1} (Tabela 15). Nas amostragens de

agosto e outubro de 2004, os resultados para Fe foram menores que o LOQ (0,023 µg g^{-1}; Tabela 9). Não há regulamentação estabelecida para Fe em peixes pela ANVISA (Tabela 4).

3.4.2.9 Molibdênio

A faixa de concentração obtida para Mo nas amostras de músculo para a espécie O.chrysurus (guaiúba) variou de <0,103 a 0,58 µg g^{-1} (Tabela 15). Os resultados obtidos para Mo foram menores que o LOQ (0,103 µg g^{-1}; Tabela 9) do método, em seis amostragens (julho, agosto, setembro e outubro de 2004 e janeiro e fevereiro de 2005; Tabela 15).

3.4.2.10 Cálcio

As concentrações médias de Ca, nas amostras de músculo para a espécie *O.chrysurus* (guaiúba) variaram de 0,06 a 1,6 mg g^{-1} (Tabela 15). Na amostragem de junho de 2004, foram obtidas as maiores concentrações de Ca (1,6 µg g^{-1}; Tabela 15).

3.4.2.11 Magnésio

As concentrações médias de Mg, nas amostras de músculo para a espécie *O.chrysurus*, (guaiúba) variaram entre 1,00 mg g^{-1} e 1,27 mg g^{-1} (Tabela 15). Na amostragem de fevereiro de 2005, foram obtidas as maiores concentrações de Mg (1,27 µg g^{-1}; Tabela 15) para essa espécie.

3.4.2.12 Cádmio, manganês, níquel, chumbo e vanádio

Os resultados encontrados dos teores dos elementos Cd, Mn, Ni, Pb e V estão abaixo dos limites de quantificação (LOQ) do método empregado (0,004 µg g^{-1}; 0,001 µg g^{-1}; 0,023 µg g^{-1}; 0,01 µg g^{-1} e 0,003 µg g^{-1} respectivamente; Tabela 9). Segundo Mora et al. 2004, a concentração de Cd no tecido muscular dos peixes é geralmente baixa, sendo acumulado essencialmente em rim, fígado e brânquias (KALAY et al. 1999). Os elementos Pb e Cd não são essenciais. Para os processos de bioacumulação, mesmo em pequenas quantidades, apresentam propriedades tóxicas alterando os sistemas enzimáticos (CAMPBELL, 2000; EVANGELISTA, 2000; BERG et al. 2004; COZZOLINO, 2005).

3.5 ELEMENTOS INVESTIGADOS NAS ESPECIES DE PEIXES PROVENIENTES DA BTS

Duas espécies de peixes pelágicos foram amostradas na BTS, a tainha (*Mugil* spp.) da família dos Mugilidae, e a sardinha (*Opisthonema oglinum*) da família dos Clupeidae.

A tainha (*Mugil* spp.) é um peixe encontrado nas águas litorâneas, nas praias de areia e nos manguezais. Pode atingir mais de 1m de comprimento e cerca de 8 kg, sendo o tamanho médio de 40 cm. Alimenta-se principalmente de algas e detritos orgânicos encontrados no sedimento e na areia. Formas cardumes, que nadam perto da superfície e durante a migração reprodutiva entram nos estuários formando grandes cardumes (PACHECO, 2006).

O peixe sardinha (*O. oglinum*) ocorre em regiões pelágicas marinhas e estuarinas, até a profundidade de 5 m, alcançando comprimentos máximos de 10 a 15 cm. Habitam áreas que vai de Nova Inglaterra (EUA) até a Argentina. As espécies juvenis vivem agrupadas em grandes cardumes alimentando-se de plâncton, de pequenos peixes, camarões e siris.

De acordo com Pacheco (2006), os peixes mais encontrados na estação chuvosa são a sardinha e a tainha.

3.5.1 *Mugil* spp. (tainha)

Os elementos Li, Mn, Se, Sr, Al, Zn, Cr, Cu, Fe, Mo, Ca, Mg, Cd, Ni, Pb e V foram investigados em tecido muscular da espécie de peixe *Mugil* spp. (tainha; Figura 12), proveniente da BTS.

As médias das concentrações dos elementos químicos encontrados no tecido dos peixes investigados estão na Tabela 16.

Figura 12 - Espécie *Mugil* spp.(tainha)
Fonte: Andrade, 2008.

3.5.1.1 Lítio

As concentrações médias de Li nas amostras de músculo para a Mugil spp. (tainha), apresentaram uma variação na faixa de concentração de <0,0002 a 0,34 µg g^{-1} (Tabela 16). As amostras coletadas nos meses de agosto e setembro de 2004 ficaram abaixo do LOQ (0,0002 µg g^{-1}; Tabela 9). O teor máximo de Li (0,34 µg g^{-1}; Tabela 16) foi observado na amostragem do mês de junho de 2004. Não existe na legislação brasileira referência às concentrações máximas toleráveis para Li em pescados.

3.5.1.2 Manganês

As concentrações médias de Mn nas amostras de músculo de *Mugil* spp. (tainha) apresentaram uma variação na faixa de concentração de <0,001 a 0,6 µg g^{-1} (Tabela 16). Contudo, em sete amostragens (março, maio, junho, agosto, setembro, novembro e dezembro de 2004) os valores ficaram abaixo do LOQ (0,001 µg g^{-1}; Tabela 9). Não existe na legislação brasileira referência às concentrações máximas permitidas para Mn em pescados

Tabela 16 - Concentrações médias dos elementos encontrados na tainha, proveniente d a BTS em função do mês.

Mês/ano	Elementos											
	µg g^{-1}										mg g^{-1}	
	Li	**Mn**	**Se**	**Sr**	**Al**	**Zn**	**Cr**	**Cu**	**Fe**	**Mo**	**Ca**	**Mg**
Março/2004	0,02 (±0,00)	<0,001	0,5 (±0,1)	**1,3 (±0,2)**	**<0,013**	**<0,01**	**<0,003**	**<0,004**	**17,5 (±6,0)**	**<0,103**	**3,6 (±0,7)**	**-**
Abril/2004	0,01 (±0,00)	0,05 (±0,02)	0,6 (±0,2)	1,7 (±0,3)	25,0 (±6,4)	3,3 (±0,6)	0,3 (±0,1)	1,7 (±0,7)	22,8 (±3,0)	**<0,103**	0,7 (±0,1)	0,71 (±0,01)
Maio/2004	0,03 (±0,00)	<0,001	0,42 (±0,02)	1,9 (±0,1)	1,7 (±0,2)	2,7 (±1,1)	**0,3 (±0,1)**	3,4 (±1,5)	39,3 (±1,3)	**<0,103**	0,8 (±0,1)	**1,08 (±0,04)**
Junho/2004	**0,34 (±0,01)**	**<0,001**	0,14 (±0,01)	2,9 (±0,2)	**38,2 (±0,4)**	3,5 (±1,4)	<0,003	6,3 (±0,2)	39,5 (±19,1)	**<0,103**	0,6 (±0,1)	0,86 (±0,03)
Agosto/2004	**<0,0002**	**<0,001**	0,21 (±0,02)	9,5 (±0,9)	15,17 (±0,95)	6,7 (±2,0)	<0,003	3,4 (±1,4)	27,6 (±3,1)	**0,45 (±0,01)**	0,8 (±0,1)	1,04 (±0,03)
Setembro/2004	**<0,0002**	**<0,001**	<0,014	6,3 (±2,7)	**<0,013**	**8,6 (±1,0)**	<0,003	9,2 (±1,7)	21,2 (±1,7)	0,42 (±0,05)	**0,6 (±0,1)**	0,70 (±0,08)
Novembro/2004	0,02 (±0,00)	**<0,001**	0,65 (±0,03)	1,9 (±0,1)	7,2 (±0,4)	**<0,01**	<0,003	20,2 (±1,0)	26,9 (±3,3)	**<0,103**	**0,6 (±0,1)**	**1,00 (±0,04)**
Dezembro/2004	0,03 (±0,01)	**<0,001**	0,6 (±0,2)	**9,6 (±1,4)**	13,04 (±0,96)	**<0,01**	<0,003	3,2 (±1,4)	18,9 (±2,9)	**<0,103**	0,9 (±0,2)	1,06 (±0,01)
Janeiro/2005	0,03 (±0,00)	**0,6 (±0,2)**	**0,81 (±0,04)**	8,3 (±0,2)	35,6 (±4,2)	**<0,01**	<0,003	**159,5 (±4,4)**	**60,0 (±3,4)**	**<0,103**	1,2 (±0,1)	1,01 (±0,03)
Fevereiro/2005	0,02 (±0,00)	0,33 (±0,02)	0,46 (±0,02)	5,4 (±1,3)	15,7 (±1,2)	**<0,01**	<0,003	<0,004	30,0 (±4,0)	**<0,103**	1,0 (±0,2)	1,02 (±0,02)

Nota: (±Desvio padrão).
negrito: teor máximo e mínimo obtido.
Cd, Ni,Pb, V < LOQ do método para todas as amostras analisadas.
Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Uysal et al. (2008) observararam em *M.cephalus* teor mais baixo de Mn (0,16 mg Kg^{-1}, peso úmido) que o determinado em *Mugil* spp. (0,6 µg g^{-1}; Tabela 16) na amostragem de janeiro de 2005.

3.5.1.3 Selênio

As concentrações médias de Se, nas amostras de músculo de *Mugil* spp. (tainha), apresentaram uma variação na faixa de concentração de <0,014 a 0,8 µg g^{-1} (Tabela 16). Na amostragem de setembro de 2004, os valores encontrados para esse elemento ficaram abaixo do LOQ do método (0,014 µg g^{-1}, Tabela 9), e a maior concentração, 0,8 µg g-1, foi observada na amostragem de janeiro de 2005 (Tabela 16). Os resultados em três amostragens (junho, agosto e setembro de 2004) ficaram abaixo do LMT (0,30 µg g^{-1}; Tabela 4).

Talas et al. (2008) estudaram o efeito de Se, Cd^{2+} e de Cr^{3+} em organismos marinhos e os resultados evidenciaram defesa do organismo à altas taxas de Cd^{2+} e Cr^{3+} na presença de Se, devido aos efeitos antioxidantes deste último. Atualmente, observa-se um aumento no número de investigações sobre a ação do Se nas vias metabólicas dos seres vivos (Reash et al. 2006).

3.5.1.4 Estrôncio

Nas amostras de músculo para a *Mugil* spp. (tainha), as concentrações médias de Sr, apresentaram uma variação na faixa de concentração entre 1,3 e 9,6 µg g^{-1} (Tabela 16). Na legislação brasileira, não existe referência às concentrações máximas permitidas para Sr em pescados.

3.5.1.5 Alumínio

Nas amostras de músculo para a *Mugil* spp. (tainha), as concentrações médias de Al apresentaram uma variação na faixa de concentração de <0,013 a 38,2 µg g^{-1} (Tabela 16). As amostras coletadas nos meses de março e setembro de 2004 ficaram abaixo do LOQ (0,013 µg g^{-1}, Tabela 9). Na legislação brasileira não existe referência às concentrações máximas permitidas para Al em pescados.

3.5.1.6 Zinco

Nas amostras de músculo de *Mugil* spp. (tainha), as concentrações médias de Zn, apresentaram uma variação na faixa de concentração de <0,01 a 8,6 µg g^{-1} (Tabela 16). As amostras coletadas em março, novembro e dezembro de 2004 assim como em janeiro e fevereiro de 2005, ficaram abaixo do LOQ (0,01 µg g^{-1}, Tabela 9). Todos os resultados ficaram abaixo do LMT (50,0 µg g^{-1}, Tabela 4).

A literatura traz diversos trabalhos de avaliação de Zn em músculo de peixes. Uysal et al. (2008) determinaram em *M.cephalus* teor mais baixo de Zn (5,52 mg Kg^{-1}, peso úmido) que o determinado em *Mugil* spp. (8,6 µg g^{-1}; Tabela 16), neste trabalho, na amostragem de setembro de 2004. Canli e Atli (2003) determinaram em suas pesquisas, na espécie *M.cephalus*, concentrações médias de 37,39 µg g^{-1}, Viana et al. (2005) observaram concentrações médias de Zn em torno de 21,0 µg g^{-1}, na espécie *M. platanus* resultados superiores ao encontrado neste trabalho (8,6 µg g^{-1}; Tabela 16).

3.5.1.7 Cromo

As concentrações médias de Cr, nas amostras de músculo de *Mugil* spp. (tainha), apresentaram uma variação na faixa de concentração de <0,003 a 0,3 µg g^{-1} (Tabela 16). As concentrações médias de Cr ficaram abaixo do LOQ (0,003 µg g^{-1}, Tabela 9) em oito

amostragens (março, junho, agosto, setembro, novembro e dezembro de 2004 e janeiro, fevereiro de 2005; Tabela 16). No entanto, dois resultados (abril e maio de 2004; Tabela 18) ficaram acima do LMT (0,1 µg g^{-1}, Tabela 4).

Kalay et al. (1999) determinaram o teor de Cr em músculo de algumas espécies de peixes (*M. cephalus, M. barbatus* e *C. crysos*). Eles observaram concentrações médias desse elemento de 1,29 mg g^{-1}, 1,52 mg g^{-1} e 1,55 mg g^{-1}, reportando, portanto, níveis maiores que os encontrados no presente estudo. Canli e Atli (2003) determinaram concentrações de Cr em *M. cephalus* em torno de 1,56 µg g^{-1} resultado também foram mais alto do que os obtidos no presente trabalho que, para a maioria das amostras, ficaram abaixo do LOQ (Tabela 16). Uysal et al. (2008) determinaram em *M.cephalus* teor mais baixo de Cr (0,57 mg Kg^{-1}, peso úmido) que o determinado em *Mugil* spp. (0,3 µg g^{-1}; Tabela 16) nas amostragens de abril e maio de 2004 neste trabalho.

3.5.1.8 Cobre

As concentrações médias de Cu, nas amostras de músculo de *Mugil* spp. (tainha) apresentaram uma variação na faixa de concentração de <0,004 a 159,5 µg g^{-1} (Tabela 16). As concentrações médias de cobre ficaram abaixo do LOQ (0,004 µg g^{-1}, Tabela 9), para duas amostragens (março de 2004 e fevereiro de 2005). Com exceção da amostragem de janeiro de 2005 (Tabela 16), todos os outros resultados ficaram abaixo do LMT (30,0 µg g^{-1}, Tabela 4).

Cobre é usado em muitos fungicidas e pigmentos. Assim, é possível que o enriquecimento desse elemento nas amostras do mês de janeiro de 2005 tenha como fonte de origem um desses incrementos. A elevada concentração de Cu no ecossistema pode eliminar espécies aquáticas sensíveis, como as dáfnias e lesmas que, são fontes de alimento para os peixes (GROBLER, 1999), ou mesmo uma baixa mortalidade de peixe como foi observado por Çogun et al. (2006), quando o nível de Cu alcançou 200 a 1000 µg g^{-1}.

Vários autores têm avaliado cobre em amostras de músculo de peixe. Canli e Atli (2003), determinaram concentrações médias de Cu em *M. cephalus*, 4,41 µg g^{-1}. Kalay et al. (1999) investigando Cu em espécies de peixes *M. cephalus, M. barbatus* e *C. cryso*, encontraram concentrações médias de 4,48 mg g^{-1}, 3,67 mg g^{-1} e 4,1 mg g^{-1} superiores àqueles encontrados no presente estudo (Tabela 16).

3.5.1.9 Ferro

As concentrações médias de Fe, nas amostras de músculo para a *Mugil* spp. (tainha) apresentaram uma variação na faixa de concentração entre 17,5 e 60,0 µg g^{-1} (Tabela 16). Não existe, na legislação brasileira, referência às concentrações máximas permitidas para Fe em pescados.

Canli e Atli (2003) reportaram valores de 38,71 µg g^{-1}, em *M. cephalus*, próximos aos determinados nas amostragens de maio e junho de 2004 (39,2 µg g^{-1}; Tabela 16). Uysal et al. (2008) determinaram em *M.cephalus* teor mais baixo de Fe (3,96 mg Kg^{-1}, peso úmido) que o determinado em *Mugil* spp. em todas as amostragens neste trabalho (Tabela 16).

O ferro é encontrado no fundo do oceano como nódulo de ferro (Fe_2O_3), termodinamicamente favorecido sob condições alcalinas e na presença de oxigênio, características desse ecossistema (LIBES, 1992). Por outro lado, durante a digestão, o alimento libera os íons férricos (Fe^{3+}) devido ao ambiente acidificado (pH = 2,0) do estômago (POWELL et al. 1999). Assim, este elemento pode ficar no muco intestinal mantendo a solubilidade do metal (WHITEHEAD et al. 1996). Por estarem insolúveis no ambiente aquático, levam a crer que é na dieta que os peixes encontram as exigências diárias de Fe e não através das brânquias (WATANABE et al. 1997).

3.5.1.10 Molibdênio

Nas amostras de músculo de *Mugil* spp. (tainha), as concentrações médias de Mo, apresentaram uma variação na faixa de concentração entre < 0,103 a 0,45 µg g^{-1} (Tabela 16). As amostras coletadas nos meses de agosto e setembro de 2004 ficaram acima do LOQ (0,103 µg g^{-1}, Tabela 9). Na legislação brasileira, não existe referência às concentrações máximas permitidas para Mo em pescados.

