

ROBERTA CAETANO

**BIODISPONIBILIDADE DE ZINCO DE OSTRAS (*Crassostrea gigas*) CULTIVADAS
EM FLORIANÓPOLIS / SC.**

Florianópolis

2006

ROBERTA CAETANO

**BIODISPONIBILIDADE DE ZINCO DE OSTRAS (*Crassostrea gigas*) CULTIVADAS
EM FLORIANÓPOLIS / SC.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Nutrição do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito final à obtenção do título de Mestre em Nutrição.

Orientadora: Prof. Dra. Vera Lúcia Cardoso Garcia Tramonte

Florianópolis

2006

DEDICATÓRIA

Ao meu amor Rodrigo, por seu apoio em todos os momentos, por sua paciência e incentivo, por estar sempre ao meu lado e acreditar que seria capaz. Obrigada pelo seu amor!

À minha mãe Sirlei pelo seu amor e dedicação, por ouvir meus desabafos e sempre apoiar minhas decisões. Sua sensibilidade e amor sempre guiaram meus passos. Obrigada do fundo do coração!

Ao meu pai Ciríaco, por seus ensinamentos, por acreditar e mostrar-me a importância do estudo e direcionar-me para esse caminho. Minha eterna admiração.

À minha irmã Cynthia por ser sempre meu melhor exemplo. Apesar de distantes, estamos cada vez mais próximas, suas ligações foram muito importantes.

Ao meu irmão Roger pelos momentos sempre alegres ao seu lado e por todo seu carinho.

Obrigada por fazerem parte da minha vida!

Amo todos vocês!

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Prof^a Vera Tramonte inicialmente por ter aberto as portas de seu laboratório e oportunizado que eu conhecesse o mundo da pesquisa. Agradeço por suas orientações, ensinamentos e por toda sua contribuição para com minha formação.

À Prof^a Silvia Cozzolino, por ter-me recebido carinhosamente na USP e pela oportunidade de aprender através da realização das análises de minha pesquisa em seu laboratório. Obrigada por sua generosidade.

Ao Prof. Luiz Henrique Beirão por abrir as portas do seu laboratório, para que parte desta pesquisa se concretizasse e pelas dicas que contribuíram com esta pesquisa.

Ao Prof. Jaime Fernando Ferreira por ter aceitado participar de minha banca de defesa e contribuir com sua experiência em minha pesquisa.

Ao Prof. Marco Peres por sua disponibilidade e paciência em ensinar e pela contribuição essencial nas análises dos resultados desta pesquisa.

À minha colega e amiga Jane Parisenti por ter recebido-me com tanto carinho no laboratório e ter oferecido-me a oportunidade de aprender ao seu lado.

À minha amiga e colega Mariane Holzinger por “segurar as pontas” em nossa empresa, sua compreensão e apoio foram muito importantes. Obrigada de coração!

A todo o grupo do Laboratório (Gerson, Bê, Mari, Ale, Amanda, Manu, Josi), Ao colega Gerson Faccin, por ter compartilhado seu conhecimento e por estar sempre disposto a ajudar quando precisei. À amiga Mariana por ter sido parceira de aulas, análises, trabalhos e agradáveis conversas; à Amanda por sua ajuda; à Bê por sua amizade e valiosa contribuição neste trabalho. À Ale pelo seu grande sorriso desde o primeiro dia que entrei no laboratório, pelas dicas e conversas que tivemos.

À Cris, que abriu as portas de sua casa e me acolheu com muito carinho quando realizei minhas análises na USP. Agradeço por sua generosidade ao compartilhar o conhecimento e que mesmo de longe ajudou-me quando precisei. Amiga, conte sempre comigo. À minha nova e querida amiga Dêra, pela calorosa recepção e estadia em sua casa e por todas as risadas e momentos que tivemos.

Ao grupo do laboratório da USP, em especial à Cris, Alexandre e Liane que me receberam atentamente no laboratório, sempre dispostos a ajudar.

À prof^a Jussara por suas palavras de otimismo e entusiasmo. Às prof^a Sandra e Elisabeth pelas dicas. Ao prof. Ricardo pelo auxílio no experimento.

À Fazenda Marinha Atlântico Sul pelo fornecimento das ostras e confiança no trabalho.

CAETANO, R. **Biodisponibilidade de zinco de ostras (*Crassostrea gigas*) cultivadas em Florianópolis / SC**. Florianópolis, 2006. (Dissertação de Mestrado – Nutrição) – Universidade Federal de Santa Catarina.

RESUMO

O zinco é um mineral essencial para várias funções orgânicas e está amplamente distribuído no corpo humano. Sua deficiência pode causar anorexia, cicatrização lenta, disfunções imunológicas, desordens de comportamento, entre outras conseqüências. Os alimentos diferem no seu conteúdo de zinco, sendo as ostras consideradas entre as melhores fontes. Este trabalho tem como objetivo avaliar a biodisponibilidade de zinco de dieta contendo ostras *Crassostrea gigas* cultivadas em região de Florianópolis, SC, em ratas (*Rattus norvegicus*). As ostras foram coletadas na Fazenda Marinha Atlântico Sul localizada no Ribeirão da Ilha, Baía Sul da Ilha de Santa Catarina. O ensaio biológico durou 49 dias, sendo os animais, com idade média de 50 dias, distribuídos em três grupos: G1: dieta controle (AIN-93M), G2: dieta isenta de zinco (AIN-93M modificada); G3: dieta isenta de zinco e acrescida de ostras. Ao final do experimento foram coletados os fêmures dos animais para análise do teor de zinco. Com as análises das ostras *in natura*, verificamos 85,21g% de umidade; 1,6g% de cinzas, 6,37g% de proteínas, 1,54g% de lipídeos; 5,28g% de carboidratos, 60,56kcal e 4,38mg% de zinco. Quanto ao teor de zinco no fêmur, os grupos G1 e G3 apresentaram elevadas concentrações ($p < 0,05$) quando comparados ao grupo G2, sendo em média 246,62; 221,41 e 110,12 $\mu\text{g/g}$ osso, respectivamente. Estes resultados demonstram uma importante correlação entre consumo de zinco e teor de zinco no fêmur e que as ostras *Crassostrea gigas*, cultivadas em Florianópolis, apresentam alta biodisponibilidade de zinco.

Palavras-chave: ostras, zinco, biodisponibilidade.

CAETANO, R. **Zinc bioavailability of oysters (*Crassostrea gigas*) cultivated in Florianópolis / SC**. Florianópolis, 2006. (Master Degree Dissertation – Nutrition) – Universidade Federal de Santa Catarina.

ABSTRACT

Zinc is a mineral that is essential for various organical functions and is widely distributed in the human body. Its deficiency may cause anorexy, slow cicatrization, immunological disfunctions, behavior disorders, among other effects. Foods differ in their zinc amount, being oysters considered one of the best sources. The aim of this work is to evaluate the bioavailability of zinc in diet containing *Crassostrea gigas* oysters cultivated in the region of Florianópolis, SC, in female rats (*Rattus norvegicus*). The oysters were collected at the Fazenda Marinha Atlântico Sul, located in Ribeirao da Ilha, South Bay of Santa Catarina. The biological essay lasted 49 days, being the animals, aged 50 days in average, distributed in three groups: G1 (control diet - AIN-93M), G2 (zinc-free diet – AIN-93M modified), and G3 (zinc-free diet, added with oysters). At the end of the experiment the femurs of the animals were collected for analysis of the zinc content. The analysis of the oysters *in natura* showed: 85,12g% of humidity; 1,6g% of ashes; 6,37g% of proteins; 1,54g% of lipids; 5,28g% of carbohydrates, 60,56kcal and 4,38mg% of zinc. Related to zinc content in the femur, groups G1 and G3 presented high concentrations ($p < 0,05$) when compared to group G2, being in average 246,62; 221,41 and 110,12 $\mu\text{g/g}$ bone, respectively. These results show an important correlation between zinc intake and zinc levels in the femur and that the *Crassostrea gigas* oysters, cultivated in Florianópolis, present high bioavailability of zinc.

Key Words: oysters, zinc, bioavailability

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mecanismos de digestão, absorção e excreção de zinco dietético...	23
Figura 2 – Produção mundial de ostras (<i>Crassostrea gigas</i>) em toneladas ao ano.....	37
Figura 3 - Produção catarinense de ostras (<i>Crassostrea gigas</i>) de 1991 a 2005.....	38
Figura 4 - Fazenda Marinha de cultivo de ostras (<i>Crassostrea gigas</i>).....	40
Figura 5 – Coleta das ostras(<i>Crassostrea gigas</i>).....	40
Figura 6 – Ostra <i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg, 1795).....	40
Figura 7 – Localização da Fazenda Marinha de onde foram coletadas as ostras <i>Crassostrea gigas</i>	45
Figura 8 - Ostra (<i>Crassostrea gigas</i>): concha e porção comestível (utilizada no preparo da ração experimental contendo ostras).....	46
Figura 9 - Variação de temperatura em °C ao longo dos meses de 2001 a 2006.....	56
Figura 10 – Valor calórico (kcal%) das ostras do presente estudo e outros alimentos de origem animal.....	57
Figura 11 - Conteúdo protéico (g) e de lipídeos das ostras do presente estudo e outros alimentos de origem animal.....	57
Figura 12 – Conteúdo de zinco (mg) por 100g e por porção das principais fontes alimentares de zinco.....	62
Figura 13 - Consumo total de zinco pelos animais durante o ensaio biológico..	67
Figura 14 - Média do teor de zinco (µg/g osso) nos fêmures dos grupos experimentais.....	68

Figura 15 - Relação entre o consumo de zinco(mg) e o teor de zinco no fêmur (µg) dos animais no final do experimento.....	70
Figura 16 – Lesões nos olhos dos animais tratados com dieta isenta de zinco.	74
Figura 17 – Queda do pêlo e má cicatrização nos animais tratados com dieta isenta de zinco.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição centesimal (g%) e valor calórico (Kcal/100g) de ostras em Tabelas de Composição de Alimentos.....	42
Tabela 2 - Informação sobre o teor de zinco (mg%) em ostras, presente em tabelas de composição de alimentos.....	43
Tabela 3 - Concentrações de zinco, ferro e cobre em mg% de frutos do mar (mg/100g).....	44
Tabela 4. Ingredientes (g) utilizados no preparo de 1 quilo das rações controle e experimentais.....	
Tabela 5 - Composição centesimal (g%) e valor calórico (Kcal/100g) das ostras (<i>Crassostrea gigas</i>) <i>in natura</i> coletadas na região sul de Florianópolis/SC.....	53 54
Tabela 6 – Valor nutricional (g%) e valor calórico (Kcal/100g) de ostras <i>Crassostrea gigas in natura</i> , no verão, em diferentes estudos.....	58
Tabela 7 - Conteúdo de zinco (mg%) das ostras <i>Crassostrea gigas in natura</i> e desidratadas coletadas na região sul de Florianópolis/SC.....	59
Tabela 8 - Conteúdo de zinco (mg%) de ostras de diferentes estudos.....	63
Tabela 9. - Composição nutricional e teor de zinco (mg) das rações controle e experimentais.....	64
Tabela 10 – Efeitos das ostras (<i>Crassostrea gigas</i>) na ingestão alimentar, variação do peso corporal, e coeficiente de eficácia alimentar (CEA) em ratos.	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Aspectos a serem considerados nos estudos sobre biodisponibilidade de minerais.....	29
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	17
3.1 Funções do zinco.....	17
3.2 Concentração de zinco no organismo.....	20
3.3 Absorção do zinco.....	21
3.4 Deficiência de zinco.....	24
3.5 Principais fontes alimentares de zinco.....	27
3.6 Recomendações de zinco.....	28
3.7 Biodisponibilidade de zinco... ..	30
3.8 Fatores que interferem na biodisponibilidade de zinco.....	35
3.9 Produção de ostras.....	36
3.10 Caracterização da ostra <i>Crassostrea gigas</i>	40
3.11 Informações nutricionais disponíveis.....	41
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	45
4.1 Ostras.....	45
4.2 Delineamento experimental.....	46
4.3 Análises químicas das ostras.....	47
4.3.1 Composição centesimal.....	47
4.3.2 Determinação do teor de zinco.....	48
4.3.3 Lavagem e descontaminação do material de trabalho.....	48
4.4 Ensaio Biológico.....	48

4.5 Preparo das rações experimentais.....	49
4.6 Avaliação da eficácia alimentar.....	50
4.7 Coleta do material biológico.....	50
4.8 Análise do teor de zinco do fêmur dos animais.....	50
4.9 Análise Estatística.....	52
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
5.1 Composição centesimal das ostras.....	53
5.2 Teor de zinco das ostras.....	58
5.3 Ensaio biológico.....	62
5.3.1 Composição nutricional das rações experimentais.....	62
5.3.2 Consumo de ração, variação de peso e peso do fígado.....	64
5.3.3 Considerações importantes.....	66
5.3.4 Consumo de zinco e teor de zinco no fêmur.....	67
5.3.5 Sinais da deficiência de zinco observados durante o ensaio biológico.....	73
6 CONCLUSÕES.....	75
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

1 INTRODUÇÃO

Os frutos do mar são alimentos de importância nutricional por serem considerados fontes de proteínas de alto valor biológico, ácidos graxos essenciais e baixo valor calórico (SOUTHGATE, 1992; MEDEIROS, 2001; PARISENTI, 2006). Além disso, são boas fontes de minerais como selênio, iodo, flúor, cobre, ferro e zinco (GORDON, 1988; PEDROSA & COZZOLINO, 1993; CAVALCANTI, 2003).

Dentre os frutos do mar, os mariscos são alimentos considerados como as melhores fontes de zinco (PEDROSA & COZZOLINO, 2001; BLACKMORE, 2001; SHILS et al., 1994) e são bastante disponíveis em nossa região, sendo Florianópolis responsável por 80% da produção nacional de ostras (ALAMINO, 2004)

O zinco é o segundo elemento-traço mais abundante no corpo humano e é um mineral essencial para várias funções no organismo, sendo componente indispensável para a atividade de inúmeras enzimas e estabilizador de estruturas moleculares de constituintes citoplasmáticos (MCCALL et al., 2000). Participa da síntese e degradação de carboidratos, lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos, além de desempenhar importante papel na transcrição de polinucleotídeos e regulação da expressão gênica (GIBSON, 1990; MACDONALD, 2000). Também possui importante função no sistema de defesa antioxidante (SALGUEIRO et al, 2000).

Nos últimos anos, a deficiência de zinco tem-se tornado um problema nutricional mundial que afeta países desenvolvidos e em desenvolvimento (SALGUEIRO et al., 2000). Estudos com diferentes faixas etárias em vários estados brasileiros têm demonstrado deficiência na ingestão de zinco, entre eles São Paulo, Manaus, Amazonas e Santa Catarina (DANTAS & COZZOLINO, 1990; CORDEIRO, 1994; FAVARO et al., 1997; YUYAMA et al., 2000; NAGAHAMA et al., 2000).

Os fatores que podem levar à deficiência de zinco são: consumo inadequado do mineral, nutrição parenteral total, consumo de substâncias que diminuem a biodisponibilidade de zinco, desnutrição energético-protéica, má absorção, insuficiência renal crônica e outras doenças (PRASAD, 1996).

Apesar das ostras e mexilhões serem disponíveis nas regiões litorâneas, como em Florianópolis, pesquisas sobre a alimentação no Estado de Santa Catarina apontaram uma inadequação de zinco nas dietas de catarinenses de baixa renda (TRAMONTE, 1995).

A deficiência de zinco deve ser corrigida ou evitada através do aumento no consumo de alimentos com altos teores deste mineral e que apresentem alta biodisponibilidade. Entretanto, informações nutricionais quanto aos teores de macro e micronutrientes dos moluscos marinhos são escassas ou incompletas em tabelas de composição química de alimentos, instrumentos usualmente utilizados por profissionais da nutrição e áreas afins como ferramenta de trabalho para cálculo das adequações dietéticas.

As ostras são organismos filtradores cuja composição nutricional pode sofrer interferência de vários fatores como a espécie, sexo, grau de maturação sexual, tamanho, temperatura, local de cultivo, tipo de alimentação e estação do ano (PIGOTT & TUCKER, 1990; RUIZ et al., 1992; KARAKOLTSIDIS et al., 1995; LINEHAN et al., 1999; SAUCEDO et al., 2002, TRAMONTE et al, 2005).

Justificando a importância de que cada estado litorâneo conheça as características nutricionais dos moluscos cultivados em sua região, a proposta deste trabalho é determinar a composição nutricional, o teor e a biodisponibilidade de zinco de ostras (*Crassostrea gigas*) cultivadas em região de Florianópolis / SC.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Determinar o teor de zinco de ostras *Crassostrea gigas* cultivadas em Florianópolis/SC e avaliar sua biodisponibilidade quando fornecidas a ratas Wistar.

2.2 Objetivos específicos

- ◆ Determinar o teor de zinco e a composição centesimal de ostras (*Crassostrea gigas*) cultivadas em Florianópolis;
- ◆ Realizar ensaio biológico para determinação da biodisponibilidade do zinco das ostras (*Crassostrea gigas*);
- ◆ Determinar o teor e a composição centesimal das rações experimentais;
- ◆ Avaliar a variação de peso, consumo de ração e peso do fígado dos animais experimentais;
- ◆ Avaliar o coeficiente de eficácia alimentar (CEA) das rações experimentais;
- ◆ Determinar o teor de zinco no fêmur de ratas alimentadas com dieta contendo ostras (*Crassostrea gigas*);

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Funções do zinco

O zinco é um dos elementos-traço essenciais mais importantes à nutrição humana (SALGUEIRO et al., 2000). Sua essencialidade para o crescimento de bactérias foi reconhecida no ano de 1869 e, em 1934, o zinco foi considerado como essencial para o crescimento de ratos. Somente em 1961, no Egito, foi documentada a deficiência deste mineral em humanos, que até então se acreditava não ocorrer (PRASAD, 2001).

O zinco participa de muitas reações do metabolismo celular, incluindo processos fisiológicos, tais como função imune, defesa antioxidante, crescimento e desenvolvimento (SZCKUREK et al., 2001).

