UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA

GABRIELA DE MATUOKA E CHIOCCHETTI

Potencial de utilização de subprodutos agroindustriais na alimentação: estudo da disponibilidade de nutrientes

Piracicaba
2013

GABRIELA DE MATUOKA E CHIOCCHETTI

Potencial de utilização de subprodutos agroindustriais na alimentação: estudo da disponibilidade de nutrientes

Versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Dissertação apresentada ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura para obtenção do título de Mestre em Ciências

Área de concentração: Química na Agricultura e no Meio Ambiente

Orientadora: Profa. Dra. Elisabete A. De Nadai Fernandes

Piracicaba

2013

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP

Chiocchetti, Gabriela de Matuoka e

Potencial de utilização de subprodutos agroindustriais na alimentação: estudo da disponibilidade de nutrientes / Gabriela de Matuoka e Chiocchetti; orientadora Elisabete A. De Nadai Fernandes. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2013.
103 f.: il.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Química na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Avaliação nutricional 2. Minerais 3 Processamento de alimentos 4. Qualidade dos alimentos 5. Subprodutos como alimento I. Título

CDU 631.57 : 636.085.2

Aos meus pais, Lazaro e Yumi,

por todo o apoio e amor imensuráveis

Dedico

AGRADECIMENTOS

- A Deus, por permitir esta oportunidade em minha vida

- À Universidade de São Paulo – USP

- Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA

- À Profa. Dra. Elisabete A. De Nadai Fernandes, pela orientação, oportunidades oferecidas, confiança, amizade e incentivo

- Ao Laboratório de Radioisótopos – LRi, pelo suporte técnico-científico

- À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela Bolsa no país e pela Bolsa Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE) concedidas

- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo auxílio pesquisa concedido

- Ao Dr. Márcio Arruda Bacchi, pelos ensinamentos, incentivo e amizade

- À querida amiga Silvana Regina Vicino Sarriés, pela amizade, incentivo e imensúravel ajuda na realização deste projeto

- À Profa. Dra. Susan Fairweather-Tait, pela oportunidade de realização da pesquisa na University of East Anglia, Norwich, Inglaterra

- À Tatiana Christides, por ter me recebido na University of Greenwich, Chatham, Inglaterra

- Ao Prof. Dr. Gabriel Adrián Sarriés, pela amizade e auxílio nas análises estatísticas

- Ao Prof. Dr. Peter Bode, pela oportunidade de visita científica ao Department of Radiation, Radionuclides & Reactors (RRR), pertencente à Delft University of Technology (TUDelft), Delft, Holanda

- Às empresas Amazônia Indústria de Polpas, Citrosuco, Cooperativa Santana, Cooperativa Tanquinho, Cupuama, Dimas Ometto Beneficiadora de Arroz, Já-já, Néctar Frutos da Amazônia, Nutri e Vegetais, Predilecta, Restaurante Universitário e Ricaeli pelo auxílio nas coletas das amostras

- Ao Dr. Vanderlei Antonio Stefanuto, pelo auxílio nas coletas das amostras

- Aos técnicos de laboratório Adriana de Angelis Fogaça e Cláudio Luís Gonzaga, pelo apoio, disposição para ajuda e amizade

- Aos estagiários Bianca Viana Loureiro, Rogério Augusto Pazim e Thaís Melega Tomé, pelo auxílio nas coletas e análises

- Às amigas Carla Bossu e Maria Isabel Vega Martinez, pela amizade e ajuda nos cálculos das concentrações

- Aos amigos e colegas de laboratório André Luis Lima de Araújo, Cahue Sbrana, Camila Elias, Felipe Biguzzi, Isabel Schiavinato, Jéssica Caroline Gonzaga, Lilian Seiko Kato, Luís Gustavo Cofani dos Santos, Mateus Eugenio Boscaro, Natália Protti, Nathalia Luccas, Paula Sancinetti Modolo, Simone Cofani dos Santos, pelos momentos de convivência e amizade

- À Anna Wawer, pelos ensinamentos e por ter me recebido tão bem durante minha estadia na Inglaterra

- Aos meus irmãos, Rafael e Juliana, pelos momentos de lazer, apoio e incentivo

- À minha tia Maria Tereza de Teles e Chiocchetti, pelo carinho, apoio e incentivo

- À toda minha família, pelo incentivo, apoio e momentos de lazer

- Às minhas amigas e companheiras de pós-graduação Mayra, Nataly e Tassiane, por estarem sempre dispostas a me mostrar o melhor caminho

- À família Campos Marafante, pelos anos de amizade e convivência

- A todos os funcionários da Secretaria de Pós-Graduação do CENA, pela disposição e constante ajuda

- À bibliotecária Sra. Marília R. Garcia Henyei, pelo auxílio na revisão

- Ao Alfredo, Lucy, Neide e Penny pelos momentos de alegria

- A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho

"De tudo ficam três coisas:
A certeza de estarmos sempre começando
A certeza de que é preciso continuar
E a certeza de que podemos ser interrompidos antes de terminarmos.

Portanto:
Faça da interrupção um caminho novo,
da queda um passo de dança,
do medo uma escada,
do sonho uma ponte,
da procura um encontro."

Fernando Sabino

RESUMO

CHIOCCHETTI, G. M. **Potencial de utilização de subprodutos agroindustriais na alimentação: estudo da disponibilidade de nutrientes**. 2013. 111 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

O Brasil está entre os dez países que mais desperdiçam alimentos, com cerca de 35% da produção agrícola indo para o lixo. O processamento agroindustrial de alimentos é uma das atividades que mais geram resíduos, com aproximadamente 50% de matéria-prima sendo descartada. A falta de informações sobre a qualidade nutricional desses subprodutos agroindustriais não possibilita seu potencial aproveitamento na fabricação de produtos alimentícios. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi realizar a caracterização química de subprodutos resultantes do processamento industrial de frutas e vegetais e do beneficiamento de cereais. Os elementos químicos Br, Ca, Co, Cr, Cs, Fe, K, La, Na, Rb, Sc e Zn foram determinados através da análise por ativação neutrônica instrumental, a composição centesimal, através de métodos preconizados pela AOAC, os fatores antinutricionais, através das determinações de ácido fítico e taninos e a disponibilidade dos nutrientes *in vitro* para os elementos Ca, Fe, K e Zn e pelo sistema de células Caco-2 para o Fe. A maioria das amostras contém alto teor de fibras e proteína e baixo teor de lipídeos e valor calórico. O farelo de arroz, a casca da semente de cupuaçu, a semente de cupuaçu e o bagaço de framboesa apresentaram as maiores concentrações de ácido fítico, entre 19,9 e 10,7 mg g^{-1}. Já a casca de uva apresentou a maior quantidade de taninos (23,8 mg/g de catequina). As amostras apresentaram boa disponibilidade *in vitro* de Ca e Zn. Porém, para Fe e K, os valores ficaram abaixo de 10% disponível para a maioria das amostras. Na análise de biodisponibilidade através do sistema de células Caco-2, a amostra que apresentou maior quantidade de ferritina foi a casca de pepino (56,8 ng ferritina/µg proteína). Observou-se que os subprodutos, geralmente, apresentam quantidade maior ou igual de nutriente que a parte usualmente consumida do alimento, além de apresentar disponibilidade de nutrientes compatível com outros alimentos de origem vegetal. Os dados sugerem que os subprodutos agroindustriais são potenciais ingredientes para a indústria alimentícia, podendo agregar valor nutricional em novos produtos. Estudos futuros e mais específicos para cada subproduto devem ser considerados, como análise sensorial e maneiras de aumentar a qualidade nutricional dos subprodutos.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Minerais. Composição química. Desperdício.

ABSTRACT

CHIOCCHETTI, G. M. **Potential use of agroindustrial byproducts in food: a study of nutrient availability**. 2013. 111 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

Brazil is amongst the ten countries that mostly waste food, with about 35% of agricultural production going to the trash. The agro-food processing is one of the activities which generate high amount of residues, with approximately 50% of raw material being discarded. The lack of information on the nutritional quality of agroindustrial byproducts does not enable its potential use in the manufacture of food products. In this context, the aim of this study was the chemical characterization of the by-products of industrial processing of fruits and vegetables and grain processing. The chemical elements Br, Ca, Co, Cr, Cs, Fe, K, La, Na, Rb, Sc e Zn were determined by instrumental neutron activation analysis. The proximate composition was evaluated by methods recommended by AOAC. The antinutritional factors, through the determination of phytic acid and tannins. The availability of nutrients in vitro for Ca, Fe, K and Zn and through the Caco-2 cells for Fe. Most samples contain high fiber and protein and low lipid content and calorific value. Rice bran, the peel of cupuaçu seed, the cupuaçu seed and the raspberry bagasse had the highest concentrations of phytic acid, between 19.9 and 10.7 mg g^{-1}. The grape peel showed the highest amount of tannins (23.8 mg / g of catechin). The samples showed good *in vitro* availability for Ca and Zn, but the values for K and Fe were below 10% available for most samples. In the analysis of bioavailability through the Caco-2 cells system, the sample that showed the highest amount of ferritin was the peel of cucumber (ferritin 56.8 ng / mg protein). It could be observed that the by-products generally exhibit similar or larger amounts of the nutrient than the food usually consumed, and nutrients availability compatible with other plant origin food. The data suggest that the agroindustrial byproducts are potential ingredients for the food industry and can add nutritional value to new products. Future studies more specific to each by-product should be considered like sensory analysis and ways to increase the nutritional quality of by-products.