3.5.1.11 Cálcio

As amostras de tecido de músculo da tainha, proveniente da BTS, apresentaram uma variação na faixa de concentração para o Ca entre 0,6 e 3,6 mg g^{-1} (Tabela 16). Na legislação brasileira não existe referência às concentrações máximas permitidas para Ca em pescados.

3.5.1.12 Magnésio

As amostras de tecido de músculo da tainha proveniente da BTS, investigadas neste trabalho, apresentaram uma variação na faixa de concentração para o Mg de 1,00 a 1,08 mg g^{-1} (Tabela 16). Não existe, na legislação brasileira, referência às concentrações máximas permitidas para Mg em pescados

Uysal et al. (2008), encontraram em *M.cephalus*, teor mais baixo de Mg (295,7 mg Kg^{-1}, peso úmido), que o determinado em *Mugil* spp. em todas as amostragens deste trabalho (Tabela 16).

3.5.1.13 Cádmio, níquel, chumbo e vanádio

Os teores dos elementos Cd, Ni, Pb e V estão abaixo do LOQ (Tabela 9) do método empregado (0,004 µg g^{-1}; 0,023 µg g^{-1}; 0,01 µg g^{-1} e 0,003 µg g^{-1}, respectivamente).

Na literatura, diversos trabalhos têm avaliado esses elementos. Canli e Atli (2003) determinaram em *M. cephalus*, teores de 0,66 µg g^{-1} para o Cd e 5,32 µg g^{-1} para o Pb.

3.5.2 *O. oglinum* (sardinha laje)

Os elementos químicos investigados em tecido muscular da espécie O. oglinum (sardinha laje, Figura 13) obtida na BTS, foram Li, Mn, Se, Sr, Al, Zn, Cr, Cu, Fe, Mo, Ca, Mg, Cd, Ni, Pb e V.

As médias das concentrações dos elementos químicos encontrados no tecido dos peixes investigados estão na Tabela 17.

Figura 13 - Espécie *Opisthonema oglinum* (sardinha-laje).
Fonte: Andrade, 2008.

3.5.2.1 Lítio

As concentrações médias de Li nas amostras de músculo da espécie *O. oglinum* (sardinha laje) apresentaram uma variação na faixa de concentração de <0,0002 a 0,06 µg g^{-1} (Tabela 17). Em sete amostragens (junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro de 2004 e fevereiro de 2005), as concentrações médias de Li ficaram abaixo do LOQ (0,0002 µg g^{-1}, Tabela 9). Não existe, na legislação brasileira, referência relacionada às concentrações máximas permitidas para Li em pescados.

Prudente et al. (1997) observaram concentrações de Li em espécies de *S. leiogaster* (sardinha) e *S. punctatus* (sardinha) de 1730 e 1630 ng g^{-1}, respectivamente, superiores aos determinados no presente estudo em *O. oglinum* (Tabela 17).

Tabela 17 - Concentrações médias dos elementos encontrados na sardinha laje, proveniente da BTS, em função do mês.

Mês/ano	Elementos											
	µg g^{-1}										mg g^{-1}	
	Li	**Mn**	**Se**	**Sr**	**Al**	**Zn**	**Cr**	**Cu**	**Fe**	**Mo**	**Ca**	**Mg**
Março/2004	0,05 (±0,01)	1,1 (±0,1)	1,6 (±0,4)	5,3 (±0,8)	6,3 (±0,9)	9,1 (±1,5)	0,7 (±0,2)	**23,7 (±0,6)**	29,0 (±0,6)	**<0,103**	**-**	**-**
Abril/2004	0,03 (±0,01)	**1,8 (±0,3)**	1,3 (±0,3)	**6,3 (±0,1)**	**19,9 (±8,5)**	1,8 (±0,3)	0,3 (±0,1)	**<0,004**	19,3 (±4,5)	**<0,103**	**4,1 (±0,0)**	1,7 (±0,1)
Maio/2004	0,05 (±0,01)	0,77 (±0,01)	1,6 (±0,7)	4,9 (±0,3)	14,3 (±3,2)	11,7 (±2,2)	0,3 (±0,1)	16,1 (±6,2)	35,0 (±0,5)	**<0,103**	2,5 (±0,2)	1,20 (±0,03)
Junho/2004	**<0,0002**	1,7 (±0,4)	1,4 (±0,1)	6,3 (±0,8)	9,0 (±1,0)	7,8 (±0,3)	<0,003	16,9 (±1,8)	13,2 (±1,5)	**0,60 (±0,04)**	3,8 (±0,5)	1,28 (±0,04)
Julho/2004	**<0,0002**	0,8 (±0,3)	1,2 (±0,7)	5,8 (±0,7)	14,4 (±3,7)	18,0 (±1,2)	0,04 (±0,01)	18,4 (±2,8)	27,3 (±4,1)	0,43 (±0,04)	3,1 (±0,5)	1,54 (±0,04)
Agosto/2004	**<0,0002**	0,6 (±0,4)	**2,2 (±0,1)**	5,5 (±0,4)	**<0,013**	19,9 (±5,9)	0,5 (±0,1)	0,4 (±0,1)	43,8 (±6,6)	0,58 (±0,01)	3,3 (±0,3)	1,25 (±0,05)
Setembro/2004	**<0,0002**	0,80 (±0,02)	1,9 (±0,2)	4,7 (±1,3)	2,7 (±0,1)	12,3 (±1,6)	**<0,003**	2,3 (±0,1)	20,2 (±1,8)	0,46 (±0,06)	3,0 (±0,6)	1,33 (±0,01)
Outubro/2004	**<0,0002**	0,7 (±0,2)	2,0 (±0,1)	5,6 (±0,9)	3,1 (±3,4)	**20,9 (±8,0)**	**<0,003**	<0,004	20,4 (±1,5)	0,48 (±0,01)	3,6 (±0,2)	1,05 (±0,02)
Novembro/2004	**<0,0002**	**<0,001**	**1,1 (±0,2)**	**1,9 (±0,3)**	13,1 (±3,6)	14,6 (±0,2)	**2,7 (±0,4)**	<0,004	40,0 (±17,4)	**<0,103**	**1,2 (±0,2)**	**1,0 (±0,1)**
Dezembro/2004	**0,06 (±0,01)**	1,5 (±0,4)	2,1 (±0,2)	6,1 (±0,8)	7,3 (±2,5)	14,6 (±0,9)	0,15 (±0,02)	16,8 (±4,6)	**52,6 (±10,5)**	**<0,103**	3,1 (±0,4)	**1,83 (±0,06)**
Janeiro/2005	0,04 (±0,01)	0,8 (±0,2)	1,6 (±0,3)	4,5 (±0,4)	6,7 (±2,4)	**<0,01**	<0,003	0,4 (±0,2)	**9,3 (±0,5)**	**<0,103**	2,6 (±0,2)	1,47 (±0,01)
Fevereiro/2005	<0,0002	0,9 (±0,2)	1,7 (±0,8)	6,0 (±1,0)	3,2 (±0,4)	20,4 (±2,2)	<0,003	3,4 (±1,4)	22,8 (±3,0)	0,4 (±0,1)	3,4 (±0,6)	1,2 (±0,1)

Nota: (±Desvio padrão).
negrito: teor máximo e mínimo obtido.
Cd, Ni,Pb, V < LOQ do método para todas as amostras analisadas.
Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

3.5.2.2 Manganês

As concentrações médias de Mn, nas amostras de músculo, para a espécie *O. oglinum* (sardinha laje), apresentaram uma variação na faixa de concentração de <0,001 a 1,8 µg g^{-1} (Tabela 17). Nas amostras coletadas no mês de novembro de 2004, os resultados foram abaixo do LOQ (0,001 µg g^{-1}; Tabela 9). O Mn não possui LMT em pescados, regulamentado pela legislação brasileira.

Concentrações de Mn em músculo de peixe mais elevadas que as determinadas na sardinha laje deste trabalho foram relatados por Abou-Arab et al. (1996) em sardinha (0,289 ppm); por Prudente et al. (1997) em espécies de *S. leiogaster* (26,6 µg g^{-1}) e *S. punctatus* (24,4 µg g^{-1}); por Tarley et al. (2001), analisando espécies de *S. brasiliensis* (1,69 a 17,55 µg g^{-1}, peso úmido), e por Ikem e Egiebor (2005) em sardinha (0,19 a 2,55 mg Kg^{-1}, peso úmido).

De acordo com Sivaperumal et al. (2007), o excesso de Mn afeta o sistema nervoso central. A falta causa deficiência óssea e anormalidades na reprodução, podendo alterar o sistema nervoso.

3.5.2.3 Selênio

As concentrações médias de Se nas amostras de músculo da espécie *O. oglinum* (sardinha laje) apresentaram uma variação na faixa de concentração de 1,1 a 2,2 µg g^{-1} (Tabela 17). Os resultados encontrados ficaram acima do LMT (0,30 µg g^{-1}; Tabela 4).

Selênio é um dos elementos traços essenciais na dieta, porém em concentrações acima da requerida é, provavelmente, tóxico em todas as formas de exposição, pois produz efeitos prejudiciais na reprodução, além de danificar o fígado e os rins. (CAMPBELL, 2000; EVANGELISTA, 2000).

3.5.2.4 Estrôncio

As concentrações médias de Sr nas amostras de músculo da espécie *O. oglinum* (sardinha laje) apresentaram uma faixa de concentração de 1,9 e 6,3 µg g^{-1} (Tabela 17). O Sr não possui LMT em pescados, regulamentado pela legislação brasileira.

O Sr pode ser absorvido e armazenado em osso, tem propriedades químicas e biológicas similares ao do Ca. Vários sais de Sr, (como cloreto e iodeto), são usados terapeuticamente, porém o ^{89}Sr é um perigo para animais vertebrados. Em baixas doses, causa câncer ósseo, embora varie com a sensibilidade. Prudente et al. (1997) determinaram concentrações de Sr em espécies de *S. leiogaster* (47,5 µg g^{-1}) e *S. punctatus* (42,7 µg g^{-1}) e encontraram valores maiores que os determinados em sardinha laje neste trabalho.

3.5.2.5 Alumínio

As concentrações de Al nas amostras de músculo da espécie *O. oglinum* (sardinha laje) apresentaram uma faixa de concentração de <0,013 e 19,9 µg g^{-1} (Tabela 17). Apenas em uma das amostragens, em agosto de 2004, ficou abaixo do LOQ (0,013 µg g^{-1}, Tabela 9). O Al não possui LMT em pescados, regulamentado pela legislação brasileira e não há, confirmação da essencialidade desse elemento no metabolismo de animais e/ou seres humanos (COZZOLINO, 2005)

Raramente seres humanos são intoxicados por Al, exceto quando está submetido a pH ácido. O Al é imediatamente solúvel em água de baixo pH. Assim, em corpos de água altamente ácidas pode se tornar um dos principais perigos ambientais. Desse modo, não só envenena peixes e outros componentes da biota aquática, mas pode ameaçar, os humanos ao contaminar lençóis freáticos do abastecimento de água. O Al pode danificar a pele, olhos e membranas mucosas da área respiratória superior (LEWIS, 2002).

3.5.2.6 Zinco

As concentrações médias de Zn nas amostras de músculo da espécie *O. oglinum* (sardinha laje) apresentaram uma variação na faixa de concentração de < 0,01 a 20,9 µg g^{-1} (Tabela 17). Todos os resultados ficaram abaixo do LMT (50,0 µg g^{-1}, Tabela 4).

Prudente et al. (1997), ao analisarem *S. leiogaster* (94,2 µg g^{-1}) e *S. punctatus* (113 µg g^{-1}), determinaram maiores teores de Zn que os obtidos neste trabalho para as amostras de sardinha laje, assim como Canli et al. (2001), quando observaram o teor de Zn em *S. pilchardus* na faixa de 24,0 a 42,4 µg g^{-1}. O teor de 34,58 µg g^{-1} de Zn em músculo de *S. pilchardus*, provenientes do Mar Mediterrâneo, foi determinado por Canli e Atli (2003), sendo maior que o encontrado (20,9 µg g^{-1}) em outubro de 2004, neste trabalho, para a sardinha laje.

3.5.2.7 Cromo

As concentrações médias de Cr, nas amostras de músculo da espécie *O. oglinum* (sardinha laje), apresentaram uma variação na concentração de <0,003 a 2,7 µg g^{-1} (Tabela 17). No entanto, as concentrações médias de Cr, em cinco amostragens (junho, setembro e outubro de 2004, janeiro e fevereiro de 2005), foram abaixo do LOQ (0,003 µg g^{-1}, Tabela 9).

Os resultados encontrados do elemento Cr estão acima do LMT (0,1 µg g^{-1}, Tabela 4), em seis amostragens (março, abril, maio, agosto, novembro e dezembro de 2004).

Em músculo de *S. pilchardus*, provenientes do Mar Mediterrâneo, Canli e Atli (2003) determinaram Cr em menores teores (2,22 µg g^{-1} de Cr) que o encontrado para *O. oglinum* (Sardinha laje, Tabela 17).

Cromo, na sua forma de oxidação Cr^{3+}, é essencial para glicose e metabolismo de lipídio em mamíferos. Embora casos de deficiência de Cr sejam desconhecidos, experimentalmente sua carência tem produzido o sintoma de diabete mellitus. Entretanto, Cr e a maioria de seus compostos, especialmente aqueles com cromo hexavalente (cromatos), são nefrotóxicos e carcinogênicos para seres humanos e animais.

O cromo é tóxico para animais vertebrados, para alguns invertebrados marinhos, para plantas e bioacumula em peixes. É um constituinte da porfirina de combustíveis fósseis. O seu enriquecimento na amostra de sardinha laje, pode ser observado na amostragem de novembro de 2004 e nos meses de março, abril, maio, agosto (estação chuvosa).

3.5.2.8 Cobre

As concentrações médias de Cu nas amostras de músculo da espécie *O. oglinum* (sardinha laje) apresentaram uma variação na faixa de concentração de <0,004 a 23,7 $\mu g\ g^{-1}$ (Tabela 17). No entanto, as concentrações médias de Cu, nas amostragens de abril, outubro e novembro de 2004 ficaram abaixo do LOQ (0,004 $\mu g\ g^{-1}$, Tabela 9). Todos os resultados ficaram abaixo do LMT (30,0 $\mu g\ g^{-1}$, Tabela 4).

Canli e Atli (2003) determinaram em *S. pilchardus* (sardinha) concentrações de Cu (4,17 $\mu g\ g^{-1}$) menores que as determinadas em cinco amostragens da sardinha laje (março, maio, junho, julho e dezembro de 2004) do presente estudo.

3.5.2.9 Ferro

As concentrações médias de Fe, nas amostras de músculo da espécie *O. oglinum* (sardinha laje), apresentaram uma variação na faixa de concentração de 9,3 a 52,6 $\mu g\ g^{-1}$ (Tabela 17). O Fe não possui LMT, em pescados, regulamentado pela legislação brasileira.

Canli et al. (2001) determinaram maiores teores de Fe em *S. pilchardus* (80,0 a 126,4 $\mu g\ g^{-1}$), que os obtidos neste trabalho. Com relação ao Fe (39,6 $\mu g\ g^{-1}$), detectados em *S. pilchardus* por Canli e Atli (2003), estas foram inferiores em três amostragens (agosto, novembro e dezembro de 2004) do presente trabalho (Tabela 17).

3.5.2.10 Molibdênio

As concentrações médias de Mo, nas amostras de músculo da espécie *O. oglinum* (sardinha laje) apresentaram uma variação na faixa de concentração de <0,103 a 0,60 μg g^{-1} (Tabela 17). No entanto, para seis amostragens (março, abril, maio, novembro e dezembro de 2004 e janeiro de 2005), os resultados foram abaixo do LOQ (0,103 μg g^{-1}, Tabela 9). O Mo não possui LMT em pescados, regulamentado pela legislação brasileira.

3.5.2.11 Cálcio

As concentrações médias de Ca nas amostras de músculo da espécie *O. oglinum* (sardinha laje) apresentaram uma variação na faixa de concentração de 1,2 e 4,1 mg g^{-1} (Tabela 17). O Ca não possui LMT em pescados, regulamentado pela legislação brasileira.

Em 100 g de sardinhas sem pele, foi relatado a concentração de 84 mg de cálcio (Hands, 2000 apud COZZOLINO, 2005, p.437) e segundo Franco, 1987 uma posta de filé de peixe fornece 50 a 60 μg de cálcio. Os resultados de Ca determinados por Chandrashekar e Deosthale (1993) foram menores que aqueles encontrados na sardinha laje da BTS.

3.5.2.12 Magnésio

As concentrações médias de Mg, nas amostras de músculo da espécie *O. oglinum* (sardinha laje) apresentaram uma variação na faixa de concentração de 1,0 a 1,83 mg g^{-1} (Tabela 17). O Mg não possui LMT em pescados, regulamentado pela legislação brasileira.

Em 100 g de peixe cozido podemos encontrar 30 a 40 mg de magnésio (Hands, 2000 apud COZZOLINO, 2005, p.463). Os resultados de Mg determinados por Chandrashekar e Deosthale (1993) foram menores que os valores encontrados na sardinha laje da BTS.

