



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**  
**Centro de Ciências da Natureza**  
**Programa de Pós-Graduação em Química**



**Raíza Lorena Rodrigues de Aguiar Carvalho**

**AVALIAÇÃO DO TEOR TOTAL E BIODISPONÍVEL DE Ca, Fe, Mg e  
Zn EM CARNE DO GADO CURRALEIRO PÉ-DURO**  
*(Bos taurus ibericus)*

**Teresina- PI**

**2016**

Raíza Lorena Rodrigues de Aguiar Carvalho

**AVALIAÇÃO DO TEOR TOTAL E BIODISPONÍVEL DE Ca, Fe, Mg e  
Zn EM CARNE DO GADO CURRALEIRO PÉ-DURO  
(*Bos taurus ibericus*)**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Piauí, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Naise Mary Caldas

Teresina- PI

2016

Raíza Lorena Rodrigues de Aguiar Carvalho

**DETERMINAÇÃO DO TEOR TOTAL E BIODISPONÍVEL DE Ca, Fe,  
Mg e Zn EM CARNE DO GADO CURRALEIRO PÉ-DURO  
(*Bos taurus ibericus*)**

Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal do Piauí  
como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre em  
Química (Química Analítica).

Aprovado em 20 de julho de 2016

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Naise Mary Caldas  
Universidade Federal do Piauí  
(Orientadora e Presidente)

---

Prof. Dr. Edivan Carvalho Vieira  
Universidade Federal do Piauí

---

Profa. Dra. Eveline de Abreu Menezes  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

---

Prof. Dr. Benedito Batista Farias Filho  
UNICAMP (Suplente)

Teresina- PI

2016

*Este trabalho é dedicado às pessoas mais importantes da minha vida:*

*Aos meus amados pais Luíza e Dico;*

*Aos meus queridos Pablo e Cecília;*

*Ao meu admirável marido, Alex.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado forças para permanecer nesse caminho, que é um sonho, mas que existem tantos obstáculos a serem superados.

Aos meus pais, por acreditarem em mim e por terem me dado todo o necessário para que Eu me tornasse uma pessoa do bem e profissional.

Ao meu irmão maravilhoso, que sempre me transmitiu suas palavras de conforto e carinho.

Ao meu esposo, que durante essa caminhada se tornou o meu companheiro de vida, que sempre estava ali para escutar meus problemas.

A minha princesa, Maria Cecília, que sempre foi a minha alegria e minha distração.

Aos meus familiares, que direta ou indiretamente me deram força para seguir em frente.

Aos meus queridos amigos, irmãos e companheiros de curso (Elétrons desemparelhados) (Iara, Elizete, Laíres, Erinete, Monica, Thayllan, Cássio, Lucivania e Isleyanne), pela parceria sempre, por terem me ensinado que sempre podemos melhorar.

Aos meus companheiros de laboratório de Química Analítica-GRIAPA, pela parceria durante a pesquisa e momentos de laboratório.

Aos meus companheiros de longas horas de trabalho, domingos e feriados, sem os quais tudo teria sido mais difícil, Tomas, Jane e Darlisson, foi um prazer dividir esses momentos com vocês.

Ao Prof. Dr. Jardes Figuerêdo, pelas dicas, orientação, conversas e PACIÊNCIA durante esses anos de mestrado.

Ao Prof. Dr. Edivan Carvalho, por ser uma pessoa com um conhecimento imensurável e que ao mesmo tempo possui uma humildade sem tamanho, sempre disposto a ajudar-nos.

À Profa. Dra. Eveline de Abreu Menezes por ter aceitado participar da banca e pelas contribuições.

Ao Prof. Dr. Benedito Batista Farias Filho por ter contribuído tanto na qualificação, como na defesa e ter se disponibilizado gentilmente para a avaliação desse trabalho.

A minha orientadora Profa. Dra. Naise Caldas, pelos ensinamentos, por toda ajuda, pela paciência e confiança depositada em mim.

*“Se fosse fácil achar o caminho das pedras, tantas pedras no caminho não seria ruim?” (Humberto Gessinger)*

## RESUMO

O gado Curraleiro Pé-Duro (CPD) adapta-se facilmente a regiões de clima semiárido como o sertão do nordeste do Brasil e é um patrimônio histórico e cultural do Estado do Piauí. Sua carne é macia, suculenta e de sabor agradável, porém não há estudos que descrevam a qualidade nutricional deste alimento, assim, este trabalho visa avaliar os teores totais e o percentual biodisponível de Ca, Fe, Mg e Zn em amostras da carne de gado CPD *in natura*, após o procedimento de cocção em água deionizada com e sem adição de temperos. Para a determinação dos teores totais as amostras foram digeridas em forno micro-ondas com cavidade e o percentual biodisponível foi avaliado a partir da simulação da digestão gastrointestinal empregando o procedimento *in vitro* proposto por Millher. A determinação total e biodisponível de Ca, Fe, Mg e Zn foi realizada empregando a espectrometria de absorção atômica com atomizador em chama (FAAS). Os teores totais encontrados de Ca, Fe, Mg e Zn nas amostras CPD1, CPD2 e CPD3 *in natura* variaram entre 388,9-610,8 mgkg<sup>-1</sup>, 53,17-100,2 mgkg<sup>-1</sup>, 533,3-1132,6 mgkg<sup>-1</sup> e 95,4-223,5 mgkg<sup>-1</sup> respectivamente. As variações dos teores biodisponíveis foram de 1,5% - 27,6% mgkg<sup>-1</sup> Ca, 3,4%- 16,5% mgkg<sup>-1</sup> Fe, 14,2%- 44,3% mgkg<sup>-1</sup> Mg e 2,2%- 12,9% mgkg<sup>-1</sup> Zn. O que confere a carne do gado CPD ser uma ótima opção de alimento, pois possui teores totais consideráveis e teores biodisponíveis relativamente bons.

**Palavras-chave:** Gado Pé-Duro; Espectrometria de Absorção Atômica; Minerais; Biodisponibilidade.



## ABSTRACT

Cattle Curraleiro Pé-Duro (CPD) is an historical and cultural heritage of the state of Piauí that easily adapts to semi-arid climate as the hinterlands of northeastern Brazil. Its flesh is soft, juicy, and tasteful; but there are no studies that describe its nutritional quality. This study aims to evaluate total and bioavailable percentage of Ca, Fe, Mg and Zn in CPD beef samples *in natura* after cooking procedure in deionized water with and without addition of spices. To determine the total concentration, samples were digested in microwave oven cavity and bioavailable percentage from simulated gastrointestinal digestion using *in vitro* procedure proposed by Millher. Total and bioavailable determination of Ca, Fe, Mg and Zn was performed using atomic absorption spectrometry flame (F AAS). Total contents found Ca, Fe, Mg and Zn in CPD1 samples CPD2 and CPD3 *in natura* ranged from 388,9-610,8 mgkg<sup>-1</sup>, 53,17-100,2 mgkg<sup>-1</sup>, 533,3-1132,6 mgkg<sup>-1</sup> e 95,4-223,5 mgkg<sup>-1</sup> respectively. Bioavailable levels variations were 1,5% - 27,6% mgkg<sup>-1</sup> Ca, 3,4%- 16,5% mgkg<sup>-1</sup> Fe, 14,2%- 44,3% mgkg<sup>-1</sup> Mg e 2,2%- 12,9% mgkg<sup>-1</sup> Zn. Cattle meat CPD is a great choice for food as it has relatively good considerable total and bioavailable levels.

**Keywords:** Cattle Curraleiro Pé-Duro; Atomic Absorption Spectrometry; metals; Bioavailability.

## **LISTA DE FIGURAS**

1. Gado Curraleiro Pé-Duro

22

## LISTA DE TABELAS

1. Parâmetros instrumentais utilizados para a determinação de Ca, Fe, Mg e Zn por F AAS 34
2. Programa de aquecimento para decomposição das amostras de carne 36
3. Figuras de mérito do método proposto para determinação dos teores de Ca, Fe, Mg e Zn 39
4. Teor de Ca, Fe, Mg e Zn em material certificado (CRM) após análise por F AAS e o valor certificado 40
5. Teores totais em  $\text{mg.Kg}^{-1}$  de Ca, Fe, Mg e Zn nas amostras analisadas 41
6. Teor total dos minerais analisados em diferentes tipos de carne e corte *in natura* 43
7. Ingestão Diária Recomendada (IDR) para adultos e crianças 44
8. Teores biodisponíveis (%) de Ca, Fe, Mg e Zn nas amostras analisadas 45

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CPD	Gado Curraleiro Pé-Duro
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
AOAC	Official Methods of Analysis
F AAS	Spectrometry Absorption Atomic Fire
ET AAS	Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry
AAS	Spectrometry Absorption Atomic
GN	Gado Nelore
IN	Amostra In Natura
CA	Amostra cozida em água
TC	Amostra temperada e cozida
LD	Limite de Detecção
LQ	Limite de quantificação
CRM	Material de referência certificado
TACO	Tabela brasileira de composição alimentar
ICP OES	Inductively Coupled Plasma - Optical Emission
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
GERATEC	Núcleo Interinstitucional de Estudo e Geração de Novas Tecnologias
IDR	Ingestão Diária Recomendada
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
UESPI	Universidade do Estado do Piauí
WHO	World Health Organization

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>16</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>20</b>
2.1 Objetivo Geral	20
2.2 Objetivos Específicos	20
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>22</b>
3.1 Gado Curraleiro Pé-Duro	22
3.2 Carne Bovina	23
3.2.1. Importância da carne para nosso organismo	24
3.2.2. Composição da carne bovina	24
3.2.2.1. Água	24
3.3. Importância do Ca, Fe, Mg e Zn no organismo	25
3.3.1. Cálcio	25
3.3.2. Ferro	25
3.3.3. Magnésio	26
3.3.4. Zinco	26
3.4. Influências de tratamentos térmicos no valor nutricional do alimento	27
3.5. Biodisponibilidade	28
3.5.1. Fatores antinutricionais	30
3.6. Espectrometria de Absorção Atômica com atomização em chama (FAAS)	30
<b>4. PARTE EXPERIMENTAL</b>	<b>33</b>
4.1 Reagentes e soluções	33
4.2 Instrumentação	34
4.3 Amostras	34
4.3.1 Preparo das amostras	35
4.4 Determinação dos teores totais de Ca, Fe, Mg e Zn	35
4.5 Limites de detecção, quantificação e exatidão do método	36
4.6 Estudo da biodisponibilidade de Ca, Fe, Mg e Zn nas amostras de carne bovina	36

<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>39</b>
<b>5.1 Figuras de mérito</b>	<b>39</b>
<b>5.2 Determinação dos teores totais de Ca, Fe, Mg e Zn</b>	<b>40</b>
<b>5.3 Estudo da biodisponibilidade de Ca, Fe, Mg e Zn nas amostras de carne bovina</b>	<b>44</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>49</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>51</b>

# *INTRODUÇÃO*



## 1. INTRODUÇÃO

Existem programas nacionais e internacionais, onde o foco é a conservação dos recursos genéticos animais e melhores condições de produção dos pequenos produtores rurais. A produção animal local vem perdendo espaço no mercado produtor devido à competitividade dos grandes criadores, os quais utilizam raças exóticas selecionadas e de alta produtividade (FAO, 2008).