Keywords: Sustentability. Minerals. Chemical composition. Waste.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO..... 11
2 REVISÃO DA LITERATURA..... 14
2.1. Aproveitamento de subprodutos na alimentação humana..... 14
2.2. Importância dos minerais na nutrição humana..... 17
2.3. Ferro..... 18
2.4. Biodisponibilidade de nutrientes..... 20
2.5. Metodologias para a estimativa da disponibilidade de nutrientes..... 22
2.6. Fatores que influenciam a biodisponibilidade de nutrientes..... 25
2.6.1. Ácido fítico..... 26
2.6.2. Ácido oxálico..... 27
2.6.3. Compostos fenólicos..... 27
2.6.4. Interação entre minerais..... 28
2.6.5. Ácidos orgânicos..... 28
2.6.6. Tecido muscular..... 29
2.6.7. Vitamina A..... 29
3 MATERIAIS E MÉTODOS..... 30
3.1. Amostragem..... 31
3.2. Preparo das amostras..... 32
3.3. Análise por ativação neutrônica..... 33
3.3.1. Fundamentos..... 33
3.3.2. Irradiação com nêutrons..... 35
3.3.3. Medição da radiação por espectrometria gama de alta resolução.... 36
3.4. Composição centesimal..... 38
3.5. Determinação de ácido fítico..... 41
3.6. Determinação de taninos..... 42
3.7. Determinação da disponibilidade de minerais *in vitro*..... 42
3.8. Determinação da biodisponibilidade pelo sistema de células Caco-2.... 43
3.8.1. Cultivo das células Caco-2…… 43
3.8.2. Experimentos…… 44
3.8.3. Preparo dos enxertos..... 45
3.8.4. Preparo das enzimas..... 45

3.8.5. Digestão das amostras..... 46
3.8.6. Coleta das células..... 47
3.8.7. Determinação de ferritina nas células…… 47
3.8.8. Determinação de proteina nas células…… 48
3.9. Análise estatística..... 49
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 49
4.1. Análise por ativação neutrônica..... 49
4.1.1. Qualidade da determinação analítica..... 49
4.1.2. Composição mineral..... 51
4.2. Composição centesimal..... 60
4.3. Adequação nutricional..... 71
4.4. Ácido fítico..... 74
4.5. Taninos..... 78
4.6. Disponibilidade dos minerais *in vitro*..... 82
4.6.1. Cálcio..... 84
4.6.2. Ferro..... 85
4.6.3. Potássio..... 86
4.6.4. Zinco..... 87
4.7. Biodisponibilidade de Fe pelo sistema de células Caco-2..... 87
4.8. Correlações..... 90
5 CONCLUSÃO..... 91
REFERÊNCIAS..... 93

1. INTRODUÇÃO

A segurança alimentar e nutricional ganhou destaque internacional nas últimas décadas, sendo alvo de debates e recomendações em reuniões de cúpula. Por meio da declaração das Metas de Desenvolvimento do Milênio, os países membros da Organização das Nações Unidas (ONU), inclusive o Brasil, comprometeram-se a erradicar a pobreza extrema e a fome, universalizar a educação básica, reduzir a mortalidade infantil e materna, entre outras, até o ano de 2015 (SANTOS; SANTOS, 2007; UNITED NATIONS, 2000).

A questão da fome configura-se como um dos problemas mais graves e antigos da sociedade brasileira, sendo que uma de suas causas é a restrição de acesso aos alimentos (SANTOS; SCHERER, 2012). Junto com a desnutrição que a acompanha, diminui a habilidade de aprendizado, trabalho e cuidado das pessoas com elas próprias e suas famílias, impedindo a quebra do ciclo da pobreza.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), milhares de pessoas não consomem o mínimo de 1.900 calorias/dia. Conforme os dados do SEDLAC (Socio-Economic Database for Latin America and the Caribbean), ainda são 94 milhões de pessoas vivendo abaixo da linha da pobreza na América Latina, dos quais cerca de 35 milhões no Brasil.

A fome provém da falta de alimentos, da privação à comida, contudo não há uma fonte que comprove ou sinalize para a escassez de ofertas. A principal causa da insegurança alimentar no Brasil, portanto, não consiste na falta de alimento, mas sim no insuficiente poder de compra.

Levando em consideração que a segurança alimentar preconiza que todos tenham direito ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente, pode-se, então, dizer que a insegurança alimentar ocorre quando a desnutrição é uma consequência da falta de acesso, social ou econômico, ao alimento adequado, caracterizando-se pela ingestão de energia em quantidade abaixo do mínimo necessário, assim como pela existência de sintomas relacionados com a carência de um ou mais nutrientes.

As formas mais comuns de desnutrição envolvem deficiência de proteína-energia e micronutrientes. A primeira refere-se a consumo e disponibilidade inadequada de energia e proteínas no corpo. Já a desnutrição de micronutrientes refere-se à disponibilidade inadequada de alguns nutrientes essenciais, que são

requeridos pelo corpo em pequenas quantidades, tais como vitaminas e elementos traços. A deficiência de micronutrientes leva a uma variedade de doenças, pois impede o funcionamento normal do organismo. É uma forma pouco visível de desnutrição e seu combate requer alimentos adequados e balanceados, associados a um acompanhamento do estado de saúde e de aspectos sociais. As principais deficiências são de ferro, iodo e vitamina A, especialmente em países em desenvolvimento como o Brasil (ZANCUL, 2004). Porém, existem também outros micronutrientes necessários, cuja carência gera prejuízos à saúde física e intelectual.

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, ficando apenas atrás da China e da Índia, com uma produção anual de aproximadamente 40 milhões de toneladas de frutas por ano (FACHINELLO; NACHTIGAL; KERSTEN, 1996). Parte dessa produção é usada como matéria-prima na indústria de polpa de fruta, suco concentrado, frutas secas, geleias e outros produtos. O processamento de frutas é uma das atividades agroindustriais que mais geram resíduos, ou subprodutos, que representam aproximadamente 50% da matéria-prima processada. Esses subprodutos são basicamente compostos de matéria orgânica com alto valor nutricional, rico em açúcar, fibras e minerais (SANTANA, 2005).

O desperdício de produtos agrícolas é da ordem de 61% do total plantado, acontecendo em todas as fases pelas quais passa o produto. Uma perda de 20% acontece no plantio e colheita; 8%, no transporte e armazenamento; 15%, no processamento industrial; 1%, no varejo, e 17% no destino final, o consumidor (VELLOSO, 2002). Nesses valores, são considerados os produtos industrializados e os produtos de consumo *in natura*, dentro do padrão comercializável, porém não são consideradas as partes consumíveis desses produtos que são desprezadas como resíduos.

Em alguns países, os subprodutos agroindustriais podem representar aproximadamente 90% do total de desperdício gerado anualmente em todas as indústrias (MULLIGWE; KASEVA, 2006). O descarte apropriado desses subprodutos é, muitas vezes, um procedimento complicado, se tornando a causa de vários problemas ambientais, além de implicar em perda de nutrientes e biomassa (LAUFENBERG; KUNZ; NYSTROEM, 2003). O uso racional de subprodutos agroindustriais pode minimizar a poluição do meio ambiente, agregar

valor ao produto e reduzir os custos de industrialização, aumentando assim a sustentabilidade da cadeia alimentar (FELIPE et al., 2006).

Nos números apresentados, é considerado somente o desperdício dos produtos alimentícios convencionais, comercialmente e popularmente aceitos. Entretanto, há partes dos alimentos de origem vegetal que são desprezadas por não serem normalmente aceitas como alimento, mesmo sendo nutricionalmente válidas. O homem primitivo, dentro da escassez em que vivia, consumia todo o vegetal; tabus alimentares e imposições sociais fizeram com que se formasse gradativamente uma cultura de consumo e se passasse a utilizar somente algumas partes dos vegetais, desprezando outras igualmente aptas a servirem de alimento. Assim sendo, o volume de detritos originados do desperdício dessas partes tornou-se bastante grande, visto que a porção não consumida possui um peso equivalente por vezes à metade do peso total da planta (PRIM, 2003).

O não consumo de partes aproveitáveis dos vegetais, além de aumentar a quantidade de resíduos orgânicos, retira uma fonte de minerais e vitaminas da população, quando se sabe que o maior problema da subnutrição é a deficiência desses micronutrientes. Da mesma forma, ao se passar a consumi-las, além do acesso a uma nova fonte de nutrientes, agregam-se valor econômico, visto ter mais alimento por um mesmo preço, e valor social, pois oferta-se uma alternativa barata para o combate à fome e à subnutrição (PRIM, 2003).

Nos últimos anos, usos alternativos de resíduos orgânicos gerados pela agroindústria brasileira têm sido investigados por vários centros de pesquisas, com o desenvolvimento de alimentos baseados em subprodutos, como biscoitos, hambúrgueres e pós vegetais.

Assim sendo, a utilização de produtos formulados com subprodutos agroindustriais, visando a sustentabilidade e o aumento da qualidade da dieta do brasileiro, torna-se de essencial importância. Levando em consideração o escopo apresentado, é imprescindível que sejam realizados estudos de caracterização dos subprodutos, bem como a avaliação de seus fatores antinutricionais e seu efeito na disponibilidade de nutrientes. Dentro do escopo apresentado, o objetivo deste trabalho consiste em avaliar a qualidade nutricional dos subprodutos agroindustriais provenientes do processamento industrial de frutas e vegetais e do beneficiamento de cereais, com potencial de aproveitamento na fabricação de produtos alimentícios.

Além disso, como objetivos específicos, pretende-se:

- Caracterizar os principais resíduos agroindustriais gerados no Brasil, em relação à sua composição centesimal e mineral
- Determinar quais substâncias atuam como cofatores ou inibidores
- Avaliar a disponibilidade dos nutrientes presentes
- Prover dados conclusivos sobre o potencial nutricional dos subprodutos agroindustriais

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Aproveitamento de subprodutos na alimentação humana

Desde o início da década de 1970, vem aumentando o aproveitamento de resíduos de frutas, principalmente das cascas, como matéria-prima para a produção de alimentos alternativos passíveis de serem incluídos na alimentação humana. Trata-se de uma proposta plausível e concreta, visto que esses resíduos representam extraordinária fonte de materiais considerados estratégicos para algumas indústrias brasileiras (OLIVEIRA et al., 2002).

Nas duas últimas décadas, várias pesquisas brasileiras vêm estudando as características dos resíduos gerados pelas agroindústrias. Felipe et al. (2006) determinaram a composição mineral de pós alimentícios obtidos das cascas de manga e de maracujá, oriundas do processamento de polpa de fruta congelada, encontrando altas concentrações de cálcio, sódio, potássio e zinco. Uchoa et al. (2008) avaliaram parâmetros físico-químicos dos resíduos do processamento de caju, goiaba e maracujá, observando que são boas fontes de vitamina C, açúcar redutor, além de apresentarem altos teores de fibras.

Estudos conduzidos por Gondim et al. (2005) avaliaram a composição centesimal e mineral de cascas de frutas (abacate, abacaxi, banana, mamão, maracujá, melão e tangerina), mostrando que, de modo geral, apresentam teores de nutrientes maiores do que suas respectivas partes comestíveis, podendo, portanto, ser consideradas como fonte alternativa de nutrientes, evitando o desperdício de alimentos. Vieira et al. (2009) realizaram a caracterização química do resíduo do processamento do suco de manga, mostrando que tanto a casca

quanto a amêndoa da semente de manga apresentaram concentrações de proteínas, fibras, lipídeos e ácidos graxos saturados que os caracterizam como potenciais ingredientes alternativos.

A caracterização química da folha da cenoura, geralmente não consumida, foi o alvo do estudo de Pereira et al. (2003), cujos resultados reportaram que estas folhas apresentam teores significativos de vitamina C total e β-caroteno, podendo ser considerada como fonte de fibras dietéticas e minerais, principalmente Ca e Fe.