3.5.2.13 Cádmio, níquel, chumbo e vanádio

Os teores dos elementos Cd, Ni, Pb e V, investigados na espécie *O. oglinum* (sardinha laje), ficaram abaixo dos limites de quantificação (LOQ, Tabela 9), do método e (0,004 μg g^{-1}; 0,023 μg g^{-1}; 0,01 μg g^{-1} e 0,003 μg g^{-1} respectivamente). Abou-Arab et al. (1996) observaram Pb, Cr, Cd, Zn, Mn, Cu e Fe em músculo de sardinha laje e indicaram Pb como principal contaminante, atribuindo o fato a índices de poluição na área de estudo.

O aumento e/ou a diminuição da concentração dos elementos químicos em uma amostra de peixe, pode ser influenciado por diferentes fatores, dependendo, inclusive, do tecido que está sendo avaliado (Walsh et al. 1991). Toledo et al. 1983, estudando organismos marinhos na BTS, detectaram Cd em 90% das amostras avaliadas (< 0,12 μg g-1), alcançando um valor máximo de 0,30 μg g^{-1}, inferior ao LMT (1,0 μg g^{-1}; Tabela 4).

Segundo Powell et al. (2007), a absorção dos elementos pelos peixes depende da especiação do elemento químico. A absorção pelos peixes, assim como a eliminação, ainda não está completamente elucidada. As brânquias são indicadas como órgãos altamente importantes por filtrarem as partículas solúveis na água e incorporá-las ao muco para, possivelmente, serem absorvidas em processos bioquímicos posteriores.

A literatura tem reportado que os órgãos dos peixes tendem a acumular uma maior concentração de nutrientes e metais contaminantes que os tecidos musculares (KALAY et al. 1999; AL-YOUSUF et al. 2000; FARKAS et al. 2002, 2003; DE SOUZA LIMA et al. 2002; MANSOUR E SIDKY, 2002; TOPCUOGLU et al. 2002; LICATA et al. 2003, 2005; HENRY et al. 2004; PAPAGIANNIS et al. 2004; SEKHAR et al. 2004; USERO et al. 2004). Rins e fígados são preferencialmente investigados, devido à sua característica quanto à formação de metalotioneínas ou de metaloenzimas (HOGSTRAND e HAUX, 1990; CHAN, 1995; DE CONTO CINIER et al. 1997; HAMZA-CHAFFA et al. 1997; DE CONTO CINIER et al. 1998; KALAY et al. 1999; ROMEO et al. 1999; DE SOUZA LIMA et al. 2002).

Na maioria das pesquisas, o músculo do peixe, apesar de ser o tecido mais importante na nossa dieta, não é o mais freqüentemente investigado. Poucos são os trabalhos desenvolvidos, como o de Sharif et al. (1991), que analisa músculos de peixes marinhos, avaliando vários elementos químicos.

3.6 SÍNTESE DA PARTE II - PEIXES PROVENIENTES DA BAÍA DE TODOS OS SANTOS (BTS) E DE PORTO SEGURO, COLETADOS EM DOZE AMOSTRAGENS

Os elementos Se, Sr, Al, Zn, Cr, Cu, Fe, Mo, Ca, Mg, Cd, Li, Mn, Ni, Pb e V foram investigados nas espécies *L. synagris* (ariacó) e *O. chrysurus* (guaiúba), procedentes da região marinha da cidade de Porto Seguro, e nas espécies *Mugil* spp (tainha) e *O. oglinum* (sardinha laje), procedentes da BTS.

A amostras de guaiúba apresentaram o maior teor de umidade e de cinzas e o menor teor proteico e lipídico.

Nas amostras de ariacó, foi possível quantificar os elementos Se, Sr, Al, Zn, Cr, Cu, Fe, Mo, Ca e Mg enquanto as concentrações dos elementos Cd, Li, Ni, Mn, Pb e V ficaram abaixo do LOQ do método.

Nas amostras da guaiúba foi possível quantificar os elementos Li, Se, Sr, Al, Zn, Cr, Cu, Fe, Mo, Ca e Mg enquanto as concentrações dos elementos Cd, Ni, Mn, Pb e V ficaram abaixo do LOQ do método.

Os teores de Zn e Ni encontrados em todas as espécies ficaram abaixo do LMT (50,0 mg Kg^{-1}; 5,0 mg Kg^{-1}, respectivamente).

Os teores de Cu encontrados em todas as espécies ficaram abaixo do LMT/ANVISA (30,0 mg Kg^{-1}), exceto na amostragem da guaiuba em julho de 2004 e na amostragem do ariacó em agosto de 2004.

De acordo com esses resultados, há indicação de enriquecimento de Cu no período de julho a agosto de 2004 nessa área de Porto Seguro.

Das duas espécies investigadas na região marinha da cidade de Porto Seguro, a guaiúba foi a que apresentou as maiores concentrações dos elementos Li, Mo, Sr, Ca, Se e Cu. Por outro lado, o ariacó apresentou os teores dos elementos Zn, Fe, Mg e Cr mais elevados. Para o ariacó, concentrações do Cr nas amostragens de agosto, outubro, dezembro de 2004 e janeiro de 2005, ficaram acima do LMT/ANVISA, enquanto, para o guaiúba somente ficou acima na amostragem de agosto de 2004.

Em todas as amostragens do ariacó, o Se ficou acima do LMT/ANVISA, assim como em todas as amostragens do guaiuba à exceção da amostragem de novembro de 2004, cujo valor encontrado foi abaixo do LMT.

Os resultados da composição centesimal indicam peixes com alto teor protéico e baixo teor lipídico sendo os teores de umidade e de cinzas similares para as espécies estudadas.

Os resultados das concentrações dos elementos químicos determinados nas espécies de peixes da região costeira de Porto Seguro, quando se compara aos LMT/ANVISA, sinalizam: 1) enriquecimento do Cu, Se e Cr; 2) os níveis dos elementos Ni e Zn estão abaixo dos LMT/ANVISA; 3) as concentrações de Cd, Ni, Pb, Mn e V no período amostrado, estão abaixo do LOQ do método empregado.

A sardinha laje foi a que apresentou o maior teor de cinzas e a tainha apresentou o maior teor de umidade e o maior teor lipídico. O teor protéico foi similar para as duas espécies.

Nas duas espécies, sardinha laje e tainha, foi possível quantificar os elementos Li, Se, Sr, Al, Mn, Zn, Cr, Cu, Fe, Mo, Ca e Mg, enquanto as concentrações dos elementos Cd, Ni, Pb e V ficaram abaixo do LOQ do método.

A tainha apresentou maiores concentrações dos elementos Li, Cu, Fe, Al e Sr. Enquanto os maiores teores dos elementos Mn, Se, Zn, Cr, Mo, Ca, e Mg foram observados na sardinha laje.

Os teores de Zn, Cu e Ni, encontrados em todas as espécies, ficaram abaixo do LMT/ANVISA (50,0 mg Kg^{-1}; 30 mg Kg^{-1} ; 5,0 mg Kg^{-1}, respectivamente).

Os teores de Se ficaram acima do LMT/ANVISA (0,30 mg Kg^{-1}), sendo que apenas a amostragem da tainha de setembro de 2004 apresentou teores abaixo do LOQ (0,014 $\mu g\ g^{-1}$) do método.

Os teores de Cr, encontrados em 50% das amostragens da sardinha, ficaram acima do LMT/ANVISA (0,1 mg Kg^{-1}). Contudo, para a tainha, apenas as amostragens de abril e maio de 2004 ficaram acima do LMT/ANVISA.

Os resultados da composição centesimal indicam peixes com alto teor protéico e alto teor lipídico.

Os resultados das concentrações dos elementos químicos determinados nas espécies de peixes da BTS, quando se compara aos LMT/ANVISA, sinalizam: 1) enriquecimento do Se e Cr; 2) os níveis dos elementos Ni, Cu e Zn estão abaixo dos LMT/ANVISA; 3) as concentrações de Cd, Ni, Pb e V estão abaixo do LOQ do método empregado no período amostrado.

3.7 TRATAMENTO DOS RESULTADOS OBTIDOS

3.7.1 Validação do Método

A precisão e exatidão do método empregado foram verificadas pelas análises do material certificado de referência, Oyster Tissue (SRM-NBS-1566b) e COD muscle (CRM-BCR-422). Em média, os valores, das taxas de recuperação encontradas foram de 86% para o primeiro e de 85% para o último (Tabela 18). Ploetz et al. (2007) utilizaram o mesmo material de referência empregado no presente trabalho, Oyster Tissue (SRM-NBS-1566b), para validar a eficiência do método aplicado com a determinação dos metais por espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica (ETAAS) e encontraram porcentagens de recuperação semelhantes.

Tabela 18 - Resultados em µg g-1 em base seca, das análises realizadas nos materiais certificados de referência.

Elementos	Referência	Encontrado
Al*	197,2 ± 6,0	123,8 ± 2,5
Cd*	2,48 ± 0,08	2,29 ± 0,13
Cu*	71,6 ± 1,6	60,0 ±1,2
Fe*	205,8 ± 6,8	185,3 ±2,2
Mn*	18,5 ± 0,2	16,42 ± 0,05
Ni*	1,04 ± 0,09	0,94 ± 0,01
Pb**	0,085 ± 0,015	0,07 ± 0,02
Se*	2,06 ± 0,15	2,30± 0,09
V*	0,577 ± 0,023	0,34 ± 0,03
Zn**	19,6 ± 0,5	18,79 ± 0,93

Nota: * Oyster Tissue SRM-NBS-1566b
** COD muscle CRM-BCR-422
Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

3.7.2 Avaliação estatística dos resultados

Estão apresentados na Tabela 19, os valores obtidos para a média (erro padrão) da concentração dos elementos determinados em cada espécie estudada.

Observou-se que as médias de concentração para Li, Al, Cu e Fe no tecido muscular da tainha foram as maiores, quando comparadas com as outras espécies. Para os elementos quantificados em $\mu g\ g^{-1}$, os resultados para Fe foram maiores em todas as espécies (Tabela 19).

Não foi possível determinar as concentrações de Mn (LOQ <1 ng g^{-1}), Tabela 9, nas espécies ariacó e guaiúba e de Li na espécie ariacó (LOQ < 0,2 ng g^{-1}), Tabela 9. Para todas as espécies avaliadas na Tabela 19, o menor teor dos elementos químicos analisados foi de Li.

Tabela 19 - Concentrações, em média, dos elementos encontrados nas espécies ariacó, guaiúba, sardinha laje e tainha.

Amostra	Elementos											
	$\mu g\ g^{-1}$										$mg\ g^{-1}$	
	Li	**Mn**	**Se**	**Sr**	**Al**	**Zn**	**Cr**	**Cu**	**Fe**	**Mo**	**Ca**	**Mg**
Ariacó	<0,0002	<0,001	1,6 (±0,1)	2,2 (±0,3)	6,3 (±0,7)	5,3 (±1,5)	0,6 (±0,1)	4,9 (±2,0)	8,1 (±1,3)	0,08 (±0,02)	0,8 (±0,1)	1,14 (±0,02)
Guaiúba	0,02 (±0,01)	<0,001	1,8 (±0,2)	2,0 (±0,4)	7,9 (±1,7)	4,4 (±0,7)	0,12 (±0,05)	9,0 (±3,7)	9,2 (±2,5)	0,14 (±0,05)	0,6 (±0,1)	1,16 (±0,02)
Sardinha laje	0,02 (±0,00)	1,03 (±0,09)	1,7 (±0,1)	5,4 (±0,2)	8,1 (±1,1)	14,2 (±1,2)	0,4 (±0,2)	9,0 (±1,7)	28,0 (±2,4)	0,27 (±0,04)	3,1 (±0,1)	1,45 (±0,05)
Tainha	0,04 (±0,02)	0,12 (±0,04)	0,42 (±0,06)	5,0 (±0,7)	18,1 (±2,7)	3,5 (±0,7)	0,3 (±0,1)	27,5 (±11,5)	30,8 (±3,0)	0,08 (±0,03)	1,0 (±0,2)	1,01 (±0,03)

Nota: (±erro padrão).
Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Não foi possível a análise da tainha nos meses de julho e outubro de 2004 (Figura 14), por falta de disponibilidade do peixe para aquisição no Mercado Municipal Frutos do Mar de Salvador,Bahia. O maior valor encontrado, dentre todos os elementos químicos avaliados, foi para o Cu (159,5 $\mu g\ g^{-1}$), em janeiro de 2005, seguido, neste mesmo mês, do elemento Fe (60,0 $\mu g\ g^{-1}$). As maiores concentrações de Al (38,2 $\mu g\ g^{-1}$) e Li (0,34 $\mu g\ g^{-1}$) foram determinadas em junho de 2004. Os maiores teores de Zn (8,6 $\mu g\ g^{-1}$) e Sr (9,6 $\mu g\ g^{-1}$) foram encontrados em setembro e dezembro de 2004, respectivamente. Mo (0,45 $\mu g\ g^{-1}$) e Cr (0,3 $\mu g\ g^{-1}$) foram encontrados em menor concentração. Foram determinados os maiores teores de Mn (0,6 $\mu g\ g^{-1}$) e Se (0,8 $\mu g\ g^{-1}$) em janeiro de 2005.

Com relação às concentrações encontradas para os elementos determinados na sardinha laje (Figura 15), nota-se que o Fe e o Li apresentam uma maior concentração em dezembro de 2004. As concentrações obtidas para Zn foram maiores em outubro de 2004, voltando a ter um aumento significativo em fevereiro de 2005. As concentrações de Mo e Sr apresentaram-se sem variações durante o período em estudo e o Cr apresentou maior concentração em novembro de 2004. Nos meses de março, abril e agosto de 2004, os elementos Cu, Mn e Se tiveram um aumento significativo.

Nos resultados encontrados para ariacó (Figura 16), as maiores concentrações foram observadas para Cu e Zn, em agosto de 2004, e para Fe, em janeiro de 2005. O Se apresentou comportamento com pouca variação em todos os meses avaliados. Baixas concentrações, durante todo o período da pesquisa, foram observadas para Mo e Cr, sendo que, o teor de Cr foi mais significativo em agosto de 2004. Em janeiro de 2005, foram mais altas as concentrações de Sr e Al.

Não foram adquiridas amostras da espécie guaiúba (Figura 17) no Mercado Municipal Frutos do Mar de Salvador, nos meses de março, abril, maio e dezembro de 2004. Observando-se a dinâmica da concentração, verificou-se que os elementos que aparentemente não apresentaram variações no decorrer dos meses foram o Mo, Cr e Li. Os demais elementos possuem variabilidade, sendo que, maiores médias foram apresentadas em junho de 2004, para o Sr e Zn; em julho de 2004, para os elementos Cu e Fe; em janeiro de 2005, para o Se e, em fevereiro de 2005, para o Al. O menor teor de Se foi determinado em julho de 2004

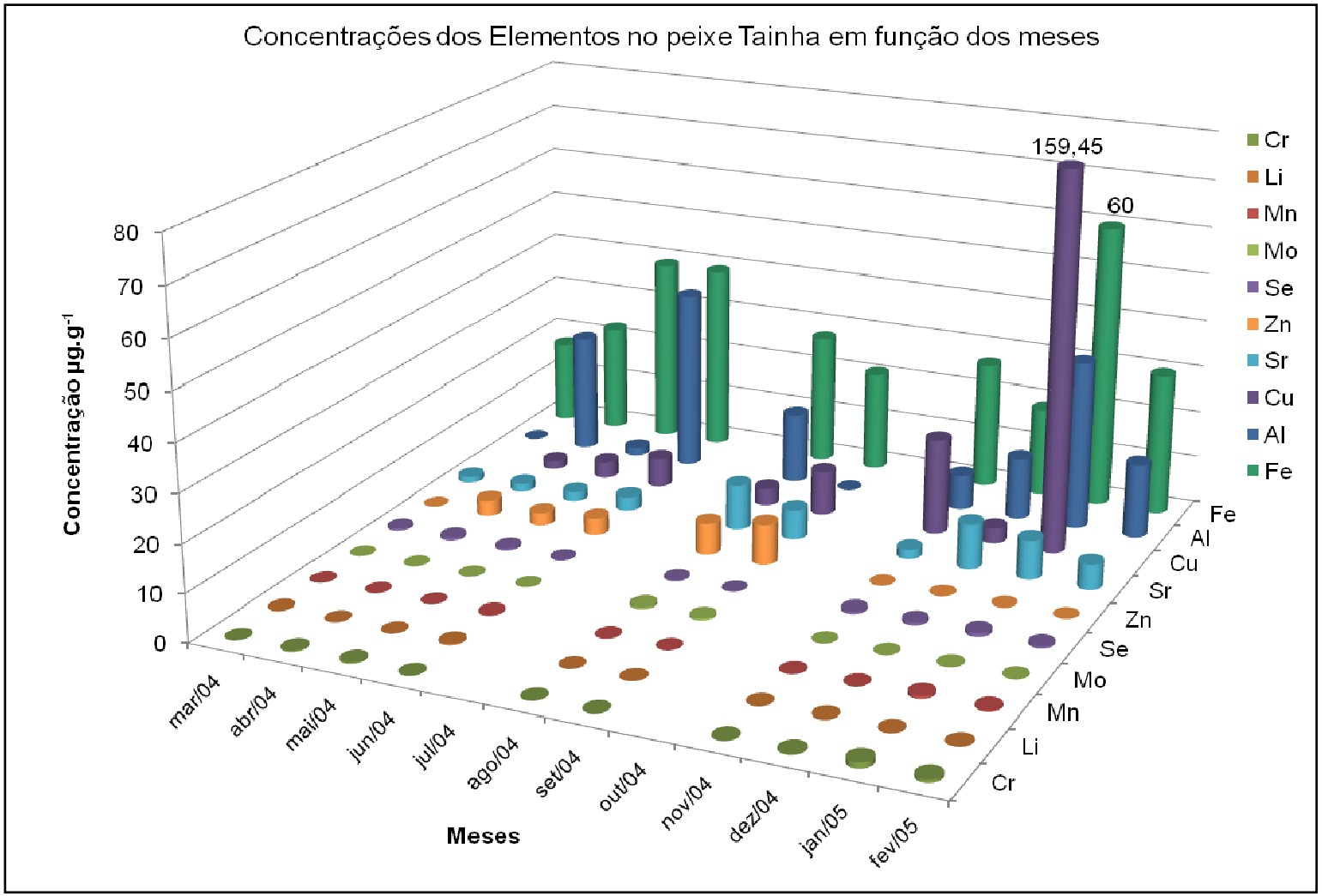

Figura 14 - Concentração dos elementos no peixe tainha (*Mugil* spp.) em função dos meses do ano de 2004 a 2005.
Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