Diversas enzimas e proteínas contendo zinco participam do metabolismo de proteínas, carboidratos, lipídeos e ácidos nucleicos e, recentemente, tornou-se importante via de investigação no conhecimento do processo de controle da expressão gênica. Mais de 300 tipos diferentes de enzimas necessitam da coordenação de um ou mais átomos de zinco, podendo ser classificados como fatores catalíticos, co-catalíticos ou estruturais (VALEE & FALCHUK, 1993; MCCALL et al., 2000). Exemplos de enzimas zinco-dependentes são a anidrase carbônica (encontrada principalmente nos eritrócitos), a desidrogenase láctica (sendo importante para as interconversões entre o ácido pirúvico e o ácido láctico) e algumas peptidases, que participam da digestão das proteínas no tubo gastrintestinal (GUYTON, 1992). A anidrase carbônica, presente na mucosa gástrica, fígado, pâncreas, córtex supra-renal, músculos e hemácias, atua como

transportadora de dióxido de carbono, especialmente nas hemácias. Além disso, desempenha papel importante nas células dos túbulos renais e na manutenção do equilíbrio ácido-básico (PRASAD, 1991).

Na função catalítica, se considera que o metal participe diretamente da catálise enzimática e sua remoção causa a inativação da enzima. Além disso, possui uma molécula de água ligada a outras três ou quatro moléculas de aminoácidos, o que diferencia o sítio catalítico dos demais sítios co-catalíticos e estruturais, onde o sítio de coordenação é todo composto por cadeias laterais de aminoácidos (VALEE & AULD, 1990). Estes mesmos autores, pouco tempo depois, verificaram que na função co-catalítica, o zinco pode aumentar ou reduzir a catálise, associando-se a outro átomo de zinco ou de outro metal no sítio ativo enzimático e sua remoção não causa inativação da enzima (VALEE & AULD, 1993).

O zinco tem importante função reguladora, sendo captado pelas vesículas sinápticas, atuando na atividade neuronal e na memória (COZZOLINO, 2005). É encontrado no núcleo celular, desempenhando papel na organização polimérica de macromoléculas como DNA e RNA e é indispensável para a atividade de enzimas envolvidas diretamente com a síntese destas macromoléculas (OMS, 1998; WAY, 2000; BRZÓSKA & JAKONIUK, 2001). É um mineral essencial para a replicação e transcrição do DNA e, por isso, influencia a divisão e diferenciação celular (TAKEDA, 2000). Por este envolvimento na tradução, transporte e replicação do DNA e pelo fato de as células do sistema imune apresentam altas taxas de proliferação, o zinco desempenha papel fundamental no sistema imunológico (SALGUEIRO et al., 2000). Além disso, é imprescindível para o funcionamento adequado de linfócitos e fibroblastos, o que o torna essencial na defesa imunológica e na cicatrização (COZZOLINO, 2005).

É elemento necessário para o metabolismo da vitamina A, armazena e libera insulina (SALGUEIRO et al., 2000), participa do metabolismo da somatomedina, modulação da prolactina, ação de hormônios do timo, tireóide, supra-renal e testículos, atuando na espermatogênese. O zinco possui papel importante no sistema reprodutor de diferentes animais, participando da síntese e secreção de hormônios como LH (hormônios luteinizantes) e FSH (folículo-estimulante), diferenciação das gônadas, crescimento testicular, formação e manutenção dos espermatozoides, estereoidogênese e manutenção de parâmetros normais de fertilidade (AESON & CHUNG, 1996).

O zinco também está envolvido na estabilização de membranas estruturais e na proteção celular, prevenindo a peroxidação lipídica (POWELL, 2000).

As propriedades antioxidantes do zinco são explicadas pelo seu papel na regulação da síntese da metalotioneína, na estrutura da enzima superóxido dismutase e na proteção de agrupamentos sulfidril de proteínas de membranas celulares por antagonismo com metais pró-oxidantes como ferro e cobre, sendo esta uma ação antioxidante indireta, uma vez que o íon zinco não é ativo em reações de óxido-redução (CLARKSON & THOMPSON, 2000). O zinco induz a síntese da metalotioneína que, por sua vez, inibe reações de propagação de radicais livres através da ligação seletiva de íons de metais pró-oxidantes como o ferro e cobre e dos potencialmente tóxicos como cádmio e mercúrio (HAMMER, 1986). Portanto, essa capacidade de regulação da síntese de metalotioneína depende de um estado nutricional adequado de zinco (MARET, 2000). Em relação à superóxido dismutase (SOD), o zinco é componente estrutural e também catalítico desta enzima, presente no citoplasma de todas as células e que possui como centro ativo um íon cobre e outro zinco (LEHNINGER, 1998). Além disso, também compõe a enzima superóxido

dismutase extracelular (EC-SOD), que parece depender ainda mais do zinco do que a própria SOD, tendo sua atividade reduzida na deficiência do mineral (OLIN et al., 1995).

3.2 Concentrações de zinco no organismo

O zinco está amplamente distribuído no corpo humano (SOLOMONS & JACOB, 1981; WAY, 2000). O conteúdo corporal total de zinco em adultos varia de cerca de 1,5g em mulheres a 2,5g em homens, dos quais mais de 80% são encontrados nos ossos e músculos (KING & KEEN, 2003; GIBSON, 1990), sendo que as concentrações de zinco nos ossos variam entre 100 e 200mg/kg e no músculo esquelético entre 30 e 50mg/kg. Também há significativas quantidades do mineral na pele e nos cabelos (BOBILY et al., 1994), além dos olhos, próstata, unhas, fígado, pâncreas e secreção das glândulas endócrinas (PRASAD, 1991).

No sangue, cerca de 80% do zinco é encontrado nos eritrócitos e 16% no plasma ligado principalmente à albumina (SANDSTRÖM, 1997). O zinco encontrado nos eritrócitos não reflete mudanças recentes nos níveis de zinco orgânico de um indivíduo, e é um parâmetro de estado nutricional relativo ao zinco de prazo mais longo (GIBSON, 1990). De 30 a 40% do Zn celular total está no núcleo, cerca de 50% está no citoplasma e suas organelas, e a quantidade remanescente na membrana e/ou parede celular (VALLEE & FALCHUK, 1993).

Na deficiência grave, o conteúdo corpóreo total de zinco de animais experimentais pode diminuir a níveis críticos de até 30% em relação a animais controle, mas essa perda não é uniforme entre os tecidos. As concentrações no

plasma, fígado, ossos e testículos parecem ser as mais afetadas e tem 45%, 19%, 64% e 53% respectivamente menos zinco que seus controles (KING et al, 2000).

O teor de zinco fixado no fêmur tem sido freqüentemente utilizado para avaliar a biodisponibilidade de zinco como nos estudos de Pedroza & Cozzolino (1990), Salgueiro et al. (2000), Cao et al. (2002), Yonekura et al. (2004) e Yamaguchi et al. (2004), evidenciando o papel deste mineral no metabolismo ósseo (MOMCILOVIC et al., 1975).

3.3 Absorção do zinco

A essencialidade biológica do zinco está na existência de um mecanismo homeostático que regula sua absorção através do trato gastrintestinal, captação celular, distribuição através dos compartimentos intracelulares e macromoléculas, bem como sua excreção através dos rins e pele (COZZOLINO, 2005). Uma regulação na absorção e excreção renal ocorre quando há ingestões extremamente altas ou baixas de zinco e a redistribuição tecidual e celular de zinco pode favorecer a homeostase (KREBS, 2000)

Hambidge et al. (1998) descreve que a quantidade de zinco absorvido da alimentação constitui a principal forma de seu controle corporal. O sítio primário de absorção do zinco exógeno em humanos é o intestino delgado proximal, através de transporte ativo e passivo (KREBS, 2000; SALGUEIRO et al., 2000). O transporte ativo é saturável em altas concentrações do metal no lúmen do intestino, e tem sua eficiência aumentada durante períodos de baixa ingestão. Ao contrário, o transporte passivo é um mecanismo de difusão, que permanece inalterado durante períodos de baixa ingestão e sua eficiência é proporcional às concentrações de zinco no lúmen.

A eficiência desses processos varia entre 15 a 40%. Há também a produção endógena de zinco no lúmen intestinal através de secreções pancreática, biliar e intestinal, bem como da descamação das células da mucosa. No intestino, tanto o zinco dietético quanto o endógeno são submetidos ao mesmo processo de regulação homeostática e podem ser reabsorvidos no segmento distal do intestino ou excretados nas fezes (SALGUEIRO et al., 2000; KING & KEEN, 2003).

O zinco é transferido do lúmen intestinal para o interior do enterócito, ultrapassando a borda em escova, por processo mediado por carreadores localizados na borda em escova do enterócito. O zinco livre, por sua vez, pode se ligar novamente a peptídeos, aminoácidos, ácidos orgânicos, fosfatos, prostaglandinas, ácido cítrico e ácido picolínico, compostos resultantes da digestão e presentes no lúmen (COZZOLINO, 2005).

Dentro da célula da mucosa o zinco é regulado por proteínas que ligam metais como as metalotioneínas e as proteínas intestinais ricas em cisteína (CRIP's). Acredita-se que, após passar do meio extracelular para o enterócito, o zinco se liga a CRIP que atuará no transporte intracelular, passando por difusão em direção à membrana basolateral. Já a metalotioneína inibe a absorção do zinco, uma vez que liga-se ao metal transitoriamente e o libera gradativamente no citosol, para que o zinco possa ligar-se a CRIP (HEMPE & COUSINS, 1992).

Após a absorção, o zinco é liberado da célula intestinal através da membrana basolateral por meio de transportadores, passa para os capilares mesentéricos e é transportado para o sangue portal, sendo captado pelo fígado e distribuído aos demais tecidos (SALGUEIRO et al., 2000; KING & KEEN, 2003). Armazena-se no fígado, tecido muscular, unhas, pâncreas, ossos, dentre outros e sua excreção ocorre por via urinária, cabelo, descamações da pele e através do sêmen (PRASAD,

1991). O zinco é carregado no sangue pela albumina, porém outros componentes do plasma também podem se ligar ao metal, entre eles α -macroglobulina, transferrina, cisteína e histidina (SALGUEIRO et al., 2000; KING & KEEN, 2003) (Fig.1).

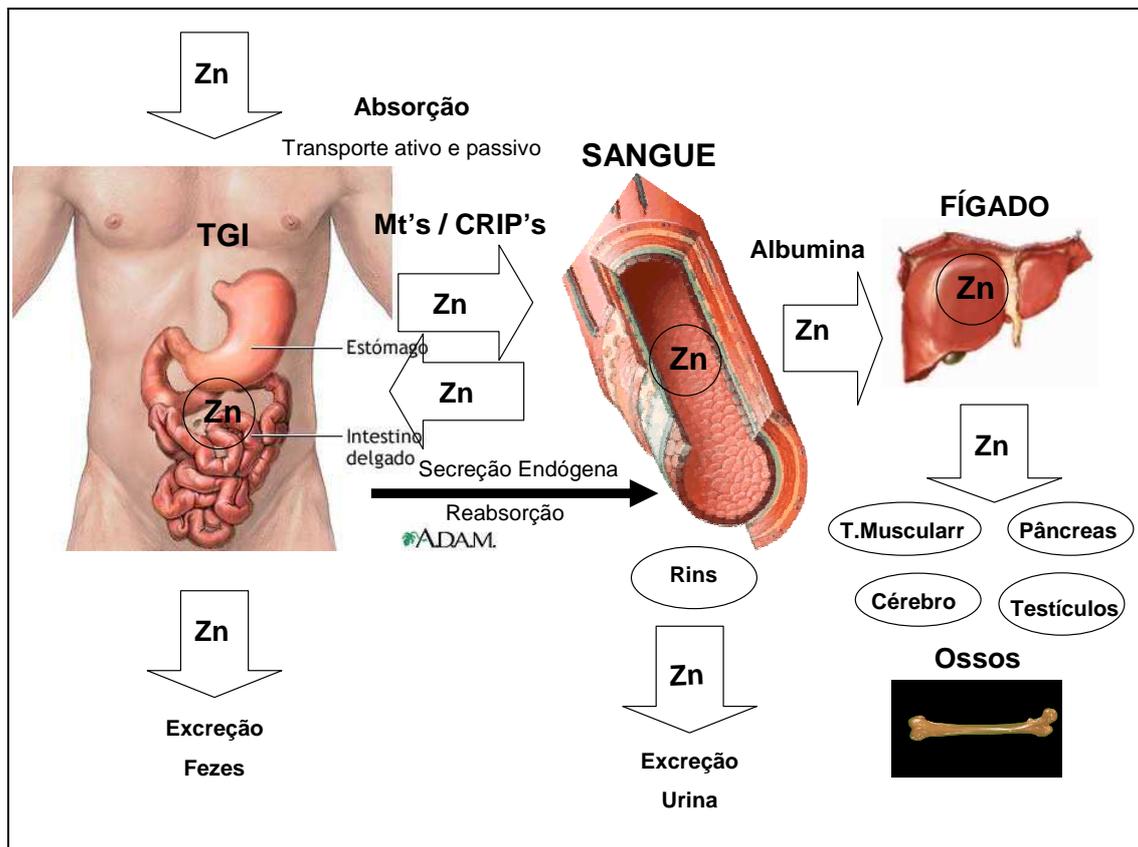


Figura 1 - Mecanismos de digestão, absorção e excreção de zinco dietético.

Fonte: Adaptado de: Henriques & Cozzolino, 2003.

A principal forma de eliminação do zinco corporal é pelas fezes, que pode ser de 0,5 a 5,0mg/dia variando de indivíduo para indivíduo, devido a vários fatores, sendo em média 0,7mg/dia pela urina e 0,5mg/dia através da pele. O líquido prostático contém também alta concentração de zinco, sendo que uma ejaculação pode conter até 1,0mg de zinco. Outras perdas do mineral podem ocorrer pelo cabelo e no ciclo menstrual. (COZZOLINO, 2005).

3.4 Deficiência de zinco

Há poucas décadas atrás, acreditava-se que a deficiência de zinco fosse rara em humanos, até que na década de 70 foi relatado que a acrodermatite enterohepática, doença genética fatal, era causada pela deficiência de zinco. Os indivíduos portadores desta patologia eram incapazes de absorver o zinco dietético e a suplementação com o mineral revertia esta condição. Nesta mesma década, houve um segundo acontecimento importante: a decisão de estabelecer uma Recomendação Dietética Adequada (RDA) de zinco para humanos (PRASAD, 2001).

A deficiência de zinco tornou-se um problema nutricional presente em países desenvolvidos ou em desenvolvimento (SALGUEIRO et al., 2000), sendo que as principais causas e condições clínicas associadas à deficiência de zinco são: ingestão dietética inadequada, diminuição na absorção ou aumento na excreção urinária, presença de agentes dietéticos que comprometem sua absorção, cirurgias do intestino, síndromes de má absorção, doenças renais, doença crônica do fígado, abuso de álcool, nutrição parenteral total sem adição de zinco e problemas genéticos (PRASAD, 1996).

Dentre as principais manifestações clínicas da deficiência de zinco, destaca-se o retardo no crescimento, hipogonadismo, alteração da resposta imune, dificuldade de cicatrização, aumento do risco de aborto, diarreia, anorexia (pelo aumento dos níveis de norepinefrina e alterações no hipotálamo), perda de peso, alopecia e prematuridade na gestação (SALGUEIRO et al., 2000; HAMBIDGE, 2000).

Segundo a Organização Mundial de Saúde - OMS (1998), além das manifestações clínicas citadas anteriormente, a deficiência de zinco também

ocasiona uma mobilização das reservas funcionais e, com a deficiência prolongada, retardo e defeito no crescimento fetal; intolerância à glicose pela diminuição de produção de insulina; impotência sexual e esquelética; restrição da utilização de vitamina A; fragilidade osmótica dos eritrócitos; diminuição da atividade da interleucina-2; hipogeusia (o zinco é componente da gustina, uma proteína envolvida com o paladar); desordens de comportamento, aprendizado e memória; bem como dermatite.

A perda de zinco da membrana celular é um dos primeiros sinais de depleção deste mineral no organismo. Esta perda pode afetar a função da membrana celular, alterando a fluidez, os canais de transporte de sódio e de cálcio e o balanço hídrico e osmótico da célula (BETTGER & O'DELL, 1993).

Crianças, com deficiência leve de zinco, quando receberam suplementação desse mineral, apresentaram melhor recuperação do peso comparadas às que receberam placebo (VANDERKOOY & GIBSON, 1987). Halsted et al. (1972) demonstraram, ainda, maior ganho na altura por adolescentes suplementados com zinco. Já Favaro & Vannucchi (1990), com o objetivo de determinar as concentrações plasmáticas de zinco de crianças de baixo nível sócio-econômico de moradoras da periferia de Ribeirão Preto e correlacioná-los aos parâmetros antropométricos, verificaram baixos níveis plasmáticos de zinco e consideraram que a ingestão dietética desse nutriente pode ser insuficiente entre essas crianças, entretanto sem repercussão evidente sobre o seu desenvolvimento pondero-estatural.

Desta forma, os dados existentes parecem ser ainda insuficientes para a conclusão definitiva sobre o papel exato da deficiência de zinco no crescimento e desenvolvimento corporal ao nível populacional. Outro aspecto, também importante,

é a impossibilidade de afastar a existência de deficiências simultâneas de outros nutrientes, que poderiam estar concorrendo para uma alteração no crescimento (FAVARO & VANNUCCHI, 1990).

Em relação ao comprometimento da função imunológica, a deficiência de zinco pode causar um profundo efeito supressor na função do timo, no desenvolvimento de linfócitos T, na linfoproliferação, na função das células B dependente de células T e na resistência a infecções. Ao contrário, a suplementação de zinco tem mostrado acentuar certas respostas imunológicas em animais e humanos (WAY, 2000). A timulina é um hormônio importante para maturação e diferenciação dos linfócitos T, cuja atividade biológica depende do zinco. O papel do zinco está relacionado com timulina e diferenciação da linhagem de células T no combate a infecções oportunistas (BAUM et al., 2000).

A privação de zinco está relacionada a déficits cognitivos em tarefas de atenção visual e memória de curto prazo em macacos, bem como deficiências de aprendizagem e discriminação visual em ratos (TAKEDA, 2000).

A deficiência moderada em zinco é relativamente difundida em alguns grupos vulneráveis que possuem altas necessidades fisiológicas, entre os quais, crianças, mulheres gestantes e lactantes e indivíduos com baixa ingestão crônica de zinco ou com dietas pobres em zinco biodisponível (KREBS, 2000).