Kobori e Jorge (2005) caracterizaram os óleos de sementes de frutas (laranja, maracujá, tomate e goiaba) através de métodos analíticos padrões para óleos e gorduras (ácidos graxos livres, índices de peróxidos, refração, iodo, saponificação, matéria insaponificável e estabilidade oxidativa), concluindo que estes óleos possuem características físico-químicas semelhantes a alguns óleos comestíveis, podendo ser uma nova fonte de óleos para o consumo humano.

O resíduo da produção vinícola foi estudado por Cataneo et al. (2008), através da avaliação da atividade antioxidante e do conteúdo fenólico. Os resultados mostraram que este resíduo agroindustrial pode ser uma fonte alternativa de compostos fenólicos, abrindo espaço para uma série de perspectivas de exploração, principalmente na indústria de fitoterápicos e de complementos alimentares.

O desenvolvimento de biscoitos com o uso de farinhas alternativas tem sido proposto por diversos pesquisadores. Ishimoto et al. (2007) desenvolveram biscoito com adição de farinha de casca de maracujá-amarelo, obtendo um produto final com boa aceitação sensorial e 7,5 vezes mais fibras do que um biscoito similar sem a adição de farinha. Em 2008, Machado et al. desenvolveram um biscoito elaborado com resíduo de polpa de amora-preta e realizaram uma avaliação físico-química, mostrando que o biscoito apresentou alto teor de fibra bruta. No ano seguinte, Abud e Narain (2009) produziram biscoitos com diferentes teores de resíduos do processamento de polpa de frutas (acerola, umbu, goiaba e maracujá), obtendo uma boa aceitabilidade sensorial em relação ao aroma, ao sabor e à textura para os biscoitos feitos com 10% da farinha dos resíduos.

Outros estudos têm como alvo o desenvolvimento de novos produtos, como massas, geleias e farofas. Fernandes et al. (2008) desenvolveram uma farinha de casca de batata, com bons teores de fibras e minerais, especialmente fósforo, cálcio e magnésio, e utilizaram esta farinha em produtos de panificação, misturada

com farinha de trigo branca e integral, em diferentes porcentagens. A qualidade tecnológica das massas produzidas com a farinha mista teve um pequeno declínio até o nível de 6% de substituição da farinha de trigo branca pela de casca de batata, acentuando-se nos níveis superiores.

Miguel et al. (2008) estudaram alternativas para o aproveitamento das cascas e das sobras de polpa de melões minimamente processados, desenvolvendo compota, doce e doce glaceado com as cascas e geleia com as sobras de polpa. Através da análise de composição centesimal, constataram que os produtos obtidos a partir da casca apresentaram maiores teores de cinzas, proteínas e fibra alimentar e o teste sensorial indicou que os produtos tiveram boa aceitabilidade.

Damiani et al. (2008) avaliaram a qualidade de geleias formuladas com diferentes níveis de casca em substituição à polpa de manga Haden, mostrando que a substituição parcial ou total da polpa por cascas na formulação de geleia de manga é uma alternativa viável nas áreas física, sensorial e microbiológica, com benefícios econômicos e ambientais. O mesmo grupo de estudo desenvolveu também uma farofa temperada a partir de cascas de banana, chuchu e talos de couve, obtendo elevada aceitação sensorial, com alta intenção de compra, além de elevados teores de proteínas, porém com baixo valor energético (Damiani et al., 2011).

Malucelli et al. (2009) avaliaram a qualidade nutricional da farinha de resíduo de brócolis, que apresentou teores mais elevados de nutrientes do que a respectiva parte comestível. Além disso, desenvolveram nhoque acrescido com esta farinha e avaliaram sua qualidade sensorial, sendo que o sabor do nhoque foi bem aceito, porém a cor do produto final precisa ser melhorada.

Adicionalmente, o uso de subprodutos agroindustriais como alimento alternativo no combate à fome na população de baixa renda tem recebido muita atenção no Brasil nas últimas décadas, além de ter se tornado política pública em 2004 para merendas, imunodepressivos e pessoas idosas, através da 12ª Conferência Nacional da Saúde (BRASIL, 2004a), outorgada na 13ª edição desta Conferência (BRASIL, 2008). Todavia, faltam informações sobre algumas propriedades nutricionais destes subprodutos agroindustriais, que têm inibido seu potencial uso na elaboração de produtos alimentícios.

2.2. Importância dos minerais na nutrição humana

Os minerais desempenham uma variedade expressiva de funções metabólicas que incluem ativação, regulação, transmissão e controle. São nutrientes não energéticos que não podem ser sintetizados no corpo humano, sendo assim, devem ser supridos na alimentação (WILLIAMS, 1997).

O cálcio é o mineral mais abundante no organismo, constituindo aproximadamente 1,7% do peso e 39% dos minerais corpóreos, sendo que 99% estão contidos nos ossos e dentes e 1% nos fluidos extracelulares e dentro das células dos tecidos moles. Este mineral possui funções muito importantes, além de construir e manter dentes e ossos, como controle da coagulação sanguínea, regulação da excitabilidade dos nervos, controle de reações enzimáticas etc. (FOMON; NELSON, 1993). Sua deficiência está relacionada com a má formação dos ossos, raquitismo e osteoporose.

O zinco é o elemento traço mais abundante no corpo humano. É um componente essencial para a atividade de mais de trezentas enzimas e estabilizador de estruturas moleculares de constituintes citoplasmáticos. Atua na síntese de proteínas importantes para a produção de neurotransmissores, além de ser importante na síntese dos ácidos nucleicos (SANDSTEAD et al., 1998). A deficiência de zinco retarda o crescimento e maturação dos neurônios, afetando também a atividade eletrofisiológica e de transmissão no cérebro (BLACK, 1998)

O potássio, maior cátion intracelular do corpo, é necessário para a função celular normal. É mantido em uma concentração de, aproximadamente, 145 mmol/L de fluido intracelular e em concentrações bem menores no plasma e fluido intersticial, em que pode variar de 3,8 a 5 mmol/L de fluido extracelular. Sua carência é caracterizada pelo aumento da pressão arterial e aumento de risco de pedras nos rins e doenças cardiovasculares (COZZOLINO, 2009).

A deficiência de minerais leva a uma variedade de doenças e impede o funcionamento normal do organismo. Os grupos mais vulneráveis à deficiência de micronutrientes são as gestantes, as nutrizes, os lactentes e os prés-escolares, pelo aumento das demandas nutricionais nesses momentos biológicos.

2.3. Ferro

O ferro é essencial à vida, estando presente em todas as células dos seres vivos, sejam animais ou vegetais. A quantidade total dessa substância existente no organismo humano pode variar de 3 g a 5 g, sendo encontrada em maior proporção nos homens (ACCIOLY; LACERDA; ENGSTROM, 2009). O elemento está envolvido em reações de transporte de elétrons do sistema citocromo e é componente de muitas proteínas, incluindo enzimas, mioglobonas e hemoglobina (OTTEN; HELLWIG; MEYERS, 2006; ACCIOLY; LACERDA; ENGSTROM, 2009).

A deficiência de ferro é considerada a carência nutricional mais prevalente em todo o mundo (OTTEN; HELLWIG; MEYERS, 2006), constituindo-se sério problema de saúde pública, estimando-se que responda por 90% do total de casos de anemia carencial (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2001). Segundo a Organização Mundial da Saúde, a deficiência de ferro afeta um contingente de dois bilhões de pessoas no mundo, sendo a anemia ferropriva responsável por 50% dos casos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2001).

A carência de ferro ocorre no organismo de forma gradual e progressiva, considerando-se três estágios até que a anemia se manifeste. O primeiro estágio caracteriza-se pela redução dos depósitos de ferro. O segundo estágio apresenta alterações bioquímicas que refletem a insuficiência de ferro para a produção normal de hemoglobina e outros compostos férricos. Por fim, ocorre a anemia ferropriva, quando se detectam a diminuição dos níveis de hemoglobina e os prejuízos funcionais no organismo (ACCIOLY; LACERDA; ENGSTROM, 2009). A anemia, em sua fase mais avançada, está associada com fraqueza, diminuição da capacidade respiratória e tontura (PAIVA; RONDÓ; GUERRA-SHINOHARA, 2000; SANT'ANA, 2006).

Em países em desenvolvimento, 52% das mulheres grávidas, 39% das crianças menores de 4 anos e 48% das crianças entre 5 e 14 anos estão anêmicas (HENRIQUES; COZZOLINO, 2009). Dados da Organização Mundial da Saúde apontam que 2 milhões e 150 mil crianças na idade pré-escolar estão em risco de deficiência de ferro, com reflexos no desenvolvimento mental, incluindo apatia, irritabilidade, redução da capacidade de concentração e do aprendizado (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2000).

No Brasil, o Ministério da Saúde estima que a prevalência da anemia seja de 50% em crianças menores de 5 anos, 30% a 50% na idade escolar e 30% em gestantes (BRASIL, 2004b).

A biodisponibilidade de ferro em alimentos é muito variável porque ele é encontrado sob duas diferentes formas nos alimentos, classificadas de acordo com seu mecanismo de absorção: ferro heme e ferro não-heme. O ferro heme está na estrutura do anel protoporfirina das hemoproteínas. Ele é encontrado nos alimentos de origem animal, como carnes, aves e peixes, sob a forma de hemoglobina e mioglobina, representando cerca de 40% do ferro do tecido animal (CARPENTER; MAHONEY, 1992). Essa forma de ferro é, geralmente, muito bem absorvida pelo organismo e fracamente influenciada por outros fatores da dieta, como a presença de facilitadores e/ou inibidores (OTTEN; HELLWIG; MEYERS, 2006). A absorção também é menos influenciada pelo estado nutricional do indivíduo. Esse tipo de ferro é solúvel no meio alcalino da luz intestinal, sendo facilmente absorvido, como um complexo de ferro-porfirina intacto, diretamente para as paredes da mucosa, por vias diferentes do não-heme (CARPENTER; MAHONEY, 1992). Em dietas mistas, a absorção do ferro heme pode chegar a 15 – 20%. Já em indivíduos com baixa reserva de ferro, a absorção é de 35 - 50% (HENRIQUES; COZZOLINO, 2009).

O ferro não-heme é a forma inorgânica Fe^{3+}, encontra-se presente em hortaliças, cereais e leguminosas (SANT'ANA et al., 2006) e não é absorvido totalmente pelo organismo, com somente cerca de 10% sendo aproveitado (ACCIOLY; LACERDA; ENGSTROM, 2009). A absorção desse ferro é fortemente influenciada pela solubilidade e interação com outros componentes da refeição, que podem promovê-la ou inibi-la (OTTEN; HELLWIG; MEYERS, 2006).