Dentre as espécies ruminantes domesticadas naturalizadas brasileiras, estão os bovinos da raça Curraleiro Pé-Duro (CPD), animais que são considerados rústicos, resistentes a parasitas, dóceis, adaptados ao clima tropical, à seca e as pastagens naturais do Nordeste, principalmente do semiárido brasileiro (SALLES *et al.*, 2011; EGITO, 2008; FIORAVANTE *et al.*, 2008). O ambiente natural deles está caracterizado por vegetação da caatinga, e os animais são possivelmente tolerantes a algumas plantas tóxicas da região (CARVALHO, *et al.*, 2002).

O Brasil é um grande produtor mundial de proteína animal e tem no mercado interno o principal destino de sua produção. Considerando a produção brasileira de carnes (bovina, suína e de aves) em 2010, estimada em 24,5 milhões de toneladas, temos que 75% dessa produção é consumida internamente no país (MAPA, 2013). A produção nacional de carne bovina está crescendo a taxas maiores, em decorrência do aumento da produtividade, mas por outro lado, a escolha do consumidor no mercado interno é condicionada à oferta de carnes substitutas, principalmente a de frango, que é considerada melhor para a saúde e de preço relativo menor (CARVALHO, 2007).

Os alimentos são fontes importantes de substâncias necessárias à saúde, tais como proteínas, carboidratos, lipídios, vitaminas e minerais, que são essenciais para o crescimento e para a manutenção dos tecidos e dos órgãos, ou seja, são fundamentais para os processos fisiológicos e metabólicos do organismo humano. Assim, uma alimentação saudável deve ser composta de uma variedade de fontes de nutrientes e fibras dietéticas em proporções adequadas (FELÍCIO, 2007).



O papel desempenhado pelos elementos metálicos, nos organismos vivos, vem despertando interesse na comunidade científica, há mais de um século, pois diversos processos biológicos que ocorrem nos organismos dos seres vivos podem ser afetados devido à carência e/ou ao excesso de alguns analitos (IYENGAR; SUBRAMANIAN; WOITTIEZ, 1998; GOYER; KLAASSEN; WAALKERS, 1995). Elementos como Ca, Cu, Fe, Mg e Zn são considerados essenciais para o bom funcionamento do corpo humano e a deficiência destes minerais têm enormes custos sociais(WELCH; GRAHAM, 2004).

Para a caracterização das propriedades nutricionais dos alimentos, no que diz respeito aos micro e macroelementos, normalmente as informações encontradas referem-se às concentrações totais destes nutrientes (KHOUZAM.; LOBINSKI, 2011) e com isso, muitas vezes é negligenciado o fato de que nem toda quantidade de um determinado nutriente presente em um alimento é liberada para uma possível absorção no intestino humano, apenas uma parcela dos nutrientes do alimento é aproveitada pelo metabolismo(TEIXEIRA, 2014).

É importante mencionar que nem todos os compostos ingeridos, durante a alimentação, são eficazmente utilizados pelo organismo humano, tendo em conta que durante o processo de digestão os compostos são submetidos a processos de biotransformação (PEIXOTO; MAZOM; CADORE, 2013). Assim se faz necessário o estudo para determinação da quantidade de nutrientes que é absorvida pelo organismo, para assim estimarmos a quantidade que de fato será absorvida do total que foi ingerido.

A biodisponibilidade de um nutriente ingerido pode ser definida como sua acessibilidade aos processos metabólicos e fisiológicos normais. A biodisponibilidade influencia o efeito benéfico de um nutriente em níveis fisiológicos de ingestão, mas também pode afetar a natureza e a gravidade da toxicidade quando a ingestão for excessiva (COZZOLINO, 2012).

Os alimentos são considerados amostras complexas para a realização de análises, devido uma mistura de substâncias, o que muitas vezes dificulta a determinação dos analitos (KORN, 2008). Para minimizar possíveis erros nas análises, contaminação e facilidade de processamento das amostras, faz-se necessário um pré-tratamento dessas amostras e cada etapa do processo

depende muitas vezes do tipo de amostra, do elemento a ser analisado, do método de análise, quantidade de amostra e dos equipamentos disponíveis (RIDGWAY, 2007).

Para a determinação de minerais em alimentos, a AOAC recomenda que o esse pré-tratamento seja realizado por decomposição por via úmida em sistema fechado assistido por micro-ondas e decomposição por via seca (SPELLMEIER, 2011). A AOAC também recomenda a utilização da espectrometria de absorção atômica, para a determinação dos analitos, pois é uma das técnicas mais importantes para a análise da composição elementar de amostras, os dois tipos de atomizadores mais utilizados são a chama (F AAS) e o forno de grafite (ET AAS). O F AAS é uma técnica simples, robusta, seletiva e capaz de distinguir diferentes elementos químicos em amostras complexas. Possui custos de aquisição e manutenção relativamente baixos, sendo uma das principais ferramentas utilizadas em laboratório de análise de rotina (KRUG, 2008; MOMEN, 2006).

Os consumidores estão se tornando cada vez mais esclarecidos e exigentes quanto à qualidade dos produtos de consumo diário e por se tratar de uma raça rústica, em que o uso de produtos químicos é reduzido, esse estudo torna-se importante para auxiliar na compreensão do papel dos minerais presentes na carne do gado Curraleiro Pé-Duro, gerar conhecimentos científicos e popularizar a carne de gado CPD nos mercados no Brasil.

## *OBJETIVOS*

---

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

Avaliar o teor total e biodisponível de Ca, Fe, Mg e Zn em carne do gado Curraleiro Pé-Duro por espectrometria de absorção atômica com atomizador em chama após a decomposição em sistema de micro-ondas.

### 2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Avaliar o teor total de Ca, Fe, Mg e Zn em carne do gado Curraleiro Pé-Duro (*in natura*, cozida em água e cozida e temperada) por espectrometria de absorção atômica com atomizador em chama;
- ✓ Avaliar o teor biodisponível de Ca, Fe, Mg e Zn em carne do gado Curraleiro Pé-Duro (*in natura*, cozida em água e cozida com adição de temperos) por espectrometria de absorção atômica com atomizador em chama;
- ✓ Comparar os resultados obtidos das amostras de carnes de gado CPD com os resultados das carnes do gado Nelore.

## *REFERENCIAL TEÓRICO*

---

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. Gado Curraleiro Pé-Duro

O gado bovino conhecido em alguns estados como Pé-Duro (PiauÍ e Maranhão) ou Curraleiro (Goiás e Tocantins) é uma raça que foi adaptada para a região semiárida do nordeste brasileiro e que migrou para a região centro-oeste do país (CARVALHO et al., 2001). O nome Pé-Duro originou-se do fato de que os animais do sertão nordestino andam sobre pedras, ambientes onde animais de casco mole não conseguem sobreviver (CARVALHO et al., 2010).

A raça é descendente dos bovinos trazidos pelos portugueses no período colonial. Segundo Athanossof (1957) essa raça seria descendente direta da raça Mirandesa, em Portugal; entretanto parece pouco provável que apenas bovinos Mirandeses tenham dado origem ao gado Pé-Duro, mas sim um conjunto de reses diferentes grupos genéticos, naquela época ainda não estabelecidos como raça (CARVALHO et al., 2010).

Os bovinos Curraleiros Pé-Duro (Figura 1) de acordo com as descrições fenotípicas feitas por Britto (1988) são animais com altura mínima de 1,24 m e peso mínimo de 380 kg para os machos e 1,38 m e 300 kg para fêmeas. Possuem a cabeça pequena, chifres curtos e em forma de coroa de cor clara na base e extremidades escuras. Ainda segundo Britto (1988), a pelagem pode se apresentar amarela, amarela avermelhada ou baia com extremidades escuras. A cabeça com tonalidade escura, acentuando-se no chanfro e em torno dos olhos.

Figura 1 – Gado Curraleiro Pé-Duro



Fonte: Bovinos - Brasil. 2. Raça bovina - semiárido - nordeste - Brasil. I. Salles, Patricy Andrade, 2013.

A raça é formada por animais extremamente rústicos, de menor peso, que ao longo dos séculos foram adaptando-se gradualmente à seca, ao calor, a pastagens naturais do semiárido e alimentação escassa (BRITO, 1998; CARVALHO, 2002; MARIANTE E CAVALCANTE, 2006). O porte menor é devido à seleção natural em condições precárias, sobretudo nutricionais (TROVO, 1985; BRITO, 1988).

Pela sua facilidade de fecundação e adaptabilidade podem apresentar uma melhor relação custo x benefício para a região nordeste e em ambientes que apresentam pastagens naturais com baixa produtividade (CARVALHO, 2002; EGITO, 2007). A introdução das raças zebuínas teve consequências negativas para os Curraleiros Pé-Duro, antes da chegada dos zebuínos, todo rebanho bovino do semiárido nordestino era constituído destes animais (PRIMO, 1992). Contudo, os primeiros cruzamentos de animais zebuínos com animais da raça Curraleiro Pé-Duro originaram descendentes com alto vigor híbrido e com desempenho visivelmente superior ao dos pais. Assim, os produtores animados repetiram por diversas vezes este cruzamento, causando quase que o desaparecimento dos bovinos Curraleiros Pé-Duro (PRIMO, 1992).

### **3.2. Carne bovina**

Transformações intensas marcaram a pecuária de corte brasileira na última década, resultantes principalmente da aplicação de técnicas modernas de produção, da utilização dos cruzamentos e de uma estabilização da economia, permitiram ao setor ganhos extraordinários de volume e produtividade e foram determinantes para colocar o Brasil em condição de destaque como um grande produtor de carne bovina (FILHO, 2006).