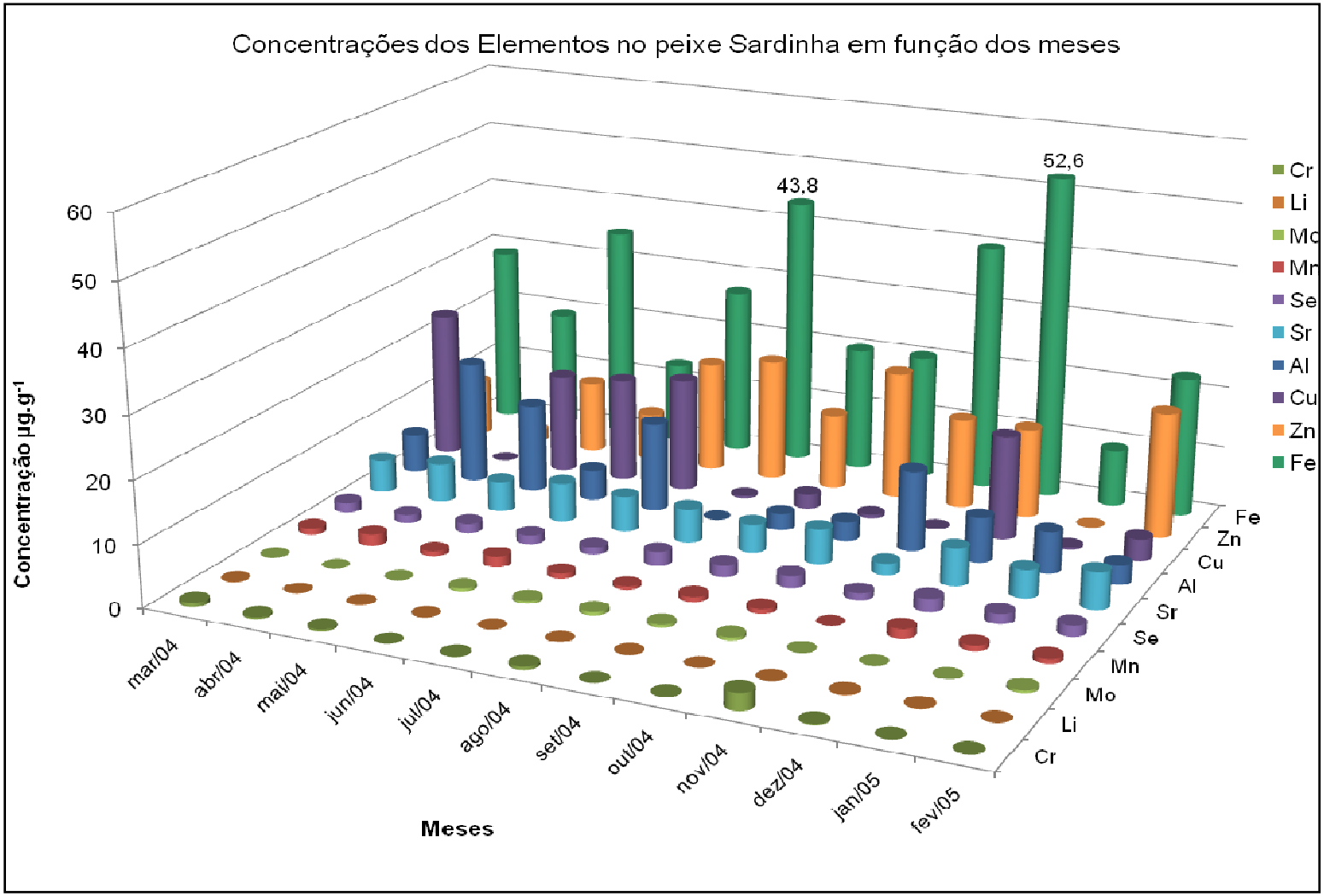

Figura 15 – Concentração dos elementos no peixe sardinha laje (*O. oglinum*) em função dos meses do ano de 2004 a 2005.
Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

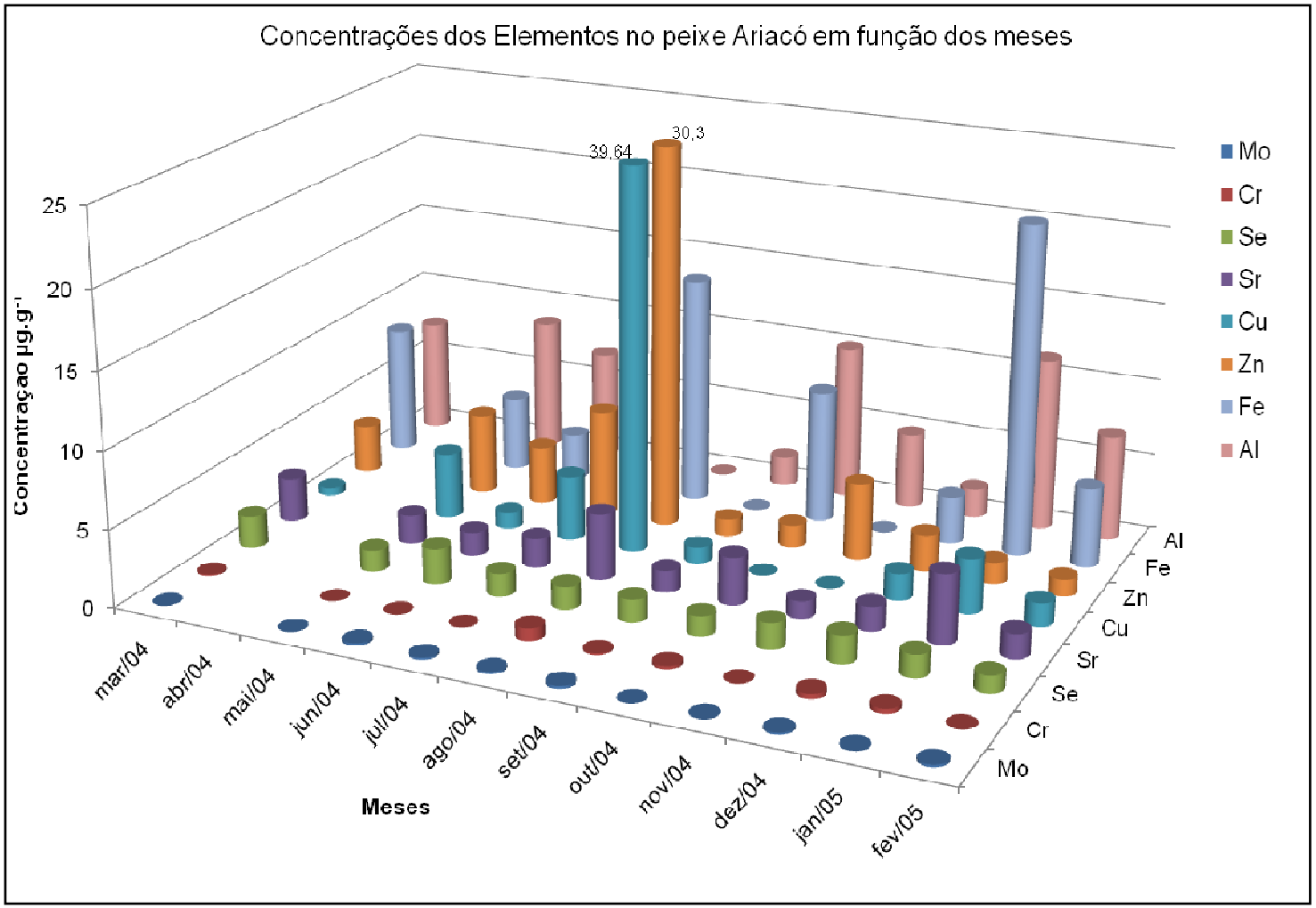

Figura 16 - Concentração dos elementos no peixe ariacó (*L. synagris*) em função dos meses do ano de 2004 a 2005.
Viana, Z.C.V. 2008.

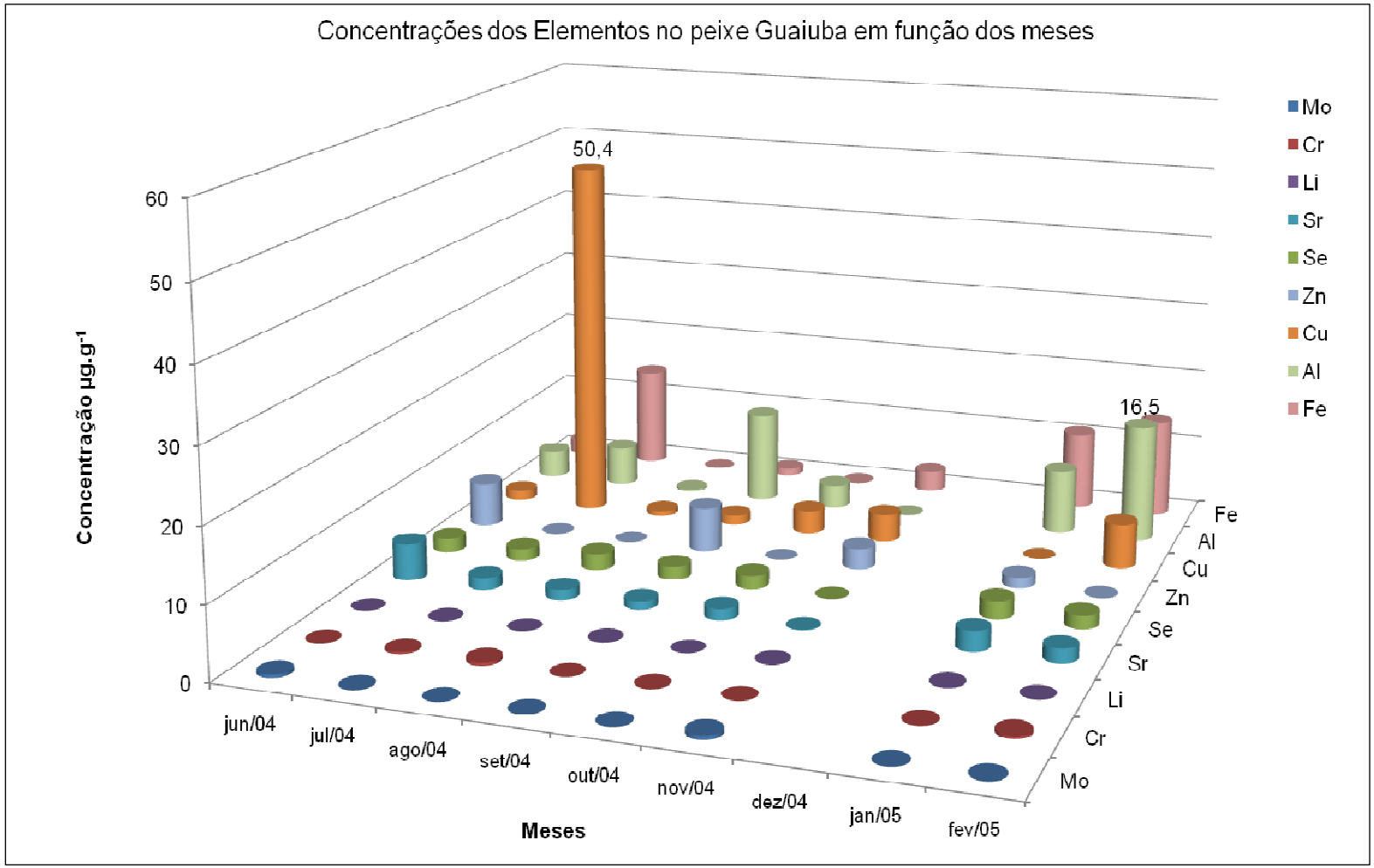

Figura 17 - Concentração dos elementos no peixe guaiúba (*O. chrysurus*) em função dos meses do ano de 2004 a 2005.
Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

3.7.3 Correlação entre os elementos para avaliação da absorção pelas espécies investigadas

Analisando-se a correlação de Spearman ($p < 0,05$; Tabela 20), de forma descritiva e inferencial entre os elementos, verifica-se na população dos peixes analisados que uma correlação negativa é apresentada pelos pares dos elementos Cr-Mo (-0,436), Al-Se (-0,345), Al-Mo (-0,384) e Li-Mo (- 0,736), sendo a última, a maior correlação observada (DEMÉTRIO, 2002; BOX e COX, 1964). Verifica-se, também, que os elementos mais correlacionados positivamente ($p < 0,05$) são os elementos Ca-Mn (0,715), seguidos por Ca-Sr (0,681), Mn-Sr (0,606), Mn-Zn (0,569), Ca-Zn (0,556), Fe-Sr (0,542), Fe-Mn (0,517), Cr-Fe (0,475), Sr-Zn (0,459) e Cr-Li (0,433). Outras correlações podem ser observadas em negrito na Tabela 20.

Utilizando-se as técnicas de Análise Multivariada, mas especificamente análise de cluster, observa-se no Dendrograma da Figura 18, com relação ao agrupamento das variáveis, que Ca e Mn são os elementos que apresentam descritivamente maior similaridade. Um novo grupo similar, mais próximo, é formado com o Al e Li. Uma análise de Ca e Mn, enquanto grupo, sugere uma similaridade com o Mg, formando assim um novo grupo que é similar ao Sr. O Se é o último elemento a se unir aos grupos que vão sendo formados, com uma similaridade em torno de 67%. Observa-se então que, mesmo possuindo diferenças, os elementos em relação à absorção, possuem alta similaridade.

Tabela 20 - Correlação de Spearman para os elementos analisados ($p<0,05$).