Considera-se que a maior parte do aporte de ferro da dieta humana advém da forma não-heme, encontrada nos alimentos de origem vegetal, mas também no leite e derivados, nos ovos e nas carnes em geral (cerca de 60% do ferro total), especialmente sob a forma de sais de ferro ou ligado a proteínas (ACCIOLY; LACERDA; ENGSTROM, 2009). Os alimentos de origem vegetal contribuem com 90% do total de ferro ingerido nos países desenvolvidos e até 100% nos países em desenvolvimento (BIANCHI; SILVA; OLIVEIRA, 1992).

2.4. Biodisponibilidade de nutrientes

O termo biodisponibilidade ou disponibilidade biológica tem sido extensivamente usado na área de alimentos e nutrição, entretanto não existe uma definição universalmente aceita de biodisponibilidade. Diferentes pesquisadores a definem de diferentes formas (VAN CAMPEN; GLAHN, 1999).

A origem conceitual desse termo foi no campo da farmacologia experimental, especificamente em relação às drogas (BIANCHI; SILVA; OLIVEIRA, 1992). Inicialmente, o termo foi proposto pela Food and Drug Administration (FDA-USA) dos Estados Unidos para a área de farmacologia, com o intuito de estabelecer a proporção em que determinada substância ativa da forma farmacêutica (no caso de um medicamento) era absorvida, alcançava a circulação e tornava-se disponível no sítio de ação. Apenas na década de 1980, biodisponibilidade começou a ser também empregada na área de nutrição, a partir do conhecimento de que a simples presença do nutriente no alimento ou dieta não garantia sua utilização pelo organismo. Essa utilização dependeria da forma química do nutriente no alimento, da quantidade ingerida e da presença de agentes ligantes e de outros nutrientes nos alimentos que são ingeridos ao mesmo tempo (COZZOLINO; MICHELAZZO, 2009).

A primeira definição de biodisponibilidade foi “a proporção do nutriente que é digerido, absorvido e metabolizado pelo organismo, capaz de estar disponível para uso ou armazenamento” (HOUSE, 1999). Entretanto, essa definição não leva em consideração que alguns nutrientes não necessitam ser digeridos para serem absorvidos e outros, menos hidrolisados, podem não ser absorvidos (COZZOLINO; MICHELAZZO, 2009).

Em 1984, foi proposta a definição do termo biodisponibilidade como a proporção do nutriente nos alimentos que é absorvida e utilizada nos processos de transporte, assimilação e conversão à forma biologicamente ativa (O’DELL, 1984). Essa ideia de utilização da fração do nutriente absorvido para funções fisiológicas ou de estoque se estendeu até 1997, quando, então, no Congresso Internacional de Biodisponibilidade, em Wageningen, Holanda, foi proposta uma redefinição para o termo disponibilidade: “refere-se à fração de qualquer nutriente ingerido que tem

o potencial para suprir demandas fisiológicas em tecidos alvos" (COZZOLINO; MICHELAZZO, 2009).

Em 2001, no Congresso Internacional de Biodisponibilidade em Interlaken, Suíça, o tema foi mais uma vez discutido, tendo-se concluído que os estudos sobre a biodisponibilidade devem considerar três aspectos: bioconversão, bioeficácia e bioeficiência (COZZOLINO; MICHELAZZO, 2009).

- Bioconversão: definida como a proporção do nutriente ingerido que estará biodisponível para a conversão em sua forma ativa.
- Bioeficácia: definida como a eficiência com a qual os nutrientes ingeridos são absorvidos e convertidos à forma ativa do nutriente.
- Bioeficiência: definida como a proporção da forma ativa convertida do nutriente absorvido que atingirá o tecido alvo.

Diante do exposto, a definição precisa para biodisponibilidade de nutrientes ainda hoje é polêmica. Definir biodisponibilidade de nutrientes é reconhecer todos os fatores que a influenciam, levando em consideração que é o resultado de um processo dinâmico, definido por uma diversidade de fatores relacionados tanto com a dieta quanto com o indivíduo, não podendo ser considerada propriedade exclusiva do alimento ou da dieta (FAIRWEATHER-TAIT, 1992), como ilustrado na Figura 1.

Uma definição que tem ganho ampla aceitação é a disponibilidade como a quantidade do nutriente que está disponível para absorção em uma forma que é fisiologicamente útil. Esta definição será a utilizada ao longo desta dissertação.

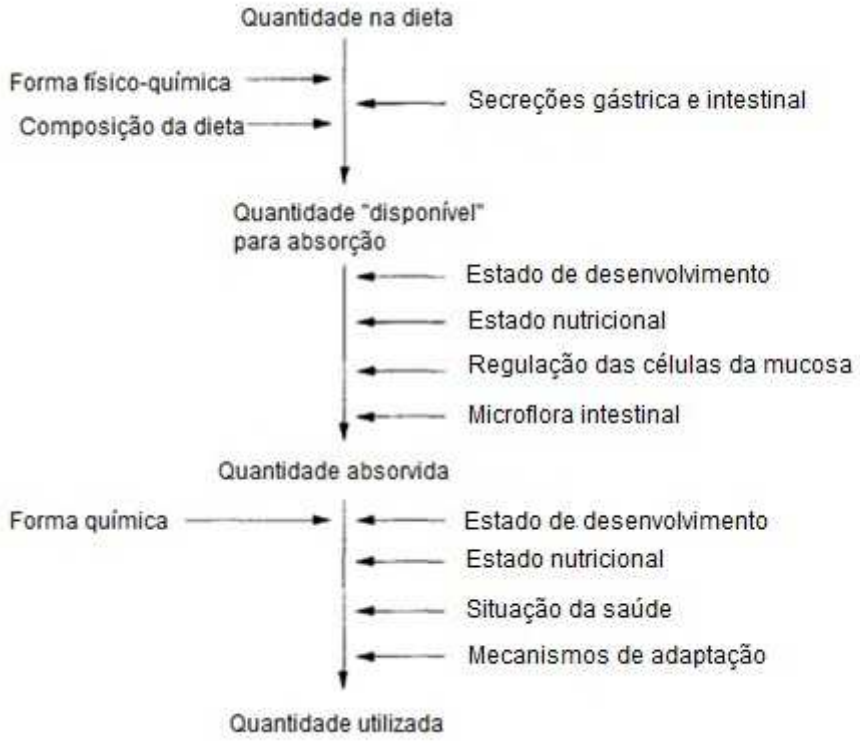


Figura 1 - Definição de biodisponibilidade
(Adaptado de: FAIRWEATHER-TAIT, 1992)

2.5. Metodologias para a estimativa da disponibilidade de nutrientes

A biodisponibilidade de nutrientes é uma função de digestão, solubilização, absorção e processamento celular; portanto, saber apenas a quantidade de nutriente que é ingerido não é suficiente para determinar a biodisponibilidade. Diante do exposto, a determinação da biodisponibilidade de elementos traços é considerada uma árdua tarefa, e, portanto, muitas tentativas têm sido feitas para conceber um modo rápido e fácil para avaliá-la (FAIRWEATHER-TAIT, 1992), que podem ser divididas em:

- Estudos biológicos *in vivo*, com a medição da absorção do nutriente através da avaliação de balanço químico, traçadores radioativos e aparecimento no plasma. Embora apresente os resultados mais precisos, são técnicas caras, longas e exigem o uso de voluntários;
- Diálises *in vitro,* onde o nutriente é submetido a uma digestão enzimática, baseada na digestão humana;

- Modelos aritméticos usados para predizer a biodisponibilidade do nutriente baseados na composição de dietas e estudos do *status* de ferro na população;
- Métodos *in vitro* utilizando linhagens celulares, como Caco-2.

As técnicas usadas nesta dissertação foram a diálise *in vitro* e de células Caco-2.

As técnicas *in vitro*, utilizadas desde meados de 1930, foram desenvolvidas na tentativa de estimar a disponibilidade de elementos inorgânicos considerados essenciais. A diálise *in vitro* baseia-se na simulação da digestão do alimento ou dieta, seguida de diálise em membrana semi-permeável. Essa metodologia é capaz de quantificar a capacidade solúvel ou dialisável do nutriente, mas não a biodisponibilidade propriamente dita, uma vez que nem todo material solúvel ou dialisável é absorvido (RIBEIRO; COZZOLINO, 2009). Porém, considerando que a determinação da biodisponibilidade de nutrientes através de estudos *in vivo* com humanos é muito demorada, cara e complexa, as metodologias *in vitro* apresentam-se como uma alternativa, que permite o controle apurado de variáveis, tornando-se modelo importante no sentido de prever e sugerir estudos *in vivo* (LUTEN et al., 1996).

Nos estudos da biodisponibilidade de micronutrientes, a técnica escolhida usualmente é determinada através dos recursos disponíveis para a pesquisa. Nenhum dos métodos é perfeito, porém todos têm potencial de gerar informações úteis se conduzidos de maneira adequada. Independente do método escolhido, é importante concentrar esforços em obter o melhor resultado possível usando os recursos disponíveis.

Com o intuito de desenvolver métodos *in vitro* que estudem a absorção do ferro, há mais de uma década, grupos de pesquisas vêm utilizando técnicas com culturas de tecidos, que apresentam boa correlação com estudos *in vivo* (YUN et al., 2004), porém sem o alto custo e responsabilidade ética acarretados.

A cultura de tecidos mais comumente usada nos estudos de absorção de ferro é a de células Caco-2, uma linha celular isolada a partir de um adenocarcinoma do cólon humano. Essas células, sob condições apropriadas, se diferenciam em monocamadas polarizadas, desenvolvem microvilosidades e, de

várias formas, agem de maneira similar às células do epitélio do intestino delgado (VAN CAMPEN; GLAHN, 1999).

Inicialmente, a absorção de ferro pelas células Caco-2 era medida através do uso de isótopos radioativos de ferro (GARCIA; FLOWERS; COOK, 1997). Entretanto, Glahn et al. (1998) descobriram que a formação de ferritina está diretamente relacionada com a absorção do ferro. Esse método foi validado e o uso de isótopos radioativos foi descartado. O novo sistema desenvolvido combina uma digestão *in vitro* com as células Caco-2. Nesse modelo (Figura 2), utilizado nesta dissertação, o marcador da absorção de ferro é a quantidade de ferritina formada.