O Brasil possui o segundo maior rebanho bovino do mundo, perdendo apenas para a Índia, onde o animal é considerado sagrado. A produção de carne bovina brasileira está voltada tanto para o mercado interno como também para o mercado externo e, desde 2005, o Brasil tornou-se o maior exportador mundial de carne bovina. Neste contexto, o consumo de carne bovina cresce a cada ano, atingindo o consumo de cerca de 40 kg de carne por habitante ao ano (MAPA, 2015).

### **3.2.1. Importância da carne para nosso organismo**

Sabe-se que a carne bovina é bastante nutritiva e que deve estar inclusa em uma dieta saudável, porque ela apresenta um alto teor protéico comum e baixo conteúdo calórico e que, além disso, é uma importante fonte de minerais, especialmente de ferro e zinco. Assim, é possível encontrar na literatura muitos estudos que determinaram os teores totais de muitos constituintes inorgânicos em diferentes cortes de carne bovina (ANDRADE, 2004; MATOS, 2009; GROMBONI, 2012; MENEZES, 2010).

Uma alimentação saudável deve ser composta de uma variedade de fontes de nutrientes e fibras dietéticas em proporções adequadas, tais nutrientes são essenciais para o crescimento e para a manutenção dos tecidos e dos órgãos (FELÍCIO, 2007).

### **3.2.2. Composição da carne bovina**

A carne magra bovina, em geral, apresenta em sua constituição, aproximadamente 75% de água, 22% de proteína, 1% de gordura, 1% de minerais e menos de 1% de carboidratos. Porém, muitos fatores podem influenciar a composição deste alimento, entre eles, a espécie, a raça, o sexo, a idade e a nutrição do animal, além da localização anatômica do corte que também interfere diretamente (ROÇA, 2002).

#### **3.2.2.1. Água**

A água é muito importante para a atividade muscular, uma vez que a pressão e descompressão, contração e relaxamento somente é possível em presença da água (ROÇA, 2002).

A carne vermelha magra possui aproximadamente cerca de 75% de água, em peso. Por ser um componente abundante, a água influi na qualidade da carne, afetando a suculência, textura, cor e sabor. Sendo a água o meio universal das reações biológicas, sua presença afeta diretamente as reações que ocorrem na carne durante o armazenamento e processamento (ROÇA, 2002).



### **3.3. Importância do Ca, Fe, Mg e Zn no organismo**

A carne possui quase todos os minerais de importância para a nutrição humana. Os minerais mais importantes contidos nas carnes, especialmente na bovina, são o ferro e o zinco (ROÇA, 2002).

Outros minerais presentes em quantidades apreciáveis nas carnes são o fósforo, o potássio, o magnésio, o selênio e o cobre. É necessário assinalar, todavia, que as carnes, em geral, embora apresentem de 5mg a 6mg de cálcio por 100 g de carne, não constituem fontes significativas desse elemento se consideradas as elevadas necessidades diárias do organismo (FELÍCIO, 2007).

#### **3.3.1. Cálcio**

O cálcio é responsável por algumas funções metabólicas quando ligado a enzimas, tais como: coagulação sanguínea, regulação da contração muscular, secreção de hormônios e neurotransmissores, adesão celular e funções de proteínas e citoesqueleto (COZZOLINO, 2005).

A presença da vitamina D é essencial na absorção de cálcio. Leite e seus derivados são as melhores fontes naturais desse elemento, sendo que 75 a 89% da ingestão e absorção de todo o cálcio vêm destas fontes (NICKEL; MARTIN, 1996). Outras fontes de Cálcio são vegetais, frutas, grãos, peixes, aves e carnes (COZZOLINO, 2005).

A deficiência de cálcio pode causar osteoporose, hipertensão e raquitismo. E o excesso na ingestão pode provocar insuficiência renal, síndrome da hipercalcemia e formação de pedras nos rins (COZZOLINO, 2005); (FAIRWEATHER-TAIT, 1996).

#### **3.3.2. Ferro**

O ferro tem funções metabólicas e enzimáticas, como exemplo, participa da síntese da hemoglobina ou da mioglobina e as enzimas contendo Fe participam de reações redox e de transferência de elétrons (YIP, 2001). De acordo com WHO/UNICEF (1998), a deficiência de ferro é a mais simples e persistente deficiência nutricional do mundo.

Segundo BIANCHI (1992), embora a anemia pela carência de ferro seja um dos maiores problemas mundiais de saúde, a média de ferro total presente na dieta da maior parte da população encontra-se acima das recomendações diárias. Desta forma, a anemia é decorrente da baixa disponibilidade do ferro nos alimentos, principalmente de origem vegetal.

O ferro proveniente da dieta pode se apresentar na forma heme e não heme, sendo a primeira a mais disponível. O ácido ascórbico ou o EDTA, quando ingerido juntamente com o ferro não-heme, potencializa sua absorção, mantendo-o na forma de quelato solúvel no intestino delgado (ANTUNES; SGARBIERI, 1980; PETRY, 2014). A absorção do Fe-heme é relativamente independente da composição da refeição. Como a maior parte do ferro de origem animal é heme, mais biodisponível, carnes são as melhores fontes deste elemento. A carne bovina possui 50% do seu teor de ferro na forma de ferro-heme, cuja biodisponibilidade varia de 15 a 35% (BELILES, 1994; POTTER, 1998).

### **3.3.3. Magnésio**

O magnésio é necessário para o metabolismo energético e está envolvido na síntese protéica. Participa de mais de cem sistemas enzimáticos, sendo que uma de suas principais funções é mediar o processo de catálise para as reações com fosfato e produção de energia. Os processos fisiológicos da contração muscular e de coagulação sanguínea são dependentes da presença de cálcio e de magnésio (MENEZES, 2010).

As deficiências causadas pela ausência desse metal podem ser: aumento da excitabilidade muscular, arritmias cardíacas e tetania, além de provocar impacto negativo sobre as vias de produção de energia exigidas pelas mitocôndrias para gerar energia para o organismo, também reduz a capacidade antioxidante do organismo e sua resistência a danos por radicais livres (BARBAGALLO; DOMINGUEZ, 2014; COZZOLINO, 2012).

O magnésio está amplamente distribuído nas fontes alimentares vegetais e animais, porém em diferentes concentrações. Os vegetais folhosos são as melhores fontes, seguidos por legumes, produtos marinhos, nozes, cereais e derivados do leite. Fitato, fibras, álcool ou excesso de fosfato e de

cálcio diminuem a absorção do magnésio, ao passo que a lactose e outros carboidratos podem aumentar.

#### **3.3.4. Zinco**

O zinco exerce importantes funções no organismo humano, tais como, desenvolvimento sexual, crescimento, síntese e ação da insulina de mobilização hepática da vitamina A. É essencial para a atividade de cerca de 300 enzimas, além de participar da síntese e degradação de carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos (BELILES, 1994; COZZOLINO, 2009).

Alguns alimentos como leite, ostras, camarões, carnes bovina, de frango e de peixes, fígado e gérmen de trigo contem altos teores totais de zinco. Sabe-se que a presença de alguns aminoácidos, como cisteína e histidina, que podem ser encontrados nas carnes bovinas, melhoram a solubilidade do zinco no trato intestinal e que os fitatos, presentes em alimentos vegetais, costumam reduzir a biodisponibilidade desse metal (COZZOLINO, 2009; YIP, 2001; ZHOU, 1995).

#### **3.4. Influências de tratamentos térmicos no valor nutricional do alimento**

O valor nutritivo de um alimento é o resultado de seu efeito sobre a saúde de quem o consumiu. Em relação à carne bovina, assim como para os demais alimentos, esse valor é determinado pela combinação de três fatores: sua composição, o modo de preparo e o estado de saúde do indivíduo consumidor. O valor nutricional da carne pode ser alterado quando a mesma é processada, no caso de descongelamento incorreto e durante a cocção. A diminuição do peso ou rendimento também estão associados ao aumento da temperatura, tempo e equipamento utilizado para seu preparo (MISTURA, 2006).

O tratamento térmico, de modo geral, compreende inúmeras mudanças físico-químicas e estruturais (ROSA; BRESSAN, 2006), que podem interferir na qualidade do produto após o cozimento. Durante o preparo do alimento, a forma de transferência de calor, a temperatura, o tempo de duração do processo e o meio de cozer são alguns fatores responsáveis pelas alterações de seus componentes. As modificações da composição química e da composição nutricional dos alimentos são decorrentes basicamente da

incorporação do meio de cocção e das perdas de nutrientes e água ocasionadas durante o processo (GARCIA-ARIAS, 2003; VIEIRA, 2007; GHIDURUS, 2010).

No procedimento de cocção por calor úmido participam a água e o vapor de água (EVANGELISTA, 1994; MENEZES, 2010). É um método de cocção lenta, onde o vapor hidrata o alimento, abrandando as fibras (PHILIPPI, 2003; MENEZES, 2010). Nesse tipo de cocção, uma característica conferida aos alimentos submetidos a ele são as perdas de nutrientes e outras substâncias por dissolução e a não perda por formação de crostas (EVANGELISTA, 1994; MENEZES, 2010). Ao utilizar o procedimento de cocção por calor úmido, vale frisar que é possível haver perdas por dissolução de compostos hidrossolúveis o que altera o valor nutricional do alimento em questão (PHILIPPI, 2003; MENEZES, 2010).

Quando a carne é assada forma-se uma superfície (capa) de proteína coagulada que impede a perda de suco; quanto mais rápido o processo de aquecimento mais rápido será a formação dessa capa. Fato semelhante ocorre quando se cozinha a carne mergulhando-a em água já quente em comparação quando é cozida mergulhando-a em água que inicialmente estava fria (FEIJÓ, 1999).

### **3.5. Biodisponibilidade**

O corpo é abastecido com suprimentos contínuos de água, eletrólitos, vitaminas e nutrientes, através do processamento dos alimentos no trato gastrointestinal. A absorção de todos os minerais presentes nos alimentos é influenciada pelas propriedades físicas e bioquímicas, que também afeta a absorção dos minerais (GUYTON, 2011).

A concentração de um nutriente em um alimento não é um indicador confiável para avaliar um alimento sob o ponto de vista nutricional. Como consequência, os termos bioacessibilidade ou biodisponibilidade de um nutriente foram propostos pela comunidade científica (FENNEMA *et al*, 2008). Para estimar a qualidade de uma fonte dietética de um determinado mineral, é necessário definir com precisão a quantidade de minerais disponíveis para a absorção e utilização, ou seja, sua biodisponibilidade.