Elementos	Al	Ca	Cr	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Mo	Se	Sr	Zn
Al	1	0,019	0,148	0,092	0,238	**0,387**	-0,143	0,123	**-0,384**	**-0,345**	0,228	-0,184
Ca		1	0,017	-0,049	**0,391**	-0,028	**0,428**	**0,715**	**0,257**	0,144	**0,681**	**0,556**
Cr			1	0,199	**0,475**	**0,433**	-0,010	0,134	**-0,436**	0,031	0,146	0,001
Cu				1	**0,382**	0,211	-0,034	0,222	-0,027	-0,257	**0,302**	0,244
Fe					1	**0,365**	-0,068	**0,517**	-0,110	-0,172	**0,542**	**0,325**
Li						1	0,045	0,190	**-0,736**	-0,019	0,135	-0,266
Mg							1	**0,360**	0,049	**0,486**	0,160	**0,359**
Mn								1	0,177	0,104	**0,606**	**0,569**
Mo									1	0,003	0,195	**0,404**
Se										1	-0,044	**0,322**
Sr											1	**0,459**
Zn												1

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

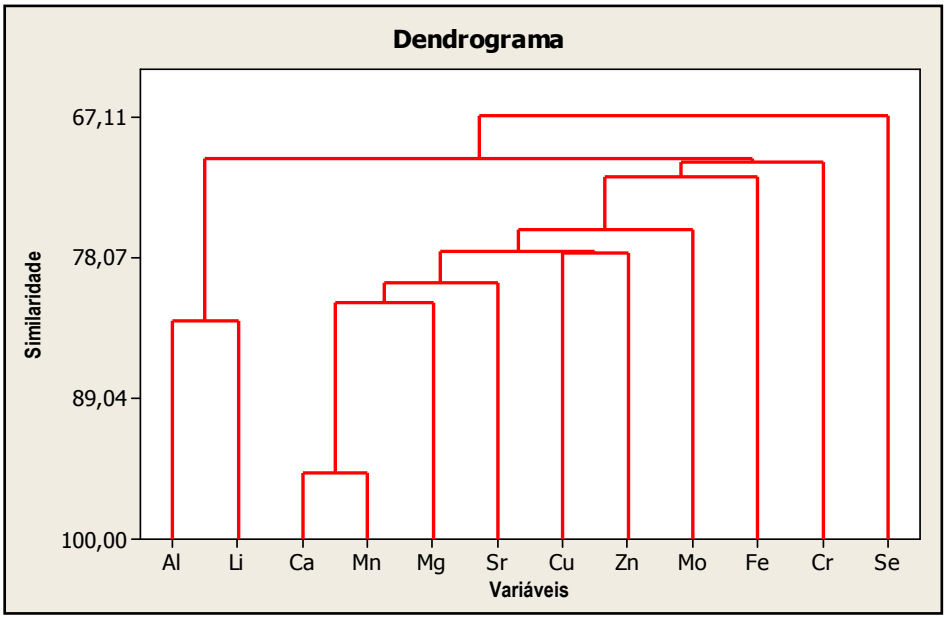

Figura 18 - Dendrograma para agrupamento das variáveis.
Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

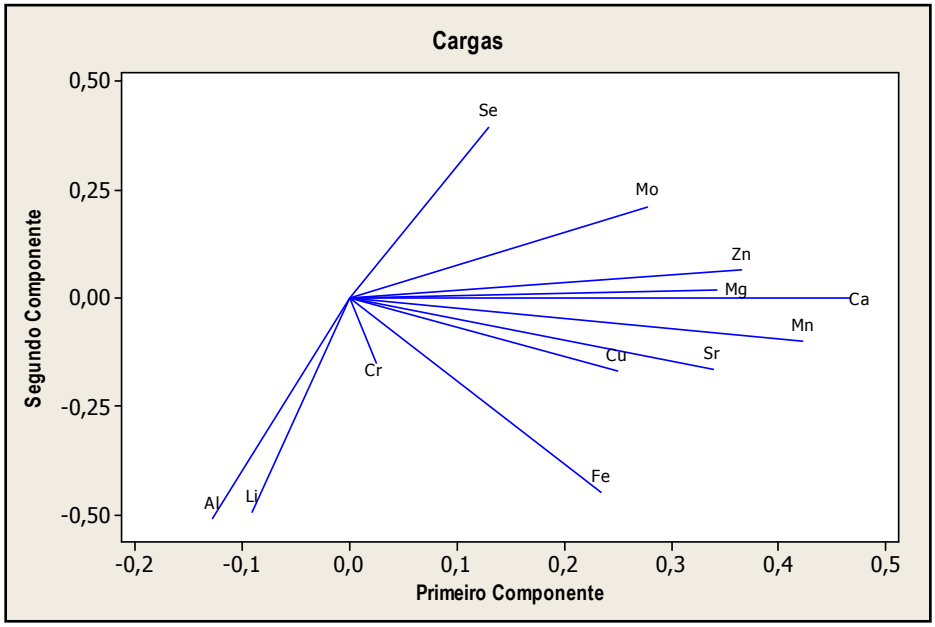

Figura 19 - Gráfico das Cargas.
Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

As Figuras 19 e 20 foram utilizadas para observar o comportamento geral das espécies na acumulação dos elementos.

Analisando a projeção dos eixos no gráfico das cargas (Figura 19), nos componentes 1 e 2 pode-se notar que os elementos Al e Li apresentam comportamento similar em termos de absorção, e que o elemento selênio é o mais distante dos demais.

Pode-se observar o comportamento normal da sardinha laje quanto à concentração dos elementos químicos, no primeiro e quarto quadrantes da Figura 20. Já no segundo quadrante, ariacó e guaiúba, parecem ter o mesmo comportamento, o que sinaliza um resultado coerente, pois são espécies da mesma família. O comportamento de absorção da Tainha representada no terceiro quadrante no mês de junho foi muito diferenciado (Figura 20).

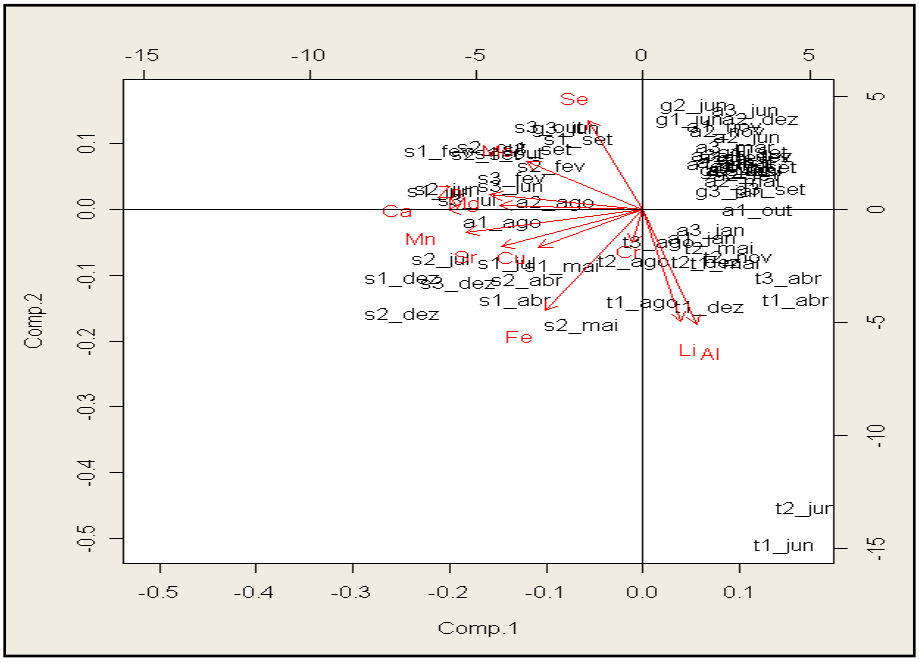

Figura 20 - Gráfico dos Pesos.
Nota: s=sardinha; t=tainha;a=ariacó; g=guaiúba;1,2,3=número de análises.
Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Para verificar as pressuposições para execução da ANOVA foi aplicado os testes de normalidade de Shapiro Wilk (SW), para normalidade, e o de Levene, para homogeneidade da variância, com resultados apresentados na Tabela 21. Nota-se que só é satisfeita a condição de normalidade para os elementos Mg (p-valor igual a 0,072), Al (p-valor igual a 0,153) e o Sr (p-valor igual a 0,115). A condição de homogeneidade de variância não foi observada para os elementos Al, Mn, Mo e Sr.

Tabela 21 - Pressuposições dos elementos para ANOVA.

Variáveis	p-valor (SW)	p-valor (Levene)	Condições ANOVA
Al	0,153	0,039	Não Satisfeitas
Ca	0,000	0,533	Não Satisfeitas
Cr	0,000	0,571	Não Satisfeitas
Cu	0,000	0,466	Não Satisfeitas
Fe	0,012	0,288	Não Satisfeitas
Li	0,000	0,349	Não Satisfeitas
Mg	0,326	0,072	**Satisfeitas**
Mn	0,000	0,008	Não Satisfeitas
Mo	0,001	0,035	Não Satisfeitas
Se	0,000	0,578	Não Satisfeitas
Sr	0,115	0,000	Não Satisfeitas
Zn	0,000	0,714	Não Satisfeitas

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Os resultados apresentados na Tabela 22 referem-se à aplicação do teste de Shapiro Wilk (SW) e do Teste de Levene, após a transformação de Box-Cox (1964) nas variáveis. Após proceder às transformações, só são aceitas as condições para aplicação da ANOVA para Al, Cu, Mg e Zn (BOX e COX, 1964). As transformações que foram utilizadas para satisfazer as pressuposições da ANOVA foram:

(Al+0,5)^0,4
(Zn + 0,5)^0,2
(Cu+0,5)^(-0,2)

(Para o retorno das variáveis a escala original tem-se a seguinte relação: Se $Y = (X+0.5)^t$ então $X = \exp((\ln(Y)/t) - 0.5)$

Tabela 22 - Pressuposições dos elementos para ANOVA (dados transformados).

Variáveis	p-valor (SW)	p-valor (Levene)	Condições ANOVA	Variáveis	p-valor (SW)	p-valor Levene)	Condições ANOVA
Al	0,736	0,381	**Satisfeitas**	Mg	0,326	0,072	**Satisfeitas**
Ca	0,000	0,005	Não Satisfeitas	Mn	0,000	0,024	Não Satisfeitas
Cr	0,000	0,641	Não Satisfeitas	Mo	0,000	0,052	Não Satisfeitas
Cu	0,488	0,486	**Satisfeitas**	Se	0,001	0,230	Não Satisfeitas
Fe	0,663	0,000	Não Satisfeitas	Sr	0,580	0,001	Não Satisfeitas
Li	0,010	0,311	Não Satisfeitas	Zn	0,293	0,942	**Satisfeitas**

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Na Analise de Variância (Tabela 23), observa-se que as médias populacionais de absorção de Al são diferentes entre as espécies, sendo, portanto, necessária a aplicação de um teste de comparações múltiplas para identificar quais espécies de peixes são diferentes.

Tabela 23 - ANOVA para acúmulo de (Al+0,5)^0,4 entre as espécies.

Fonte de Variação	Df	SQ	QM	F	P valor
Espécies	3	5,8791	1,9597	3,7735	0,01966
Resíduo	33	17,1382	0,5193		
Total	**36**	**23,0173**	**2,479**		

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

As Tabelas 24, 25 e 26 apresentam, respectivamente, a ANOVA (paramétrica) para os elementos Zn, Cu e Mg, sendo que para Zn e Cu foi realizada a análise de variância, seguindo os critérios de escolha de transformação necessários para esses dados.

Tabela 24 - ANOVA para acúmulo de (Zn + 0,5)^0,2 entre as espécies.

Fonte de Variação	Df	SQ	QM	F	P valor
Espécies	3	1,01474	0,33825	6,3453	0,001928
Resíduo	29	1,54588	0,05331		
Total	**32**	**2,56062**	**0,39156**		

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Tabela 25 - ANOVA para acúmulo de (Cu+0,5)^(-0,2) entre as espécies.

Fonte de Variação	Df	SQ	QM	F	P valor
Espécie	3	0,18517	0,06172	1,4218	0,2528
Residuos	35	1,51945	0,04341		
Total	**38**	**1,70462**	**0,10513**		

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Tabela 26 - ANOVA para acúmulo de Mg entre as espécies.

Fonte de Variação	Df	SQ	QM	F	P valor
Espécie	3	0,83695	0,27898	10,406	4,86E-05
Resíduos	35	0,93834	0,02681		
Total	**38**	**1,77529**	**0,30579**		

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Assim, pode-se observar pelo p-valor > 0,05 (não rejeita a hipótese de igualdade das médias do acúmulo para o elemento Cu), que os peixes absorvem cobre da mesma forma.

Para Mg e Zn p-valor< 0,05 (rejeita-se a hipótese nula), os peixes absorvem de modo diferenciado, pelo menos uma das espécies difere das demais, sendo necessária a aplicação de um teste de comparações múltiplas a fim de se identificar as espécies que se diferenciam.

Para os outros elementos que não foram aceitas as pressuposições para a aplicação da análise de variância paramétrica, foi utilizado o Teste de Kruskal-Wallis, ANOVA não paramétrica (Tabela 27). Nota-se que o acúmulo entre as espécies para os elementos Cr, Li e Mo, é igual em média (p-valor> 0,05), a um nível de significância de 5%.

Rejeitando-se a hipótese de igualdade para os elementos Ca, Fe, Mn, Se e Sr, faz-se necessário a realização de um teste de comparações múltiplas, não paramétrico, a fim de identificar a diferenciação entre as espécies no acúmulo desses elementos, pois, pelo menos uma espécie absorve em média, de modo diferenciado.

Tabela 27 - P-valores dos Testes de Kruskal-Wallis.

Variáveis	p-valor(Kw)
Ca	0,000
Cr	**0,950**
Fe	0,000
Li	**0,084**
Mn	0,000
Mo	**0,362**
Se	0,000
Sr	0,000

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

3.7.4 Comparações múltiplas paramétricas

Para a análise das comparações múltiplas paramétricas, o procedimento t múltiplo, semelhante ao Tukey foi realizado de acordo com o soft estatístico R (R Development Core Team, 2007). Segundo os dados apresentados na Tabela 28, observa-se que, ao nível de 5% há diferença significativa para o Mg entre as especies sardinha laje - ariacó sendo a média do teor de Mg na sardinha laje maior que no peixe ariacó. Há diferença significativa para o Mg entre as especies tainha-ariacó, tainha-guaiúba e tainha-sardinha laje sendo a média desse elemento na tainha, provavelmente, menor com relação a ariacó, guaiúba e sardinha laje.

Tabela 28 - Comparação das médias para o Mg.

Variáveis	Diferença	p valor
Guaiúba - Ariacó	0,0200	0,99
Sardinha laje - Ariacó	0,2096	0,02
Tainha - Ariacó	-0,2004	0,05
Sardinha laje-Guaiúba	0,1895	0,08
Tainha - Guaiúba	-0,2205	0,04
Tainha – Sardinha laje	-0,4100	0,00

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Segundo os dados apresentados na Tabela 29, observa-se que, ao nível de 5% há diferença significativa para o Al entre os peixes tainha-ariacó, sendo que a média da concentração de Al na tainha, provavelmente é maior que no ariacó.

Tabela 29 - Comparação das médias para o Al.

Variáveis	Diferença	p valor
Guaiúba - Ariacó	0,0869	0,99
Sardinha laje - Ariacó	0,3023	0,76
Tainha - Ariacó	1,0597	0,02
Sardinha laje-Guaiúba	0,2153	0,92
Tainha - Guaiúba	0,9728	0,06
Tainha – Sardinha laje	0,7574	0,13

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Segundo os dados apresentados na Tabela 30, observa-se que não há diferença significativa ao nível de 5% para o Cu entre as espécies analisadas.

Tabela 30 - Comparação das médias para o Cobre.

Variáveis	Diferença	p valor
Guaiúba - Ariacó	-0,0502	0,95
Sardinha laje - Ariacó	-0,0592	0,90
Tainha - Ariacó	-0,1959	0,19
Sardinha laje-Guaiúba	-0,0089	0,99
Tainha - Guaiúba	-0,1456	0,50
Tainha – Sardinha laje	-0,13667	0,48

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Segundo os dados apresentados na Tabela 31, observa-se que há diferença significativa ao nível de 5% para o Zn entre as espécies sardinha laje-ariacó e tainha-sardinha laje, guaiúba, tainha–ariacó, guaiúba e tainha–guaiúba. A média da concentração de Zn na sardinha laje, provavelmente é maior que nas espécies ariacó e tainha.

Tabela 31 - Comparação das médias para o Zn.

Variáveis	Diferença	p valor
Guaiúba - Ariacó	0,0066	0,99
Sardinha laje - Ariacó	0,3356	0,00
Tainha - Ariacó	-0,0928	0,83
Sardinha laje-Guaiúba	0,3290	0,09
Tainha - Guaiúba	-0,0995	0,90
Tainha – Sardinha laje	-0,4285	0,00

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

3.7.5 Comparações múltiplas não paramétricas

Estas comparações foram realizadas pelo procedimento "Behrens-Fisher-Test" disponível no software estatístico R (HELMS e MUNZEL, 2006). Detalhes sobre este procedimento podem ser encontrados em Munzel e Hothorn (2001).

Segundo os dados apresentados nas Tabelas 32 a 35, quando p valor < 0,05 a diferença é estatísticamente significante ao nível de 5%, por exemplo, na Tabela 32 observa-se que há diferença significativa entre a sardinha laje-ariacó, sardinha laje-guaiúba e tainha-sardinha laje, sendo que a sardinha laje absorve mais cálcio que as outras espécies.

Tabela 32 - Comparações das médias para o Ca* (p < 0,05).

Variáveis	Diferença entre as médias*	p- valor
Guaiúba - Ariacó	-0,309	0,372
Sardinha laje - Ariacó	2,231	<0,000
Tainha - Ariacó	0,246	1,000
Sardinha laje-Guaiúba	2,540	<0,000
Tainha - Guaiúba	0,554	0,286
Tainha – Sardinha laje	-1,985	0,001

Nota: *mg $g^{-1.}$
Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Tabela 33 - Comparações das médias para o Fe ($p < 0,05$).

Variáveis	Diferença entre as médias	p-valor
Guaiúba - Ariacó	3,229	1,000
Sardinha laje - Ariacó	19,710	<0,000
Tainha - Ariacó	22,326	<0,000
Sardinha laje-Guaiúba	16,481	0,057
Tainha - Guaiúba	19,097	0,030
Tainha – Sardinha laje	2,616	0,996

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Tabela 34 - Comparações das médias para o Se ($p < 0,05$).

Variáveis	Diferença entre as médias	p-valor
Guaiúba - Ariacó	0,408	0,012
Sardinha laje - Ariacó	0,037	0,998
Tainha - Ariacó	-1,139	0,000
Sardinha laje-Guaiúba	-0,371	0,107
Tainha - Guaiúba	-1,547	0,000
Tainha – Sardinha laje	-1,176	0,000

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

Tabela 35 - Comparações das médias para o Sr ($p < 0,05$).