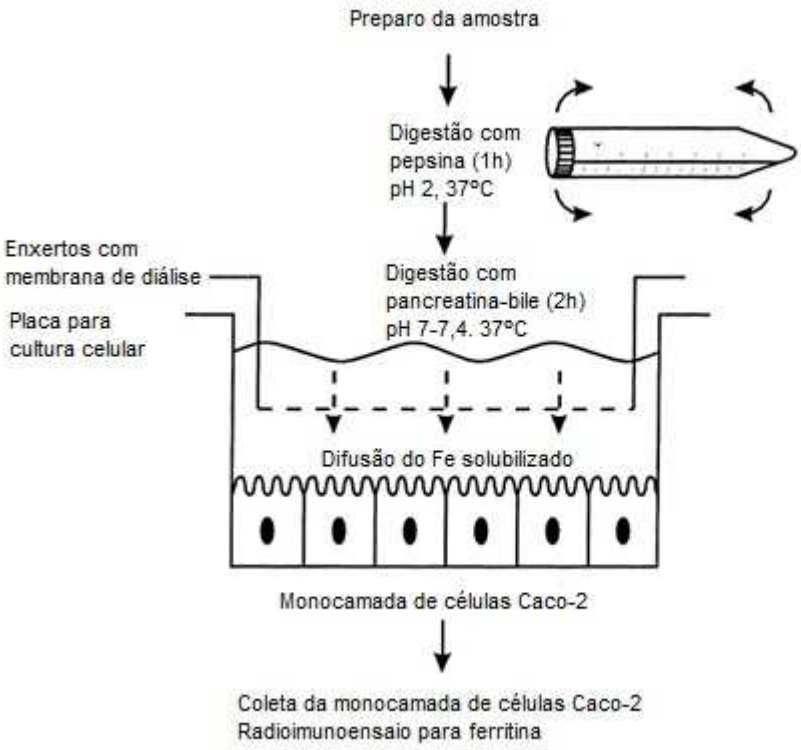


Figura 2 - Sistema de células Caco-2 para determinação da biodisponibilidade de ferro. Adaptado de Glahn et al. (1998)

Nas duas últimas décadas, inúmeros estudos utilizando o sistema de células Caco-2 têm sido realizados para determinar a biodisponibilidade de ferro. Frontela, Ros e Martínez (2009) utilizaram as células Caco-2 em estudo para avaliar o efeito da diminuição do ácido fítico em quatro fórmulas infantis à base de cereais, mostrando que esse processo é capaz de aumentar a biodisponibilidade de ferro e

cálcio. Wei et al. (2013) avaliaram a efetividade da germinação sobre a bidisponibilidade de ferro no arroz integral, mostrando que esse processo aumenta a quantidade de ferro solúvel, porém não melhora a absorção do elemento. Tako et al. (2013) utilizaram células Caco-2 como um instrumento orientador para a criação e desenvolvimento de duas variedades de milho com maior biodisponibilidade de ferro.

A desvantagem do uso das células Caco-2 para a determinação da biodisponibilidade de ferro é que os resultados obtidos são muito variáveis, portanto difíceis de comparar, já que fatores como idade e passagem da célula podem afetar a produção de ferritina e, consequentemente, o resultado final.

2.6. Fatores que influenciam a biodisponibilidade de nutrientes

Há diversos fatores que interferem positivamente (favorecedores) ou negativamente (inibidores), na absorção dos nutrientes, afetando sua biodisponibilidade.

Os fatores dietéticos que aumentam a biodisponibilidade dos elementos traços, de uma maneira geral, são espécies de moléculas que formam compostos solúveis com os minerais; o complexo mineral-agente estimulador pode ser absorvido intacto, pode abrir caminho para lançar o elemento mineral na forma solúvel ou pode transferir o mineral para o receptor da mucosa (CLYSDESDALE et al., 1991).

Os fatores dietéticos que inibem a biodisponibilidade dos elementos traços podem formar compostos insolúveis com esses elementos, diminuindo sua absorção por não transferir o elemento mineral para os receptores da mucosa intestinal (CLYSDESDALE et al., 1991).

Em estudo sobre biodisponibilidade de ferro de dietas mistas em humanos utilizando radioisótopos, verificou-se que os fatores relacionados com a dieta explicam uma variação na absorção da ordem de 16%, tendo maior influência as carnes em geral, o ácido fítico e a vitamina C (REDDY; HURRELL; COOK, 2000).

2.6.1. Ácido fítico

O ácido fítico é um composto antinutricional naturalmente presente nas leguminosas, como feijão, ervilha, lentilha, em algumas nozes e também nos cereais, como o trigo e o arroz. Esse composto, quimicamente denominado ácido hexafosfórico mio-inositol, possui seis prótons fortemente dissociados com pK's menores do que 3,5 e seis prótons fracamente dissociáveis com pK's entre 4,6 e 10, sugerindo forte potencial quelante da estrutura (SILVA; SILVA, 1999), podendo complexar minerais e torná-los indisponíveis biologicamente para o organismo.

A capacidade do ácido fítico de associar-se a cátions ou proteínas deve-se à carga negativa da sua molécula. Em pH levemente ácido ou neutro, os seis grupamentos fosfato da molécula de ácido fítico expõem suas 12 cargas negativas, favorecendo a complexação da molécula com cátions bivalentes (OLIVEIRA et al., 2003). Algumas pesquisas constataram que uma elevada concentração desse composto pode afetar a biodisponibilidade dos minerais, como zinco, cálcio, ferro e magnésio (HELBIG et al., 2008).

Por outro lado, mesmo perante os efeitos nutricionais negativos ao homem, alguns estudos têm demonstrado o efeito benéfico do ácido fítico como agente antioxidante, coadjuvante no tratamento de diabetes (OLIVEIRA et al., 2003) e na prevenção de cânceres (KUMAR et al., 2010).

Além disso, outros estudos comprovaram que alguns métodos, como cozimento, fermentação, germinação e maceração, são capazes de reduzir significativamente o conteúdo de ácido fítico, através da ativação da enzima fitase – naturalmente presente em cereais e legumes – que degrada o fitato (SANT'ANA et al., 2000). Esses processos com subsequente secagem, debulhamento e moagem dos grãos podem reduzir o fitato de 40% a 100% (SHARMA; KAPOOR, 1994; MARERO et al., 1990).

Helbig et al. (2003) relataram que, durante o cozimento, as ligações hexafostato de inositol do ácido fítico transformam-se em penta, tetra ou trifostato, perdendo a sua capacidade inibitória. Cook et al. (1997) observaram forte correlação inversa entre absorção de ferro e conteúdo de fitato de diferentes cereais, e que o tipo de cereal tem pouca influência na biodisponibilidade de ferro de cereais infantis. Verificaram, ainda, que modificações nos métodos de moagem

e processamento dos grãos de cereais, de modo a reduzir seu teor de fitato, parecem melhorar significativamente a biodisponibilidade de ferro.

A relação molar fitato/Zn é sugerida como um indicador da biodisponibilidade de Zn. Uma relação maior que 12 poderia resultar na diminuição da biodisponibilidade de Zn em dietas, com redução na velocidade de crescimento e na concentração tecidual de Zn em ratos (COZZOLINO, 2009).

2.6.2. Ácido oxálico

O ácido oxálico é o inibidor mais potente da absorção do cálcio. A absorção de Ca do espinafre, alimento rico em oxalato, é de apenas 5%, comparada com 27% do leite em doses similares. Em relação a outros minerais, o oxalato tem sido reportado por diminuir a absorção de zinco e magnésio da dieta. Entretanto, poucos estudos têm sido realizados para avaliar efeito do ácido oxálico na biodisponibilidade de ferro (COZZOLINO, 2009).

2.6.3. Compostos fenólicos

Compostos fenólicos, polifenóis e fosfatos são potentes inibidores da absorção do ferro. Eles estão presentes em bebidas, como chá, café, achocolatados e vinho, e em alimentos de origem vegetal, como espinafre, grãos, ervas e especiarias (orégano, canela).

Os polifenóis podem reagir com íons metálicos, como o ferro, através de seus grupos carboxílicos e hidroxílicos, formando complexos insolúveis e estáveis no lúmen intestinal, reduzindo, assim, a absorção do ferro não-heme. Fosfatos ligados a proteínas, encontrados em laticínios e ovos, também formam complexos insolúveis com o ferro (ACCIOLY; LACERDA; ENGSTROM, 2009).

Os taninos presentes no chá e café são inquestionáveis inibidores da absorção de ferro não-heme, formando complexo insolúvel no lúmen intestinal, reduzindo assim a sua biodisponibilidade (SAMMAN; SANDSTRÖM; TOFT, 2001). Uma xícara de café reduz a absorção do ferro em 39%, quando comparada a uma xícara de chá cuja redução da absorção varia em torno de 64%, se consumidos com alimentos que contenham ferro não-heme (MACHADO, 2005).

2.6.4. Interação entre minerais

As interações entre minerais podem ocorrer de forma direta ou indireta. As interações diretas são, geralmente, fenômenos competitivos que ocorrem durante a absorção intestinal, enquanto as indiretas ocorrem quando um mineral está envolvido no metabolismo do outro, de modo que a deficiência de um acarreta prejuízo de função do outro (LOBO; TRAMONTE, 2004).

A ingestão de quantidades elevadas de cálcio pode inibir a absorção do ferro contido em uma mesma refeição, o que contra-indica o consumo de suplementos de cálcio junto às grandes refeições (almoço e jantar) (ACCIOLY; LACERDA; ENGSTROM, 2009). A absorção de ferro diminuiu em cerca de 50% a 60% em um desjejum para mulheres na menopausa quando 500 mg de cálcio foram adicionados à refeição (DAVIDSSON et al., 1997).

A interação zinco-ferro pode ocorrer tanto com o aumento do Fe interferindo na biodisponibilidade de Zn quanto com o Zn interferindo na biodisponibilidade do Fe. Elementos quimicamente similares podem competir por um mesmo sítio de absorção na mucosa intestinal. Estudos com ratos demonstraram que o aumento da concentração de Fe na dieta (quatro vezes o teor encontrado) interferiu negativamente no aproveitamento de Zn. Tem-se observado que há menos interação entre ferro e zinco em humanos do que em ratos. Quando sais de zinco e ferro são oferecidos ao mesmo tempo para humanos em jejum, uma alta razão Zn:Fe é necessária para que haja redução na absorção de Zn (COZZOLINO, 2009).

2.6.5. Ácidos orgânicos

Ácidos cítrico, málico, tartárico, lático e ascórbico são estimuladores da absorção, sendo que o ascórbico é considerado o mais importante fator potencializador da absorção do ferro não-heme (ACCIOLY; LACERDA; ENGSTROM, 2009).