O termo biodisponibilidade é definido como a fração do composto ingerido que é absorvido e torna-se disponível para o uso nas funções fisiológicas do organismo, podendo também ser estocado como reserva para futuras necessidades fisiológicas (POTTER, 1998; COZZOLINO, 2005). Já a bioacessibilidade é um termo muito utilizado atualmente, principalmente na área de nutrição, o qual engloba todos os processos que ocorrem durante a transformação digestiva do alimento em uma substância que possa ser absorvida pelo organismo, ou seja, é a parte do alimento que se torna solúvel no trato-gastrointestinal (FERNÁNDEZ-GARCIA, 2009).

O método *in vitro* que determina a biodisponibilidade é o método proposto por Miller *et al.* (1981) de bioacessibilidade, pois esse método é capaz de quantificar a capacidade solúvel ou dialisável do nutriente, mas não a disponibilidade deste propriamente dito, uma vez que nem todo o material solúvel ou dialisável é absorvido (MENEZES, 2010). Em resumo, esse método consiste na simulação da digestão gastrointestinal de uma determinada amostra, via incubação em banho termostático com agitação por 3h a 37°C, em diferentes valores de pH, correspondente ao pH ótimo para cada enzima digestiva (pepsina, pancreatina-sais biliares) (KAPSOKEFALOU; MILLER, 1991).

O método é mais simples, rápido e de menor custo comparando com os métodos *in vivo* (para biodisponibilidade), os estudos de bioacessibilidade permitem estimar a fração mineral disponível no trato gastrointestinal para a absorção (índice relativo de biodisponibilidade) (SALOVAARA; SANDBERG; ANDLID, 2002). Logo, este método é útil para estabelecer tendências, comparações e avaliação de efeitos causados por diferentes fatores inibindo ou promovendo a absorção dos nutrientes (VELASCO-REYNOLD *et al.*, 2008).

Esses dois estudos (bioacessibilidade e biodisponibilidade) tornaram-se importante para avaliar a eficácia dos nutrientes presentes nos alimentos. Porém, alguns fatores são limitantes e variáveis ao se avaliar esses dois parâmetros de um analito em um alimento, entre eles, a forma química na qual o elemento está presente no alimento, a quantidade de alimento ingerida e a presença de agentes ligantes e/ou outros elementos que estão sendo ingeridos ao mesmo tempo (GUYTON, 2011).

Portanto, é possível observar que o estudo dos teores biodisponíveis em amostras de alimento é um fator muito importante para que se garanta uma saúde nutricional melhor e de qualidade, pois somente valores dos teores totais não são indicadores de uma alimentação rica de nutrientes necessários.

### **3.5.1. Fatores antinutricionais**

O termo “fator antinutricional” tem sido usado para descrever compostos ou classes de compostos presentes numa extensa variedade de alimentos de origem vegetal e animal, que quando consumidos, reduzem o valor nutritivo desses alimentos. Eles interferem na digestibilidade, absorção ou utilização de nutrientes e, se ingeridos em altas concentrações, podem acarretar efeitos danosos à saúde (SANTOS, 2006), como diminuir sensivelmente a disponibilidade biológica dos aminoácidos essenciais e minerais, além de poder causar irritações e lesões da mucosa gastrintestinal, interferindo assim, na seletividade e eficiência dos processos biológicos (SGARBIERI, 1987).

Existe uma sequência de eventos que pode interferir nas medidas de biodisponibilidade de minerais. Alguns destes fatores podem ser trabalhados no sentido positivo de se conseguir um melhor aproveitamento dos nutrientes. No caso dos minerais, entretanto, os fatores que se relacionam ao indivíduo são mais difíceis de serem controlados e podem-se obter respostas muito diferentes para o mesmo alimento, refeição ou dieta (REDDY & COOK, 1997; HALLBERG *et al.*, 1997).

### **3.6. Espectrometria de Absorção Atômica com Atomização em Chama (FAAS)**

A espectrometria de absorção atômica (AAS) é uma técnica muito difundida para determinação de elementos inorgânicos. Essa técnica envolve radiação eletromagnética que pode ser absorvida pelos átomos dos constituintes químicos das amostras. (SKOOG, *et al.*, 2006; SKOOG; HOLLER; NIEMAN, 2002).

A espectrometria de absorção atômica com atomização em chama, FAAS, é uma técnica simples, robusta, seletiva e capaz de distinguir diferentes

elementos químicos em amostras complexas. Possui custos de aquisição e manutenção relativamente baixos e é hoje uma técnica padrão para determinações elementares em laboratórios (WELZ; SPERLING, 1999; SANZ-MEDEL; COSTA; PEREIRO, 2013).

A amostra líquida é introduzida na chama por meio de uma câmara de nebulização, ocorre a formação de um aerossol, que é misturado com o gás comburente e oxidante, antes de atingir o queimador. A mistura de gás em alta velocidade divide o líquido em gotas de vários tamanhos, essas se dispersam sendo selecionadas com o auxílio de um *spoiler* (pérola de vidro). Apenas cerca de 5% da amostra que foi nebulizada chega ao queimador. As gotículas que atingem a chama evaporam e, o sólido que resta se vaporiza, liberando átomos no estado gasoso. (WELZ; SPERLING, 1999; SKOOG, et al., 2006; SKOOG; HOLLER; NIEMAN, 2002).

A concentração desses átomos é determinada pela absorção da radiação, diretamente relacionada com a quantidade de átomos presentes, conforme descrito pela lei de Lambert-Beer (WELZ; SPERLING, 1999; SKOOG, et al., 2006; SKOOG; HOLLER; NIEMAN, 2002).

As principais técnicas utilizadas para determinação de minerais baseiam-se nos fenômenos de absorção e emissão, dentre elas a espectrometria de absorção atômica com atomização em chama – F AAS (do inglês Flame Atomic Absorption Spectrometry), com atomização eletrotérmica, especialmente em forno de grafite – GF AAS (do inglês Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry) e a espectrometria de emissão óptica em plasma com acoplamento indutivo (ICP OES, do inglês Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry) são técnicas já consolidadas e rotineiramente utilizadas em laboratórios de pesquisa (CADORES; MATOSO; SANTOS, 2008).

## *PARTE EXPERIMENTAL*

---



## 4. PARTE EXPERIMENTAL

### 4.1 Reagentes e soluções

Todas as soluções foram preparadas com água de alta pureza (resistividade 18,2 M $\Omega$ .cm) obtidas a partir de um sistema deionizador Millipore Milli-Q academic<sup>®</sup> (Millipore, Billerica, MA USA). As soluções preparadas foram armazenadas em frascos de polipropileno (Nalgene<sup>®</sup>, EUA) e mantidas sob refrigeração.

Para a digestão das amostras foi utilizada uma mistura de HNO<sub>3</sub> 65% (v/v) (Merck, Darmstadt, Alemanha) e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% (m/v) (Merck, Darmstadt, Alemanha).

Na etapa de diálise foram utilizadas as enzimas pepsina, pancreatina e sais de bile (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA) e membranas de diálise 33mm (Cial, São Paulo, Brasil). Foram utilizadas também soluções de HCl 2,0 mol L<sup>-1</sup> (Merck, Darmstadt, Alemanha), de NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup> (Vetec, Rio de Janeiro, Brasil) e de NaHCO<sub>3</sub> 0,1 mol L<sup>-1</sup> (Merck, Darmstadt, Alemanha).

Solução de Lantânio foi utilizada como supressor de ionização nas análises de Ca e Mg, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Vetec, Rio de Janeiro, Brasil).

Soluções estoque a 10 mg L<sup>-1</sup> foram preparadas por dissolução a partir de padrões espectroscópicos de 1000 mg L<sup>-1</sup> de Ca, Fe, Mg e Zn (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA).

Para a determinação dos teores de Fe e Zn, soluções analíticas multielementares contendo 0,1 - 4,0 mg L<sup>-1</sup> e 0,1 - 2,0 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, foram preparadas por diluição apropriada de soluções de referência individuais em meio 1,0% (v/v) HNO<sub>3</sub>. No caso de Ca e Mg soluções analíticas multielementares contendo 1,0 - 30,0 mg L<sup>-1</sup> e 0,1 - 3,0 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, foram preparadas por diluição dos padrões individuais em meio 1,0% (v/v) HNO<sub>3</sub> e adicionado 1,0% (m/v) de La.

Para a determinação dos teores biodisponíveis de Fe e Zn, soluções analíticas multielementares contendo 0,1 - 4,0 mg L<sup>-1</sup> e 0,05 - 2,0 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, foram preparadas por diluição apropriada de soluções de referência individuais em meio 1,0% (v/v) HNO<sub>3</sub>. Já para o Ca e Mg soluções analíticas multielementares contendo 1,0 - 20,0 mg L<sup>-1</sup> e 0,1 - 2,0 mg L<sup>-1</sup>,

respectivamente, foram preparadas por diluição dos padrões individuais em meio 1,0% (v/v) HNO<sub>3</sub> e adicionado 1,0% (m/v) de La.

#### 4.2 Instrumentação

As medidas de absorvância foram realizadas em espectrômetro de absorção atômica com atomização em chama (FAAS) Shimadzu® modelo AA 7000 (Shimadzu, Kyoto, Japão) equipado com corretor de fundo: lâmpada de deutério e lâmpadas de cátodo oco e chama de ar-acetileno. Os parâmetros instrumentais encontram-se descritos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Parâmetros instrumentais utilizados para determinação de Ca, Fe, Mg e Zn por F AAS.

Elemento – λ (nm)	Altura de observação (mm)	Acetileno (L h <sup>-1</sup> )	Ar (L h <sup>-1</sup> )	Tipo de queimador (cm)	Largura da fenda (nm)
Ca- 422,7	7,0	2,0	15,0	5	0,7
Fe- 248,3	7,0	2,2	15,0	10	0,2
Mg- 285,2	7,0	1,8	15,0	5	0,7
Zn - 213,9	7,0	2,0	15,0	10	0,7

#### 4.3 Amostras

Foram utilizadas amostras da carne bovina da raça CPD adquiridas junto a criadores dos municípios de União (CPD 1) e Cocal dos Alves (CPD 2 e 3) no estado do Piauí. Para comparação dos resultados, foi utilizada uma amostra de carne bovina da raça Nelore (N), adquirida em um mercado local do município de Teresina, Piauí. O corte selecionado para cada amostra foi o “patinho”, por apresentar a parte com menor teor de gordura.