Variáveis	Diferença entre as médias	p-valor
Guaiúba - Ariacó	-0,355	0,928
Sardinha laje - Ariacó	2,931	<0,000
Tainha - Ariacó	2,55o	0,221
Sardinha laje-Guaiúba	3,286	<0,000
Tainha - Guaiúba	2,907	0,060
Tainha – Sardinha laje	-0,379	0,987

Fonte: Viana, Z.C.V. 2008.

3.8 SÍNTESE DO ESTUDO DA ABSORÇÃO DOS ELEMENTOS ATRAVÉS DE AVALIAÇÕES ESTATÍSTICAS REALIZADAS NAS AMOSTRAS DE PEIXES COLETADAS EM DOZE AMOSTRAGENS NA BAÍA DE TODOS OS SANTOS E NA REGIÃO COSTEIRA DA CIDADE DE PORTO SEGURO

Utilizando-se de técnicas estatísticas foi identificado que os elementos Cu (análise de variância, paramétrica), Cr, Li e Mo (teste de Kruskall-Wallis, não paramétrico), acumulam da mesma forma entre as espécies, e que os elementos Li-Mo são os que apresentam maior correlação negativa, quando provavelmente ocorre uma competição interelemento, isto porque, ocorrendo absorção de Li, diminui a absorção de Mo, alternando a assimilação e a depuração dos elementos. A maior correlação positiva foi entre os elementos Ca-Mn (Spearman).

Com a aplicação da análise multivariada, verificou-se, por meio da análise do dendrograma, com relação à absorção, que no agrupamento dos elementos químicos, Ca-Mn apresentam descritivamente alto nível de similaridade e que o Se, apesar de ser o último elemento a se unir aos grupos que foram formados, ainda apresenta alta similaridade, em torno de 67%. O Li e Al apresentam comportamento similar de absorção, enquanto que o Se, é o elemento que apresenta, mais uma vez, comportamento diferenciado, sendo o mais distante entre todos os elementos avaliados.

Através de componentes principais, quanto às espécies, a sardinha laje parece ter um comportamento normal, de um modo geral, em termos de absorção dos elementos químicos, enquanto que a tainha apresentou um comportamento diferenciado. As espécies de peixes (ariacó e guaiuba), da mesma família Lutjaneidae que foram capturados no mesmo local (Porto Seguro, BA), não se diferenciam quanto à absorção dos elementos químicos.

Através do procedimento de comparações múltiplas paramétricas, há diferença significativa para o Mg entre as especies sardinha laje- ariacó sendo a média do teor de Mg na sardinha laje é maior que no peixe ariacó. Há diferença significativa para o Mg entre as especies tainha-ariacó, tainha-guaiúba e tainha-sardinha laje sendo a média desse elemento na tainha, provavelmente, menor com relação a ariacó, guaiúba e sardinha laje. Há diferença significativa para o Al com relação aos peixes tainha e ariacó, sendo que a média da concentração do Al na tainha, provavelmente é maior que no ariacó. Não há diferença significativa ao nível de 5% para o Cu entre as espécies analisadas. Há diferença significativa

para o Zn entre a espécie sardinha laje e as especies tainha e ariacó sendo a média desse elemento na sardinha laje, provavelmente, maior com relação a tainha e ariacó.

Através das comparações múltiplas não paramétricas, há diferença significativa para o Ca entre a espécie sardinha laje e as espécies guaiúba, ariacó e tainha. Há diferença significativa para o Fe entre as espécies tainha-ariacó, tainha-guaiúba e sardinha laje-ariacó. Há diferença significativa para o Se entre a espécie tainha e as espécies ariacó, sardinha laje e guaiúba, assim como entre as espécies guaiúba-ariacó. Há diferença significativa para o Sr entre a espécie sardinha laje e as espécies guaiúba e ariacó.

CAPÍTULO IV - CONCLUSÕES

4 CONCLUSÕES

Espécies de peixes coletados na Baía de Aratu, região costeira da cidade de Porto Seguro e Baía de Todos os Santos foram quimicamente avaliadas, enfatizando os metais, a fim de obter informações nutricionais dos peixes e das condições ambientais das áreas amostradas.

A precisão e exatidão do método empregado para as determinações foram validadas pelas análises dos materiais certificados de referência, Oyster Tissue (SRM-NBS-1566b) e COD muscle (CRM-BCR-422). Os valores, em media, das taxas de recuperação encontradas foram de 86% para o primeiro e de 85% para o último.

As principais conclusões são apresentadas a seguir:

4.1 PEIXES PROCEDENTES DA BAÍA DE ARATU

Amostras de tecidos de músculo das espécies de peixes *Cynoscion leiarchus* **(pescadinha)**, *Diapterus rhombeus* **(carapeba)**, *Micropogonias furniere* **(corvina)**, *Scomberomorus brasiliensis* **(sororoca)**, *Achirus lineatus* **(peixe tapa),** *Chloroscombrus chrysurus* **(garapau),** *Lutjanus synagris* **(ariacó),** *Oligoplites palometa* **(solteira),** *Caranx latus* **(guaricema),** *Archosargus rhomboidalis* **(sargo de dente),** *Paralichthys brasiliensis* **(linguado preto),** *Pomadasys corninaeformis* **(quatinga branca),** *Selene vomer* **(galo)** procedentes da Baía de Aratu foram avaliadas para os elementos químicos Ni, Li, Mn, Se, Al, Zn, Cu, Fe, Sr, Cr, Ca , Mg, Cd, Mo, Pb e V.

Em todas as espécies estudadas, os elementos Ni, Li, Mn, Se, Al, Zn, Cu, Fe, Sr, Cr, Ca e Mg estiveram presentes. No entanto, o Se foi o único elemento que apresentou, em todas as espécies, teor acima do LMT permitido pela ANVISA.

Os peixes tapa, guaricema, garapau, carapeba, ariacó, corvina, solteira, linguado preto, quatinga branca e sororoca apresentaram um enriquecimento do elemento Cr, sendo o maior teor encontrado na quatinga branca.

Quanto à parte nutricional, o linguado preto apresentou maior teor de Zn (40,5 $\mu g\ g^{-1}$), valores esses, abaixo do LMT permitido pela ANVISA. A quatinga branca apresentou

maior teor de Ca (9,1 mg g^{-1}); enquanto que, a sororoca apresentou o maior teor de Mg (2,5 mg g^{-1}).

O carapeba apresentou os maiores teores dos elementos Li, Mn, Se, Al, Cu e Fe no tecido muscular. Dentre esses elementos, os teores de Se e Cu ficaram acima dos LMT (0,30 mg Kg^{-1}; 30,0 mg Kg^{-1}, respectivamente). O enriquecimento do carapeba com relação à maioria dos metais, ainda não está esclarecido, mas três razões foram sugeridas: 1) esta espécie pode ter a habilidade de absorver mais esses elementos que as outras espécies; 2) esta espécie pode freqüentar esta baía assiduamente, por alguma razão (para reprodução, como zona de abrigo ou mesmo para alimentação) ou ser de um habitat dentro da Baía de Aratu que receba despejos de efluentes contendo os metais em questão; 3) o carapeba alimenta-se de invertebrados que vivem no fundo, tais como vermes e moluscos. Esses organismos da sua dieta, devido à sua pouca mobilidade, pode normalmente acumular esses elementos, sendo inclusive chamados, por isso, de filtros marinho. A carapeba pode, portanto, através da magnificação apresentar enriquecimento desses elementos com relação às demais espécies.

Os resultados das concentrações dos elementos químicos determinados nas espécies de peixes procedentes da Baía de Aratu, quando se compara aos LMT permitidos pela ANVISA, sinalizam um enriquecimento do Se e do Cr. Os elementos Cd, Pb, Mo e V estão abaixo do LOQ do método empregado.

4.2 PEIXES PROCEDENTES DA REGIÃO COSTEIRA DE PORTO SEGURO

Os elementos Se, Sr, Al, Zn, Cr, Cu, Fe, Mo, Ca, Mg, Cd, Li, Mn, Ni, Pb e V foram investigados nas espécies *L. synagris* **(ariacó)** e *O. chrysurus* **(guaiúba),** procedentes da região marinha da cidade de Porto Seguro,

Nas amostras de ariacó, foi possível quantificar os elementos Se, Sr, Al, Zn, Cr, Cu, Fe, Mo, Ca e Mg, enquanto as concentrações dos elementos Cd, Li, Ni, Mn, Pb e V ficaram abaixo do LOQ do método.

Nas amostras de guaiúba, foi possível quantificar os elementos Li, Se, Sr, Al, Zn, Cr, Cu, Fe, Mo, Ca e Mg enquanto as concentrações dos elementos Cd, Ni, Mn, Pb e V ficaram abaixo do LOQ do método.

As amostras de guaiuba, apresentaram teor de Cu acima do permitido pela ANVISA (30,0 mg Kg^{-1}), na amostragem do mês de julho de 2004, enquanto as amostras de ariacó apresentaram teores acima do LMT apenas na amostragem de agosto de 2004. Portanto, há indicação de ter havido um enriquecimento de Cu no período de julho a agosto de 2004 nessa área de Porto Seguro.

Das duas espécies investigadas na região marinha da cidade de Porto Seguro, a guaiúba foi a que apresentou as maiores concentrações dos elementos Li, Mo, Sr, Ca, Se e Cu. As amostras de ariacó apresentaram os teores dos elementos Zn, Fe, Mg e Cr mais elevados. As concentrações do Cr nas amostragens de agosto, outubro, dezembro de 2004 e janeiro de 2005, para o ariacó, ficaram acima do LMT/ANVISA, enquanto, para o guaiúba, ficou acima na amostragem de agosto de 2004.

Em todas as amostragens do ariacó, o Se ficou acima do LMT permitido pela ANVISA, assim como, na maioria das amostragens do guaiúba, exceto na amostragem de novembro de 2004 cujo valor encontrado ficou abaixo do LMT.

Os resultados da composição centesimal indicam peixes com excelente qualidade nutricional, alto teor protéico e baixo teor lipídico. Os teores de umidade e de cinzas são similares para as espécies estudadas.

Os resultados das concentrações dos elementos químicos determinados nas espécies de peixes da região costeira de Porto Seguro, quando se compara aos LMT permitidos pela ANVISA, sinalizam: 1) enriquecimento do Cu, Se e Cr; 2) níveis dos elementos Ni e Zn abaixo dos LMT/ANVISA; 3) Cd, Ni, Pb, Mn e V ficaram abaixo do LOQ no período amostrado.

4.3 PEIXES PROCEDENTES DA BAÍA DE TODOS OS SANTOS

A sardinha laje foi a que apresentou o maior teor de cinzas. Por outro lado, a tainha apresentou o maior teor de umidade e o maior teor lipídico. O teor protéico foi similar para as duas espécies. Baixo teor lipídico e alto teor protéico conferem às espécies excelente qualidade nutricional.

Em ambas as espécies, sardinha laje e a tainha, foi possível quantificar os elementos Li, Se, Sr, Al, Mn, Zn, Cr, Cu, Fe, Mo, Ca e Mg, enquanto as concentrações dos elementos Cd, Ni, Pb e V ficaram abaixo do LOQ do método.

A taínha apresentou maiores concentrações dos elementos Li, Cu, Fe, Al e Sr, enquanto os maiores teores dos elementos Mn, Se, Zn, Cr, Mo, Ca, e Mg foram observados na sardinha laje.

Os teores de Zn, Cu e Ni encontrados em todas as espécies ficaram abaixo do LMT permitido pela ANVISA.(50,0 mg Kg^{-1}; 30 mg Kg^{-1}; 5,0 mg Kg^{-1}, respectivamente).

Os teores de Se encontrados em todas as espécies ficaram acima do LMT permitido pela ANVISA (0,30 mg Kg^{-1}), sendo que apenas a amostragem da tainha de setembro de 2004 apresentou teores abaixo do LOQ.

Os teores de Cr encontrados em 50% das amostragens da sardinha ficaram acima do LMT permitido pela ANVISA (0,1 mg Kg^{-1}). A tainha, apenas nas amostragens de abril e maio de 2004, apresentou teores de Cr acima do LMT/ANVISA.

Os resultados das concentrações dos elementos químicos determinados nas espécies de peixes da BTS, quando se compara aos LMT permitidos pela ANVISA, sinalizam: 1) enriquecimento do Se e Cr; 2) os níveis dos elementos Ni, Cu e Zn estão abaixo dos LMT/ANVISA; 3) as concentrações de Cd, Ni, Pb e V estão abaixo do LOQ do método empregado no período amostrado.

4.4 ESTUDO DA ABSORÇÃO DOS ELEMENTOS E DAS AVALIAÇÕES ESTATÍSTICAS REALIZADAS NAS AMOSTRAS DE PEIXES COLETADAS EM DOZE AMOSTRAGENS NA BAÍA DE TODOS OS SANTOS E NA REGIÃO COSTEIRA DA CIDADE DE PORTO SEGURO

Os elementos Cu , Cr, Li e Mo acumulam-se da mesma forma entre as espécies.

Os elementos Li-Mo são os que apresentam maior correlação negativa, quando provavelmente ocorre uma competição interelemento, isto porque, ocorrendo absorção de Li, diminui a absorção de Mo, alternando a assimilação e a depuração dos elementos. A maior correlação positiva foi entre os elementos Ca-Mn.

Os elementos Ca-Mn apresentam descritivamente alto nível de similaridade com relação à absorção e o Se ainda apresenta alta similaridade em torno de 67%.

O Li e Al apresentam comportamento similar de absorção.

Quanto às espécies, a sardinha laje indicou ter um comportamento normal, em termos de absorção dos elementos químicos, enquanto que a tainha apresentou um comportamento diferenciado.

As espécies de peixes (ariacó e guaiúba), da mesma família Lutjaneidae que foram capturados no mesmo local (Porto Seguro, BA), não se diferenciam quanto à absorção dos elementos químicos.

Através do procedimento de comparações múltiplas paramétricas, há diferença significativa na absorção do Mg entre as especies sardinha laje e as espécies ariacó e tainha, sendo provavelmente maior a absorção de Mg pela sardinha laje, assim como há diferença significativa na absorção do Mg entre as especies tainha e guaiúba sendo maior a absorção pela guaiúba; há diferença significativa para o Al entre as espécies tainha e ariacó, sendo que a média da concentração do Al na tainha, provavelmente é maior que no ariacó; não há diferença significativa ao nível de 5% para o Cu entre as espécies analisadas e há diferença significativa para o Zn entre a espécie sardinha laje e as especies tainha e ariacó sendo que a média desse elemento na sardinha laje, provavelmente é maior com relação a tainha e ariacó.

Através das comparações múltiplas não paramétricas, há diferença significativa para o Ca entre a espécie sardinha laje e as espécies guaiúba, ariacó e tainha sendo que a média desse elemento na sardinha laje provavelmente é maior que na guaiuba, ariacó e tainha; há diferença significativa para o Fe entre as espécies tainha-ariacó, tainha-guaiúba e sardinha laje-ariacó sendo que a média desse elemento na tainha provavelmente é maior que no ariacó e guaiúba e a média desse elemento na sardinha laje provavelmente é maior que no ariacó; há diferença significativa para o Se entre a espécie tainha e as espécies ariacó, sardinha laje e guaiúba, assim como entre as espécies guaiúba-ariacó sendo que a média desse elemento na tainha provavelmente é menor que na sardinha laje, ariacó e guaiúba e a média desse elemento na guaiúba provavelmente é maior que no ariacó e há diferença significativa para o Sr entre a espécie sardinha laje e as espécies guaiúba e ariacó sendo que a média desse elemento na sardinha laje provavelmente é maior que no ariacó e guaiúba.

PERSPECTIVAS FUTURAS

Nem todos os elementos que são pesquisados em animais superiores têm sido em peixes, portanto, há carência de pesquisas na literatura. Muitas questões surgiram durante a realização desse trabalho, e sob o ponto de vista dessa autora, a seguir, consideráveis trabalhos são requeridos e recomendados:

1) Realizar novas amostragens das mesmas espécies de peixes nas áreas em estudo, em período similar ao deste trabalho, complementando as análises, sempre que possível, com amostragens de água e de sedimento das áreas em questão.

2) Avaliar a absorção dos elementos químicos do ponto de vista nutricional nos músculos e em outras partes dos peixes, como por exemplo, rins e fígado, tendo em vista que Cd e Pb acumulam nestes órgãos.

3) O elemento que apresentar abaixo do LOQ do método empregado deverá ser adequadamente investigado com técnicas de limites de quantificação mais baixos.

4) Mensurar o teor dos elementos químicos nas espécies levando-se em conta, além dos meses de coleta, a estação chuvosa e não chuvosa.

5) Determinar a qualidade proteica, através da análise do perfil dos aminoácidos que constituem a proteína do músculo das espécies de peixes.

6) Avaliar a distribuição e concentração de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), carcinogênicos químicos formados pela combustão incompleta de matéria orgânica, nos músculos e em outras partes dos peixes, como por exemplo, rins e fígado avaliando o risco à saúde humana com o consumo desse alimento.

REFERÊNCIAS

ABOU-ARAB, A. A. K.; AYESH, A. M.; AMRA, H. A.; NAGUIB, K. Characteristic levels of some pesticides and heavy metals in imported fish. **Food Chemistry**, v. 57, n. 4, p. 487-492. 1996.