O ácido ascórbico, em ambas as formas, natural ou adicionado durante o processamento na forma cristalina, quando ingerido juntamente com o ferro,

potencializa sua absorção, mantendo-o na forma de quelato solúvel no intestino delgado (MARTINI, 2002). Seu mecanismo de ação dá-se da seguinte maneira:

- redução do pH intestinal, com consequente redução do estado férrico para ferroso, forma mais solúvel;
- formação do complexo ferro-ascorbato, por meio da ligação do ferro com os grupos hidroxílicos nas posições 2 e 3 da molécula do ácido ascórbico;
- inibição dos efeitos negativos dos polifenóis e dos fitatos em concentrações iguais ou superiores a 50 µg de ácido ascórbico.

Estudos com diferentes refeições mostraram um aumento exponencial dose-dependente da absorção do ferro não-heme pelo aumento de doses de ácido ascórbico (ZIPJ; TIJBURG, 2000). A presença de vitamina C, contida em diversas frutas e hortaliças, pode aumentar três vezes ou mais a absorção do ferro não-heme (ACCIOLY; LACERDA; ENGSTROM, 2009).

2.6.6. Tecido muscular

As carnes, frango e peixe aumentam o aporte nutricional de ferro através de duas maneiras: estimulando a absorção do ferro não-heme presente nos alimentos e alimentando o organismo do ferro na forma heme que é melhor absorvido (ZIPJ; TIJBURG., 2000). Além disso, seu efeito potencializador parece estar relacionado com a presença do aminoácido cisteína livre ou de oligopeptídeos ricos em cisteína, liberados durante a digestão proteica desse tecido, os quais podem formar quelatos solúveis com o ferro não-heme, facilitando sua absorção.

2.6.7. Vitamina A

A deficiência de vitamina A pode afetar o transporte de ferro e a produção de células vermelhas diretamente (HENRIQUES; COZZOLINO, 2009).

Testes de solubilidade demonstraram que a vitamina A e o beta-caroteno são capazes de solubilizar o ferro não-heme em valores de pH 6, sendo o efeito do beta-caroteno mais eficientemente observado (GARCÍA-CASAL; LAYRISSE; SOLANO, 1998). Além disso, a deficiência dessa vitamina parece ter importante efeito sobre o transporte do ferro, prejudicando a mobilização das reservas. (ACCIOLY; LACERDA; ENGSTROM, 2009). Há evidências de atuação da vitamina

na prevenção dos efeitos inibitórios de fitatos e polifenóis por meio da formação de complexo Fe/vitamina A (LAYRISSE; GARCÍA-CASAL; SOLANO, 1997).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Amostragem

A amostragem foi realizada entre novembro de 2010 e janeiro de 2012. Foram coletadas amostras de resíduos agroindustriais em treze locais: Amazônia Indústria de Polpas (Manaus/AM), Citrosuco (Matão/SP), Cooperativa Santana (Piracicaba/SP), Cupuama (Carreiro/AM), Já-já (Iperó/SP), Néctar Frutos da Amazônia (Manaus/AM), Nutri e Vegetais (Estiva Gérbi/SP), Predilecta (Matão/SP), produtor rural (Maués/AM), Restaurante Universitário (Piracicaba/SP) e Ricaeli (Cabreúva/SP), totalizando 52 amostras, entre bagaço, casca e sementes de frutas e talos e cascas de vegetais, como pode ser obervado na Tabela 1. A Figura 3 mostra a indústria Predilecta, situada em Matão/SP, onde as amostras de resíduos de tomate e goiaba foram coletadas. Aproximadamente 4 kg de cada resíduo foram coletados, congelados e transportados até o Laboratório de Radioisótopos (LRi) no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP).

Figura 3 - Coleta de resíduos de goiaba e tomate na indústria Predilecta

Tabela 1 - Amostras coletadas e locais da coleta

Nome da empresa	Local	Produtos	Resíduos coletados	
Amazônia Indústria de Polpas	Manaus – AM	• Polpa de frutas	• Semente de jenipapo	
Citrosuco	Matão – SP	• Suco de laranja concentrado	• Bagaço de laranja	
Cooperativa Santana	Piracicaba – SP	• Vinhos • Suco de uva	• Bagaço de uva	
Cooperativa Tanquinho	Piracicaba – SP	• Derivados de milho	• Bagaço de milho	• Sabugo de milho
Cupuama	Careiro – AM	• Polpa de frutas	• Casca da semente do cupuaçu	
Dimas Ometto Beneficiadora de Arroz	Piracicaba – SP	• Arroz beneficiado	• Farelo de arroz	
Já-já	Iperó – SP	• Frutas liofilizadas	• Casca de abacaxi • Casca de banana	• Casca de jaca • Casca de manga
Néctar Frutos da Amazônia	Manaus – AM	• Polpas de frutas	• Casca de pupunha • Fibra de açaí	• Semente de pupunha
Nutri e Vegetais	Estiva Gérbi – SP	• Refeições coletivas • Vegetais minimamente processados	• Casca de abóbora • Casca de batata • Casca de beterraba • Casca de cebola • Casca de cenoura	• Casca de chuchu • Casca de mandioca • Talo de alface • Talo de couve • Talo de repolho
Predilecta	Matão – SP	• Derivados de tomate • Doces de goiaba	• Bagaço de tomate • Casca de goiaba	• Semente de goiaba
Produtor rural	Maués – AM	• Guaraná beneficiado	• Casca de guaraná	
Ricaeli	Cabreúva – SP	• Polpas de frutas • Preparado para sorvetes	• Casca de acerola • Bagaço de amora • Bagaço de camu -camu • Bagaço de coco – peneira 0,5 mm • Bagaço de coco – peneira 1,0 mm • Bagaço de cupuaçu	• Bagaço de framboesa • Bagaço de graviola • Bagaço de goiaba • Bagaço de maracujá • Semente de acerola • Semente de cupuaçu
Restaurante Universitário	Piracicaba – SP	• Refeições coletivas	• Casca de inhame • Casca de mamão • Casca de melancia • Casca de melão • Casca de pepino • Semente de mamão	• Semente de melão • Semente de pimentão vermelho • Talo de brócolis • Talo de couve-flor • Talo de escarola • Talo de repolho roxo

3.2. Preparo das amostras

No LRi – CENA/USP, porções de 2 kg de cada amostra foram liofilizadas no liofilizador Savant ModulyoD (Figura 4), para a retirada completa da água, e processadas no moinho de facas Retsch modelo GM200, para diminuição do tamanho de partículas (Figura 5). Na moagem, foi utilizada faca de titânio, para evitar possíveis contaminações com ferro, encontrado no aço inoxidável.

Figura 4 - Liofilizador Savant ModulyoD

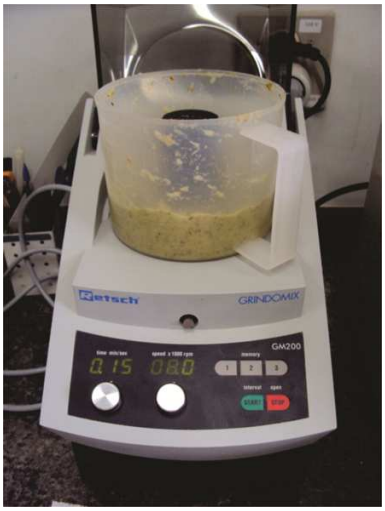


Figura 5 - Moinho de facas Retsch modelo GM200

Cada amostra apresentou uma particularidade (quantidade de fibras, dureza, quantidade de óleo), influenciando diferentemente no preparo. Em alguns casos, a moagem foi mais fácil e, em outros, o óleo contido (principalmente nas sementes) dificultou esse processo. Na Figura 6, podem-se observar algumas amostras liofilizadas, exemplificando a variedade das matrizes estudadas.

Figura 6 - Semente de acerola, bagaço de coco e casca de manga liofilizados

3.3. Análise por ativação neutrônica

3.3.1. Fundamentos

A análise por ativação neutrônica (NAA) é uma técnica de determinação química baseada em reações físicas. Os processos físicos envolvidos são iniciados com produção de radionuclídeos por meio de reações nucleares, geradas a partir da irradiação das amostras com nêutrons. Simplificadamente, a sequência mais comum é mostrada na Figura 7, em que, ao ocorrer uma interação entre o nêutron incidente e o núcleo alvo, forma-se um núcleo composto bastante instável, que dura apenas frações de segundo. Esse segundo núcleo transforma-se quase imediatamente em um núcleo radioativo, liberando energia na forma de raios gama pronto, processo que é finalizado ainda durante a irradiação e que caracteriza uma reação nuclear. Por meio de decaimento radioativo, conforme a meia-vida característica, o radionuclídeo formado emite partículas beta e raios gama e se transforma em um núcleo produto, normalmente estável. Na NAA, a radiação gama emitida no decaimento radioativo é detectada, permitindo a quantificação dos elementos químicos presentes na amostra (ALFASSI, 1994; EHMANN, VANCE, 1991).

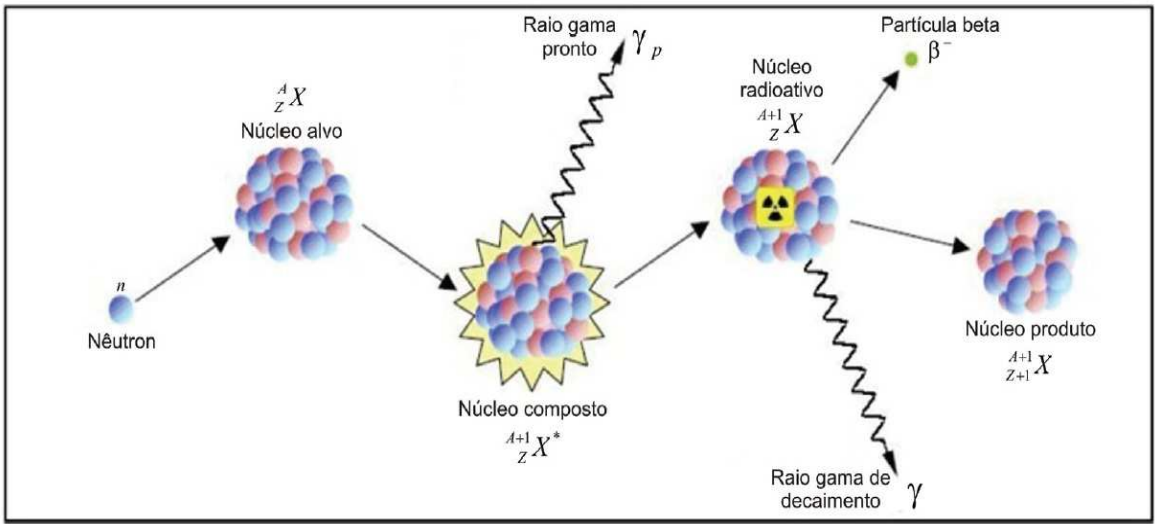


Figura 7 – Processos físicos envolvidos na NAA. Extraído de Semmler (2007)

Com características de elevado rigor metrológico, a NAA foi inicialmente proposta como método de razão primário por Bode, Fernandes e Greenberg (2000). Na 13ª Reunião Anual do Consultative Committee for Amount of Substance:

Metrology in Chemistry (CCQM), foi oficialmente reconhecida como método primário de medição (BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MEASURES, 2007). Em seguida, foi discutida pormenorizadamente por Bode, Greenberg e Fernandes (2009). Recentemente, os mesmos autores publicaram extensiva obra sobre a fundamentação conceitual, aspectos metrológicos e aplicação que demonstram o caráter de método primário de medição (GREENBERG; BODE; FERNANDES, 2011). Um procedimento, ou método, primário de medição mede o valor de um mensurando sem referência a um padrão de uma grandeza do mesmo tipo (BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MEASURES, 2008). A execução desse procedimento deve ser completamente descrita e entendida, sendo que a incerteza analítica deve ser expressa em termos do Sistema Internacional de Unidades (SI).