#### 4.3.1 Preparo das amostras

Inicialmente removeu-se o tecido adiposo de cada uma das amostras de carne utilizando uma faca de lâmina de cerâmica. Após este procedimento, cerca de 1,0 kg de cada amostra foi cortada em pedaços de aproximadamente 5,0 cm, sendo posteriormente triturada em liquidificador, a baixa rotação, por um período de 2min. Por fim, toda a carne foi dividida em 3 partes, aproximadamente iguais: uma armazenada sob refrigeração (amostra *In Natura* - IN), outra processada termicamente utilizando o método de cocção em água ultrapura (amostra cozida – CA) e a outra processada termicamente com a adição de temperos (alho, tomate, cebola, cheiro-verde e pimentão) (amostra temperada e cozida- TC). Nestes dois últimos procedimentos, as amostras foram colocadas em uma panela de aço inoxidável com 500 mL de água morna. Posteriormente a panela foi levada ao fogo por cerca de 30min. Após este procedimento, as amostras foram armazenadas sob refrigeração.

#### 4.4 Determinação dos teores totais de Ca, Fe, Mg e Zn

As amostras (IN, CA e TC) foram liofilizadas em liofilizador Liobrás® modelo Liotop L-101 (Liobrás, São Carlos-SP, Brasil) por 48 horas, após uma etapa de congelamento de 24 horas. Posteriormente as amostras foram pulverizadas em moinho criogênico Marconi® modelo MA775, (Marconi, Piracicaba-SP, Brasil), utilizando o seguinte programa de congelamento com duas etapas e cinco ciclos: **i)** 2min de pré-congelamento; **ii)** 2min de congelamento, intercalado por ciclos de recongelamento de 2min. As amostras pulverizadas foram decompostas por via úmida em forno micro-ondas (Anton Paar Multiwave 3000). Neste procedimento, aproximadamente 100mg das amostras de carne bovina (IN, CA e TC), em triplicata, foram mineralizadas em uma mistura de 4,0 mL de HNO<sub>3</sub> e 2,0 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> submetidas ao programa de aquecimento apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2.** Programa de aquecimento para decomposição das amostras de carne.

Etapa	Temperatura (°C)	Rampa (°Cmin <sup>-1</sup> )	Permanência (min)	Ventilação
1	80	6,0	5,0	1
2	120	7,0	5,0	1
3	180	5,0	15,0	1
4*	0	0	20,0	3

\*etapa de resfriamento

As amostras digeridas foram transferidas para frascos de polipropileno e diluídas para 10 mL com água deionizada. Para determinação de Ca e Mg, uma alíquota de 1,0 mL do digerido foi diluída para 10 mL em presença de 1,0% (m/v) La.

#### 4.5 Limites de detecção, quantificação e exatidão do método

Os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) foram determinados conforme recomenda a IUPAC, através de 10 medidas do sinal analítico do branco da amostra foram calculados a partir das seguintes fórmulas:  $LOD = \frac{3.Sbr}{i}$  e  $LOQ = \frac{10.Sbr}{i}$ , onde *Sbr* é a estimativa do desvio padrão do sinal do branco e *i* é a inclinação da curva analítica.

Para determinação da exatidão do método foi realizado o mesmo procedimento utilizando o material certificado *Bovine Muscle* (NIST 8414).

#### 4.6 Estudo da biodisponibilidade de Ca, Fe, Mg e Zn nas amostras de carne bovina.

Os estudos de biodisponibilidade nas amostras de carne bovina (IN, CA e TC) foram realizados empregando o procedimento *in vitro* proposto por MILLER<sup>28</sup>. O experimento teve como base a simulação gastrointestinal com pepsina, HCl e sais de bile pancreatina na fase intestinal. Para o preparo da solução de pepsina dissolveu-se 16,0g de pepsina em 100mL de solução de HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup>. A solução de sais de bile e pancreatina foi preparada por dissolução de 0,5g de pancreatina e 3,13 g de extrato de bile em 125,0mL de NaHCO<sub>3</sub> 0,1 mol L<sup>-1</sup>. Para cada 20 g de amostra de carne, foi adicionado

100mL de solução de HCl 0,01 mol L<sup>-1</sup>, ajustando-se o pH para 2,0. Em seguida, adicionou-se 3,2 mL da solução de pepsina-HCl e agitou-se em banho termostatizador [Dubnoff Microprocessado - Q226M (Quimis, São Paulo-SP, Brasil)] a 37°C durante 2 horas, objetivando simular a digestão do alimento no estômago. Após esta etapa, 20g do material digerido foi pesado em triplicata. Uma das replicatas foi utilizada para ajustar o pH para 7,5 com solução de NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup>, simulando o pH encontrado no intestino de um indivíduo. Às outras duas replicatas foi adicionado 5,0 mL da solução de pancreatina e sais de bile. O procedimento de diálise foi realizado por um período de duas horas em sacos de diálise contendo 25,0 mL de água deionizada e a mesma quantidade de gota utilizadas para ajustar o pH para 7,5 (com o NaOH) de NaHCO<sub>3</sub> 0,1 mol.L<sup>-1</sup>. O meio tamponado no interior da membrana garante que durante processo de diálise não ocorram mudanças bruscas no pH e a precipitação das proteínas. Após o período de 2 horas, o conteúdo da membrana (dialisado) foi retirado e analisado por espectrometria de absorção atômica com atomizador em chama para determinação de Fe e Zn, cujos parâmetros encontram-se descritos na Tabela 1. No caso da análise de Ca e Mg, 1,0 mL do dialisado foi diluído a 10 mL na presença de 1% (m/v) de La.

O cálculo da percentagem do elemento dialisado (E) foi realizado de acordo com a equação 1.

$$\%E = \frac{\text{mg analito biodisponível} \times \text{mL dialisado (25 mL)}}{\text{mg analito total} \times \text{peso inicial da amostra (g)}} \times 100$$

## *RESULTADOS E DISCUSSÃO*

---

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Figuras de mérito

As figuras de mérito obtidas no desenvolvimento da metodologia estão dispostas na Tabela 3.

**Tabela 3.** Figuras de mérito do método proposto para determinação dos teores de Ca, Fe, Mg e Zn.

Elemento	Equação da reta	r	LOD	LOQ	intervalo
<b>Ca</b>	$0,057x - 0,011$	0,998	0,6788	2,2627	1,0– 20,0
<b>Fe</b>	$0,064x + 0,002$	0,999	0,0253	0,0843	0,1- 4,0
<b>Mg</b>	$0,494x + 0,038$	0,997	0,0019	0,0065	0,1- 2,0
<b>Zn</b>	$0,386x + 0,025$	0,993	0,0373	0,1244	0,05- 3,0

LOQ, LOD e intervalo em  $\text{mg.Kg}^{-1}$ .

Para que um método seja considerado preciso e exato ele deve possuir uma resposta linear diretamente proporcional à concentração do analito na amostra dentro de um intervalo especificado. (ANVISA, 2003; INMETRO, 2007) Analisando a Tabela 3, pode-se observar que o método possui boas respostas lineares, nas faixas de trabalho escolhidas, para os diferentes elementos, além de possuir coeficientes de correlação linear com valores que estão de acordo com o mínimo exigido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (0,99), e possui também limites de detecção e quantificação abaixo das concentrações das soluções de análises estudadas neste trabalho.

A exatidão de um método se refere a quão próximo o valor da medida está do valor real (KRUG, 2008). O estudo da exatidão, do método proposto, foi realizado a partir da análise do material certificado *Bovine Muscle* (NIST 8414) e os resultados obtidos estão dispostos na Tabela 4.

**Tabela 4.** Teor\* de Ca, Fe, Mg e Zn em material certificado (CRM) após análise por F AAS e valor certificado.

	<b>Ca</b>	<b>Fe</b>	<b>Mg</b>	<b>Zn</b>
<b>Valor encontrado</b>	154,32± 15,1	64,11± 1,4	1053,43± 47,3	130,9± 3,7
<b>Valor certificado</b>	145 ± 20	71 ± 9,2	960 ± 95	142 ± 14

\*mg. Kg<sup>-1</sup>

Os valores encontrados, para as amostras analisadas, estão de acordo com os valores do material certificado visto que, através do teste *t*-Student, a um nível de confiança de 95%, pode-se observar uma concordância entre as concentrações indicando que os resultados obtidos são confiáveis.

## 5.2 Determinação dos teores totais de Ca, Fe, Mg e Zn

Os teores totais de Ca, Fe, Mg e Zn para as amostras de carne bovina estudadas *In Natura* (IN), cozida em água (CA) e cozida e temperada (CT) estão dispostos na Tabela 5.



**Tabela 5.** Teores totais em  $\text{mgkg}^{-1}$  de Ca, Fe, Mg e Zn nas amostras de carne de gado Curraleiro Pé-Duro (n=3).

<b>AMOSTRA</b>	<b>Ca</b>	<b>Fe</b>	<b>Mg</b>	<b>Zn</b>
<b>CPD 1</b>				
<i>in natura</i>	485,46±12,48	63,07±0,62	1060,01±18,96	208,42±3,4
cozida	446,88±8,9	53,17±1,29	533,30±37,86	223,51±8,33
cozida e temperada	555,10±2,04	63,92±6,54	788,13±11,84	192,49±5,51
<b>CPD 2</b>				
<i>in natura</i>	438,68±21,88	100,17±9,42	1344,3±23,89	91,14±1,48
cozida	452,65±10,15	74,99±0,93	679,31±11,5	119,38±3,62
cozida e temperada	490,04±7,92	77,39±6,04	847,86±27,61	98,71±1,51
<b>CPD 3</b>				
<i>in natura</i>	399,53±4,01	75,42±0,18	1132,67±32,49	100,59±1,12
cozida	388,90±10,08	73,69±9,02	724,55±24,29	105,88±6,97
cozida e temperada	424,29±2,13	53,33±0,11	772,63±19,28	103,77±4,13
<b>N</b>				
<i>in natura</i>	381,20±7,91	57,78±2,69	519,67±14,33	112,87±1,19
cozida	351,77±39,58	57,89±3,74	282,42±3,19	135,81±10,38
cozida e temperada	445,40±15,23	65,00±4,93	354,41±11,30	122,93±0,5

As carnes bovinas analisadas apresentaram teores consideráveis dos minerais analisados na concentração total dos analitos entre as carnes das duas raças, onde a carne do gado CPD, apresentou teores mais elevados dos minerais Ca, Fe, Mg e Zn quando comparados com as carnes do gado Nelore. Segundo Menezes (2010), vários fatores podem influenciar na composição da carne, dentre eles: espécie, raça, sexo, idade e nutrição do animal, o que pode justificar os resultados obtidos quando compara-se as duas raças analisadas.