Nogueira et al. (2003) ao avaliar o estado nutricional de adolescentes grávidas recebendo diferentes esquemas de suplementação de ferro, ácido fólico e zinco, verificaram redução na concentração plasmática de zinco em todos os grupos pesquisados, entretanto essa redução foi significativa apenas para os dois grupos cujas adolescentes não receberam esse mineral na suplementação.

3.5 Recomendações de zinco

A recomendação de zinco para a população sadia foi modificada recentemente e passou de 12mg/dia para mulheres e 15mg/dia para homens para 8mg/dia e 11mg/dia respectivamente (IOM, 2001). Entretanto, estudos avaliando o estado nutricional em relação ao zinco, em diferentes grupos populacionais, demonstraram baixo consumo deste mineral. (DANTAS & COZZOLINO, 1990; ZIEGLER et al., 2001; TURNER et al., 2003; GOTTSCHALL et al., 2004).

Este quadro de desnutrição em relação ao zinco, acentua-se em grupos populacionais de risco, como crianças, gestantes, idosos e indivíduos com a saúde debilitada por diversas patologias, ou por deficiência na ingestão ou por consumo de alimentos com baixa biodisponibilidade para este mineral. Oguntona & Akinyele (2002), ao avaliarem a ingestão de nutrientes por adolescentes grávidas de áreas rural e urbana, verificaram que somente 30% das adolescentes atingiram 100% da recomendação de zinco.

Estudo realizado por Joung et al. (2004) demonstrou média de ingestão de zinco dos adultos coreanos (9,5mg para homens e 7,5mg para mulheres) inferior à recomendação para a população coreana.

Cesar et al. (2005) avaliaram o consumo alimentar de zinco de idosos saudáveis, atendidos no Centro de Reabilitação da Prefeitura Municipal de Araraquara, SP e relacionaram com o zinco plasmático. A ingestão média de zinco pelas mulheres foi de $10,8 \pm 4,1$ mg/d e pelos homens $19,7 \pm 7,2$ mg/d, ou seja, de acordo com a recomendação. Entretanto a concentração plasmática de zinco, tanto nas mulheres como nos homens estavam abaixo das referências para a idade. Demonstrando que, apesar do consumo adequado de zinco, esta dieta não apresentou alta biodisponibilidade para este mineral. Os autores destacam que a

alta prevalência da deficiência de zinco plasmático, detectada nos idosos de Araraquara, pode ser explicada pela baixa ingestão de energia pelas mulheres e pelo consumo habitual de leguminosas, em ambos os sexos, associados às alterações metabólicas próprias do envelhecimento. Estes resultados alertam para a possível redução da biodisponibilidade de zinco na alimentação dos idosos, com freqüente consumo de feijão e menor ingestão de carnes vermelhas ou outra fonte de zinco biodisponível.

3.6 Biodisponibilidade de zinco

“O termo biodisponibilidade refere-se à fração de qualquer nutriente ingerido que tem o potencial para suprir demandas fisiológicas em tecidos alvos” (Conferência Internacional de Biodisponibilidade em Wageningen, Holanda 1997).

Nesta mesma conferência foi sugerida a utilização do termo SLAMANGHI, que inicialmente seria para carotenóides e que se considerou útil também para o estudo dos demais nutrientes. O termo destaca os aspectos que devem ser considerados nos estudos de biodisponibilidade, sendo que cada uma das letras se refere a um destes aspectos, como mostra o Quadro 1.

Sigla	Aspecto	Significado
S	Species	Especiação do nutriente
L	Linkage	Ligação molecular
A	Amount in the diet	Quantidade na dieta
M	Matrix	Matrix onde nutriente está incorporado
A	Attenuators absorption and bioconversion	Atenuadores absorção e bioconversão
N	Nutrient Status	Estado nutricional do indivíduo
G	Genetic factors	Fatores genéticos
H	Host related factors	Fatores relacionados ao indivíduo
I	Interactions	Interações

Quadro 1. Aspectos a serem considerados nos estudos sobre biodisponibilidade de minerais. Adaptado de COZZOLINO, 2005.

Segundo a Food and Agriculture Organization (FAO) e a World Health Organization (WHO) O zinco de origem animal parece ser melhor absorvido do que o de plantas. As populações que têm como base da dieta alimentos de origem vegetal são predispostas à deficiência de zinco, devido, principalmente, à qualidade protéica e à alta ingestão de ácido fítico.

Baseada na relação existente entre os fatores da dieta e a biodisponibilidade de zinco, a FAO e a WHO estabeleceram critérios de classificação das dietas de populações, quanto à disponibilidade de zinco em: alta, moderada e baixa, considerando a presença de ácido fítico na dieta, proteínas de origem animal e a razão molar fitato:zinco.

A ostra, além de conter grande quantidade de zinco, parece destacar-se também pela alta biodisponibilidade deste mineral. Solomons & Jacob (1981) sugerem que a forma orgânica do zinco em ostras é tão biodisponível quanto o ferro hemínico das carnes.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (1998) um alimento tem boa biodisponibilidade de zinco quando seu aproveitamento é de 50 a 55%, moderada de 30 a 35% e baixa biodisponibilidade de zinco quando apenas 10 a 15% do mineral são realmente utilizados pelo organismo.

3.7 Fatores que interferem na biodisponibilidade de zinco

Grande parte dos oligoelementos, como o zinco, tem absorção relativamente baixa e sujeita a fatores dietéticos e fisiológicos. Portanto, mesmo havendo um consumo adequado, pode ocorrer deficiência em zinco se a biodisponibilidade deste elemento na dieta for muito baixa. Há grande probabilidade de que a causa mais freqüente da deficiência de zinco seja a baixa biodisponibilidade (COZZOLINO, 2005).

Estudos com isótopos realizados em humanos identificaram três fatores da dieta como os mais importantes para a biodisponibilidade do zinco: conteúdo de fitatos, total de zinco e teor de proteína na dieta (COZZOLINO, 2005). O fitato (mio-inositol hexafosfórico) presente em altas concentrações em alimentos ricos em fibras, pode ligar-se ao zinco, formando complexos insolúveis, diminuindo sua digestibilidade e absorção (WAITZBERG, 1995). A razão molar fitato:zinco igual a 20 já pode produzir efeito negativo, pois o fitato é carregado negativamente, o que lhe confere forte potencial para ligar cátions bivalentes, como o zinco, impedindo sua absorção e reduzindo a biodisponibilidade de zinco (MAFRA & COZZOLINO, 2004).

A quantidade e o tipo de proteína em uma refeição são positivamente correlacionados com a absorção de zinco; proteína animal parece neutralizar o

efeito inibitório de fitatos na absorção de zinco, mas o efeito benéfico pode ser devido à liberação de aminoácidos que mantêm o mineral em solução. A quantidade de zinco em uma refeição pode afetar a absorção do mineral; com o aumento das quantidades de zinco a absorção será diminuída (LONNERDAL, 2000; SALGUEIRO et al., 2000).

Estudo realizado por Gargari et al. (2007) com o objetivo de determinar o conteúdo de ácido fítico e sua razão molar para o zinco em pães e farinhas consumidas em Tabriz, no Iran, verificaram moderada e alta biodisponibilidade para os diferentes pães e baixa biodisponibilidade para as farinhas utilizadas na região.

Entre outros fatores que podem modificar a absorção de zinco e podem ser considerados como ativadores da absorção estão o ácido picolínico secretado pelo pâncreas, vitamina B₆ que aumenta a secreção de ácido picolínico, citrato e aminoácidos como a glicina, histidina, lisina, cisteína e metionina (SALGUEIRO et al., 2000).

Estudo realizado por House et al. (1996) para avaliar a influência da dieta contendo aminoácidos na biodisponibilidade de zinco em ratos, utilizaram quatro dietas com diferentes aminoácidos. Verificou-se que quando na presença de suplementos de metionina ou cisteína houve um aumento na absorção do zinco e conseqüentemente na biodisponibilidade do mineral.

Klein (2002) verificou que a biodisponibilidade do zinco do leite materno é maior do que a do leite de vaca e que, essa diferença na biodisponibilidade deve-se à forte ligação do zinco com a caseína.

Já entre os inibidores da absorção do zinco estão os polifenóis, o cádmio e o cálcio (LONNERDAL, 2000). O zinco, o cobre e o cádmio compartilham características físico-químicas e competem entre si nos sítios de absorção intestinal

(WAITZBERG, 1995). Ingestões elevadas de cálcio podem conduzir a uma diminuição na absorção de zinco (WOOD & ZHENG, 1997; WALTER et al., 2000) Além disso, a presença do cálcio parece acentuar o efeito do fitato em reduzir a biodisponibilidade de zinco (COZZOLINO, 2005).

Dawson-Hughes et al. (1986), verificaram o efeito da suplementação de 500mg de cálcio elementar (carbonato de cálcio e hidroxapatita) sobre a absorção de zinco (3,62mg) e não observaram redução na absorção deste mineral. Mas os estudos têm apresentado resultados controversos. Wood & Zheng (1997) com o objetivo de avaliar o efeito da ingestão de grandes quantidades de cálcio sobre a absorção de zinco em mulheres pós-menopausa, utilizaram uma dieta contendo 17,6mg de zinco e 890mg de cálcio/dia e após 12 dias forneceram um acréscimo de 468mg de cálcio na forma de um alimento ou suplemento (fosfato de cálcio). Como resultados verificaram que o balanço de zinco foi significativamente reduzido durante o tratamento com altas doses de cálcio. Estes mesmos autores, utilizando dose de 600mg de cálcio junto à refeição detectaram redução de 50% na absorção de zinco, concluindo que dietas com altos teores de cálcio parecem aumentar as necessidades de zinco em adultos.

Já a suplementação de cálcio em longo prazo parece não ter efeito sobre o estado nutricional de zinco, como mostraram Yan et al. (1996) em estudo com mulheres durante a fase de lactação.

Pesquisas têm demonstrado que a interação cálcio / zinco torna-se mais acentuada na presença de ácido fítico. O complexo cálcio / fitato / zinco pode prejudicar o balanço de zinco em humanos (COZZOLINO, 1997), principalmente quando a ingestão dietética de zinco é baixa e de fitatos é alta, o que ocorre

freqüentemente em dietas vegetarianas de populações de países em desenvolvimento.

Lönnerdal et al. (1984), ao adicionarem cálcio em fórmula infantil à base de soja, observaram um aumento significativo na absorção de zinco quando comparada com a fórmula infantil padrão, sugerindo que a relação fitato-zinco seria mais importante para prever a absorção do zinco do que a relação que compreende o cálcio.

Há também estudos relacionando a biodisponibilidade de zinco com a presença da lactose. Bertolo et al. (2001) em um modelo de intestino animal, sugeriram que a lactose possa aumentar a absorção de zinco. Entretanto, Abrans et al. (2002) não encontraram evidências de que a lactose altere a absorção de zinco, quando compararam fórmulas infantis com e sem lactose.

Algumas interações do zinco, com outros nutrientes da alimentação, ainda não são totalmente conclusivas. As fibras alimentares, taninos e cafeína parecem não afetar a utilização de zinco pelo organismo. Estudos têm demonstrado que a fibra isolada não traz prejuízos na absorção de zinco, e que em alguns casos podem até elevar essa absorção, como no caso da quitosana, do ácido algínico e do amido resistente (COZZOLINO, 2005).

Estudo realizado por Yonekura et al. (2004) com o intuito de avaliar o efeito de diferentes fibras na supressão da biodisponibilidade de zinco pelo ácido fítico, realizou ensaio biológico com ratos jovens recebendo variadas concentrações de diferentes fibras dietéticas acompanhadas de fitato. Como resultados, verificaram que a fécula de batata e quitosana restauraram o estado de zinco. A fécula de batata restaurou a biodisponibilidade de zinco pela fermentação cecal, aumentando ácidos graxos de cadeia curta e a concentração de ácido succínico, reduzindo o pH

do ceco e provavelmente aumentando a solubilidade de minerais. Já o aumento da biodisponibilidade de zinco pela quitosana parece estar relacionado a suas propriedades quelantes.

Peres et al. (2001), em estudo realizado em ratos, estudaram a influência da relação ferro e zinco e da deficiência de ferro na absorção do zinco e verificaram que houve inibição da absorção de zinco para uma razão molar de 2:1 ou maior em ratos normais e deficientes em ferro.

Estudos têm demonstrado que o ferro pode interferir na biodisponibilidade do zinco da mesma forma que o zinco pode alterar a biodisponibilidade do ferro, sendo importante adequar as concentrações de ambos na dieta a fim de evitar prejuízos na absorção destes minerais (PEDROSA & COZZOLINO, 1993; LONNERDAL, 2000). Solomons & Jacob, em 1981, para determinar o quanto o aumento do ferro pode inibir a absorção do zinco, realizaram estudo com 31 indivíduos adultos, de ambos os sexos e utilizaram como marcador da absorção de zinco, os valores concentração plasmática de zinco pós-digestão. Para isso, realizaram 3 experimentos: no primeiro, utilizando ferro não heme e zinco inorgânico; no segundo, utilizando ferro heme e zinco inorgânico e no terceiro experimento, ferro não heme e zinco orgânico, proveniente de ostras do Pacífico. A razão molar ferro:zinco igual a 2:1 não afetou a absorção do zinco das ostras. O ferro heme numa proporção Fe:Zn 3:1 não afetou a absorção de zinco, mesmo o inorgânico, já o ferro não heme, na mesma razão reduziu marcadamente o zinco absorvido pelo intestino humano.

3.8 Principais fontes alimentares de zinco

Os alimentos diferem no seu conteúdo de zinco, sendo os mexilhões, ostras, carnes vermelhas, fígado, miúdos e ovos considerados as melhores fontes (WAY, 2000). Mafra e Cozzolino (2004) destacam que esses alimentos, com alto conteúdo de zinco, não contêm constituintes químicos que inibem a absorção deste mineral e, além disso, possuem alguns aminoácidos como cisteína e histidina que melhoram a sua solubilidade. Nozes e leguminosas são fontes relativamente boas de zinco (WAY, 2000). Segundo Sandström (1997), o consumo de zinco é influenciado pela fonte protéica da dieta, assim, dietas constituídas de ovos, leite, frango e peixe têm menor razão Zn:Proteína do que aquelas de mariscos, ostras e carnes vermelhas. Carnes e produtos de origem animal representam em torno de 70% do zinco consumido (WELSH & MARSTON, 1982).

Também é importante destacar que assim como existe uma recomendação de ingestão diária mínima de zinco (EAR e RDA), há valores máximos de ingestão estipulados para a população em diferentes estágios de vida e condições fisiológicas, denominados UL que, para indivíduos adultos saudáveis, é de 40,0 mg/dia de zinco (IOM, 2001; COZZOLINO, 2005).

Recentemente diversos estudos, no Brasil e no mundo, têm se preocupado com as altas concentrações de minerais nos moluscos e suas águas de cultivo, considerando-os importantes marcadores de contaminação por metais (SILVA, et al., 2001; CAVALCANTI, 2003; CURTIUS, et al., 2003; BRAGIGAND, et al., 2004; SIDOUMOU, et al., 2006). Tanto elementos essenciais quanto não essenciais podem ser tóxicos aos organismos vivos, quando presentes em altas concentrações. Diversos metais pesados podem acumular-se nos seres marinhos,

em níveis que podem passar a ser prejudiciais inclusive aos seres humanos que os consomem (GOLDBERG et al., 1978; JONES et al., 2000).

Diferentemente de algumas espécies marinhas, o acúmulo de metais pesados nas ostras deve-se a capacidade limitada destes organismos de metabolizar e depurar contaminantes absorvidos (FARRINGTON et al., 1983). O zinco em excesso, pode levar a redução da absorção de outros metais.

3.9 Produção de ostras

O consumo de ostras é conhecido desde as épocas mais remotas (POLI, 2004) sendo considerado uma das formas mais antigas de extração marinha (SANTOS, 1978). Seu cultivo data 350a.C. na Grécia e os registros da primeira fazenda marinha de cultivo de ostras datam do século XVII no Japão. A China é o maior produtor mundial (FAO, 2006) e o Brasil o principal produtor de ostras da América Latina (ALAMINO, 2004), sendo o estado de Santa Catarina o maior produtor nacional (SANTOS, 2001).

A ostra *Crassostrea gigas* é a espécie mais cultivada no mundo (FAO, 2006) e em Santa Catarina (Laboratório de Moluscos Marinhos - LMM, 2004), devido a sua rusticidade, rapidez de crescimento e alto valor comercial (SPENCER, 2002). Além disso, sua produção vem aumentando consideravelmente nas últimas décadas, sendo que até a década de 80 era inferior a 1000 toneladas/ano, na década de 90 superou 1000 toneladas/ano e a partir daí apresentou grande crescimento, ultrapassando após 2001, 4000 toneladas/ano de ostras (Fig.2).

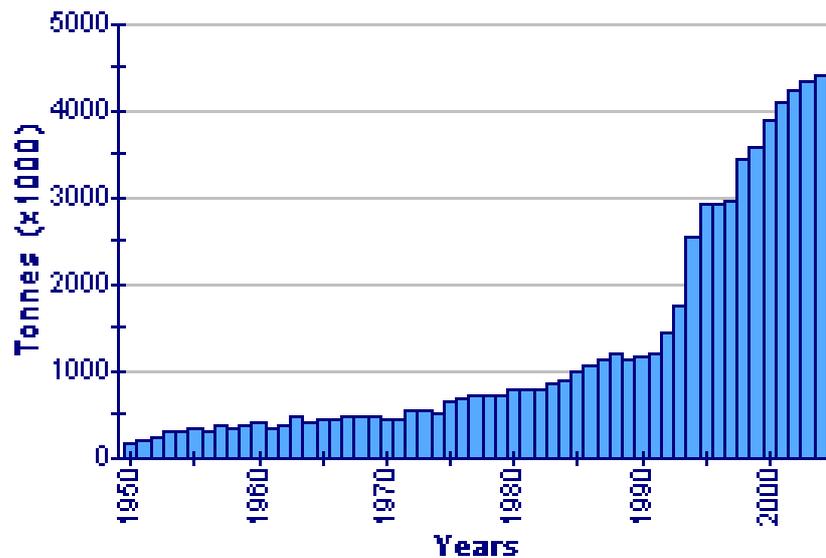


Figura 2 – Produção mundial de ostras (*Crassostrea gigas*) em toneladas ao ano.