Dentre as modalidades de NAA, a mais empregada é a análise por ativação neutrônica instrumental – INAA, por não envolver qualquer tipo de manipulação química da amostra. O preparo das amostras para análise normalmente é restrito à obtenção de um material seco, fino e homogêneo. Prescinde de etapas como dissoluções e separações químicas, garantindo resultados de melhor qualidade. Com isso, reduz-se a probabilidade de contaminação com elementos metálicos e de fracionamentos ou recuperações parciais do analito (TAGLIAFERRO, 2003). O método possibilita a determinação simultânea de vários elementos químicos em uma única análise com elevada precisão (BACCHI; FERNANDES; OLIVEIRA, 2000; BODE, FERNANDES, GREENBERG, 2000). Entretanto, a quantidade de elementos determinados varia conforme a matriz da amostra, e condições de preparo, irradiação e detecção (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1990).

A INAA utiliza a espectrometria gama de alta resolução, em que detectores semicondutores de germânio hiperpuro do tipo coaxial ou do tipo poço, adequado para amostras de baixa atividade, são empregados para a medição da radiação gama induzida pela irradiação das amostras. Na ativação, são obtidos os mais variados radionuclídeos, com diferentes meias-vidas, necessitando-se de mais de uma medição em uma mesma amostra para otimizar os resultados e eliminar interferentes. Os resultados são armazenados na forma de espectros de radiação gama, obtidos em diferentes tempos de decaimento.

Para a quantificação das concentrações, podem ser utilizados os métodos comparativos, em que são empregados padrões de alta pureza para todos os elementos a serem determinados, ou paramétricos, nos quais está envolvida a equação de ativação. Nos métodos paramétricos, há necessidade de padrão para apenas um elemento, sendo as concentrações de todos os elementos de interesse obtidas a partir da determinação do fluxo de nêutrons incidente e da calibração de eficiência do detector, além do conhecimento dos parâmetros nucleares envolvidos. O método de padronização k_0 é o mais conhecido e utilizado, envolvendo uma trabalhosa série de cálculos, que podem, no entanto, ser facilmente realizados com o auxílio de programas computacionais, como o pacote Quantu, especialmente desenvolvido no CENA/ USP para esta finalidade (BACCHI; FERNANDES, 2003). O método de padronização k_0 vem sendo empregado pela vantagem de eliminar os problemas envolvidos durante o preparo, manutenção e análise de padrões para diversos elementos. Dessa forma, diminui o custo da análise e agiliza os procedimentos laboratoriais (DE CORTE, 2001).

3.3.2. Irradiação com nêutrons

Para a realização das análises, porções analíticas de 250 mg das amostras foram transferidas para cápsulas de polietileno de alta densidade e pureza, específicas para irradiação com nêutrons, fabricadas pela empresa Posthumus Plastics, localizada em Beverwijk, Holanda. Foram utilizadas cápsulas com 9 mm de altura e 6 mm de diâmetro para o acondicionamento das amostras, que foram divididas em seis séries, identificadas como QD, QF, QI, QM, QW e QX.

Para avaliar a qualidade do procedimento analítico, irradiaram-se porções dos materiais de referência certificados V-10 Hay Powder, produzido pela International Atomic Energy Agency (IAEA), Áustria, e MPH-2 Mixed Polish Herbs, produzido pelo Institute of Nuclear Chemistry and Technology (INCT), Polônia. A escolha dos materiais de referência foi baseada na composição da matriz e nos elementos certificados, de modo a garantir a avaliação da qualidade da determinação do maior número possível de elementos químicos de interesse.

Como monitores de fluxo de nêutrons térmicos durante a irradiação, foram empregados fragmentos com massa aproximada de 10 mg de uma liga de Ni-Cr , contendo concentrações certificadas desses elementos, intercalados entre as

cápsulas de polietileno (FRANÇA; FERNANDES; BACCHI, 2003). Cápsulas vazias (branco analítico) também foram irradiadas de modo a detectar possíveis interferências pela presença de elementos químicos de interesse analítico na sua composição. Elementos como Br, Cr, Na e Zn são encontrados nas cápsulas em concentrações variáveis de 0,2 a 2,5 mg kg^{-1} (FRANÇA, 2006), sendo necessária a correção das concentrações desses elementos nas amostras.

Durante o encapsulamento, porções de 500 mg das amostras e de materiais de referência certificados foram retiradas para a determinação da umidade, permitindo expressar os resultados em massa seca. Essas amostras foram secas em estufa à 60℃ durante um período aproximado de 2 4 h até peso constante.

Amostras, materiais de referência certificados, brancos analíticos e monitores de fluxo foram irradiados com fluxo de nêutrons térmicos de 10^{13} cm^{-2} s^{-1} por período de 8 h no reator nuclear de pesquisa IEA-R1 do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, da Comissão Nacional de Energia Nuclear (IPEN/CNEN), em São Paulo-SP.

3.3.3. Medição da radiação por espectrometria gama de alta resolução

Após a irradiação, as amostras retornaram ao LRi – CENA/USP, onde foi realizada a medição da radioatividade induzida por espectrometria gama de alta resolução, em diversas ocasiões (Tabela 2). Foram empregados detectores de germânio hiperpuro fabricados pela ORTEC, modelos GEM45190, GEM50P4-83 e GMX50220 (eficiências relativas de 45%, 50%, e 50% no fotopico de 1332 keV do ^{60}Co, respectivamente). Para os monitores de fluxo, as medições ocorreram em duas ocasiões, ou seja, aproximadamente 15 e 20 dias após a irradiação.

Após a deconvolução dos espectros de radiação gama, as concentrações dos elementos químicos nas amostras e materiais de referência foram obtidas pelo método k_0 de padronização. Para a quantificação de elementos químicos, assim como as respectivas incertezas combinadas, seguiu-se o procedimento inicialmente descrito por Bacchi, Fernandes e Oliveira (2000) a partir do pacote computacional Quantu (BACCHI; FERNANDES, 2003). O protocolo para a estimativa das incertezas analíticas envolveu a combinação das incertezas individuais de cada etapa do procedimento analítico, ou seja, pesagem, fluxo de

nêutrons, estatística de contagem, correção de auto-atenuação de radiação gama e padronização por constantes. Os resultados de amostras e materiais de referência foram corrigidos a partir dos valores de umidade obtidos para emissão de relatório de análise com valores em base seca.

Tabela 2 - Detecção da radioatividade induzida nas amostras e materiais de referência certificados após irradiação com nêutrons

Lote	Detecção	Detector	Distância (centímetros)	Tempo de detecção (segundos)	Tempo de Decaimento (dias)
QD	1	GEM 50P4-83	7,77	900	3
	2	GEM 45190	2,42	1800	6
	3	GEM 45190	0,87	3600	14
	4	GEM 50P4-83	0,54	7200	27
QF	1	GEM 50P4-83	19,2	900	4
	2	GEM 45190	1,89	1800	7
	3	GEM 45190	0,85	3600	14
	4	GEM 50P4-83	0,73	7200	29
QI	1	GEM 50P4-83	12,2	900	3
	2	GEM 45190	1,30	1800	7
	3	GEM 50P4-83	0,67	3600	15
	4	GEM 45190	0,54	7200	37
QM	1	GEM 45190	16,3	900	4
	2	GEM 50P4-83	0,97	1800	7
	3	GEM 45190	0,93	3600	17
	4	GEM 50P4-83	0,83	7200	37
QW	1	GMX 50220	14,7	900	3
	2	GEM 45190	2,20	1800	7
	3	GEM 50220	0,82	3600	15
	4	GEM 45190	0,54	7200	37
QX	1	GEM 45190	10,3	900	4
	2	GEM 50220	1,18	1800	7
	3	GEM 45190	0,32	3600	17
	4	GEM 50P4-83	0,77	7200	37

3.4. Composição centesimal

A composição centesimal foi determinada de acordo com a metodologia indicada pela Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2006).

3.4.1. Determinação de umidade

O método é baseado na evaporação da água presente na amostra, pela ação do calor. Para obter-se a quantidade de água presente, foi pesado 1 g de amostra em um cadinho previamente seco e tarado. Este cadinho foi colocado em estufa por aproximadamente 14 h, a 105°C, até peso constante. Em seguida, foi pesado o cadinho com a amostra seca e o resultado de umidade foi obtido por diferença.

3.4.2. Determinação de cinzas

Para obter-se a fração de cinzas, a amostra é calcinada em forno do tipo mufla, para eliminar a matéria orgânica. Foi pesado 1 g de amostra em um cadinho previamente seco e tarado. Este cadinho foi colocado em mufla, onde a temperatura foi aumentada gradativamente até 550 ^{o}C e mantida por 4 h. Em seguida, foi pesado o cadinho com as cinzas e o resultado de cinzas foi obtido por diferença.

3.4.3. Determinação de proteína

Para a determinação da quantidade de proteínas contida na amostra foi utilizada metodologia de Kjeldahl, com modificações posteriores, sendo caracterizado como micro-Kjeldahl em função da quantidade de amostra que é empregada nas determinações.

A determinação do nitrogênio total, proposta por Kjedahl em 1883, fundamenta-se na decomposição da matéria orgânica dos alimentos pelo ácido sulfúrico, em presença de catalisador, a aproximadamente 350℃. O nitrogênio

presente na solução ácida resultante é determinado por destilação por arraste a vapor, seguida de titulação com ácido diluído.