ACERO, P.; GARZÓN, F. J. Los pargos (pisces: Perciformes: Lutjanidae) del Caribe Colombiano. **Actualidades Biológicas**, v. 14, n. 53, p. 89-99. 1985.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY- ATSDR. **Toxicological profile for chromium**. Clifton Road, NE: Department of Health and Human Services Public, Health Service, Division of Toxicology, 2004. Disponível em <www.atsdr.cdc.gov>. Acesso em: 23 abr. 2007.

AGUSA, T.; KUNITO, T.; SUDARYANTO, A.; MONIRITH, I.; KAN-ATIREKLAP, S.; IWATA, H.; ISMAIL, A.; SANGUANSIN, J.; MUCHTAR, M.; TANA, T. S.; TANABE, S. Exposure assessment for trace elements from consumption of marine fish in Southeast Asia. **Environmental Pollution**, v. 145, p. 766-777. 2007.

_____. KUNITO, T.; YASUNAGA, G.; IWATA, H.; SUBRAMANIAN, A.; ISMAIL, A.; TANABE, S. Concentrations of trace elements in marine fish and its risk assessment in Malaysia. **Marine Pollution Bulletin**, v. 51, p. 896–911. 2005.

ALEGRIA, J. R. C.; MENEZES, M. F. Edad y crecimento del ariacó, *Lutjanus synagris* (Linnaeus), en el nordeste del Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 10, n. 1, p. 65-68. 1970.

AL-JEDAH, J.H.; ROBINSON, R. K. Aspects of the safety of fish caught off the coast of Qatar. **Food Control**, v. 12, p. 549-552. 2001.

ALMEIDA, F. B. C. **Aspectos da dinâmica reprodutiva do ariocó *Lutjanus synagris* (Pisces:Lutjanidae) no litoral de Salvador e adjacências**. 2000. 65f. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

ALQUEZAR, R., MARKICH, S.J., BOOTH, D. J. Metal accumulation in the smooth toadfish, *Tetractenos glaber*, in estuaries around Sydney, Australia. **Environmental Pollution**, v. 142, p. 123-131. 2006.

AL-YOUSUF, M.H. M.S. EL-SHAHAWI, S.M. AL-GHAIS. Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. **The Science of the Total Environment**, v. 256, p. 87-94. 2000.

AMOUROUX, D.; LISS, P. S.; TESSIER, E.; HAMREN-LARSSON, M.; DONARD, O.F.X. Role of oceans as biogenic sources of selenium. **Earth and Planetary Scienc Letters**, v. 189, p. 277-83. 2001.

AMUNDSEN, P. A.; STALDVIK, F. J.; LUKIN, A. A.; KASHULIN, N. A.; POPOVA, O. A.; RESHETNIKOV, Y. S. Heavy metal contamination in freshwater fish from the border region between Norway and Russia. **The Science of the Total Environment**, v. 20, n. 1, p. 211–224. 1997.

ANDRADE, G. Q. **Lipídios totais e composição de ácidos graxos de peixes marinhos capturados no litoral da Bahia: avaliação sazonal.** 2008. 111f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

ANDREWS, N. C. Iron homeostasis: insights from genetics and animal models. **Nature Genetics Reviews**, v. 1, p. 208-217. 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 17th ed. Washington, USA: AOAC. 2000.

BAHIA. Secretaria do Planejamento. **Regiões Estratégicas de Desenvolvimento**. Salvador, 2006.

BARAK, N. A. E.; MERCURY, C. F. M. Cadmium and lead concentrations in five species of freshwater fish from Eastern England. **The Science of the Total Environment**, v. 92, p. 257-263. 1990.

BAYNES, R. D.; BOTHWELL, T. H. Iron deficiency. **Annual Revist Nutricion**, v. 10, p. 133-48. 1990.

BERG, J.M.; TYMOCZKO, J.L.; STRYER, L. **Bioquímica**. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2004. 1059 p.

BESSER, J.M.; CANFIELD, T.J.; LAPOINT, T.W. Bioaccumulation of organic and inorganic selenium in a Laboratory Food Chain. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 12, n. 1, p. 57-72. 1993.

BLIGH, E.G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Phisiology**, v. 37, p. 911-917. 1959.

BOX, G.E.P.; COX, D.R. An analysis of transformation. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 26, p. 211-243. 1964.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria n. 12, de 27 de agosto de 1998. Aprova o regulamento técnico: Princípios gerais para o estabelecimento de níveis máximos de contaminantes químicos em alimentos e seu anexo: Limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 ago1998. Disponível em: <www.anvisa.gov.br/e-legis/>. Acesso em: 25 mai 2008.

BRITO, R. R. C.; GOUVEIA, E. P. Diagnose ecológica da Baía de Aratu: I - Alguns parâmetros hidrobiológicos comparativos entre a Baía de Aratu e o Estuário de Maragogipe. **Atlântica**, v. 5, n. 2, p. 17. 1982.

BRUSCHI, F. L. F. **Rendimento, composição química e perfil de ácidos graxos de pescados e seus resíduos: uma comparação**. 2001. 65 f. Trabalho de Conclusão (Graduação em Oceanografia) - Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, Santa Catarina.

BURY, N. R.; WALKER, P. A.; GLOVER, C. N. Nutritive metal uptake in teleost fish. **The Journal of Experimental Biology**, v. 206, p. 11-23. 2003.

BUSTAMANTE, P.; BOCHER, P.; CHEREL, Y.; MIRAMAND, P.; CAURANT, F. Distribution of trace elements in the tissues of benthic and pelagic fish from the Kerguelen Islands. **The Science of the Total Environment**, v. 313, n. 1-3, p. 25-39. 2003.

CAMPBELL, M. K. **Bioquímica**: Tradução Henrique B. Ferreira. 3. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2000. 752 p.

CANLI, M.; KALAY, M.; AY, Ö. Metal (Cd, Pb, Cu, Zn, Fe, Cr, Ni) Concentrations in tissues of a fish *Sardina pilchardus* and a prawn *Peaenu japonicus* from three stations on the Mediterranean Sea. **Bulletin Environmental Contamination Toxicology**, v. 67, p. 75–82. 2001.

_____. ATLI, G. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. **Environmental Pollution**, v. 121, p. 129–136. 2003.

CARVALHO, C.E.V.; FARIA, V.V.; CAVALCANTE, M.P.O.; GOMES, M.P.; REZENDE, C.E. Distribuição de metais pesados em peixes costeiros bentônicos da Região de Macaé, R.J., Brasil. **Ecotoxicology and Environmental Restoratio**, v. 3, n. 2, p. 64-68. 2000.
CHAN, K. M. Metallothionein: potential biomarker for monitoring heavy metal pollution in fish around Hong Kong. **Marine Pollution Bulletin**, v. 31, n. 4-12, p. 411-415. 1995.

CHANDRASHEKAR, K.; DEOSTHALE, Y.G. Proximate composition, amino acid, mineral, and trace element content of the edible muscle of 20 indian fish species. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 6, p. 195-200. 1993.

CHEUNG, K.C.; WONG, M.H. Risk assessment of heavy metal contamination in shrimp farming in Mai Po Nature Reserve, Hong Kong. **Environmental Geochemistry and Health**, v. 28, p. 27–36. 2006.

ÇOGUN, H. Y.; YÜZEREROGLU, T. A.; FIRAT, Ö.; GÖK, G.; KARGIN, F. Metal concentrations in fish species from the northeast mediterranean sea. **Environmental Monitoring and Assessment,** v. 121, p. 431–438. 2006.

COSTA, P.A.S.; BRAGA, A. C.; ROCHA L. O. F. Reef fisheries in Porto Seguro, eastern Brazilian coast. **Fisheries Research**, v. 60, p. 577–583. 2003.

COUTURE, P.; KUMAR, P. R. Impairment of metabolic capacities in copper and cadmium contaminated wild yellow perch (*Perca flavescens*). **Aquatic Toxicology**, v. 64, p. 107-120. 2003.

COZZOLINO, S.M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. Barueri, S P: Manole, 2005. 878p.

DE CONTO CINIER, C.; PETIT-RAMEL, M.; FAURE, R.; GARIN, D. Cadmium bioaccumulation in carp (*Cyprinus carpio*) tissues during long-term high exposure: Analysis by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 38, p. 137–143. 1997.

_____. PETIT-RAMEL, M.; FAURE, R.; BORTOLATO, M. Cadmium accumulation and metallothionein biosynthesis in Cyprinus carpio tissues. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 61, p. 793-799. 1998.

DE SOUZA LIMA J. R. G.; ARAUJO, F. G.; MAIA, M. F.; PINTO, A. S. DA S. B. Evaluation of heavy metals in fish of the Sepetiba and Ilha Grande Bays, Rio de Janeiro, Brazil. **Environmental Research Section A**, v. 89, p. 171-179. 2002.
DEMÉTRIO, C. G. B. **Modelos Lineares Generalizados em Experimentação Agronômica**. Piracicaba, São Paulo: 2002 p.

DUARTE, L. O.; GARCIA, C. B. Diet of the lane snapper, *Lutjanus synagris* (Lutjanidae), in the Gulf of Salamanca, Colombia. **Caribbean Journal of Science**, v. 35, n. 1-2, p. 54-69. 1999.

EVANGELISTA, J. **Alimentos: um estudo abrangente: nutrição, utilização, alimentos especiais e irradiados, coadjuvantes, contaminação, interações**. São Paulo: Atheneu, 2000. 466 p.

EVANS, D.W.; DODOO, D.K.; HANSON, P. J. Trace element concentrations in fish livers: implications of variations with fish size in pollution monitoring. **Marine Pollution Bulletin**, v. 26, n. 6, p. 329-334. 1993.

FABRIS, G.; TUROCZY, N. J.; STAGNITTI, F. Trace metal concentrations in edible tissue of snapper, flathead, lobster, and abalone from coastal waters of Victoria, Australia. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 63, p. 286–292. 2006.

FARKAS, A.; SALÁNKI, J.; SPECZIÁR, A. Relation Between Growth and the Heavy Metal Concentration in Organs of Bream *Abramis brama* L. Populating Lake Balaton. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 43, p. 236–243. 2002.

FARKAS, A.; SALANKI, J.; SPECZIAR, A. Age-and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. populating a low-contaminated site. **Water Research**, v. 37, n. 5, p. 959-964. 2003.

FIGUEIRA, R. C. L.; CUNHA, I. I. L. A contaminação dos oceanos por radionuclídeos antropogênicos. **Química Nova**, v. 21, n1., p. 73-77. 1998.

FRANCO, G. **Tabela de Composição Química dos Alimentos**. 8. ed. São Paulo: Atheneu, 1987. 230 p.

FURLONG, E. B.; BASTOS, A. L; BAISCH, A. L. M. Caracterização química de pescados empregados para tratamento de asma brônquica na região sul do Rio Grande do Sul. **Ciências Agrárias**, v. 27, n. 3, p. 415-422. 2006.

GANONG, W. F. **Fisiologia médica**. 14. ed. Rio de Janeiro: Prentice Hall do Brasil, 1993. p. 342-3.

GESTEIRA, T. C. V.; ROCHA, C. A. S. Estudo sobre a fecundidade do ariocó, *Lutjanus synagris* (Linnaeus), da costa do estado do Ceará (Brasil). **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 16, n. 1, p. 19-22. 1976.

GLOVER, C. N.; HOGSTRAND, C. In vivo characterisation of intestinal zinc uptake in freshwater rainbow trout. **The Journal of Experimental Biology**, v. 205, p. 141- 150. 2002.

GOYER, R. A. Toxic and essential metal interactions. **Revista de Nutrição**, v. 17, p. 37–50. 1997.

GROBLER, D. G. Copper poisoning in wild ruminants in the Kruger National Park: geobotanical and environmental investigation Onderstepoort. **Journal Veterinary**, v. 66, p. 81-93. 1999.

HAMZA-CHAFFA, I. A.; AMIARD-TRIQUET, C.; ABED, A. E. Metallothionein-like protein: Is it an efficient biomarker of metal contamination? A case study based on fish from the Tunisian Coast. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 33, p. 53–62. 1997.

HANDS, E.S. **Nutrients in food**. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000. 315 p.

HARDY, R. W.; SULLIVAN, C. V.; KOZIOL, A. M. Absorption, body distribution, and excretion of dietary zinc by rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Fish Physiology Biochemistry**, v. 3, p. 133-143. 1987.

HEAGLER, M. G.; LINDOW, A. G.; BECK, J. N.; JACKSON, C. S.; SNEDDON, J. The effect of water chemistry on the bioaccumulation of cadmium by *Menidia beryllina* (Cope), the Tidewater Silverside. Part 1: A simple and rapid method for the digestion of fish. **Microchemical Journal**, v. 53, p. 472–475. 1996.

HELMS J; MUNZEL U. **Nonparametric Multiple Comparisons** (NPMC): R package. Version 1.0-3; [S.I.], 2006.

HENRY, F.; AMARA, R.; COURCOT, L.; LACOUTURE, D.; BERTHO, M. L. Heavy metals in four fish species from the French coast of the Eastern English Channel and Southern Bight of the North Sea. **Environment International**, v. 30, p. 675–683. 2004.

HILLMAN, R. S. Hematopoeitic agents - growth factors, minerals and vitamins. In: HARDMAN, J.G.; LIMBIRD, L. E. (Ed.) **Goodman and Gilman's the pharmacological basis of therapeutics**. 9th. ed. New York: McGraw Hill, 1995. 1317-1325 p.

HOGSTRAND, C.; HAUX, C. Metallothionein as an indicator of heavy-metal exposure in two subtropical fish species. **Journal Experimental Marine Biology Ecology**, v. 138, p. 69-84. 1990.

HOLLIS, L.; MCGEER, J. C.; MCDONALD, D. .; WOOD C. M. Cadmium accumulation, gill Cd binding, acclimation, and physiological effects during long term sublethal Cd exposure in rainbow trout. **Aquatic Toxicology**, v. 46, p. 101–119. 1999.

IKEM, A.; EGIEBOR, N. O. Assessment of trace elements in canned shes (mackerel, tuna, salmon, sardines and herrings) marketed in Georgia and Alabama. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, p. 771–78. 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. (IAL). Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3 ed. São Paulo: IAL, 1 (1985) 533p.

KALAY, M.; AY, Ö; CANLI, M. Heavy metal concentrations in fish tissues from the northeast Mediterranean Sea. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 63, p. 673-681. 1999.

KAMUNDE, C.; GROSELL, M.; HIGGSAND, D.; WOOD, C. M. Copper metabolism in actively growing rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): interactions between dietary and waterborne copper uptake. **The Journal of Experimental Biology**, v. 205, p. 279–290. 2002.

KENNEDY, C.J.; MCDONALD, L.E.; LOVERIDGE, R.; STROSHER, M. M. The effect of bioaccumulated selenium on mortalities and deformities in the eggs, larvae and fry of a wild population of cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki lewisi*). **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 39, n. 1, p. 46-52. 2000.

KOJADINOVIC, J.; POTIER, M.; LE CORRE, M.; COSSON, R. P.; BUSTAMANTE, P. Bioaccumulation of trace elements in pelagic fish from the western Indian Ocean. **Environmental Pollution**, v. 146, p. 548-566. 2007.

KOTB, A.R.; ABU-HADID, A.; AL-BAKER, A. Omega-3-polyunsaturated fatty acids contents of some popular species of Arabian Gulf fish. **Food Chemistry**, v. 40, p. 185-190. 1991.

KRAUSE. **Alimentos, Nutrição e Dietoterapia**. 9. ed. São Paulo: Roca, 1998. 207p.

LAMEU, E. **Clínica Nutricional**. 1. ed. São Paulo: Revinter, 2005.

LAVILLA, I.; VILAS, P.; BENDICHO, C. Fast determination of arsenic, selenium, nickel and vanadium in fish and shellfish by electrothermal atomic absorption spectrometry following ultrasound-assisted extraction. **Food Chemistry**, v. 106, p. 403–409. 2008.

LEE, R. F. Agents which promote and stabilize water-in-oil emulsions. **Spill Science and Technology Bulletin**, v. 5, n. 2, p. 117-126. 1999.

LEMLY, A. D. Metabolic stress during winter increases the toxicity of selenium to fish. **Aquatic Toxicology**, v. 27, p. 133-158. 1993.

LEWIS, M. A.; SCOTT, G. I.; BEARDEN, D. W.; QUARLES, R. L.; MOORE, J.; STROZIER, E. D., SIVERTSEN, S. K.; DIAS, A. R.; SANDERS, M. Fish tissue quality in near-coastal areas of the Gulf of Mexico receiving point source discharges. **The Science of the Total Environment**, v. 284, p. 249-261. 2002.

LIANG, Y.; CHEUNG, R. Y. H.; WONG, M. H. Reclamation of wastewater for polyculture of freshwater fish: Bioaccumulation of trace metals in fishering. **Water Resourch**, v. 33, n. 11, p. 2690-2700. 1999.

LIBES, S. M. **An introduction to marine biogeochemistry**. New York: John Wiley and Sons, 1992. 734p.

LICATA, P., DI BELLA G., DUGO G.; NACCARI F. Organochlorine pesticides, PCBs and heavy metals in tissues of the mullet *Liza aurata* in lake Ganzirri and Straits of Messina (Sicily, Italy). **Chemosphere**, v. 52, p. 231–238. 2003.