Nota-se que os teores dos analitos encontrados nas amostras de carne cozidas em água (CA) foram menores do que nas amostras *In Natura* (IN) e cozidas e temperadas (CT), isto pode ocorrer devido ao lixiviamento dos analitos durante o processamento térmico das amostras.

Gerber (2009), estudando a influência dos processos de cocção em cortes de carnes gordurosas sobre a ingestão real de nutrientes verificou que

processos de cocção afetam os vários minerais em diferentes maneiras, por exemplo, cálcio, sódio, potássio, magnésio e fósforo, cujos teores decresceram em todos os cortes após esses tratamentos. Bem como, Andrade *et al.*,(2004) e Ben (1999) verificaram que processos de conservação através de refrigeração e congelamento, e processamentos térmicos, como o cozimento, podem alterar fisicamente as carnes promovendo alterações nos teores de minerais. Tais afirmações corroboram com os resultados obtidos para os minerais Ca, Fe, Mg e Zn.

Para o Zn pode-se observar o contrário, pois ao invés de possuir uma diminuição no teor total na carne cozida, houve um aumento, sugerindo que pode ter ocorrido algum tipo de contaminação durante o procedimento de cocção e ter ocorrido migração do metal da panela para a amostra, visto que o pH pode interferir nessa migração do metal. Cheng (1999), Liukkonen-Lilja (1992) e Park (1997), afirmam que os principais fatores que afetam a migração dos elementos componentes do material das panelas incluem o pH do alimento, o tempo que o alimento permanece em contato e o teor da água de preparo, o que pode ter ocasionado esse aumento no teor de Zn nessas amostras.

Verifica-se também que a carne cozida e temperada (CT) apresenta um acréscimo dos teores dos minerais, quando comparados com a carne cozida em água (CA), isso pode ser justificado pela adição dos temperos antes do momento de cocção, pois o que se espera é que o processo de cozimento diminua os teores dos minerais, mas como houve a adição dos temperos, estes influenciaram diretamente na elevação do teor da carne.

Comparando-se os três tipos de amostras de carne CPD, observa-se que há uma variação entre os teores de minerais totais, pois são de gados, localidades e alimentação diferentes, o que pode ocasionar tal variação. Menezes (2010) afirma que fatores, tais como: espécie, raça, sexo, idade e nutrição do animal, podem influenciar na composição da carne o que justifica os resultados obtidos para os três tipos de carne do gado CPD.

De acordo com a TACO, Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, as carnes bovinas, o corte do patinho *In Natura*, devem conter, no mínimo, teores de Ca (30 mg.Kg<sup>-1</sup>), Fe (18 mg.Kg<sup>-1</sup>), Mg (200 mg.Kg<sup>-1</sup>) e Zn (45 mg.Kg<sup>-1</sup>)

<sup>1</sup>). Já para a parte do patinho cozida em água, devem apresentar as concentrações para Ca (40 mg.Kg<sup>-1</sup>), Fe (16 mg.Kg<sup>-1</sup>), Mg (140 mg.Kg<sup>-1</sup>) e Zn (39 mg.Kg<sup>-1</sup>), estes resultados, quando comparados com os obtidos, mostram que a carne de gado CPD pode ser uma fonte rica desses minerais, visto que todas as concentrações das amostras analisadas estão acima dos valores mínimos necessários propostos pela TACO.

A Tabela 6 compara o teor de minerais das amostras analisadas e outros tipos e cortes de carne.

**Tabela 6.** Teor total em mg.kg<sup>-1</sup> dos minerais analisados em diferentes tipos de carne e corte *in natura*

<b>Corte/Animal</b>	<b>Ca</b>	<b>Fe</b>	<b>Mg</b>	<b>Zn</b>	<b>Autor</b>	<b>Técnica</b>
<b>Coxão mole bovino</b>	105	49	763	172	MENEZES	ICP-OES
<b>Lombo bovino</b>	-	37,5	-	30	CABRERA	F AAS
<b>Peito de frango</b>	157	32	1235	39	MENEZES	ICP-OES
<b>Peito de frango</b>	-	4	-	6,5	LOMBARDI-BOCCIA	ICP-OES
<b>Panelada</b>	-	69,3	319,1	81,1	ROQUE	F AAS
<b>CPD 1</b>	485,46	63,07	1060,01	203,26	AGUIAR	F AAS
<b>CPD 2</b>	438,68	100,17	1132,62	95,42	AGUIAR	F AAS
<b>CPD 3</b>	399,53	75,42	1033,52	100,59	AGUIAR	F AAS

Comparando os teores de minerais da carne do gado CPD 1, CPD 2 e CPD 3 com os relatados para diferentes cortes de carne bovina *in natura* verificou-se que o teor de Ferro das carnes do gado CPD *in natura* são superiores aos reportados para panelada por Roque, coxão mole bovino por Menezes, lombo bovino por Cabrera, peito de frango por Menezes e Lombardi-Boccia. Já o teor de Cálcio é superior para coxão mole bovino e peito de frango por Menezes. O teor de Magnésio é superior para panelada por Roque e coxão mole bovino por Menezes e o teor de Zinco é superior para panelada por Roque, lombo bovino por Cabrera, peito de frango por Menezes e Lombardi-Boccia. Isto confere à carne do gado CPD elevado valor nutricional, em termos de concentração total dos minerais estudados.

A tabela 7 mostra a ingestão diária recomendada pela ANVISA de cada elemento estudado.

**Tabela 7.** Ingestão Diária Recomendada (IDR) para adultos e crianças.

<b>Elemento</b>	<b>Criança (4-6 anos)</b>	<b>Criança (7-10 anos)</b>	<b>Adulto</b>
<b>Ca</b>	600mg	700mg	1000mg
<b>Fe</b>	6mg	9mg	14mg
<b>Mg</b>	73mg	100mg	260mg
<b>Zn</b>	5,1mg	5,6mg	7mg

Observa-se que os valores encontrados nesse estudo para todas as amostras de gado e tipos de preparo das mesma, encontram-se acima do recomendado pela ANVISA, o que atribui à carne do gado CPD ser uma fonte rica de nutrientes e que pode satisfazer as necessidades dos minerais em uma alimentação balanceada e saudável.

### **5.3 Estudo da biodisponibilidade de Ca, Fe, Mg e Zn nas amostras de carne bovina CPD**

A biodisponibilidade dos nutrientes Ca, Fe, Mg e Zn foi determinada a partir de procedimento de digestão *in vitro* proposto por MILLHER (1981), que envolveu a diálise das amostras de carne e a porcentagem dos teores biodisponíveis foi calculada de acordo com a equação 1.

A Tabela 8 apresenta os resultados da determinação dos teores biodisponíveis para as amostras analisadas.

**Tabela 8.** Teores biodisponíveis (%) de Ca, Fe, Mg e Zn nas amostras de gado Curraleiro Pé-Duro e Nelore (n=3).

<b>Amostra</b>	<b>Ca</b>	<b>Fe</b>	<b>Mg</b>	<b>Zn</b>
<b>CPD1</b>				
<i>in natura</i>	22,54%	16,5%	18,7%	9,14%
cozida	1,47%	3,4%	23,4%	2,19%
cozida e temperada	3,77%	15,2%	15,0%	4,45%
<b>CPD2</b>				
<i>in natura</i>	16,4%	14,3%	18,4%	9,24%
cozida	1,6%	8,76%	21,9%	4,29%
cozida e temperada	16,97%	11,9%	19,3%	7,47%
<b>CPD3</b>				
<i>in natura</i>	27,6%	9,08%	16,4%	12,5%
cozida	21,9%	7,48%	14,1%	8,02%
cozida e temperada	11,33%	13,1%	15,4%	8,01%
<b>N</b>				
<i>in natura</i>	24,7%	14,4%	37,9%	12,9%
cozida	6,9%	7,21%	44,3%	6,22%
cozida e temperada	27,24%	19,5%	41,2%	11,9%

Existe uma sequência de eventos que pode interferir nas medidas de biodisponibilidade dos minerais. Alguns destes podem ser trabalhados no sentido positivo de se conseguir um melhor aproveitamento dos nutrientes. Esses fatores podem ser: a matriz da amostra, a espécie química do elemento, quantidade ingerida, estado nutricional do indivíduo, fatores genéticos, interações que os minerais podem fazer (COZZOLINO, 2005).

Analisando os resultados apresentados na Tabela 8, pode-se perceber que houve uma diminuição na concentração total dos minerais quando as amostras foram cozidas, variando nas carnes CPD1, 2 e 3 (1,47%-21,9%) e N (6,9%) para Ca, CPD1, 2 e 3 (3,4% - 8,76%) e N (7,21%) para Fe, CPD1, 2 e 3 (14,1%-23,4%) e N (44,3%) para Mg e CPD1, 2 e 3 (2,19%-8,02%) e N (6,22%) para Zn, isso pode ter ocorrido pelo fato de que no processo de cozimento houve perda de água, causando o lixiviamento dos minerais e reações que

afetam a solubilidade dos minerais em estudo que dependendo da temperatura e do tempo de exposição ao procedimento de cocção, pode ocorrer a desnaturação da proteína, comprometendo assim a quantidade do metal que está disponível no sistema.

Pode-se observar também nas amostras de carne temperada e cozida houve um aumento significativo, variando nas carnes CPD1, 2 e 3 (3,77%-11,3%) e N (27,24%) para Ca, CPD1, 2 e 3 (11,9% - 15,2%) e N (19,5%) para Fe, CPD1, 2 e 3 (15%-19,3%) e N (41,2%) para Mg e CPD1, 2 e 3 (4,45%-8,01%) e N (11,9%) para Zn isso pode ser justificado pela adição dos temperos, o que pode ter aumentado o teor biodisponível das carnes, mesmo após o processo de cozimento.

Durante o processo de cocção dos alimentos ocorrem alterações físico-químicas que podem afetar a biodisponibilidade e a bioacessibilidade dos minerais, pela alteração de sua digestão e absorção. Assim, pode ocorrer a inativação de determinadas substâncias que podem funcionar como inibidores ou, por outro lado, podem ocorrer perdas de nutrientes, alterando o valor nutricional dos alimentos. Quando o calor aplicado é úmido, como é o caso do cozimento em água, há perdas por dissolução de componentes hidrossolúveis, alterando o valor nutritivo dos alimentos (SGARBIERI, 1996; PHILIPPI, 2003)

Menezes (2010), em seu estudo sobre a Determinação da disponibilidade de Ca, Cu, Fe, Mg e Zn em amostras de Carnes Bovinas, Suínas e de Frango *In natura* e Processadas Termicamente relatou uma variação da fração biodisponível de Ca (12,5-26%), Fe (12-15%), Mg (15-18%) e Zn (11-18%).