Fonte: Fao Fishery Statistic, 2005.

O litoral catarinense possui excelentes condições para o cultivo de moluscos marinhos, tais como, fatores biológicos, ambientais (condições geomorfológicas e oceanográficas) cultura marítima com disponibilidade de mão de obra e desenvolvimento de tecnologias para esta atividade. Atualmente desenvolve-se o cultivo de várias espécies de moluscos, entre elas a ostra *Crassostrea gigas*, que chegou ao Brasil através de sementes importadas da Grã-Bretanha, para serem cultivadas no Rio de Janeiro, mas que demonstraram melhor adaptação no litoral de Santa Catarina (POLI, 2004).

O cultivo efetivo de ostras em Florianópolis teve início no final da década de 80 através da Universidade Federal de Santa Catarina, que implantou os primeiros cultivos com sementes de ostras *Crassostrea gigas* importadas do Chile (LMM, 2004).

A cidade de Florianópolis é responsável por 80% da produção nacional de ostras (ALAMINO, 2004), sendo que no ano 2000, a produção chegou próximo a 1

milhão de dúzias (BARARDI et al., 2001), havendo aumento de 13% de 2002 à 2003 (ALAMINO, 2004). No ano de 2004 a produção de ostras chegou ao patamar de 2.500 toneladas, havendo em 2005 uma redução na produção total (Fig.3), possivelmente devido às altas temperaturas ocorridas durante o inverno, prejudicando o desenvolvimento destes moluscos marinhos (NETO, 2007).



Figura 3 - Produção catarinense de ostras *Crassostrea gigas* (toneladas) de 1991 a 2005. Fonte: EPAGRI, 2006

As ostras cultivadas, quando comparadas às espécies nativas, conferem maior rendimento devido a maior quantidade de carne. Seu cultivo apresentou-se como boa opção de atividade aos pescadores e empresários catarinenses, e tornou-se importante fonte de renda desta população (POLI, 2004), possibilitando o restabelecimento das atividades marítimas tradicionais, que passavam por um período de estagnação econômica devido ao declínio da pesca artesanal, quando muitos pescadores deixavam de trabalhar no mar, devido à baixa lucratividade, para se dedicar a outras atividades. Depois da valorização da produção de moluscos,

essa situação foi revertida e, atualmente, são mais de mil maricultores, reunidos em 20 associações em todo o Estado (FERREIRA, 2005).

As fazendas marinhas de ostras, além de sua importância econômica para a região, são consideradas importantes para a preservação ambiental, pois a qualidade desses moluscos depende da qualidade da água onde são cultivados (POLI, 2004). Tal fato fez surgir uma maior conscientização por parte dos produtores, que passaram a se comprometer com a preservação do ambiente (FERREIRA, 2005). Além disso, o cultivo de ostras auxilia na repovoação das baías com espécies de frutos do mar que ficam protegidas (HEBARIO, 2004). O molusco concentra material particulado presente na água e cria nichos ambientais, serve de sistema para auxiliar na remoção do excesso de matéria orgânica dos ambientes e de local para desenvolvimento de grande quantidade de fauna acompanhante. Assim, é comum nos locais de cultivo ocorrer a repovoação com espécies como camarões, siris e peixes que podem novamente fazer parte das atividades de pesca dos pescadores artesanais locais (FERREIRA, 2005).

3.10 Caracterização da ostra *Crassostrea gigas*

A ostra *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795) é conhecida popularmente como ostra do Pacífico ou ostra Japonesa e pertencente ao filo Mollusca, classe Bivalvia, família Ostreidae e gênero *Crassostrea* (Fig.4). São dióicas, mas podem mudar de sexo após cada desova sendo consideradas hermafroditas seqüenciais (LMM, 2004).

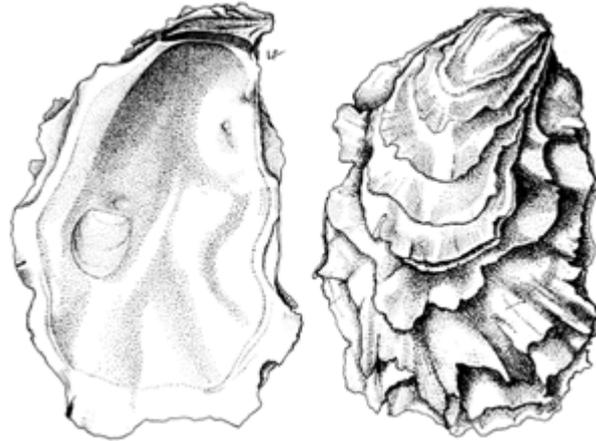


Figura 4 – Ostra *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795)

As ostras são organismos filtradores e alimentam-se de microalgas, fitoplâncton, detritos, matéria orgânica particulada e matéria orgânica dissolvida (LMM, 2004). De acordo com a International Commission on Microbiological Specifications for Foods, uma única ostra pode filtrar acima de 10L de água por hora, de onde removem partículas, microrganismos e poluentes da água filtrada pelo molusco (PEREIRA et al., 2006).

3.11 Informações nutricionais das ostras

Como referido anteriormente, as propriedades nutricionais das ostras sofrem variações de acordo com as características do local onde são cultivadas. Pode-se observar que as Tabelas de Composição Química de Alimentos, quando apresentam dados sobre moluscos marinhos, especialmente ostras, são incompletos, não constando identificação da espécie e local de cultivo na maioria delas (Tabela 1). Talvez por isso, apresentem valores diferentes entre si, como

também demonstrado em vários estudos (KARAKOLTSIDIS et al., 1995; LINEHAN et al., 1999; TRAMONTE et al., 2005; PARISENTI, 2006).

Tabela 1 - Composição centesimal (g%) e valor calórico (Kcal/100g) de ostras em Tabelas de Composição de Alimentos.

Fonte	Descrição	Calorias (kcal)	CHO (g)	PTN (g)	LIP (g)
Presente estudo Florianópolis/SC	Ostra (pacífico, crua, verão)	60,46	5,28	6,37	1,54
Franco, 1996	Ostras cruas	81,0	5,9	9,8	2,0
Philippi, 2001	Ostra (cozida)	137,0	7,83	14,1	4,92
Philippi, 2001	Ostra (crua)	68,0	3,92	7,06	2,47
USDA, 2001	Ostra (pacífico, crua)	81	4,95	9,45	2,3
USP, 2005	Ostra crua	85	2,95	14,19	1,79
USP, 2005	Ostra cozida	98,0	2,9	15,82	2,62

Devido ao elevado teor de minerais, as ostras possuem grande quantidade de cinzas, que parecem sofrer variação de acordo com a estação do ano. Tramonte et al. (2005) analisando o valor nutricional de ostras (*Crassostrea gigas*) de Florianópolis entre verão e primavera, observaram variação no teor de cinzas. Já Parisenti (2006), com ostras da mesma região, não observou diferença na concentração de cinzas entre estas mesmas estações, demonstrando não haver variação no total de minerais presente nas ostras. Outros trabalhos, porém, com ostras *Crassostrea rhizophorae*, também observaram variações entre as diferentes estações do ano (MARTINO & CRUZ, 2004; TRAMONTE et al., 2005).

A tabela 2 traz informações do conteúdo de zinco de ostras relatado em diferentes Tabelas de Composição de Alimentos. Pode-se perceber que, assim como o teor em macronutrientes, a concentração de zinco referida nas tabelas também apresenta grandes variações, e a falta de informações mais completas a respeito destes moluscos dificultam os cálculos dietéticos.

Tabela 2 - Informação sobre o teor de zinco em ostras, presente em tabelas de composição de alimentos.

Fonte	Descrição do alimento	Zinco (mg/100g)
Franco, 1996	Ostras	1,5
Hands, 2000	Ostra cozida	39,0
Hands, 2000	Ostra crua	27,0
Philippi, 2001	Ostra (cozida)	182,0
Philippi, 2001	Ostra (crua)	90,8
USDA, 2001	Ostra (Oceano Pacíf., crua)	16,62

Apesar das variações encontradas, as ostras demonstram estar entre os alimentos com as maiores concentrações de zinco (KIMURA et al., 1998; PEDROSA & COZZOLINO, 2001; COZZOLINO, 2005). Pedrosa & Cozzolino, 2001 destacam a ostra como a maior fonte de zinco, dentre os frutos do mar analisados, cujos valores por cento correspondem a aproximadamente 5 vezes a necessidade diária de zinco.

As ostras são também consideradas boas fontes de ferro e cobre (KIMURA et al., 1998). Dentre os mariscos analisados por Pedrosa & Cozzolino (2001) as ostras destacam-se como a segunda melhor fonte de ferro e cobre, perdendo apenas para os mexilhões (Tabela 3). Possuem também as maiores concentrações de vitamina

B12 (16mcg por 100g de alimento) quando comparada a outros frutos do mar, como camarão (1,16mcg%), lagosta (3,5mcg%), salmão (3,0mcg%), carne bovina (1,18mcg%) e de frango (0,37mcg%) (USDA, 2001). Além disso, fornecem proteína de alto valor biológico, com quantidades significativas de aminoácidos como glicina (KIMURA *et al.*, 1998).

Tabela 3 - Concentrações de zinco, ferro e cobre de frutos do mar (mg/100g)

Alimento (cru)	Zinco (mg%)	Ferro (mg%)	Cobre (mg%)
Camarão	0,46 ± 0,00	1,16 ± 0,15	0,19 ± 0,01
Caranguejo	6,58 ± 0,34	1,51 ± 0,10	1,11 ± 0,02
Lagosta	1,93 ± 0,15	0,50 ± 0,02	0,39 ± 0,01
Ostra	66,10 ± 2,30	17,03 ± 0,20	2,49 ± 0,16
Mexilhão	5,60 ± 0,64	40,10 ± 0,44	7,57 ± 0,29

Valores representados através da média ± DP

Fonte: PEDROSA & COZZOLINO, 2001

Estudo com ostras *Crassostrea gigas* cultivadas em Florianópolis demonstrou que a ostra é um alimento com baixo teor de lipídeos, boa proporção de ácidos graxos polinsaturados eicosapentaenóico (EPA), docosapentaenóico (DHA) e ômega-3 em relação ao total lipídico. Além disso, apresentam baixa concentração de colesterol (PARISENTI, 2006). Martino & Cruz (2004) ao analisar a composição centesimal e de ácidos graxos de ostras *Crassostrea rhizophorae* demonstrou que esta espécie, assim como a *Crassostrea gigas*, é caracterizada pela baixa concentração de lipídeos ($\leq 2,0\%$) e por sua elevada concentração dos ácidos EPA e DHA.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Ostras

As ostras *Crassostrea gigas* foram coletadas em fevereiro de 2005 na Fazenda Marinha Atlântico Sul localizada no Ribeirão da Ilha, Baía Sul de Florianópolis/SC, sendo a temperatura da água no dia da coleta igual a 26°C.

Os moluscos coletados apresentavam tamanho comercial padrão e foram imediatamente processados após a coleta. As ostras foram higienizadas, as conchas abertas e retirada a parte comestível. Foram então pesadas e colocadas em estufa a 60°C por 48 horas. Após, foram trituradas, pulverizadas em moinho e armazenadas em embalagens plásticas vedadas sob congelamento a -18°C para posteriores análises da composição centesimal e preparo das rações experimentais. O preparo das ostras para análise do teor de zinco foi semelhante, entretanto a amostra não foi congelada, sendo encaminhada diretamente para análise.

Para o preparo das rações, os moluscos foram coletados antes do início do experimento e processados como descrito anteriormente. A quantidade a ser coletada foi calculada a partir da determinação da composição centesimal da amostra, visando atender as recomendações de zinco e demais nutrientes preconizadas (COMMITTEE ON LABORATORY ANIMAL DIETS, 1979).

4.2 Delineamento Experimental

A avaliação da biodisponibilidade de zinco foi realizada através de ensaio biológico com duração de 7 semanas (49 dias) utilizando 24 ratas fêmeas (*Rattus norvegicus*) da linhagem Wistar, com idade média de 50 dias, e peso inicial cerca de 150g, as quais receberam dieta com fonte de zinco proveniente de ostras (*Crassostrea gigas*), conforme descrito anteriormente. Utilizou-se como parâmetro de comparação uma dieta controle.

Os animais foram distribuídos em quatro grupos, conforme o tipo de dieta a ser oferecida: G0: sacrificado no dia 1, G1: Controle (AIN-93M), G2: Isenta de Zn (dieta semelhante à AIN-93M, porém isenta de zinco); G3: Ostras (dieta isenta de zinco e acrescida de ostras *Crassostrea gigas*) (Tabela 4). No início do experimento foram coletados os fêmures dos animais do grupo G0 para análise do teor de zinco. Os fêmures dos animais dos demais grupos foram retirados ao final do experimento.

Tabela 4. Ingredientes (g) utilizados no preparo de 1 quilo das rações controle e experimentais.

Ingredientes	Controle	Isenta zinco	Ostras
Caseína	140g	140g	96,36g*
Ostra em pó	-	-	107,14g
Óleo de soja	40g	40g	29,44g
Mix-mineral	35g	-	-
Mix-mineral s/ zinco	-	35g	35g
Amido	620,692g	620,692g	567,752g
Sacarose	100g	100g	100g
Fibra	50g	50g	50g
Mix-vitamínico	10g	10g	10g
L-cistina	1,8g	1,8g	1,8g
Bitartarato de colina	2,5g	2,5g	2,5g
Tert-butil hidroquinona	0,008g	0,008g	0,008g

*Valor com base em peso seco

4.3 Análises químicas das ostras

4.3.1 Composição centesimal

A determinação da composição centesimal das ostras foi realizada em triplicata, quanto aos teores de umidade, cinzas, proteínas, extrato etéreo, fração nifext e energia, seguindo os métodos descritos nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985), no Laboratório de Nutrição Experimental da Universidade Federal de Santa Catarina.

O valor calórico total foi calculado pelos fatores de Atwater, sendo os coeficientes calóricos correspondentes para proteínas, lipídios e fração Nifext (como carboidratos), respectivamente 4, 9 e 4 Kcal/g.

4.3.2 Determinação do teor de zinco

A análise do teor de zinco das ostras foi realizada através da metodologia AOAC, nº 969.08 e a leitura feita em Spectrômetro de Absorção Atômica da marca HITACHI, modelo Z-8230 (Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis of the AOAC, 1995), no Departamento de Química da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

4.3.3 Lavagem e descontaminação do material de trabalho

As vidrarias e frascos plásticos utilizados para a realização das análises foram lavados com detergente neutro (Solução de Extran a 3%), enxaguados em água deionizada, colocados em banho de solução de ácido nítrico a 20%, por período mínimo de 12 horas, e enxaguados com água deionizada para minimizar a contaminação por metais.

4.4 Ensaio Biológico

O experimento foi conduzido de acordo com as normas da Comissão de ensino do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA) e do Comitê de Ética da UFSC.

Foram utilizados 24 ratos albinos da linhagem Wistar, fêmeas, adultas jovens, com aproximadamente 50 dias, do biotério Central da UFSC, aleatoriamente divididos em 4 grupos de 6 animais cada, sendo que o Grupo 0 foi utilizado para análise do perfil de zinco no fêmur e peso do fígado, no 1º dia do experimento.

- **Controle:** Dieta à base de caseína (AIN-93M)
- **Isenta de Zn:** Semelhante à controle, porém isenta de zinco
- **Ostras:** Isenta de Zn + ostras (*Crassostrea gigas*)

Os animais ficaram 12 dias em período de adaptação e após foram colocados em gaiolas metabólicas individuais de aço inox, por 37 dias, sendo a sala climatizada a 22°C ($\pm 2^\circ\text{C}$), ciclo claro/escuro de 12 horas, recebendo água e alimento “ad libitum”, 3 vezes na semana.

4.5 Preparo das rações experimentais

O cálculo das quantidades de ingredientes da ração foi baseado no consumo médio de 18g de ração ao dia para cada um dos 18 animais, durante 49 dias de experimento, totalizando aproximadamente 16 kg de ração.

As rações experimentais tiveram como base a formulação proposta pelo American Institute of Nutrition – AIN-93 (REEVES et al., 1993). Os componentes da ração foram adquiridos separadamente em forma de pré-misturas salínica e vitamínica, caseína, óleo, amido, sacarose, fibra, L-cistina, bitartarato e tert-butil, que foram devidamente pesados e homogeneizados. Foram produzidos 3 tipos de rações semelhantes à AIN-93G, conforme ingredientes listados na tabela 3. As

rações contendo ostras foram confeccionadas substituindo parte da caseína e do óleo de soja, como fonte protéica e de lipídeos, por ostras.

As rações foram analisadas quanto a composição centesimal e teor de zinco conforme descrito no item 4.3.

4.6 Avaliação da eficácia alimentar

Para verificar o valor biológico das dietas, foi calculado seu coeficiente de eficácia alimentar (CEA) (CAMPBELL,1963).

O CEA foi determinado ao término do experimento (49^o dia), individualmente para cada rato, dividindo-se o ganho de peso total (g) pelo consumo alimentar total (g).

4.7 Coleta do material biológico

Os fêmures e fígados dos animais foram coletados do grupo 0 (G0) no início do experimento e, nos demais grupos, ao final do ensaio biológico. Os ratos foram sacrificados por inalação com éter etílico e dissecados para a retirada dos fígados e fêmures. Os fígados foram pesados, já os fêmures pesados, embalados, identificados e imediatamente congelados, para posteriores análises.

4.8 Análise do teor de zinco do fêmur dos animais

A determinação do teor de zinco dos fêmures foi realizada por meio de técnicas de espectrofotometria de absorção atômica, por leitura direta em solução de amostras oxidadas a 150°C por via úmida utilizando o ácido nítrico a 65% em bloco digestor, clareadas com peróxido de hidrogênio e diluídas em água deionizada (milli-Q), seguindo os métodos descritos nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985) (Adaptado por MAZZA, 1992) no Laboratório de Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo – USP.

Para controle da metodologia de análise, utilizou-se o material de referência certificado Bovine Liver (1577b – NIST – National Institute of Standards and Technology). Este foi preparado por digestão ácida, via úmida em sistema fechado, diluído em água Milli-Q® observando-se os valores da curva de calibração. Estabeleceu-se que uma análise cujo material de referência apresentasse uma recuperação menor do que a indicada pelo fabricante seria desprezada e a análise repetida.