_____. TROMBETTA, D.; CRISTANI, M. T.; NACCARI, C.; MARTINO, D.; CALÒ, M.; NACCARI, F. Heavy metals in liver and muscle of *Bluefin Tuna* (*Thunnus thynnus*) caught in the Straits of Messina (Sicily, Italy). **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 107, p. 239–248. 2005.

LINDE, A. R.; KLEIN, D.; HEINZ, K. Summer. Phenomenon of hepatic overload of copper in *Mugil cephalus*: Role of metallothionein and patterns of copper cellular distribution. **Basic and Clinical Pharmacology and Toxicology**, v. 97, p. 230–235. 2005.

_____. SANCHEZ-GALAN, S.; IZQUIERDO, J. I.; ARRIBAS, P.; MARANON, E.; GARCIA-VAZQUEZ, E. Brown trout as biomonitor of heavy metal pollution: Effect of age on the reliability of the assessment. **Environmental Research**, p. 120-135. 1998.

MAIER K. J.; NELSON, C. R.; BAILEY, F. C.; KLAINE, S. J.; KNIGHT, A. W. Accumulation of selenium by the aquatic biota of a watershed treated with seleniferous fertilizer. **Bulletin of Environmental Contamination Toxicology**, v. 60, p. 409-416. 1998.

MANSOUR, S. A.; SIDKY, M. M. Ecotoxicological Studies. 3. Heavy metals contaminating water and fish from Fayoum Governorate, Egypt. **Food Chemistry**, v. 78, p. 15-22. 2002.

MCGEER, J. C.; SZEBEDINSZKY, C.; MCDONALD, D. G.; WOOD. C. M. Effects of chronic sublethal exposure to waterborne Cu, Cd or Zn in rainbow trout 2: tissue specific metal accumulation. **Aquatic Toxicology**, v. 50, p. 245–256. 2000.

MELO, M. H. de A. Preparo de amostras de peixes para a determinação de metais. 2002. 80f. Tese (Doutorado em Química Analítica) - Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

MENDIL, D.; ULUÖZLÜ, O. D.; HASDEMIR, E.; TUZEN, M.; SARI, H.; SUIÇMEZ, M. Determination of trace metal levels in seven fish species in lakes in Tokat, Turkey. **Food Chemistry**, v. 90, n. 1-2, p. 175-179. 2005.

MENEZES, N. A.; FIGUEIREDO, J. L. Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. **Teleoslei 3.** São Paulo. Museu de Zoologia. Universidade de São Paulo, 1980. 96 p. (v. 4).

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS; DIRETORIA DE FAUNA E RECURSOS PESQUEIROS; COORDENAÇÃO-GERAL DE GESTÃO DE RECURSOS PESQUEIROS; CENTRO DE PESQUISA E GESTÃO DE RECURSOS PESQUEIROS DO LITORAL NORDESTE. (MMA, IBAMA, DIFAP, CGREP, CEPENE). Bahia. **Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina do Nordeste do Brasil**. (2004), p. 159-197.

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS; DIRETORIA DE FAUNA E RECURSOS PESQUEIROS; COORDENAÇÃO-GERAL DE GESTÃO DE RECURSOS PESQUEIROS; CENTRO DE PESQUISA E GESTÃO DE RECURSOS PESQUEIROS DO LITORAL NORDESTE. (MMA, IBAMA, DIFAP, CGREP, CEPENE). Bahia. **Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina do Nordeste do Brasil**. (2005), p. 29-79.

MONTGOMERY, D.C. **Design and analysis of experiments**. 3. ed. New York: Wiley Editora, 1991. 649 p.

MORA, S.; FOWLER, S. W.; WYSE, E.; AZEMARD, S. Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in the Gulf and Gulf of Oman. **Marine Pollution Bulletin**, v. 49, p. 410–424. 2004.

MORMEDE, S.; DAVIES, I.M. Trace elements in deep-water fish species from the Rockall Trough. **Fishering Resourch**, v. 51, n. 23, p. 197-206. 2001.

MUNZEL, U.; HOTHORN, L. A. *A* Unified Approach to Simultaneous Rank Test Proceduresin the Unbalanced One-way Layout. **Biometrical Journal**, v. 43, n. 5, p. 553–569. 2001.

MURAMOTO, S. Vertebral column damage and decrease of calcium concentration of fish exposed experimentally to cadmium. **Environmental Pollution**, v. 24, n., p. 125–133. 1981.

NAVARRO-ALARCÓN; LÓPEZ-MARTÍNEZ, M.M.C. Essentiality of selenium in the human body: relationship with different diseases.**The Science of the Total Environment**, v. 249, n. 1, p.347-371. 2000.

NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO; UNIVERSIDADE DE CAMPINAS. (NEPA; UNICAMP). **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 2. ed. Campinas, São Paulo, 2006.113p.

OGAWA, M. DE; MAIA, L.E. **Manual de Pesca: Ciência e Tecnologia do Pescado**. SP: Varela, 1999. 430 p.

OLGILVIE, D.M; STECHEY, D.M. Effects of Aluminum on respiratory responses and spontaneous ativity of rainbow trout. **Environment Toxicology Chemistry**, v. 2, p. 43-48. 1983.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE - OMS. **Elementos traço na nutrição e saúde humana**. Genebra. Tradução Andréa Favano, São Paulo: Roca, 1998. 297 p.

ORTUÑO, J. *et al.* "**Importância nutricional del selênio**". Archives Latinoamerican Nutricional. Caracas, v. 47, n. 1, p. 6-13. 1997.

PACHECO, R.S. **Aspectos da ecologia de pescadores residentes na península de Maraú-Ba:pesca, uso de recursos marinhos e dieta**.2006. 80f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Distrito Federal.

PACYNA, J.M.; PACYNA, E.G. An assessment of global and regional emissions of trace metals to the atmosphere from anthropogenic sources worldwide. **Environmental Reviews**, v. 9, p. 269-298. 2001.

PAPAGIANNIS, I.; KAGALOU, J.; LEONARDOS, D.; PETRIDIS, V.; KALFAKAKOU. Copper and zinc in four freshwater fish species from Lake Pamvotis (Greece). **Environment International**, v. 30, p. 357– 362. 2004.

PATIN, R. V.; VÍTOLO, M. R.; VALVERDE, M. A.; CARVALHO, P. O.; PASTORE, G. M.; LOPEZ, F. A. Influência da ingestão de sardinha nos níveis de ácidos graxos poliinsaturados da série ω3 no leite materno. **Jornal de Pediatria**, v. 82, n. 1, p. 63-69. 2006.

PEREIRA, A. A. F.; TENUTA-FILHO, A. Avaliação de condições de consumo da sardinha *Sardinella brasiliensis.* **Ciências e Tecnologia dos Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 720-725. 2005.

PEREZ CID, B.; BOIA C.; POMBO L.; REBELO E. Determination of trace metals in fish species of the Ria de Aveiro (Portugal) by electrothermal atomic absorption spectrometry. **Food Chemistry**, v. 75, p. 93–100. 2001.

PHILLIPS, D.J.; THOMPSON, G.B.; GABUJI, K.M.; HO, C.T. Trace metals of toxicological significance to man in Hong Kong Seafood. **Environmental Pollution B**, v. 3, n. 1, p. 27-45. 1982.

PLOETZ, D. M.; FITTS, B. E.; RICE, T. M. Differential Accumulation of Heavy Metals in Muscle and Liver of a Marine Fish, (King Mackerel, *Scomberomorus cavalla* Cuvier) from the Northern Gulf of Mexico, USA. **Bulletin Environmental Contamination Toxicology**, v. 78, n., p. 134–137. 2007.

POURANG, N.; DENNIS, J.H.; GHOURCHAIN, H. Tissue distribution and redistribution of trace elements in shrimp species with the emphasis on the roles of metallothionein. **Ecotoxicology**, v. 13, p. 519-533. 2004.

POWELL, J. J.; JUGDAOHSINGH, R.; THOMPSON, R. P. H. The regulation of mineral absorption in the gastrointestinal tract. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 58, p. 147-153. 1999.

_____. The Antioxidant Properties of Zinc. **The Journal of Nutrition**, v. 130, p. 1447S-1454S. 2000.

_____. BROWN, P. L.; BYRNE. R. H.; GAJDA, T.; HEFTER, G.; SJÖBERG, S.; WANNER, H. Chemical Speciation of Environmentally Significant Metals with Inorganic Ligands. **Pure Appllied Chemistry**, v. 79, n. 5, p. 895–950. 2007.

PRUDENTE, M.; KIM, EUN-YOUNG; TANABE, S.; TATSUKAWA, R. Metal levels in some commercial fish species from Manila Bay, the Philippines. **Marine Pollution Bulletin**, v. 34, n. 8, p. 671-674.1997.

PYLE, G. G.; RAJOTTEB, J. W. COUTURE, P. Effects of industrial metals on wild fish populations along a metal contamination gradient. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 61, p. 287–312. 2005.

R Development Core Team (2007). R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. disponível em <www.R-project .org.> acesso em 29 de maio de 2007.

REASH, R. J.; LOHNER, T. W.; WOOD, V. K. *Selenium and other trace metals in fish inhabiting a fly ash stream: Implications for regulatory tissue thresholds.* **Environmental Pollution**, v. 142, p. 397-408. 2006.

REZENDE S. M., FERREIRA B. P., FREDOU T. A pesca de lutjanídeos no nordeste do Brasil. **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, v. 11, n. 1, p. 257-270. 2003.

RIEDEL, R.; SCHLENK, D.; FRANK, D.; COSTA-PIERCE, B. Analyses of organic and inorganic contaminants in Salton Sea fish. **Marine Pollution Bulletin**, v. 44, p. 403–411. 2002.

RICHELSON, E. Lithium ion entry through the sodium channel of cultured mouse neuroblastoma cells: a biochemical study. **Science**, v. 196, p. 1001-1002. 1977.

ROMEO M. U, SIAU Y., SIDOUMOU Z., GNASSIA-BARELLI M. Heavy metal distribution in different fish species from the Mauritania coast**. The Science of the Total Environment** , v. 232, p. 169-175. 1999.

RUELAS-INZUNZA; PÁES-OSUNA, F. Distribution and concentration of trace metals in tissues of three penaeid shrimp species form Altata-Ensenada del Pabellón Lagoon (S>E> Gulf of California). **Environmental Contamination and Toxicology**, v. 72, p. 452-459. 2004.

SANTOS, B. F. **Avaliação dos níveis de contaminação por esgotos domésticos na Baía de Todos os Santos (BTS) através do uso do coprostanol**. 1997. 61f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

SÃO PAULO. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental–CETESB. **Informações ambientais**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/informacoesambientais/infoambientais.htm>. Acesso em: 2 mai. 2001.

SEKHAR, K.C.; CHARY N.S; KAMALA C.T.; SUMAN R. D.S.; SREENIVASA R. A. Fractionation studies and bioaccumulation of sediment-bound heavy metals in Kolleru lake by edible fish. **Environment International**, v. 29, p. 1001– 1008. 2004.

SHAFFER, J. P. Modified sequentially rejective multiple test procedures. **Journal of the American Statistical Association**, v. 81, p. 826-831. 1986.

SHARIF, A. K. M.; MUSTAFA, A.I.; MIRZA, A.H.; SAFIULLAH, S. Trace metals in tropical marine fish from the Bay of Bengal. **The Science of the Total Environment**, v. 107, p. 135-142. 1991.

SHUMT, S. C. K.; HOUK, R. S. Elemental speciation by anion exchange and size exclusion chromatography with detection by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry with direct injection nebulization. **Chemistry**, v. 65, p. 2972-2976. 1993.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: Oficina Gráfica da Universidade Federal de Viçosa, 1981.166p.

SILVA, S.M.C.S.; KUGA, E.K.; MANCINI FILHO, J. Efeito do processamento da sardinha (*Sardinella brasiliensis*) e da tainha (*Mugil cephalus*).**Revista Farmácia Bioquímica da Universidade de São Paulo**, SP., v. 29, n. 1, p. 41-46, 1993.

SILVA, D. G. DA; FRANCESCHINI, S. DO C. C.; PRIORE, S. E. Anemia ferropriva em crianças de 6 a 12 meses atendidas na rede pública de saúde do município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista de Nutrição**, v. 15, n. 3, p. 301-308. 2002.

SINDERMANN, C.J. Ocean pollution: effects on living resources and humans. Boca Raton:CRC Press, 1996. 275p.

SIVAPERUMAL, P.; SANKAR, T.V.; NAIR, P.G.V. Heavy metal concentrations in fish, shellfish and fish products from internal markets of India vis-a-vis international standards. Food Chemistry, v. 102, p. 612–620. 2007.

SKOOG, D.A; WEST, D.M.; HOLLER, J.M.,CROUCH, S.R. **Fundamentos de Química Analítica**. SP: Pioneira Thomson Learning, 2006. 999 p. Traduzido da 8.ed.

SMIRNOV, L.P.; SUKHOVSKAYA, I.V.; NEMOVA, N.N. Effects of environmental factors on low-molecular-weight peptides of fishes: a review. Russian Journal of Ecology, v. 36, n.1, p. 48-54. 2005.

TALAS, Z. S.; ORUN, I.; OZDEMIR I.; ERDOGAN K.; ALKAN, A.; YILMAZ, I. Antioxidative role of selenium against the toxic effect of heavy metals (Cd^{+2}, Cr^{+3}) on liver of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1792). **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 34, n.3, p. 217-222, 2008.

TARIQ, J.; JAFFAR, M.; MOAZZAM, M. Concentration correlations between major cations and heavy metals in fish from the Arabian Sea. **Marine Pollution Bulletin**, v. 22, n. 11, p. 562-565. 1991.

TARLEY, C.R.T.; COLTRO, W.K.T.; MATSUSHITA, M.; SOUZA, N. Characteristic levels of some heavy metals from brasilian canned sardines (*Sardinella brasiliensis*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 14, p. 611-617. 2001.

TOLEDO, M. DE; SAKUMA, A. M.; PREGNOLATTO, W. Aspects of cadmium contamination of seafoods from the Estuary of Santos, Bay of Guanabara, and Bay of Todos os Santos. Instituto Adolfo Lutz, Brazil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 43, n. 1-2, p. 15-24. 1983.

TOPCUOGLU, S.; KIRBASOGLU, C.; GÜNGÖR, N. Heavy metals in organisms and sediments from Turkish Coast of the Black Sea, 1997–1998. **Environment International**, v. 27, n. 7, p. 521– 526. 2002.

USERO, J.; IZQUIEDO, C.; MORILLO, J.; GARCIA, I. Heavy metals in fish (Solea vulgaris, Anguilla anguilla and Liza aurata) from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. **Environment International,** v. 29, n. 7, p. 949-956. 2004.

UYSAL, K. EMRE, Y. KÖSE, E. The determination of heavy metal accumulation ratios in muscle, skin and gills of some migratory fish species by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES) in Beymelek Lagoon (Antalya/Turkey). **Microchemical Journal**, v.90, n. 1, p. 67-70. 2008.

VELA, M. M; TOMA, R. B; REIBOLDT, W; PIERRI A. Detection of aluminium residue in fresh and stored canned beer. **Food Chemistry**, v. 63, n. 2, p. 235-9. 1998.

VIANA, F.; HUERTAS, R.; DANULAT, E. Heavy Metal Levels in Fish from Coastal Waters of Uruguay. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 48, n. 4, p. 530-537. 2005.

VILA NOVA, C. M. V. M.; GODOY, H. T.; ALDRIGUE, M. L. Composição Química, Teor de Colesterol e Caracterização dos Lipídios Totais de Tilápia (*Oreochromis niloticus*) e Pargo (*Lutjanus purpureus*) . **Ciências Tecnologia Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 430-436. 2005.

WALSH, P. J.; BLACKWELDER, P.; GILL, K. A.; DANULT, E.; MOMMSEN, T. P. Carbonate deposits in marine fish intestines: A new source of biomineralization. **Limnology and Oceanography**, v. 36, p. 1227-1232. 1991.

WATANABE, T.; KIRON, V.; SATOH, S. Trace minerals in fish nutrition. **Aquaculture**, v. 151, p. 185-207. 1997.

WESTFALL, P. H. Multiple testing of general contrasts using logical constraints and correlations. **Journal of the American Statistical Association**, v. 92, p. 299-306. 1997.

WHITEHEAD, M.W.; THOMPSON, R.P.; POWELL, J.J. Regulation of metal absorption in the gastrointestinal tract. **Gut**, v. 39, n. 5, p. 625 - 628. 1996.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Evaluation of certain food additives and contaminants. Geneva: **World Heath Organization**, WHO. 1993. (Technical Report Series, n.837).

YAMAZAKI, M.; TANIZAKI, Y.; SHIMOKAWA, T. Silver and other trace elements in a freshwater fish, Carasius auratus langsdorfii, from the Asakawa River in Tokyo, Japan. **Environmental Pollution**, v. 94, n. 1, p. 83-90. 1996.

ZEROUNIAN, N. R.; LINDER, M. C. Effects of cell intestinal model copper and ceruloplasmin on iron transport in the Caco 2. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 13, p. 138–148. 2002.