Moura & Canniatti-Brazaca (2006), avaliando a disponibilidade de ferro de feijão comum (*phaseolus vulgarisl.*) em comparação com carne bovina verificaram um teor de absorção de ferro na carne bovina *in vitro* por volta de 24%, para o feijão cozido 17% e para o feijão cozido com a adição de ácido ascórbico 18%.

Silva (2013), em seu estudo sobre Estudo da bioacessibilidade de ferro em tecido bovino, obteve uma fração biodisponível de Fe variando de 9% a 20%, em algumas partes do gado bovino, nas formas *in natura* e cozido.

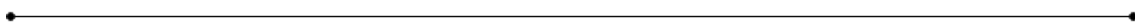
Observando a Tabela 8 e comparando com os resultados da literatura citados, pode-se observar que os teores biodisponíveis encontrados para os minerais na carne do gado CPD estão bem próximos aos valores reportados pela literatura, o que confere à carne do gado CPD uma fonte rica desses minerais, em termos de fração biodisponível.

Existem poucos relatos na literatura sobre o estudo da disponibilidade de Cálcio e Magnésio em amostras de carne, uma vez que as fontes primárias desses minerais não são a carne, mas pode-se observar que nesse trabalho a carne CPD mostrou-se uma boa fonte desses minerais com uma variação no o teor de biodisponibilidade para o cálcio por volta de 27,6% e para o magnésio 44,3%.

Ainda sobre a tabela 5 e 6, percebe-se que os teores das frações biodisponíveis para o gado CPD1 e CPD2 possuem teores bem próximos, isso pode ser justificado pelo fato de serem gados de uma mesma localização geográfica e possuírem alimentação bem próxima, já o gado CPD3, que possui outra localização geográfica e alimentação, possui valores um pouco mais elevados que o CPD1 e CPD2, segundo Menezes (2010), vários fatores podem influenciar na composição da carne, dentre eles: espécie, raça, sexo, idade e nutrição, o que corrobora com os resultados obtidos.

É grande a dificuldade em se estabelecer o estado nutricional dos indivíduos de uma população em relação aos minerais, pois ainda não existem parâmetros bem definidos para a maioria dos elementos. Em relação ao Ferro pode-se considerar que os conhecimentos estão mais avançados, enquanto que para outros como Zinco, Selênio, Cobre, Cálcio e Magnésio, ainda há a necessidade de maiores estudos (GIBSON, 1990; BURTIS E ASHWOOD, 1994).

## *CONSIDERAÇÕES FINAIS*





## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método utilizado para a abertura da amostra mostrou-se eficaz, uma vez que os valores obtidos não variaram significativamente com os valores obtidos através do material certificado.

As amostras de carne do gado Curraleiro Pé-Duro (*in natura*, cozida e cozida com adição de temperos) apresentaram teores totais significativos dos minerais em estudo (Ca, Fe, Mg e Zn), já que os valores foram mais elevados do que os reportados pela ANVISA, TACO e alguns estudos da literatura.

Foi observado que o processo de cocção em água diminui os teores totais dos minerais nas carnes, pois ocorre o lixiviamento dos mesmos na água e que quando são adicionados temperos à carne, há um aumento desses teores, já que os temperos também devem possuir uma quantidade relevante dos minerais.

A biodisponibilidade apresentou teores relativos dos minerais, quando comparados com estudos reportados na literatura. Alguns valores foram baixos, o que pode ter interferido nesses resultados, foram os fatores antinutricionais e outros fatores ligados ao procedimento *in vitro*.

Os processos de cocção em água também afetaram diretamente o valor dos teores biodisponíveis, pela perda que ocorre na água, mas nas amostras onde foram adicionados os temperos pode-se observar um aumento desses valores.

Em relação às duas raças bovinas (CPD e N), os valores totais e biodisponíveis foram relativamente diferentes, pois o fato de serem de raças e localidades diferentes influencia diretamente na quantidade de minerais que cada gado pode conter.

A carne de gado Curraleiro Pé-Duro pode ser considerada uma fonte rica em Ca, Fe, Mg e Zn, pois o estudo mostrou que a carne possui teores totais e biodisponíveis significativos desses minerais, o que pode gerar um aumento de seu consumo para popularizar esse animal, que é um patrimônio histórico para o Estado do Piauí.

## *REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

---

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, E. C. B et al. **Avaliação do teor de cobre e zinco em carnes cruas, processadas termicamente, resfriadas e congeladas no período de um mês.** *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.24, p.393-396, 2004.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia para Validação de Métodos Analíticos e Bioanalíticos**, RE nº 899, de 29 de maio de 2003.

ANTUNES, P. L. & SGARBIERI, V. C. “Fatores antinutricionais, toxicidade e valor nutricional do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.)”. **Agros**, 15: 39, 1980.

A.O.A.C. Official Methods of Analysis. **Association of Official Analytical Chemist**. EUA. 2000.

ATHANASSOF, NICOLAU. **Manual do criador de bovinos**. 6ª ed.: Melhoramentos, p.818, São Paulo, 1957.

BARBAGALLO, M.; DOMINGUEZ, L. J.; Magnesium, Oxidative Stress, and Aging Muscle. In: Preedy, V. **Aging - Oxidative Stress and Dietary Antioxidants** Academic Press, 2014. p.157-166.

BEN, A.M. Effect of freezing and microbial growth on myoglobin derivatives of beef. **Food Chemistry**, v.147, p.4093-4099, 1999.

BELILES, R.P. **The metals**. 4ª Edição, Vol. II, Part C., Ed. Clayton GD & Clayton FE, New York, 1994.

BENITO, P.; MILLER, D. Iron absorption and bioavailability: an updated review. **Nutrition Research**., 18, 581-603, 1998.

BIANCHI, M.L.P.; SILVA, H.C.; De OLIVEIRA, J.E.D. Considerações sobre a biodisponibilidade do ferro dos alimentos. **Archivos Latino americanos de Nutrición**, 42: 94-100, 1992.

BRITTO, C.M.C. **Citogenética do Gado Pé-Duro**. EDUFPI. Teresina. 80 pp. 1988.

BURTIS, C., ASHWOOD, E.R. **Tietz text book of clinical chemistry**. 2.ed., 1994, 2326p.

CABRERA, M.C.; SAADOUN, A. An overview of the nutritional value of beef and lamb meat from South America. **Meat Science**, v. 98, n.3, p. 435-444, 2014.

CADORE, S.; MATOSO, E.; SANTOS, M.C. A espectrometria atômica e a determinação de elementos metálicos em material polimérico. **Quim. Nova**, v. 31, n. 6, p. 1533-1542, 2008.

CARVALHO, JOSÉ HERCULANO DE; MONTEIRO, FRANCISCO DAS CHAGAS; GIRÃO, RAIMUNDO NONATO. **Conservação do Bovino Pé-Duro ou Curraleiro: Situação Atual**. EMBRAPA documentos. ISSN 0104- 866X, 16p Novembro 2001. Teresina, PI.

CARVALHO, J.H de. **Potencial econômico do bovino pé-duro**. Documentos 65. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 14f.

CARVALHO, GERALDO MAGELA CORTES; MARCOS JACOB DE OLIVEIRA ALMEIDA; AZEVEDO, DANIELLE MARIA MACHADO RIBEIRO; NETO, RAIMUNDO BEZERRA DE ARAÚJO; LEAL, TÂNIA MARIA; MONTEIRO, FRANCISCO DAS CHAGAS; FROTA, MARCÍLIO NILTON LOPES DA; NETO, ANÍSIO FERREIRA LIMA. **A caracterização fenotípica dos bovinos Pé-Duro**. Boletim de Pesquisa e desenvolvimento. Embrapa Meio-Norte. 1ª edição, ISSN 1413-1455. Teresina, Piauí, 2010.

CHENG, Y.J.; BRITTIN, H.C. Iron in food: effect of continued use of iron cookware. **J. Food Sci.**, v. 56, n. 2, p. 584-585, 1991.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**, Barueri, SP; Manole Ltda.; Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP, Brasil, 2005.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de Nutrientes**. 4 ed. Barueri: Manole, 2012.

EGITO, ANDREA ALVES DO. Diversidade genética, ancestralidade individual e miscigenação nas raças bovinas no Brasil com base em microssatélites e haplótipos de DNA mitocondrial: subsídios para a conservação. **Tese de Doutorado**. Universidade de Brasília – DF, 2007.

EVANGELISTA, J. **Alimentos – Um Estudo Abrangente**. São Paulo: Atheneu, 1994. p.450.

FAIRWEATHER-TAIT, S. & HURRELL, R. F. “Bioavailability of minerals and trace elements”. **Nutr. Res. Rev.**, 9: 295, 1996.

FAO. **Food and agriculture organization of the United Nations**. (2008).

FEIJÓ, G. L. D. “**Conhecendo a carne que você consome**”. **Campo Grande. Qualidade da carne bovina**. Campo Grande: (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 77), 1999. 25p.

FELÍCIO, P. D. **Serviço de informação da Carne- SIC**. FEA/UNICAMP. Disponível na Internet. Acessada em 29/05/2007.

FENNEMA, O. R. **Química de los Alimentos**, 2ª Ed., Zaragoza: Acríbia, 2000. 1200 p.

FERNÁNDEZ-GARCIA, E.; CARVAJAL-LÉRIDA, I.; PÉREZ-GÁLVEZ, A. In vitro bioaccessibility assessment as a prediction tool of nutritional efficiency. **Nutrition Research**, 29: 751-760, 2009.

FILHO, A. L. **Produção de carne bovina no Brasil qualidade, quantidade ou ambas?**.II SIMBOI - Simpósio sobre Desafios e Novas Tecnologias na Bovinocultura de Corte, 29 a 30.04.2006, Brasília-DF.