Procedeu-se a leitura das triplicatas em um espectrofotômetro da marca HITACHI, modelo Z-5000, equipado com lâmpada de cátodo oco, calibrado nas seguintes condições de trabalho: comprimento de onda de 213,9 nm, fenda de 1,3 nm, chama oxidante com mistura de acetileno (25) : ar (40) e três leituras em cada triplicata com tempo de integração de quatro segundos.

Para preparação da curva de calibração foi utilizado Titrisol[□] - zinc standard solution 1000 mg/L - (MERK), o qual foi diluído em HNO₃ a 1%, nas concentrações de 0 (branco); 0,1; 0,2; 0,3; 0,5 e 1,0 µg/mL. A equação da curva-resultado foi recalculada no software Excel 2000, através de um gráfico de dispersão com linha

de tendência com a qual se calcularam os valores da concentração de cada amostra e, multiplicando-se esse valor pelo fator de diluição, obteve-se a concentração real de zinco na amostra, a qual foi expressa em $\mu\text{g/dL}$. O valor final representou a média das concentrações das amostras analisadas em triplicata.

4.9 Análise Estatística

Foram calculadas medidas de tendência central e de dispersão das variáveis em estudo. Considerando o tamanho da amostra ($n < 50$) e a distribuição assimétrica, os resultados foram analisados pelo teste Kruskal-Wallis, quando comparados 3 ou mais grupos e as comparações entre 2 grupos através do teste de Mann-Whitney. Já as comparações dentro de um mesmo grupo foram analisadas pelo teste Wilcoxon pareado e as correlações foram verificadas através do teste de correlação de Spearman's rho. Utilizou-se intervalo de confiança de 95%, sendo considerados estatisticamente significativos os resultados com $p < 0,05$.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Composição centesimal das ostras

As ostras foram coletadas em fevereiro de 2005, com temperatura da água em torno de 26°C . Os resultados da composição centesimal e valor calórico estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5 - Composição centesimal (g%) e valor calórico (Kcal/100g) das ostras (*Crassostrea gigas*) *in natura* coletadas na região sul de Florianópolis/SC.

Nutriente	Umidade	Cinzas	PTN	LIP	CHO	Calorias
Ostra	(g%)	(g%)	(g%)	(g%)	(g%)	(Kcal / 100g)
<i>In natura</i>	85,21	1,6	6,37	1,54	5,28	60,46

Média das análises em triplicata

Dos resultados obtidos podemos observar que as ostras apresentaram alto teor de umidade e cinzas e baixo conteúdo de gorduras e calorias. Comparando com estudo realizado por Tramonte et al. (2005), com ostras da mesma espécie e coletadas na mesma estação do ano, observamos valores mais baixos para os macronutrientes no presente estudo, podendo essa menor concentração ser explicada pelo alto teor de umidade. Também Childs et al. (1990) ao analisar ostras *Crassostrea gigas*, encontraram maiores teores de proteínas (9,1g%) e gorduras (2,6g%).

Já Tanaka et al. (2003) verificaram valores mais próximos ao do presente estudo, tanto para proteínas (44,1g%) como gorduras (8,6g%), valores analisados com base em peso seco.

Estudo de Martino & Cruz (2004) com o objetivo de determinar a composição centesimal da ostra do mangue *Crassostrea rhizophorae*, durante um ano, proveniente da Barra de Guaratiba, na cidade de São Paulo verificaram maior teor de proteína bruta (média 9,7g%) e lipídeos (1,7g%) e menores concentrações de carboidratos que tiveram variação entre 2,7 e 4,4g%.

Como mencionado anteriormente, a composição nutricional dos moluscos marinhos pode sofrer variações de acordo com a época do ano e características do

local de cultivo. Ao compararmos estudos específicos do verão, realizados com a espécie *Crassostrea gigas*, encontramos valores aproximados para lipídeos, entretanto, variações consideráveis em relação a proteínas e principalmente carboidratos (Tabela 6).

Tabela 6 – Valor nutricional (g%) e valor calórico (Kcal/100g) de ostras *Crassostrea gigas in natura*, no verão, em diferentes estudos.

Fonte	Umidade	Cinzas	CHO (g)	PTN (g)	LIP (g)	Calorias (Kcal%)
Presente estudo	85,21	1,6	5,28	6,37	1,54	60,46
Tramonte et al., 2005	77,1	2,3	7,4	11,1	2,1	93,1
Cruz-Romero et al., 2004	76,6	2,9	ni	11,6	2,1	ni
Linehan et al., 1999	73,5	2	6,5	13,2	2,1	98
Martino & Cruz, 2004	82,1	3,7	2,7	9,9	1,6	ni

ni – não informado

Martino & Cruz (2004) comparando os diferentes meses e estações do ano, não verificaram nenhuma diferença estatística para os valores de umidade, proteínas, lipídeos e cinzas. Entretanto, os valores encontrados para o glicogênio foram significativamente diferentes ($p < 0,05$) para as amostras de primavera (4,4%) e inverno (4,2%) do que as amostras de verão (2,7%) e outono (2,9%).

Colaborando com estes dados, vários outros estudos têm mostrado que, devido ao seu ciclo gametogênico, as ostras desovam geralmente no verão quando ocorre mudança significativa na temperatura da água de cultivo, ou seja, aquecimento desta, quando então eliminam os gametas, reduzindo

consideravelmente seus estoques de glicogênio, ficando com concentrações de carboidratos muito baixas (PERDUE & ERICKSON, 1984; SHPIGEL, 1989; LINEHAN et al., 1999; SANTOS, F.M., 2001).

Ao compararmos os resultados do presente estudo com as tabelas de composição de alimentos destacamos a falta de dados que caracterizem as ostras, como espécie, local de cultivo e estação do ano, podendo justificar as grandes variações encontradas na composição química destes alimentos (Tabela 3).

Inclusive em estudos realizados na mesma região e período do ano, percebe-se diferenças na composição química das ostras, pois seu local de cultivo está em constante exposição às modificações climáticas que alteram o meio em que os moluscos habitam, em relação a nutrientes e temperatura da água. Através da Figura 5 pode-se observar que há uma tendência de aumento ou redução de temperatura ao longo do ano, de 2001 a 2006, entretanto com oscilações consideráveis particulares de cada ano.

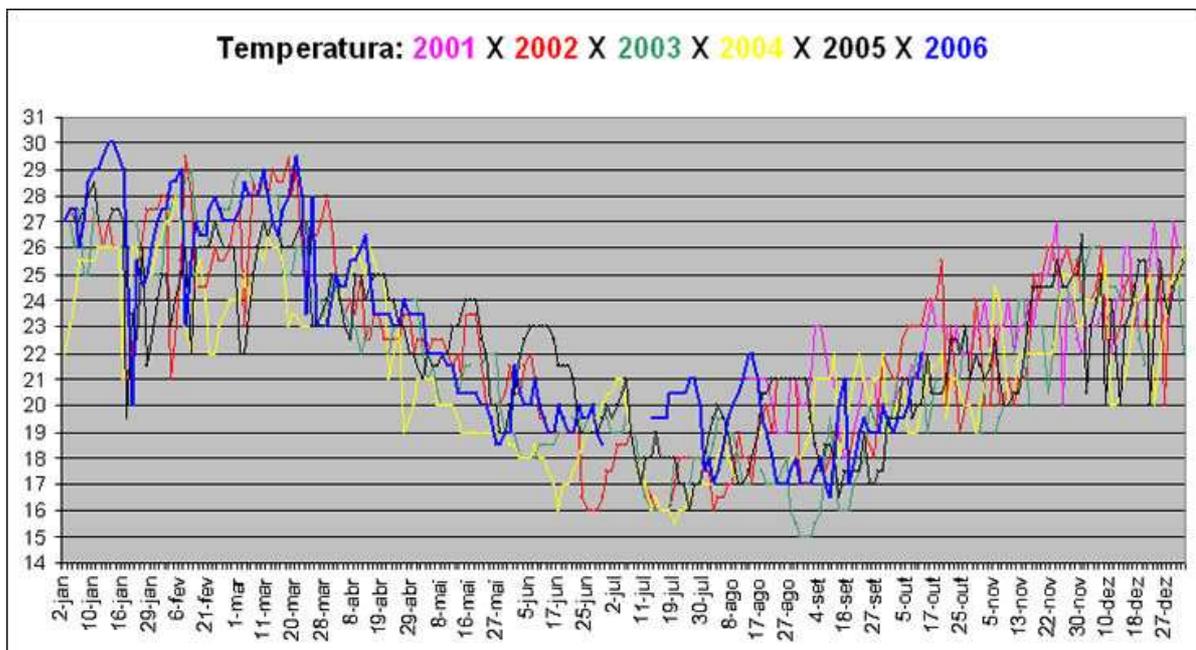


Figura 5 - Variação de temperatura em °C ao longo dos meses de 2001 a 2006.

(Fonte: Fazenda Marinha Atlântico Sul, 2006)

Quando comparadas a outras fontes alimentares de origem animal, as ostras *Crassostrea gigas* deste estudo, destacam-se por conter baixo valor calórico total (Figura 6) e baixa quantidade de gorduras (Figura 7) (NEPA-UNICAMP, 2004). As carnes bovinas são consideradas como uma das principais fontes de zinco, entretanto também lideram a lista entre as mais calóricas e com maior teor de lipídeos, em especial saturados, quando comparadas aos peixes, carne de frango e até mesmo ovos. Desta forma, as ostras cultivadas em nossa região tornam-se uma excelente opção, podendo ser indicadas também para dietas com restrições calóricas e de gorduras.

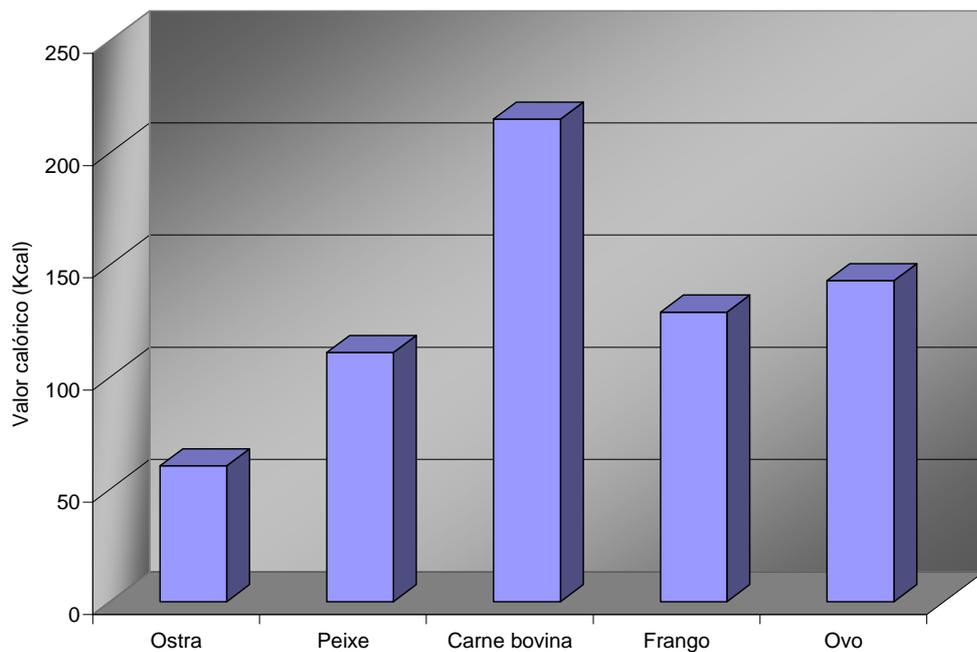


Figura 6 – Valor calórico (kcal%) das ostras do presente estudo e outros alimentos de origem animal.

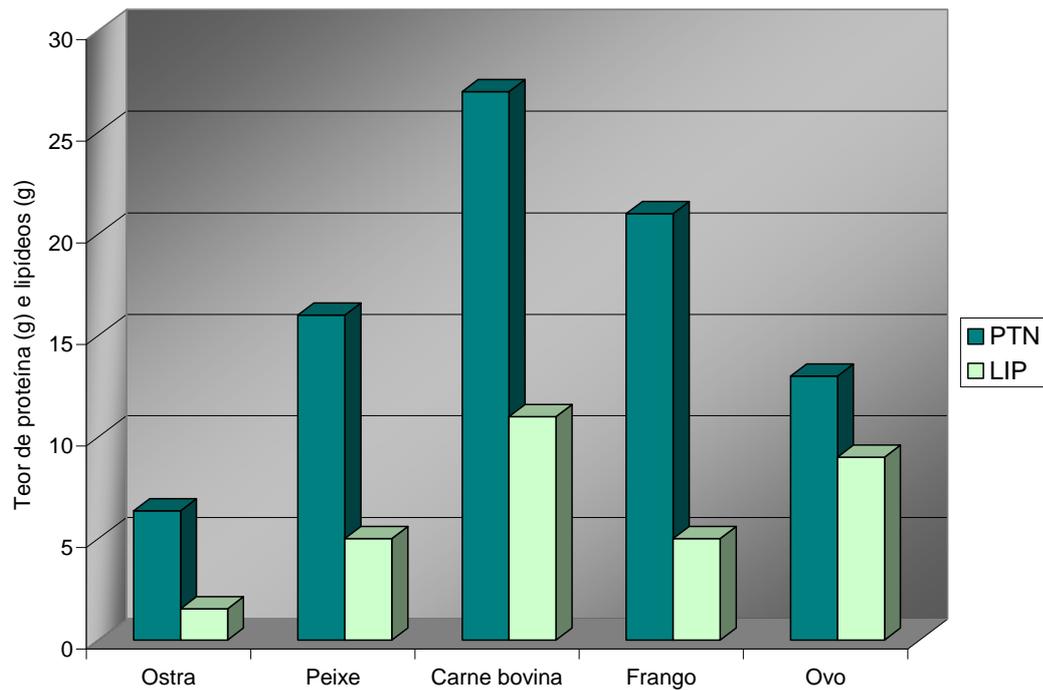


Figura 7 - Conteúdo protéico (g) e de lipídeos das ostras do presente estudo e outros alimentos de origem animal.

5.2 Teor de zinco das ostras

Os resultados do conteúdo de zinco das ostras *Crassostrea gigas* encontram-se na Tabela 6.

No presente estudo, as ostras *Crassostrea gigas in natura* apresentaram 4,38mg% de zinco (Tabela 7). Considerando-se que a recomendação de zinco é de 8mg/dia para mulheres e 11mg/dia para homens, seriam necessários cerca de 200g da parte comestível das ostras (*Crassostrea gigas*) para suprir estas necessidades diárias, supondo que as ostras fossem a única fonte de zinco da dieta.

Tabela 7: Conteúdo de zinco das ostras *Crassostrea gigas* in natura e desidratadas de região de Florianópolis / SC.

Ostra	Zinco (mg %)
<i>In natura</i>	4,38
Desidratada	28,00

No Brasil, o consumo de alimentos de origem aquática é de aproximadamente 5,6kg por habitante ao ano, muito abaixo da recomendação da Organização Mundial de Saúde (OMS) de 13,1kg por habitante ao ano (ARANA, 2004). Conhecendo-se a composição nutricional dos moluscos, o consumo das ostras poderia ser encorajado para contribuir no aumento do consumo total de frutos do mar e desta forma, trazer inúmeros benefícios nutricionais à saúde.

Comparando estes resultados com valores de outros estudos no Brasil e no mundo (Tabela 8), percebe-se que o teor de zinco das ostras (*Crassostrea gigas*) *in natura* cultivadas em nossa região são inferiores à de ostras de outros locais. Entretanto, Curtius et al., 2003, em estudo da composição de zinco de ostras da mesma espécie de Santa Catarina, verificaram valores aproximados ao do presente estudo, sendo 35,3mg% de zinco, em base seca.

Tabela 8 - Conteúdo de zinco de ostras de diferentes estudos

Local	Autor/Ano	Espécie	Zn (mg%)
SC / Brasil	Presente estudo	<i>C.gigas</i>	28,0*
SC / Brasil	Curtius et al., 2003	<i>C.gigas</i>	35,3*
RJ / Brasil	Ferreira et al., 2005	<i>Ostrea equestris</i>	113,1 ± 32,1*
PE / Brasil	Cavalcanti, 2003	<i>Crassostrea</i>	19,62 ± 10,61
SP / Brasil	Machado et al., 2002	<i>C.brasiliana</i>	39,3
RN / Brasil	Pedrosa & Cozzolino, 2001	<i>C.rhizophorae</i>	66,10 ± 2,30
Potengi / Brasil	Silva et al., 2001	<i>C.rhizophorae</i>	155 – 394*
WE África	Sidoumou et al., 2006	<i>C.gasar</i>	232 ± 18*
Hong Kong	Blackmore, 2001	<i>Saccostrea cucullata</i>	394*
Japão	Kimura et a., 1998	<i>Ostrea gingas Thunb</i>	87,0
NE Washington	King, 1990	<i>C.gigas</i>	8,4 ± 4,4
Coréia	Hwang et al., 1986	<i>C.gigas</i>	54,3*

* Valores com base em peso seco

Já Pedrosa & Cozzolino (2001) encontraram 66,10mg do mineral em 100g de ostras *Crassostrea rizophorae*, cruas, coletadas na cidade de Natal/RN. No estudo de Cavalcanti (2003), realizado com ostras *Crassostrea* procedentes de Recife/PE, no mês de fevereiro de 2002, foram encontrados 17,64mg e 120,0mg de zinco em 100g de amostra *in natura* e desidratada, respectivamente.

Considerando que as ostras podem ser utilizadas como animais indicadores de contaminação ambiental por metais pesados, poderíamos concluir que, pelo menos em relação ao zinco nas ostras desta região avaliadas neste período do ano,

não há excesso deste metal, de forma que podem ser consumidas sem que haja risco de toxicidade.

Ke & Wang (2001) com o objetivo de verificar o acúmulo de zinco nas ostras, perceberam que a incorporação do zinco através de sua alimentação contribuiu em mais de 50% da acumulação desse metal. Os mesmos autores mostraram que o processo digestivo dos bivalves é dividido em duas fases: uma extracelular, no qual as enzimas digestivas atuam sobre as partículas ingeridas; e outra intracelular, em que células do sistema digestivo atuam na degradação das partículas ingeridas, com extrema eficiência na absorção, o que explicaria parcialmente a grande capacidade da ostra em acumular metais como o zinco. Também consideram que as elevadas concentrações de zinco nas ostras podem ser atribuídas à presença do pigmento respiratório hemocianina nas ostras, ausente em outros moluscos como mexilhões.

Em estudo realizado com ostras *Crassostrea rhizophorae* em diferentes pontos de local de cultivo em Potengi/BR, foram determinados os teores de zinco das ostras cultivadas nessas regiões e verificou-se uma variação entre 155 e 395mg% com base em peso seco.

Muitos estudos atualmente têm determinado o teor de minerais, entre eles o zinco, de moluscos marinhos com o intuito de verificar a contaminação das águas onde vivem (SILVA et al., 2001; CAVALCANTI, 2003; CURTIUS et al., 2003; BRAGIGAND et al., 2004; SIDOUMOU et al., 2006). Segundo ANZFA (Austrália, New Zealand Food Authority), O limite de tolerância para o zinco em ostras é de 1000µg/g (ANZFA, 1996 apud CAVALCANTI, 2003).

Em estudo realizado na França, Bragigand et al., 2004 avaliaram ostras de uma região que foram levadas a outros cinco diferentes locais, alguns ausentes de contaminação e outros contaminados, para verificar a variação no teor de zinco

destes moluscos marinhos. Os resultados mostraram aumento significativo da concentração do mineral nas ostras em todas as regiões, sendo os valores encontrados variando entre 19,5 e 51,5mg%. Os autores perceberam que, em todos os lugares estudados, as ostras tiveram quantidades de zinco biodisponível acima da ingestão recomendada e alertam que um dos principais riscos da alta absorção de zinco é o distúrbio na homeostase de outros elementos essenciais, em particular o cobre.

Carnes bovinas, fígado, ovos, feijões e castanhas estão entre as principais fontes alimentares de zinco (COZZOLINO, 2005). Ao compararmos estes alimentos com as ostras, podemos observar que as do presente estudo possuem bom conteúdo de zinco, sendo este equivalente à principal fonte entre estas citadas, a carne bovina (Figura 8), além de possuírem outras qualidades nutricionais com relação à macro e micronutrientes.

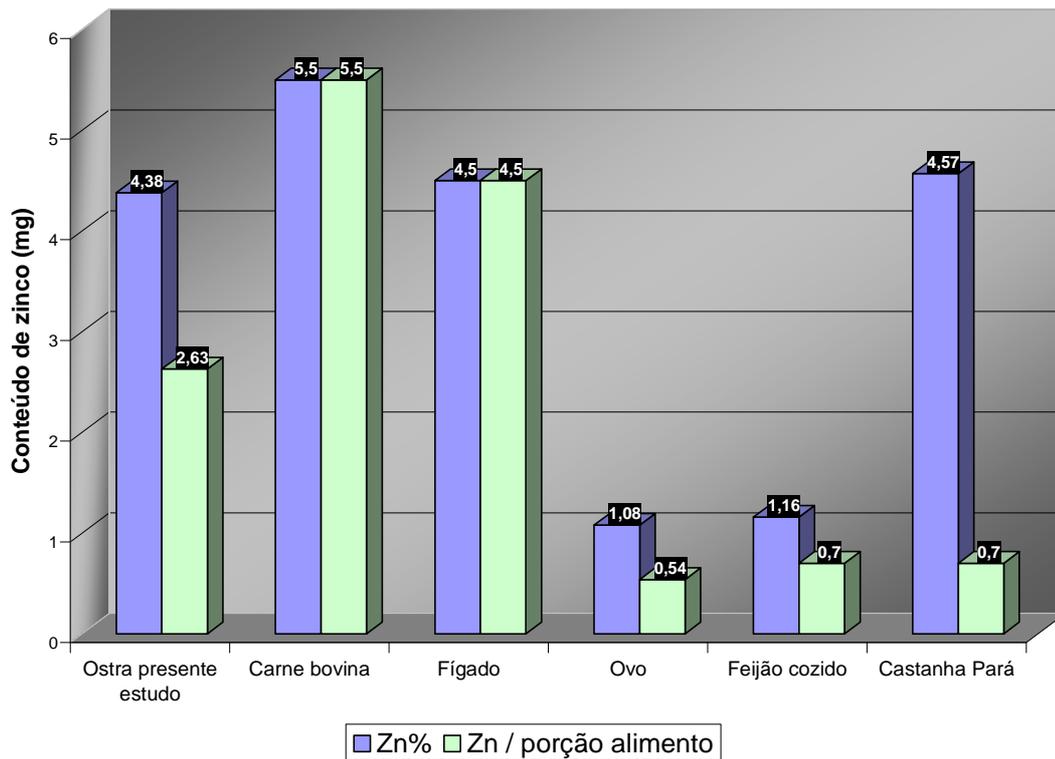


Figura 8 – Conteúdo de zinco (mg) por 100g e por porção das principais fontes alimentares de zinco.

5.3 Ensaio biológico

5.3.1 Composição nutricional das rações experimentais

Os ingredientes e quantidades utilizados para a elaboração das rações controle (AIN-93M) e experimentais encontram-se na Tabela 4.

Conhecendo-se o valor nutricional e teor de zinco das ostras, a quantidade de ostras a ser utilizada na ração isenta de zinco acrescida de ostras foi calculada de modo que fornecesse 100% da recomendação de zinco. Por ser fonte de proteínas e gorduras, considerou-se suas respectivas quantidades e adicionou-se caseína, óleo

de soja e amido de milho até completar os valores recomendados de proteínas, lipídeos e carboidratos, tornando esta ração semelhante à ração controle.

Após a elaboração das rações, foi analisada a composição centesimal, valor calórico e teor de zinco de cada uma delas (Tabela 9).

As rações apresentaram em geral, pequena variação em relação aos macronutrientes e umidade, sendo que a ração contendo ostras apresentou valor levemente superior de proteínas quando comparada com as rações contendo apenas a caseína como fonte protéica. A ração contendo ostras apresentou maior teor de cinzas, devido à grande concentração de minerais presentes nas ostras.

Tabela 9. - Composição nutricional e teor de zinco das rações controle e experimentais.

Ração	Controle	Isenta de zinco	Ostras
Nutriente			
Umidade (g%)	9,22	9,53	9,2
Proteínas (g%)	10,88	11,1	11,65
Lipídios (g%)	4,38	4,45	4,19
Carboidratos (g%)	73,09	72,5	71,57
Energia (Kcal)	375,28	374,45	370,55
Cinzas (g%)	2,44	2,42	3,39
Zinco (mg %)	30,13	8,87	44,52

Valores representados através da média das análises em triplicata.

5.3.2 Consumo de ração, variação de peso e peso do fígado dos animais experimentais

Durante o ensaio biológico foi acompanhado o consumo alimentar a cada dois dias e ganho de peso dos animais, por meio de pesagens semanais, para comparação entre os grupos controle e experimentais. Após o término do experimento foi calculado o CEA das rações experimentais (Tabela 10).

Tabela 10 – Efeitos das ostras (*Crassostrea gigas*) na ingestão alimentar, variação do peso corporal, e coeficiente de eficácia alimentar (CEA) em ratos.

Grupo	G1	G2	G3	p
Consumo de ração	713,33 ± 40,75	753,54 ± 86,77	722,55 ± 40,34	0,677
Ganho de peso	73,42 ± 17,55	73,50 ± 28,95	73,03 ± 9,46	0,921
CEA	0,10 ± 0,02	0,09 ± 0,03	0,10 ± 0,02	0,732

Valores representados através da média ± DP.

Em relação ao consumo total de ração, verifica-se que os animais submetidos aos diferentes tratamentos apresentaram semelhante ingestão alimentar durante o ensaio biológico, o que demonstra boa palatabilidade e aceitabilidade das rações pelos animais, inclusive da acrescida de ostras. Além disso, observa-se que, embora a quantidade de zinco consumida pelos animais do grupo G2 estivesse muito abaixo dos índices recomendados, o consumo alimentar foi semelhante aos demais grupos, portanto, a hipótese de que a deficiência de zinco causaria anorexia, como sugerido por HAMBIDGE (2000), não foi confirmada nestas condições experimentais.

Quanto ao desenvolvimento ponderal, não houve diferença significativa no ganho de peso total dos animais dos diferentes grupos experimentais, demonstrando

que as dietas com conteúdos variados de zinco não interferiram no ganho de peso dos animais, pelo menos em curto prazo.

Henriques & Cozzolino, em 2001, ao realizar ensaio biológico com ratos recebendo diferentes concentrações de zinco, também não obtiveram diferença significativa no ganho de peso e consumo total de ração pelos animais dos grupos suplementados quando comparados com seus controles, mesmo que o consumo de zinco entre eles tenha sido bastante diferente.

No presente estudo, o Coeficiente de Eficácia Alimentar (CEA) foi semelhante em todos os grupos, demonstrando que todas as rações apresentaram valor biológico semelhante ($p=0,732$) (Tabela 10).

Estudo realizado por Urbano & Goni (2002), ao avaliar a biodisponibilidade de zinco em ratos alimentados com plantas comestíveis marinhas, verificaram que a adição destes alimentos não afetou o ganho de peso ou o CEA em nenhum dos grupos avaliados, até mesmo no grupo que recebeu menor quantidade de zinco.

Em relação ao peso do fígado dos animais, neste modelo experimental, não constatamos diferenças estatisticamente significativas quando comparados os ratos dos grupos controle com os experimentais.

Já Hendy et al. (2001), em ensaio biológico realizado com ratos, verificaram o efeito de uma dieta pobre em zinco sobre os níveis séricos de zinco, cobre e ferro. Os animais receberam diferentes concentrações de zinco, sendo que a ração do grupo I continha 38mg Zn/Kg, do grupo II 19 mg de Zn/Kg e do grupo III, 3,8mg Zn/Kg. Ao final do experimento foram analisados: zinco, cobre, ferro, ganho de peso e o peso do fígado. Os resultados demonstraram haver diferença estatisticamente significativa entre os grupos em relação a ganho de peso corporal e peso do fígado

(g/100g de peso corpóreo), concluindo que a deficiência de zinco interferiu negativamente no crescimento e desenvolvimento dos animais.

5.3.3 Considerações importantes

Durante as duas primeiras semanas do ensaio biológico os animais do grupo tratado com dieta contendo ostras apresentaram diarreia. Foi realizada análise microbiológica quanto a *Salmonella* sp, Coliformes à 45°C e *Estafilococos* coagulase positiva conforme determinação da ANVISA (2001) para moluscos secos, sendo que todos os testes foram negativos. Gradativamente a diarreia foi diminuindo até cessar por completo ao final da segunda semana. Como apenas o grupo consumindo ração com ostras apresentaram diarreia e essa alteração parou, acredita-se que os animais estavam adaptando-se à nova dieta. Durante esse período, os animais com diarreia apresentaram-se agressivos.

5.3.4 Consumo de zinco e teor de zinco no fêmur

O consumo total de zinco por grupo durante o período do ensaio biológico está expresso na Figura 9.

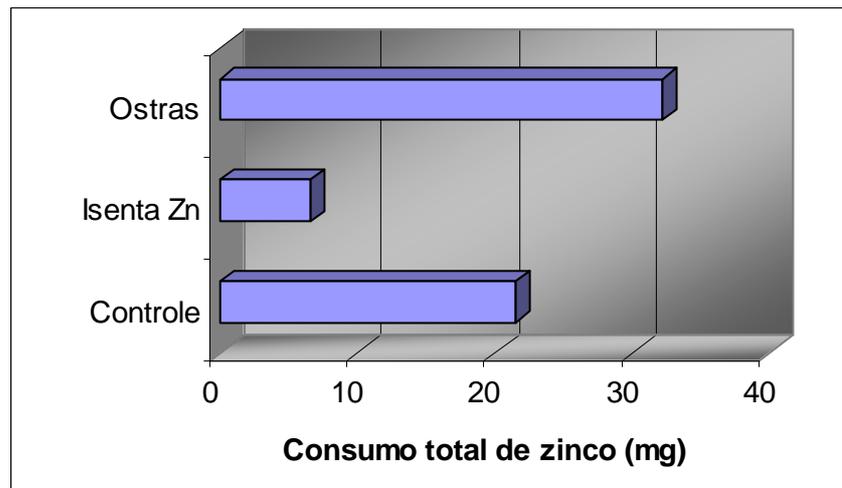


Figura 9 – Consumo total de zinco pelos animais durante o ensaio biológico.

O grupo que recebeu a dieta controle, a qual continha 30,13 mg% de zinco proveniente do mix-mineral, ao final do experimento, apresentou em média, os maiores valores de zinco no fêmur, em comparação aos outros grupos. O grupo alimentado com a dieta contendo ostras, a qual continha 44,52mg% de zinco na sua composição, apresentou em média 221,41 μ g de zinco no fêmur. Já no grupo que recebeu a dieta isenta de zinco, foram encontrados os menores valores de zinco no fêmur, inclusive abaixo do grupo zero (Figura 10).

Estes resultados mostram-se condizentes e satisfatórios, pois o grupo que não recebeu zinco na sua dieta apresentou menor teor de zinco fixado no fêmur, enquanto que o grupo que recebeu ostras como única fonte de zinco na dieta, obteve valores de zinco fixados no fêmur semelhantes aos valores do grupo controle, alimentado com a dieta AIN- 93M, a qual é específica para a espécie e idade dos animais e contém seus nutrientes totalmente biodisponíveis.

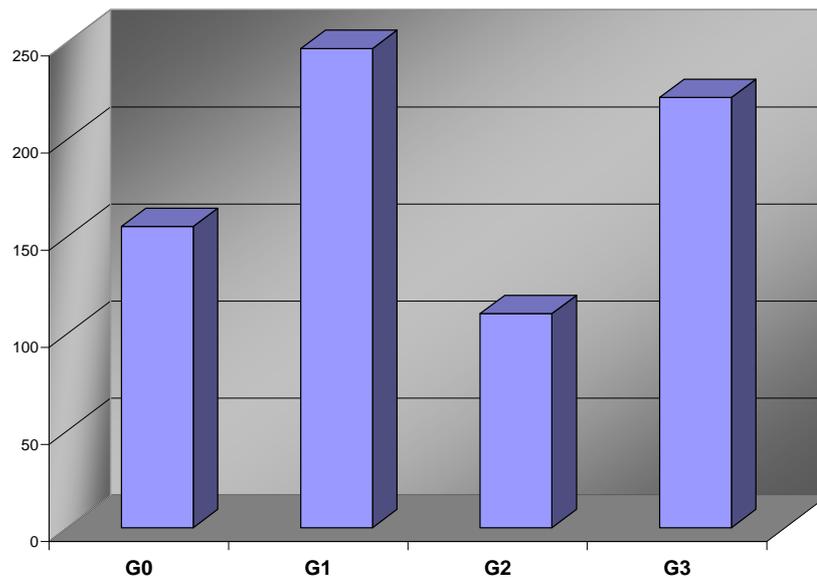


Figura 10--- Média do teor de zinco (mg/g osso) nos fêmures dos animais dos grupos experimentais

O zinco é essencial para uma dieta saudável. Além de auxiliar na função imunológica, é fundamental para cicatrização, espermatogênese, percepção do paladar, desenvolvimento fetal, crescimento e desenvolvimento das crianças (WHITNEY & ROLFES, 1999), é essencial para a mineralização óssea e está relacionado com a matrix do mineral, quando esse processo inicia. Estudos têm demonstrado que a deficiência de zinco durante a gestação resulta em severas malformações dos fetos, especialmente no crescimento e calcificação do esqueleto (HICKORY et al., 1979; HERZBERG et al., 1990).

A concentração de zinco no esqueleto e sua reposição óssea em animais adultos são mais baixas do que em animais jovens (HICKORY et al., 1979), indicando que o pool de zinco nos ossos tem sua essencialidade destacada nos animais em crescimento e desenvolvimento. Reforçando a importância do adequado aporte dietético de zinco, especialmente na infância, para prevenir ou corrigir retardos no crescimento (RIVERA et al., 1998).

Estudos com animais têm demonstrado anormalidades no crescimento ósseo na deficiência de zinco, atribuídas principalmente a comprometimento das regiões epifisárias, evidenciando o importante papel do zinco no metabolismo ósseo (CHESTES, 1978).

Dados da literatura relatam a biodistribuição do zinco preferencialmente nos ossos, que apresentam a maior concentração do mineral, seguido dos testículos, fígado e pâncreas (HERZBERG et al., 1990; BOBILYA et al., 1994; SALGUEIRO et al., 2000). Pode-se perceber, através do grupo de animais que recebeu a ração isenta de zinco, cujo teor deste mineral na dieta ficou muito abaixo da recomendação, que a manutenção do mineral no organismo se fez, em parte, às custas da diminuição da concentração de zinco nos fêmures dos animais.

Estudos têm demonstrado que a deficiência de zinco durante o período de gestação resulta em malformações severas dos fetos, especialmente no crescimento e calcificação do esqueleto, considerando que o zinco teria papel essencial para a mineralização óssea (HICKORY et al., 1979; HERZBERG et al., 1990).

Por esse motivo, diversos estudos têm utilizado o teor e a variação de zinco no tecido ósseo para avaliar a biodisponibilidade de zinco de diferentes alimentos e ou suplementos. Yamaguchi et al. (2004) detectaram um significativo aumento do conteúdo de zinco no fêmur com a administração de zinco de levedura ou sulfato de zinco e também aumento no conteúdo de cálcio e atividade da fosfatase alcalina nos tecidos ósseos femorais, com a administração de zinco de levedura e óxido de zinco. Este estudo demonstrou que o zinco de levedura possui alta biodisponibilidade em ratos e que sua administração induz a um efeito anabólico na calcificação óssea *in vivo*. Os autores complementam ainda, que a ingestão suplementar de zinco dietético pode contribuir na prevenção da osteoporose com o aumento da idade.

Yuyama & Cozzolino (1996) ao determinar a quantidade e biodisponibilidade de zinco da dieta regional de Manaus, verificaram que a dieta fornece 10,7mg de zinco ao dia, e que esse zinco é biodisponível, quando avaliado pela sua concentração nos fêmures dos animais.