FIORAVANTE, MARIA CLORINDA. SOARES, JULIANO, RAQUEL; COSTA, GUSTAVO LAG ; ABUD, LUCAS JACOMINI; CARDOSO, Características dos criatórios de bovinos da raça Curraleiro nos Estados de Goiás e Tocantins. **IX Simpósio Nacional Cerrado – II Simpósio Internacional Savanas Tropicais, Brasília – DF. 2008.**

GROMBONI, C.F. **Teores dos elementos químicos essenciais e tóxicos na rastreabilidade da carne bovina.**Tese - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

GARCIA-ARIAS, M. T.; PONTES, E. A.; GARCIALINHARES, M. C.; FERNANDEZ, M. C. G. & SANCHEZMUNIZ, F. J. "Cooking-freezing-reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets: effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions". **Food Chem.**,83: 349, 2003.

GERBER, N.; SCHEEDER, M.R.L. & WENK, C. "The influence of cooking and fat trimming on the actual nutrient intake from meat". **Meat Sci.**, 81: 148, 2009.

GHIDURUS M, TURTO M, BOSKOU G, NICULITA P, STAN V. Nutritional and health aspects related to frying. **Rom Biotech Lett.** 2010; 15:5675-82.

GIBSON, R.S. **Principles of nutritional assessment.** [s.l.] :Oxford University Press, 1990. 691p.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de fisiologia médica.** 12ª edição, Elsevier, Rio de Janeiro, p.795-847, 2011.

HALLBERG, L., HULTEN, L., GRAMATROVSKI, E. Iron absorption from the whole diet in men: how effective is the regulation of iron absorption? **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.66, p.347-356, 1997.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006.

INMETRO. **Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial DOQ-CGCRE-008, revisão 02 - junho/2007.**

IYENGAR, G. V.; SUBRAMANIAN, K.S. & WOITTIEZ, J. R. W. **Element Analysis of Biological Samples – Principles and Practice**, CRC Press, Boca Raton, New Torl, 1998.

KAPSOKEFALOU, M.; MILLER, D. D. Effects of meat and selected food components on the valence of nonheme iron during in vitro digestion. **Journal of Food Science**, n 56, p 352–355, 1991.

KHOUZAM, R. B.; POHL, P.; LOBINSKI, R. Bioaccessibility of essential elements from white cheese, bread, fruit and vegetables. **Talanta**, v. 86, n. 0, p. 425-428, 2011.

KORN, M.G.A.; BOA MORTE, E.S.; SANTOS, D.C.M.B.; CASTRO, J.T.; BARBOSA, J.T.P.; TEIXEIRA, A.P.; FERNANDES, A.P.; WELZ, B.; SANTOS, W.P.C.; SANTOS, E.B.G.N.; JORN, M.; **Appl. Spectrosc.** Ver. 43, 2008.

KRUG, F. J. **Métodos de preparo de amostras; fundamentos sobre preparo de amostras orgânicas e inorgânicas para análise elementar**. Piracicaba, 2008.

LIUKKONEN-LILJA, H.; PIEPPONE, S. Leaching of aluminium from dishes and packages. **Food Add. Contam.**, v. 9, n. 3, p. 213-223, 1992.

LOMBARDI-BOCCIA, G.; LANZI, S.; AGUZZI, A. Aspects of meat quality: trace elements and B vitamins in raw and cooked meats. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.18, p.39-46, 2005.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento . Retirado em 22 de junho de 2015 de: <http://www.agricultura.gov.br/animal>.

MARIANTE, A.S. E CAVALCANTE, N. **Animais do descobrimento: raças domésticas da história do Brasil**. Embrapa. Brasil. 274 pp. 2006.

MATOS, W.O.; MENEZES, E.A.; GONZALEZ, M.H.; COSTA, L.M.; TREVIZAN, L.C.; NOGUEIRA, A.R.A. Partial microwave-assisted wet digestion of animal tissue using baby-bottle sterilizer for analyte determination by inductively coupled plasma optical emission spectrometry. **Spectrochimica Acta Part B**, 64: 615-618, 2009.

MILLHER, D. D., SCHRICKER, B. R., RASMUSSEN, R. R, VAN CAMPEN, D. An Invitro Method for Estimation of Iron Availability from Meals. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.34, p.2248-2256 1981.

MENEZES, E. A., **Determinação da disponibilidade de Ca, Cu, Fe, Mg e Zn em amostras de carnes bovinas, suínas e de frango in natura e processadas termicamente**. 2010, 108 f. Tese (Doutorado em ciências), Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2010.

MISTURA, L. P. F. **Cinética de ruptura do ferro heme em carne bovina (coxo-mole-semi membranoso) submetida a diferentes tratamentos térmicos**. São Paulo; Programa de Pós- Graduação em Ciência dos Alimentos, Área nutrição experimental) USP, 2006. Tese de doutorado. 82p.

MOURA, N. C.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Avaliação da disponibilidade de ferro de feijão comum (*phaseolusvulgaris* L.) em comparação com carne bovina. *Ciênc. Technol. Aliment.*, v.26, p.270, 2006.

NICKEL, K. P.; MARTIN, B. R.; SMITH, D. L.; SMITH, J. B.; MILLER, G. D. & WEAVER, C. M. "Calcium bioavailability from bovine milk and dairy products in premenopausal women using intrinsic and extrinsic labeling techniques" *J. Nutr.*, 126: 1406, 1996.

PARK, J.; BRITTIN, H.C. Increase iron content of food due to stainless steel cookware. *J. Americ. Diet. Ass.*, v. 97, n. 6, p. 659-661, 1997.

PETRY, N. Polyphenols and Low Iron Bioavailability. In: WATSON, R.; PREEDY, V.; ZIBADI, S. **Polyphenols in Human Health and Disease**. Academic Press. 2014, p.311.

PHILIPPI, S. T. **Nutrição e Técnica e Dietética**. Barueri,: Manole, 2003. p. 390.

POTTER, N.N.; HOTCHKISS, J.H. **Food Science**. Ed. Springer, New York, 1998.

PRIMO, A.T. El ganado bovino ibérico en lãs Americas: 500 años despues. *Arch Zootec*, 41: 421-432. 1992.

REDDY, M.B., COOK, J.D. Effect of calcium intake on nonheme-iron absorption from a complete diet. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v.65, p.1820-1825, 1997.

RIDGWAY, K.; LALLJIE, S.P.D.; SMITH, R.M., *J. Chromatogr. A* 1153, 2007.

ROÇA, R. de O. **COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CARNE**. F.C.A. - UNESP - Campus de Botucatu. 2002.

ROQUE, A. K. L. **Determinação de cobre, ferro, magnésio e zinco e avaliação do perfil protéico em amostras de panelada: componentes não carcaças de bovinos**. 2015. Dissertação. Universidade Federal do Piauí.

ROSA, F. C.; BRESSAN, M. C.; BERTECHINI, A. G.; FASSANI, É. J.; VIEIRA, J. O.; FARIA, P. B. & SAVIAN, T. V. "Efeito de métodos de coação sobre a composição química e colesterol em peito e coxa de frangos de corte". *Ciênc. Agrotec.*, 30: 707, 2006.

SALLES, PATRICY DE ANDRADE; MEDEIROS, GEOVERGUE RODRIGUES DE; COSTA, ROBERTO GERMANO; RAMOS, CARLOS TICIANO

COUTINHO, BORBUREMA, JUCILEIDE BARBOZA, ALMEIDA; ROCHA MARCOS JACOB DE OLIVEIRA; ROCHA, LAURA LEANDRO DA; WELLER MATHIAS. Programa De Conservação E Melhoramento De Uma Raça Bovina Brasileira: Curraleiro (Pé- Duro). **Actas Iberoamericanas de Conservación Animal**. AICA 1, p. 453-456, 2011.

SALOVAARA, S.; SANDBERG, A. S. ANDLID, T. Organic acids influence iron uptake in the human epithelial cell line caco-2. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n 50, p. 6233– 6238, 2002.

SANTOS, M. A. T. Efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócoli, couve-flor e couve. **Ciênc Agrotec**. 2006;30(2):294-301. 2.

SANZ-MEDEL, A.; COSTA J. M.; PEREIRO R. Atomic Spectrometry. In: **Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering**. p.1-4, 2013.

SGARBIERI, V. C. **Alimentação e Nutrição**. São Paulo: Almed; 1987.

SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos**. São Paulo, Varela, 1996. 517p.

SILVA, I. J. G. **Estudo da bioacessibilidade de ferro em tecido bovino**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Piauí. 2013.

SKOOG, D.A.; HOLLER, F.J., NIEMAN, T.A.; **Princípios de Análise Instrumental**, 5a ed., Bookman, São Paulo, 2002.

SKOOG et al. **Fundamentos de Química Analítica**. 8ª ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007, 999 p.

SPELLMEIER, J. G.; Desenvolvimento de métodos de preparo de amostras para posterior determinação de As, Cd e Pb em carne e produtos cárneos. 2011. **Dissertação Universidade Federal de Santa Maria**, Santa Maria 2011.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Campinas, 2011.

TEIXEIRA, M. B. Avaliação e especiação do ferro bioacessível em alimentos. 2014, 84 f. **Dissertação (Mestrado em ciências)**, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2014.

TROVO, J.B.F E PRIMO, A.T. **Medidas morfológicas em bovinos Caracu**. Em: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 21. Anais. Belo Horizonte, SBZ. 1984.

VELASCO-RYENOLD, C.; NAVARRO-ALARCO´N, M.; DE LA SERRANA, H. L.; PEREZ-VALERO, V.; LOPEZ-MARTINEZ; M. C. Total and dialyzable levels



of manganese from duplicate meals and influence of other nutrients: estimation of daily dietary intake. **Food Chemistry**, n 109, p 113–121, 2008.

VIEIRA, J. O.; BRESSAN, M. C.; FARIA, P. B.; FERREIRA, M. W.; FERRÃO, S. P. B. & SOUZA, X. R. “Efeito dos métodos de cocção na composição centesimal e colesterol do peito de frangos de diferentes linhagens”. **Ciênc. Agrotec.**,**31**: 164, 2007.

YIP, R. **Present knowledge in nutrition**. Ed. B.A. Bowman, Washington, 2001.

WELCH, R. M.; GRAHAM, R. D. Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. **J. Exp. Bot.** v.55, p.353-364, 2004.

WELZ, B.; SPERLING, M., **Atomic Absorption Spectrometry**, 3a ed., VCH, Weinheim, 1999.

WHO/UNICEF, International nutritional anemia consultative group. **Guidelines for use of iron supplements to presents percent and treat iron deficiency anemia**. Washington, DC: International Life Sciences Institute, 1998.

ZHOU, J.R.; ERDMAN, J.W. Phytic acid in health and disease. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, **35**: 495-508, 1995.