O presente estudo demonstrou correlação entre consumo de zinco e teor de zinco no fêmur, sendo $p=0,016$. O coeficiente de correlação R total entre os grupos foi de 0,531 (fig. 15), indicando ascendência no gráfico ou seja, quanto maior o consumo de zinco, maior a concentração de zinco no fêmur, quando comparados todos os grupos. Entretanto, se comparados apenas o grupo Controle e Isenta de Zn, não seria observada a mesma correlação.

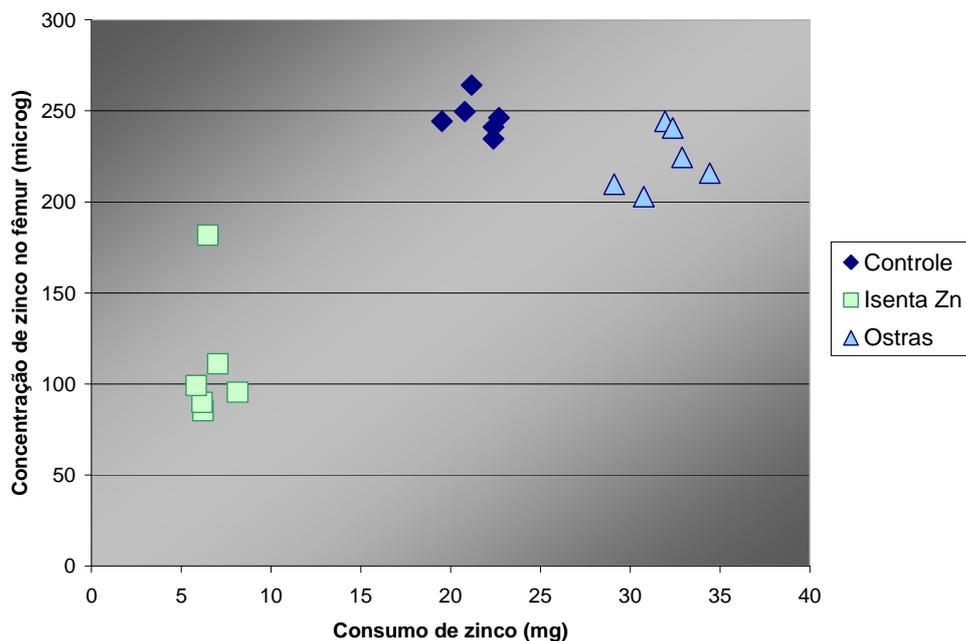


Figura 11. Relação entre o consumo de zinco(mg) e o teor de zinco no fêmur(μ g) dos animais no final do experimento.

A fonte protéica da dieta parece influenciar na biodisponibilidade de zinco. A quantidade e o tipo de proteína correlacionam-se positivamente com a absorção de

zinco e seu efeito pode ser devido à liberação de aminoácidos que mantêm o mineral em solução. A quantidade de zinco em uma refeição pode afetar a absorção do mineral; com o aumento das quantidades de zinco a absorção será diminuída (LONNERDAL, 2000; SALGUEIRO et al., 2000).

Tem-se demonstrado que a proteína de origem animal aumenta a biodisponibilidade de zinco. Uma possível justificativa para tal efeito da proteína sobre a absorção do zinco seria a formação de um complexo com o zinco, o qual evitaria a precipitação do mineral, ou ainda que os peptídeos ou aminoácidos facilitariam a absorção do zinco em nível da borda em escova (COZZOLINO, 2005).

As ostras, segundo Kimura et al. (1998) fornecem proteína de alto valor biológico, com quantidades significativas de aminoácidos como cisteína e metionina, entre outros (KIMURA et al., 1998).

Estudo realizado por Spears et al. (2004) com o objetivo de avaliar a biodisponibilidade de zinco do sulfato de zinco e diferentes formas orgânicas de zinco, após ensaio biológico de 42 dias, verificou que o zinco proveniente do complexo ZnGlicina foi mais biodisponível do que o sulfato de zinco ou o complexo ZnMetionina, demonstrando também a importância da qualidade das proteínas. Também House et al., em 1996, com o intuito de avaliar a influência de dieta contendo aminoácidos na biodisponibilidade de zinco, verificaram que a absorção de zinco foi aumentada pela suplementação com metionina ou cisteína.

Pedrosa e Cozzolino, em 1993, ao avaliar o efeito da suplementação com ferro na biodisponibilidade de zinco em uma dieta regional do nordeste do Brasil, através do nível total de zinco nos fêmures, verificaram que a quantidade de zinco fixada nos fêmures foi maior e estatisticamente diferente ($p < 0,05$) para os grupos consumindo ração controle comparados com os grupos que receberam a dieta a

regional do nordeste. Entretanto para ambas as dietas, o teor de zinco fixado nos fêmures foi menor e estatisticamente diferente dos demais para os grupos tratados com suplementação de ferro, suficiente para que a razão Fe:Zn fosse maior do que 4:1. No presente estudo, considerando as quantidades de ferro e zinco presentes nas rações, verificamos que esta relação varia entre 1:1 a 2:1 Fe:Zn, o que pode ter contribuído para a alta biodisponibilidade de zinco.

Além disso, as ostras são alimentos isentos de fitatos (USDA, 2001), considerados componentes importantes na redução da biodisponibilidade de zinco. Yonekura et al. (2004), em ensaio biológico com ratos, avaliando o efeito de diferentes fibras na supressão do efeito inibitório do ácido fítico, verificaram que os animais consumindo fécula de batata tiveram aumento da absorção aparente de zinco, aumento da concentração de zinco no fêmur e o ganho de peso favorecido, quando comparados com os animais alimentados com celulose ou dieta livre de fibras.

De acordo com os dados encontrados na literatura sobre os inibidores e facilitadores da biodisponibilidade de zinco (ausência de ácido fítico, presença de proteínas de origem animal e de aminoácidos como a glicina e baixa razão molar ferro:zinco nas ostras), pode-se explicar, no presente estudo, a alta biodisponibilidade do zinco das ostras, verificada através da análise desse mineral no fêmur dos animais tratados com dieta contendo o molusco.

A adequação alimentar de zinco é essencial para prevenir a deficiência de zinco e manutenção da saúde. Entretanto, como citado anteriormente, diversos estudos têm demonstrado carência de zinco nas populações. Suplementação e/ou fortificação de alimentos tem sido utilizada como alternativa de recuperação do estado nutricional relativo a este nutriente.

No entanto, segundo Salgueiro et al. (2000) há dificuldades em se encontrar um composto de zinco adequado para atuar como agente fortificante. O sulfato de zinco e óxido de zinco são os mais usados, mas possuem sérias desvantagens. O sulfato de zinco modifica as características sensoriais, sendo considerado de baixa palatabilidade. Óxido de zinco é insolúvel e precipita em alimentos líquidos. Sandström (2001) alerta que a suplementação de micronutrientes deve ser bem controlada, principalmente quando envolver um único nutriente, devido as diversas interações que podem ocorrer.

Neste sentido, a introdução de ostras e alimentos a base de ostras podem ser uma boa alternativa na prevenção e tratamento de populações que apresentem risco ou deficiência de zinco.

5.3.5 Sinais da deficiência de zinco observados durante o ensaio biológico

Durante o experimento, alguns animais do grupo tratado com dieta Isenta de zinco, apresentaram sinais como lesões de pele, perda excessiva de pêlo em algumas regiões e má cicatrização (Fig.12 e Fig.13) que provavelmente estão relacionados à deficiência de zinco. Esses sinais foram reduzindo a intensidade e frequência ao longo do ensaio biológico, possivelmente demonstrando a homeostase do mineral no organismo do animal, com a utilização do zinco dos ossos.



Figura 12 – Lesões nos olhos dos animais tratados com dieta isenta de zinco



Figura 13 – Queda do pêlo e má cicatrização nos animais tratados com dieta isenta de zinco

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos com o presente estudo, pode-se concluir que as ostras (*Crassostrea gigas*) coletadas na região sul de Florianópolis possuem zinco de alta biodisponibilidade. Além disso, são boas fontes de proteína de alto valor biológico, minerais e apresentam baixos teores de lipídeos.

Sugere-se que uma dieta saudável associada ao consumo de ostras possa ser uma alternativa para a recuperação e manutenção do estado nutricional de zinco.

As ostras avaliadas neste local e período em que foi realizada a pesquisa, não apresentaram excesso de zinco, de forma que podem ser consumidas sem que haja risco de toxicidade.

É importante a investigação de outros minerais essenciais para poder conhecer o valor nutricional das ostras produzidas em nosso estado e incentivar seu consumo. A determinação do teor de zinco em diferentes estações do ano será importante para verificar a influência da temperatura na composição de minerais dos moluscos cultivados em nossa região.

Novos estudos que explorem a biodisponibilidade do zinco das ostras, e suas interações com outros nutrientes da dieta são necessários principalmente em humanos para extrapolar estes resultados.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANS, S.A.; GRIFFIN, I.J. & DAVILA, P.M. Calcium and zinc absorption from lactose-containing and lactose-free infant formulas. **Am J Clin Nutr**, v.76, p.442-446, 2002.

AESON, O. & CHUNG, K.W. Dietary zinc deficiency alters 5 α -reduction and aromatization of testosterone and androgen receptors in rat liver. **J Nutr**, v. p.826-842, 1996.

ALAMINO, L.H.M. Maricultura em Florianópolis, Santa Catarina. **A magia da ostra**. Disponível em: <setorpesqueiro.com.br/aquicultura/maricultura/>. Acesso em: 22 out. 2004.

ARANA, L. V. Estado da arte. In: ARANA, L.V. **Fundamentos de aquicultura**. Florianópolis, UFSC, 2004. p.207-219.

Association of Official Analytical Chemists - AOAC International. **Official Methods of Analysis** nº968.08. 18. ed., cap. 4, p. 57, Gaithersburg, USA, 2005.

BARARDI, R.M.; SANTOS, C.S.; SIMÕES, C.M. Ostras de qualidade em Santa Catarina. **Ciência Hoje**, v.29, n.172, 2001. Disponível em: <www.cienciahoje.org.br> Acesso em: 12 mai. 2005.

BAUM, M.K.; POSNER-SHOR, G.; CAMPA, A. Zinc status in human immunodeficiency virus infection. **The Journal of Nutrition**, v.130, Suppl, p.1421-1423, 2000.

BERTOLO, R.F.P; BETTGER, W.J & ATKINSON, S.A. Divalent metals inhibit and lactose stimulates zinc transport across brush border membrane vesicles from piglets. **J Nutr Biochem**, v.12, p.73-80, 2001.

BETTGER, W.J. & O'DELL, B.L. Physiological roles of zinc in the plasma membrane of mammalian cells. **J Nutr Biochem**, v.4, p.194-207, 1993.

BLACKMORE, G. Interspecific variation in heavy metal body concentrations in Hong Kong marine invertebrates. **Environmental Pollution**, v.114, p.303-311, 2001.

BOBILYA, D.J. et al. Chronological loss of bone zinc during dietary zinc deprivation in neonatal pigs. **Am J Clin Nutr**, v.59, p.649-655, 1994.

BRAGIGAND, V. et al. Estimates of trace metal bioavailability to humans ingesting contaminated oysters. **Food and Chemical Toxicology**, v.42, p.1893-1902, 2004.

BRZÓSKA, M.M. & JAKONIUK, J.M. Interactions between cadmium and zinc in the organism. **Food and Chemical Toxicology**, v.39, p.967-980, 2001.

CAMPBELL, J.A. Method for determination of PER & NPR. In: Food and nutrition board. Committee on Protein Quality. **Evaluation of protein quality**. Washington DC, p.31-32, 1963.

CAO, J.; HENRY, P.R.; DAVIS, S.R. et al. Relative bioavailability of zinc organic zinc sources based on tissue zinc and metallothionein in chicks fed conventional dietary zinc concentrations. **Animal Feed Science Technology**, v.101, p.161-170, 2002.

CAVALACANTI, A.D. Monitoramento da contaminação por elementos traço em ostras comercializadas em Recife, Pernambuco, Brasil. **Cadernos Saúde Pública**, v.19(5), p.1545-1551, 2003.

CESAR, T.B.; WADA, S.R.; BORGES, R.G. Zinco plasmático e estado nutricional em idosos. **Rev. Nutr.**, Campinas, v.18(3), p.357-365, 2005.

CHESTES, J.K. Biochemical functions of zinc in animals. **Rev Nutr Diet**, v.32, p.135-164, 1978.

CHILDS, M. T. et al. Effects of shellfish consumption on lipoproteins in normolipidemic men. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.51, p.1020-1027, 1990.

CLARKSON, P.M. & THOMPSON, H.S. Antioxidants: What role do they play physical activity and health? **Am J Clin Nutr**, v.72, p.637-647, 2000.

COMMITTEE ON LABORATORY ANIMAL DIETS / ASSEMBLY OF LIFE SCIENCES NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Control of diets in laboratory animal experimentation. **Nutr. Abstr. Rev.**, 49:413-9, 1979.

CORDEIRO, M.B.C. **Adequação alimentar e avaliação do estado nutricional em relação ao zinco em grupo de idosos institucionalizados**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 1994, 79p.

COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. Barueri, SP: Manole. 2005, p.12-37.

CURTIUS, A.J.; SEIBERT, E.L. & FIEDLER, H.D. Avaliando a contaminação por elementos traço em atividade de maricultura. Resultados parciais de um estudo de caso realizado na Ilha de Santa Catarina, Brasil. **Quim. Nova**, v.26(1), p.44-52, 2003.

DANTAS, R.P.; COZZOLINO, S.M.F. Biodisponibilidade de zinco em dieta regional de São Paulo. **Archivos Latinoamericanos de Nutrição**, v.40, p.221-230, 1990.

DAWSON-HUGHES, B.; SELIGSON, F.H. & HUGHES, V.A. Effects of calcium carbonate and hydroxyapatite on zinc and iron retention in postmenopausal women. **Am J Clin Nutr**, v.44, p.83-88, 1986.

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Produção da Maricultura**. Disponível em: <<http://www.epagri.rct-sc.br>>. Acesso em 03 out. 2006.

ESTADOS UNIDOS. **Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc.** Washington, D.C., National Academy Press, p.442-501, 2001. Disponível em: URL:<<http://www.nap.edu>>.

FAO. **Fisheries Circular.** Rome: FAO, n.886, 2003, 95p.

FAO Inland Water Resources and Aquaculture Service (FIRI). c2006. Helm, M.M. **Cultured Aquatic Species Information Programme - Crassostrea gigas.** Cultured Aquatic Species Fact Sheets. FAO - Rome. Updated Wed Nov 01 10:06:41 CET 2006. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em 25 out.2006.

FARRINGTON, J.W. et al. Mussel Watch 1976-1978: An overview of the trace metal, DDE, PCB, hydrocarbon and artificial radionuclide data. **Environmental Science and Technology**, v.17, p.490-496, 1983.

FÁVARO, R.M.D & VANNUCCHI, H. Níveis plasmáticos de zinco e antropometria de crianças da periferia de centro urbano no Brasil **Rev. Saúde Pública** v.24(1) São Paulo Fev. 1990.

FAVARO, D.I. et al. Determination of various nutrient and toxic elements in different brazilian regional diets by nêutron activation analysis. **Journal Trace Elements**, v.11, p.129-136, 1997.

FAZENDA MARINHA ATLÂNTICO SUL. **Portal da Maricultura.** Disponível em: <<http://www.fazendamarinha.com.br/portaldamaricultura.htm>>. Acesso em: 28 set. 2006.

FERREIRA, J.F. **Laboratório de Cultivo de Moluscos Marinhos.** Disponível em: <www.agecom.ufsc.br> Acesso em: 06 nov. 2005.

FRANCO, G. **Tabela de Composição Química dos Alimentos**, 9ª ed. São Paulo: Atheneu, 1996, 307p.

GARGARI, B.P.; MAHBOOB, S.; RAZAVIEH, S.V. Content of phytic acid and its mole ratio to zinc in flour and breads consumed in Tabriz, Iran. **Food Chemistry**, v.100, p.1115-1119, 2007.

GIBSON, R.S. **Principles of Nutritional Assessment**. New York, Oxford University Press, 1990, p.542-548.

GOLDBERG, E.D. et al., Mussel Watch 1977-1978: Results on trace metals and radio nuclides. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, v.16, p.69-83, 1978.

GORDON, D.T. Minerals in seafoods: their bioavailability and interactions. **Food Technology**, v.42, n.5, p.156-159, 1988.

GOSLING, E. Bivalve culture. In: **Bivalve Mollusks. Biology, Ecology and Culture**. Blackwell Publishing, 2003. cap. 9, p. 284-331.

GOTTSCHALL, C.B.A.; ÁLVARES DA SILVA, M.R.; CAMARGO, A.C.R. et al. Avaliação nutricional de pacientes com cirrose pelo vírus da hepatite C. **Arquivos de Gastroenterologia**, v.41, p.220-224, 2004.

GUYTON, A.C. **Tratado de Fisiologia Médica**, 8^a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992, cap.71, p.691.

HALSTED, J.A. et al. Zinc deficiency in man: the Shiraz experiment. **Amer J Med**, v.53, p.277-283, 1972.

HAMBIDGE, M.K.; KREBS, N.F.; MILLER, L. Evaluation of zinc metabolism with use of stable-isotope techniques: implications for the assessment of zinc status. **Am J Clin Nutr**, v.68, Suppl, p.410S-413S, 1998.

HAMBIDGE, M.K. Human zinc deficiency. **The Journal of Nutrition**, v.130, Suppl, p.1344-1349, 2000.

HAMMER, D.H. Metallothionein. **Ann Rev Biochem**, v.55, p.913-951, 1986.

HEMPE, J.M. & COUSINS, R.J. Cysteine-rich intestinal protein and intestinal metallothionein: an inverse relationship as a conceptual model for zinc absorption in rats. **J Nutr**, 122(1), p.89-95, 1992.

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

HENDY, H.A.; YOUSEF, M.I. & EL-NAGA, N.IA. Effect of dietary zinc deficiency on hematological and biochemical parameters and concentrations of zinc, copper, and iron in growing rats. **Toxicology**, v.167, p.163-170, 2001.

HENRIQUES, G.S. & COZZOLINO, S.M.F. Determination of metallothionein levels in tissues of young rats fed zinc-enriched diets. **Rev. Nutr.**, Campinas, v.14(3), p.163-169, 2001.

HERBÁRIO. **Ostras fazem a festa em Florianópolis**. Disponível em: <<http://www.herbario.com.br/atual/ostrasc.htm>>. Acesso em: 10 nov. 2004.

HERZBERG, M. et al. Zinc excretion in osteoporotic women. **J Bone Min Res**, v.5, p.251-255, 1990.

HICKORY, W.; NAUDA, R.; CATALANOTTO, F. Fetal skeletal malformations associated with moderate zinc deficiency during pregnancy. **J Nutr**, v.109, p.1860-1865, 1979.

HOUSE, W.A.; VAN CAMPEN, D.R. & WELCH, R.M. Influence of dietary sulfur-containing aminoacids on the bioavailability to rats of zinc in corn kernels. **Nutrition Research**, v.16(2), p.225-235, 1996.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**, 3ed., São Paulo, 1985, v.1, 533p.

International Commission on Microbiological Specifications for Foods – ICMSF. **Ecologia Microbiana de los Alimentos**, v.2, p.573-608, 1985.

JONES, G.B.; MERCURIO, P.; OLIVIER, F. Zinc in fish, crabs, oysters, and mangrove flora and fauna from Cleveland Bay. **Marine Pollution Bulletin**, v.41, p.345-352, 2000.

KARAKOLTSIDIS, P.A.; ZOTOS, A.; CONSTANTINIDES, S.M. Composition of commercially important mediterranean finfish, crustaceans and molluscs. **Journal Food Composition Analysis**, v.8, p.258-273, 1995.

KE, C. & WANG, W. Bioaccumulation of Cd, Se and Zn in an Estuarine Oyster (*Crassostrea rivularis*) and a Coastal oyster (*Saccostrea glomerata*). **Aquatic toxicology**, v.56, p.33-51, 2001.

KIMURA, I.; OHMINAMI, H.; OKUDA, H. Effects of extract of oyster on lipid metabolism in rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 59, p. 117-123, 1998.

KING, J.C., SHAMES, D.M. and WOODHOUSE, L.R. Zinc homeostasis in humans. **The Journal of Nutrition**, v.130, p.1360S-1366S, 2000.

KING, J.C., KEEN, C.L. Zinco. In: SHILS, M.E., OLSON, J.A., SHIKE, M. e ROSS, A.C (Eds). **Tratado de Nutrição Moderna na Saúde e na Doença**. 9ª ed. São Paulo, Manole: 2003.

KLEIN, C.J. Nutrient requirements for preterm-infant formulas: 10. Minerals: calcium and phosphorus. **J Nutr**, v.132(6) Suppl 1, p.S1395-577, 2002.

KREBS, N.F. Overview of zinc absorption and excretion in the human gastrointestinal tract. **The Journal of Nutrition**, v. 130, p. 1374S-1377S, 2000.

LCMM – Laboratório de Cultivo de Moluscos Marinhos. **Panorama da ostreicultura em Santa Catarina**. Disponível em: <<http://www.lcmm.ufsc.br>>. Acesso em 14 junh. 2004.

LEHNINGER A.L.; NELSON D.L.; COX, M.M. Princípios de bioquímica. São Paulo, Savier: 1998. p.41-60.

LINEHAN, L.G.; O'CONNOR, T.P.; BURNELL, G. Seasonal variation in the chemical composition and fatty acid profile of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*). **Food Chemistry**, v.64(2), p.211-214, 1999.

LÖNERDAL, B. Dietary factors influencing zinc absorption. **The Journal of Nutrition**, v.130, p.1378S-1383S, 2000.

LÖNERDAL, B. et al. The effect of individual components of soy formula and cow's milk formula on zinc bioavailability. **Am J Clin Nutr**, v.40, p.1064-1070, 1984.

MacDONALD, R.S. The role of zinc in growth and cell proliferation. **The Journal of Nutrition**, v.130, p.1500S-1508S, 2000.

MARET, W. The function of zinc metallothionein: a link between cellular zinc and redox state. **J Nutr**, v.130, p.1455S-1458S, 2000.

MAZZA, R.P.D. **Biodisponibilidade de zinco de diferentes fontes de suplementação em dieta regional de São Paulo (estudo em ratos)**. São Paulo, 1992. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Universidade de São Paulo. 155 p.

MEDEIROS, K.J. **Avaliação dos efeitos de uma dieta à base de mexilhões *Perna perna* (Linnè, 1758) em relação aos teores de colesterol, triglicerídeos e lipoproteínas em cobaias (*Cavia porcellus*)**. Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.

MAFRA, D.; COZZOLINO, S.M.F. Importância do zinco na nutrição humana. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.17(1), p.79-87, 2004.

MARTINO, R.C.; CRUZ, G.M. Proximate composition and fatty acid content of the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* along the year seasons. **Brazilian archives of biology and technology**, v. 47, n. 6, p. 955-960, 2004.

MCCALL, K.A., HUANG, C., FIERKE, C.A. Function and mechanism of zinc metalloenzymes. **The Journal of Nutrition**, v.130, Suppl, p.1437-1446, 2000.

MOMCILOVIC, B.; BELONGE, B.; GIROUX, A. et al. Total femur zinc as parameter of choice for a zinc bioassay in rats. **Nutrition Reports International**, v.12, p.197-203, 1975.

NAGAHAMA, D. et al. Composição química e percentual de adequação da dieta dos servidores do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v.32 (2), p.267-276, 2000.

NETO, F.M.O. Bons resultados da Ostreicultura em 2006. **Panorama da Aqüicultura**, v.17(100), p.41-43, 2007.

NOGUEIRA, N.N.; PARENTE, J.V.; COZZOLINO, S.M.F. Mudanças na concentração plasmática de zinco e ácido fólico em adolescentes grávidas submetidas a diferentes esquemas de suplementação. **Cadernos de Saúde Pública**, v.19(1), p.155-160, 2003.

OGUNTONA, C.R.B. & AKINYELE, I.O. Food and nutrient intakes by pregnant nigerian adolescents during the third trimester. **Nutrition**, v.18, p.673-679, 2002.

OLIN, K.L. et al. Extracellular superoxide dismutase activity is affected by dietary zinc intake in nonhuman primate and rodent models. **Am J Clin Nutr**, v.61, p.1263-1267, 1995.

OMS Organização Mundial de Saúde. **Elementos traço na nutrição e saúde humana**. São Paulo: Roca. 1998. p.63-91.

PAK, N., VERA, G.; ARAYA, H. Nutritive value of shellfish consumed in Chile. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v.35(1), p.63-69. 1985.

PARISENTI, J. **Determinação dos esteróis e ácidos graxos em ostras (*Crassostrea gigas*) da região de Florianópolis – SC e efeito do seu consumo no**

colesterol sérico de ratas (*Rattus norvegicus*). Florianópolis, 2006. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina.

PEDROSA, L.F.C.; COZZOLINO, S.M.F. Biodisponibilidade de zinco em dieta regional do nordeste do Brasil. **Rev Farm Bioquim**, São Paulo, v.26(2), p.123-133, 1990.

PEDROSA, L.F.C.; COZZOLINO, S.M.F. Efeito da suplementação com ferro na biodisponibilidade de zinco em uma dieta regional do nordeste do Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.27(4), p.266-270, 1993.

PEDROSA, L.F.C.; COZZOLINO, S.M.F. Composição centesimal e de minerais de mariscos crus e cozidos da cidade de Natal/RN. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.21(2), p.154-157, 2001.

PERDUE, J. A.; ERICKSON, G. A comparison of the gametogenic cycle between the Pacific oyster *Crassostrea gigas* and the Suminoe oyster *Crassostrea rivularis* in Washington State. **Aquaculture**, v.37(3), p.231-237, 1984.

PEREIRA, M.A.; NUNES, M.M.; NUERNBERG, L.; SCHULZ, D.; BATISTA, C.R.V. Microbiological quality of oysters (*Crassostrea gigas*) produced and commercialized in the coastal region of Florianópolis – Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.37, p.159-63, 2006.

PERES, J.M. et al. Inhibition of zinc absorption by iron depends on their ratio. **J Trace Elem Med Biol**, v.15(4), p.237-241, 2001.

PHILIPPI, S.T. **Tabela de Composição de Alimentos: Suporte para decisão nutricional**. Brasília: ANVISA, FINATEC/NUT – UnB, 2001. 133p.

PHILIPPI, S.T.; SZARFARC, S.C.; LATTERZA, A.R. **Virtual Nutri Software**, versão 1.0 for windows. Departamento de Nutrição da Faculdade de Saúde Pública – FSP – USP. São Paulo, 1996.

PIGOTT, G.M; TUCKER, B.W. **Seafood: Effects of technology on nutrition**. New York: Marcel Dekker, 1990, 361p.

POLI, C.R. Cultivo de ostras do Pacífico (*Crassostrea gigas*, 1852). In: POLI, C.R.; POLI, A.T.B.; ANDREATTA, E.; BELTRAME, E. **Aqüicultura: Experiências Brasileiras**. Florianópolis: Multitarefa, 2004. cap.X, p.251-266.

POWELL, S.R. The antioxidant properties of zinc. **The Journal of Nutrition**, v.130 Suppl, p.1447-1454, 2000.

PRASAD, A.S. Discovery of human zinc deficiency and studies in a experimental human model. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.53, p.403-412, 1991.

PRASAD, A.S. Zinc: an overview. **Nutrition**, v.11(Suppl), p.93-99, 1995.

PRASAD, A.S. Zinc deficiency in women, infants and children. **Journal of the American College of Nutrition**, v.15(2), p.113-120, 1996.

PRASAD, A.S. Discovery of human zinc deficiency: impact of human health. **Nutrition**, v.17(7), p.685-686, 2001.

REEVES, P. G.; NIELSEN, F.H.; FAHEY, G. C. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition "Ad Hoc" Writing Committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.123(11), p.1939-1951, 1993.

RIVERA, J.A. et al. Zinc supplementation improves the grown of stunted rural Guatemalan infants. **J Nutr**, v.128(3), p.556-562, 1998.

RUIZ, C. et al. Influence of seasonal environmental changes on the gamete production and biochemical composition of *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795) in suspended culture in El Grove. Galicia. Spain. **Journal Experimental Marine Biology Ecology**, v.155, n.2, p.249-262, 1992.

SALGUEIRO, M.J.; ZUBILLAGA, M.B.; LYSIONEK, A.E. et al. Bioavailability, biodistribution, and toxicity of bioZn-AAS: A new zinc source. Comparative studies in rats. **Nutrition**, v.16, p.762-766, 2000.

SALGUEIRO, M.J., ZUBILLAGA, M.B., LYSIONEK, A. et al. Zinc as an essential micronutrient: a review. **Nutrition Research**, v.20(5), p.737-755, 2000.

SALGUEIRO, M.J., ZUBILLAGA, M.B., LYSIONEK, A. et al. Zinc status and immune system relationship: A review. **Biol Trace Elem Res**, v.76(3), p.193-205, 2000.

SANDSTRÖM, B. Bioavailability of zinc. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.51, Suppl 1, p.S17-S19, 1997.

SANTOS, F.M. **Influência da temperatura sobre o acúmulo de glicogênio e acompanhamento do ciclo sexual da Ostra do pacífico *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795) em campo e laboratório, durante o verão**. 2001. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Centro de Ciências Agrárias. Florianópolis, 2001.

SANTOS, J.J. **Aspectos da ecologia e biologia da ostra *Crassostrea rhizophorae* (Guilding 1828) na Baía de Todos os Santos**. 1978. 166f. Tese (Doutorado em Zoologia) Instituto Biológico, Universidade do Estado de São Paulo. São Paulo.

SAUCEDO, P. et al. Seasonal changes in the histological and biochemical profile of the gonad, digestive gland and muscle of the Calafia Mother-of-pearl Oyster, *Pinctada Mazatlanica* (Hanley, 1856) associated with gametogenesis. **Journal Shellfish Research**, v.21(1), p127-135, 2002.

SHILS, M.E., OLSON, J.A., SHIKE, M. **Mod Nutr Health Disease**. 8^aed., Philadelphia: Lea & Febiger, 1994, v.1, p.214-230.

SHPIGEL, M. Gametogenesis of the European flat oyster (*Ostrea edulis*) and Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in warm water in Israel. **Aquaculture**, v.80(3/4), p.343-349, 1989.

SIDOUMOU, Z. et al. Heavy metal concentrations in mollusks from the Senegal coast. **Environment International**, v.32, p.384-387, 2006.

SILVA, C.A.R. et al. Biomonitoring of trace metal contamination in the Potengi Estuary, Natal (Brasil), using the oyster *Crassostrea rhizophorae*, a local food source. **Wat Res.**, v.35(17), p.4072-4078, 2001.

SOLOMONS, N.W.; JACOB, R.A. Studies on the bioavailability of zinc in humans: effects of heme and nonheme iron on the absorption of zinc. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.34, p.475-482, 1981.

SOUTHGATE, D.A.T. Trace elements: data bases and food composition compitations. **Food Chemistry**, v.43, p.289-293, 1992.

SPEARS, J.W. et al. Bioavailability of zinc from zinc sulfate and different organic zinc sources and their effects on ruminal volatile fatty acid proportions. **Livestock Production Science**, v.90, p.211-217, 2004.

SPENCER, B.E. Oyster cultivation. In: **Molluscan shellfish farming**. Blackwell Publishing, 2002. cap.6, p.123-146.

SZCKUREK, E.L.; BJORNSSON, C.S.; TAYLOR, C.G. Dietary zinc deficiency and repletion modulate metallothionein immunolocalization and concentration in small intestine and liver of rats. **The Journal of Nutrition**, v.131, p.2132-2138, 2001.

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos / NEPA – UNICAMP. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2004, 42p.

TBCAUSP - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos / USP. Disponível em <www.fcf.usp.br/tabela>. Acesso em: 03 nov. 2005.

TAKEDA, A. Movement of zinc and its functional significance in the brain. **Brain Research Reviews**, v.34, p.137-148, 2000.

TANAKA K. et al. Effects of feeding oyster, *Crassostrea gigas*, on serum and liver lipid levels in rats. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology** (Tokyo), v.49(2), p.100-106, 2003.

TRAMONTE, V.L.C.G. **Biodisponibilidade de ferro e zinco de dieta típica da população brasileira de baixa renda. Estudo com isótopos estáveis em humanos.** São Paulo, 1995. 142p. (Tese Doutorado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP).

TRAMONTE, V. L. C. G.; PARISENTI, J.; FACCIN, G. L. Composição nutricional de ostras, in natura e cozidas, coletadas em diferentes estações do ano, na cidade de Florianópolis, SC. **Higiene Alimentar**, v.19(134), p.31-34, 2005.

TUNNER, E.; HENKEN, B.L.; LITTELI, R.C. et al. Comparing nutrient intake from food to the estimated average requirements shows middle-to upper-income pregnant women lack iron and possibly magnesium. **Journal of the American Dietetic Association**, v.103, p.461-466, 2003.

URBANO, M.G. & GOÑI, I. Bioavailability of nutrients in rats fed on edible seaweeds, Nori (*Porphyra tenera*) and Wakame (*Undaria pinnatifida*) as a source of dietary fibre. **Food Chemistry**, v.76, p.281-286, 2002.

USDA – United States Department of Agriculture. **Nutrient database for Standard Reference**, Release 14, julho, 2001. Disponível em:
<<http://www.unifesp.br/dis/servicos/nutri/>> Acesso em 26 set. 2006.

YAMAGUCHI, M.; IGARASHI, A. & UCHIYAMA, S. Bioavailability of zinc yeast in rats: stimulatory effect on bone calcification in vivo. **Journal of Health Science**, v.50(1), p.75-81, 2004.

YAN, L. et al. The effect of long-term calcium supplementation on indices of iron, zinc and magnesium status in lactating Gambian women. **Br J Nutr**, v.76, p.821-831, 1996.

YONEKURA, L.; TAMURA, H. & SUZUKI, H. Chitosan and resistant starch restore zinc bioavailability, suppressed by dietary phytate, through different mechanisms in marginally zinc-deficiency rats. **Nutrition Research**, v.24, p.121-132, 2004.

YUYAMA, L.K.O. & COZZOLINO, S.M.F. Efeito da suplementação com pupunha como fonte de vitamina A em dieta: estudo em ratos. **Rev. Saúde Pública**, v.30(1), p.61-66, 1996.

YUYAMA, L.K.O. et al. Avaliação da alimentação de pré-escolares de Barcelos e Ajuricaba, Estado do Amazonas. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v.59 (1/2), p.27-32, 2000.

VALEE, B.L. & AULD, D.S. Zinc coordination, function and structure of zinc enzymes and other proteins. **Biochemistry**, v.29, p.5647-5659, 1990.

VALEE, B.L. & AULD, D.S. New perspectives on zinc biochemistry: cocatalytic sites in multi-zinc enzymes. **Biochemistry**, v.32, p.6493-6500, 1993.

VALEE, B.L. & FALCHUK, K.H. The biochemical basis of zinc physiology. **Physiol Rev**, v.73, p.79-111, 1993.

VANDERKOOY, P.D.S. & GIBSON, R.S. Food consumption patterns of Canadian preschool children in relation to zinc and growth status. **Amer J Clin Nutr**, v.45, p.609-616, 1987.

ZIEGLER, P.J.; JONNALAGADLA, S.S.; LAWRENCE, C. Dietary intake of elite figure skating dancers. **Nutrition Research**, v.21, p.983-992, 2001.

WAITZBERG, D. **Nutrição Enteral e Parenteral na prática clínica**. 2ª ed. Rio de Janeiro, Ed. Atheneu, 1995.

WALTER, A. et al. Effects of calcium supplementas to a maize-soya diet on the bioavailability of minerals and elements and the accumulation of heavy metals in growing rats. **J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med**, v.47(6), p.367-377, 2000.

WAY, C.W.V. **Segredos em Nutrição: respostas necessárias ao dia-a-dia em rounds, na clínica, em exames orais e escritos.** Porto Alegre: Artmed, 2000, 296p.

WELSH, S.O & MARSTON, R.M. Zinc levels of the U.S. food supply: 1909-1980. **Food Technol**, v.36, p.70-76, 1982.

WOOD, R.J. Assessment of marginal zinc status in humans. **The Journal of Nutrition**, v.130, p.1350-1354S, 2000.

WOOD, R.J. & ZHENG, J.J. High dietary calcium intakes reduce zinc absorption and balance in humans. **Am J Clin Nutr**, v.65, p.1803-1809, 1997.