Foi utilizado 0,1 g de amostra, que foi digerida com ácido sulfúrico e mistura catalisadora contendo selenito de sódio, sulfato de cobre e sulfato de sódio, em bloco digestor por quatro horas. Durante a digestão, todo o carbono e o hidrogênio contidos na amostra foram oxidados a gás carbônico e água e o nitrogênio da proteína foi reduzido e transformado em sulfato de amônio. Após a etapa da digestão, foi realizada a destilação, em meio básico, através da adição de NaOH 11 N, para a liberação da amônia, que foi recolhida em solução de ácido bórico, formando borato de amônio. Este borato formado foi quantificado por titulação com ácido sulfúrico.

Para a quantificação de proteína bruta, multiplica-se o valor do nitrogênio total encontrado com o método Kjedahl por um fator que converte o nitrogênio em proteína. Esse fator é específico, pois depende da porcentagem de nitrogênio encontrada na composição de cada proteína. Convencionalmente, em amostras de alimentos, a proteína bruta é expressa pelo fator 6,25, considerando que a maioria das proteínas contém nas suas moléculas aproximadamente 16% de nitrogênio.

3.4.4. Determinação de lipídeos

O éter etílico, entre outros solventes, tem como propriedade a grande capacidade de solubilizar gorduras e outras substâncias, tais como fosfatídeos, esteróis e clorofila. Explorando essa propriedade, é feita a extração desses compostos presentes na amostra, sendo o teor de extrato etéreo determinado pela diferença de massas.

A quantidade de lipídeos foi determinada utilizando o extrator de Soxhlet. Para a extração, foi utilizado 1 g de amostra, colocada em papel filtro e deixada em refluxo contínuo por 4 h, utilizando éter etílico como solvente, à temperatura de 45 – 50℃. Após recuperação do éter, os tubos foram re tirados e colocados em estufa por 12 h a 100ºC, deixando-os esfriar em dessecador e pesados, obtendo-se a quantidade de lipídeos por diferença do peso do tubo, pesado previamente.

3.4.5. Determinação de fibras

Para a determinação da quantidade de fibras nos alimentos, foi utilizado o método enzímico-gravimétrico. Foi utilizado 1 g de amostra desengordurada, pois uma quantidade alta de lipídeos interfere na ação das enzimas alfa-amilase, pepsina e pancreatina. A gordura foi retirada através do extrator de Soxhtet, sendo a amostra colocada em papel filtro e deixada em refluxo contínuo por 4 h, utilizando éter etílico como solvente, à temperatura de 45 – 50℃.

A digestão das amostras consistiu em, primeiramente, adição da enzima alfa-amilase e banho em água fervente, com agitação casual, durante 15 min, para hidrolisar as ligações de amido. Após ajuste do pH, foram adicionadas as enzimas pepsina e pancreatina, e as amostras permaneceram em banho-maria a 40℃ durante duas horas, para que as ligações de proteínas fossem quebradas.

Para a determinação da quantidade de fibra insolúvel, as amostras digeridas foram filtradas em cadinhos de placa porosa, com auxílio de uma bomba de vácuo e adição de 20 ml de água, 20 ml de álcool diluído a 95 % e 20 ml de acetona. A quantidade de fibra retida no cadinho foi pesada e corresponde à quantidade de fibra insolúvel.

O líquido que passou pelo cadinho foi recolhido, identificado, adicionado de álcool diluído a 95 % e deixado em descanso por 6 h. Após este intervalo, foi também filtrado nas mesmas condições, com auxílio de 20 ml de álcool diluído a 78 %, 20 ml de álcool diluído a 95 % e 20 ml de acetona. A quantidade de fibra retida no cadinho foi pesada e corresponde à quantidade de fibra solúvel.

Para ter um resultado mais próximo ao real, o método enzímico-gravimétrico precisa, ainda, que seja feita uma correção da quantidade de cinzas e proteínas que possam não ter sido quebradas na digestão e estejam sendo contabilizadas como parte das fibras. Para isso, após a filtração, o material restante nos cadinhos deve passar pelos procedimentos de determinação de cinzas e proteínas, e o resultado obtido é, então, descontado do valor das fibras.

3.4.6. Cálculo de carboidratos

A quantidade de carboidratos nas amostras foi calculada por diferença, através da equação 1:

%carboidratos = 100 – (%umidade + % cinzas + % proteínas + %lipídeos + % fibra total) (1)

Esse cálculo é baseado no princípio de que o alimento é composto por água, minerais, proteínas, gordura, fibras e carboidratos e, somando todos estes componentes, o valor deve ser igual a 100 %.

3.4.7. Cálculo do valor calórico

Para calcular o valor calórico foi utilizado o princípio de que cada grama de proteína ou carboidrato contém 4 kcal e cada grama de gordura contém 9 kcal. Já água, minerais e fibras não contêm calorias. Portanto, foi utilizada a equação 2:

Quantidade kcal/ 100g = (4x %proteína) + (4x % carboidrato) + (9x % gordura) (2)

3.5. Determinação de ácido fítico

A quantidade de ácido fítico nas amostras foi determinada segundo o método descrito por Grynspan e Cheryan (1989).

As amostras foram digeridas em 10 ml de solução de HCl 0,65 N com agitação casual e, posteriormente, centrifugadas a 3000 rpm por 10 min. Na sequência, foram pipetados 2 ml do sobrenadante, que foi diluído em água destilada em balão volumétrico de 25 ml. Foram pipetados 10 ml da solução do balão em coluna preparada com resina aniônica, fazendo com que a solução eluísse através da resina a uma velocidade de 1 gota por segundo, descartando posteriormente o eluído.

Em seguida, foram pipetados 15 ml de solução de NaCl 0,1 M na coluna, sendo o eluído descartado também. Foram pipetados 15 ml de solução de NaCl 0,7 M e recolhido o eluído em béquer. Desse béquer, foram pipetados 5 ml em

tubos de ensaio adicionados de 1 ml de reagente de Wade ($FeCl_3$.6H2O e ácido sulfoalicílico) com agitação vigorosa.

Após 15 min, foi realizada a leitura da absorbância a 500 nm em espectrofotômetro Femto modelo 700 Plus, obtendo-se, assim, a concentração de ácido fítico a partir da construção de curva padrão, sendo os resultados expressos em mg de ácido fítico/g de amostra.

3.6. Determinação de taninos

Foi utilizada a metodologia descrita por Price, Hagerman e Butler (1980), através da extração com metal e reação colorimétrica com solução de vanilina a 1% em metanol, 8% de HCl em metanol, na proporção de 1:1 de metanol, deixados a 30 ℃ por 20 min e posterior leitura em espectrof otômetro Femto, a 500 nm. A concentração de taninos foi obtida a partir de uma curva padrão de catequina, com resultados expressos em mg/g de catequina.

3.7. Determinação da disponibilidade de minerais *in vitro*

O preparo das amostras para a determinação da diálise de ferro foi realizado segundo método proposto por Whittaker, Fox e Forbes (1989), em três etapas.

A primeira etapa consistiu na digestão da amostra. Foram homogeneizados 20 g da amostra em 50 ml de água deionizada. A seguir, foram adicionados HCl 6 N até pH 2 e HCl 0,01 N até completar o volume de 100 ml. Depois, foi realizada a digestão, com a adição de 3,2 ml de solução HCL–pepsina e incubação a 37ºC em banho-maria, com agitação por 2 h.

Na segunda etapa, foram colocados 20 g do digerido em erlenmeyer de 125 ml, adicionados 5 ml de solução pancreatina-bile e titulação com KOH 0,5 N até pH 7,5. Em seguida, foi realizada a diluição do mesmo volume de $NaHCO_3$ 0,5 N em 25 ml de água destilada.

Na última etapa, foi realizada a diálise da amostra. Foram colocados 20 g do digerido em saco de diálise, acrescentando-se 3 vezes o volume de $NaHCO_3$ 0,5 N diluído em 25 ml de água destilada, onde os sacos ficaram submersos, cobertos e colocados em banho-maria com agitação por 30 min a 37℃. Na sequência, foram

adicionados 5 ml de suspensão de bile pancreatina em cada frasco e incubado por 2 h. Finalmente, o conteúdo da diálise foi transferido para um becker e o volume foi completado até 25 ml.

A leitura do digerido foi feita por ICP-OES no Laboratório de Nutrição Animal, da Embrapa Agropecuária Sudeste, em São Carlos-SP.

3.8. Determinação da biodisponibilidade pelo sistema de células Caco-2

A determinação da biodisponibilidade de ferro também foi realizada pelo sistema de células Caco-2 no Bio-Medical Research Centre (BMRC), na University of East Anglia, Norwich e na School of Science, da University of Greenwich, Chatham, ambas na Inglaterra, durante o BEPE (Bolsa Estágio de Pesquisa no Exterior), processo FAPESP 2012/03573-9.

3.8.1. Cultivo das células Caco-2

As células Caco-2 (TC7 subclone, Corning) foram usadas entre as passagens 39-51. Foram cultivadas em uma atmosfera umidificada com 5% de CO_2 e 95% de ar atmosférico a 37℃. Cresceram em meio de cultura “Dulbeccos’s modified Eagle’s médium” (DMEM, GIBCO) suplementado com 10% v/v soro fetal de bovino não ativado, 25 mmol l^{-1} HEPES, 1% de aminoácidos não-essenciais e 1% de penicilina, estreptomicina e L-glutamina. A cultura foi substituída a cada 48 h.

Inicialmente, as células foram cultivadas em frascos estoques de 25 cm^2 com meio DMEM suplementada por 7 dias. Após esse período, foram descoladas com o auxílio de 0,25% de tripsina e submetidas à contagem em hemacitômetro, utilizando-se de corante azul de Trypan na proporção de 1:1 (amostra:corante). As células foram, então, ressuspensas e realizou-se um novo cultivo em placas de seis poços (Corning-Costar), estabelecendo-se a densidade de $1x10^4/cm^2$.

As placas permaneceram em incubadoras, sendo a cultura trocada também a cada 48 h. Foram usadas no experimento de 12 a 14 dias após a semeadura e de 5 a 7 dias após terem atingido a confluência que assegure a diferenciação das células (Figura 8).

No período de 24 h antes do início do experimento, o meio DMEM foi substituído pelo meio “Minimum Essential Medium” (MEM, GIBCO), suplementado com 10 mmol l^{-1} PIPES (*ácido* 1,4-piperazina- dietanosulfônico), 1% de solução antimicrobiana e antibiótica, 4 mg l^{-1} de hidrocortisona, 5 mg l^{-1} de insulina, 5 µg l^{-1} de selenito de sódio, 34 µg l^{-1} de triiodotironina e 20 µg l^{-1} de fator de crescimento epidérmico. Esta formulação foi escolhida por conter menos que 8 µg de Fe/l, portanto não acarreta contaminação no experimento. O MEM ficou em contato com as células por 24 h. Na manhã do experimento, a cultura foi substituída por uma nova MEM.

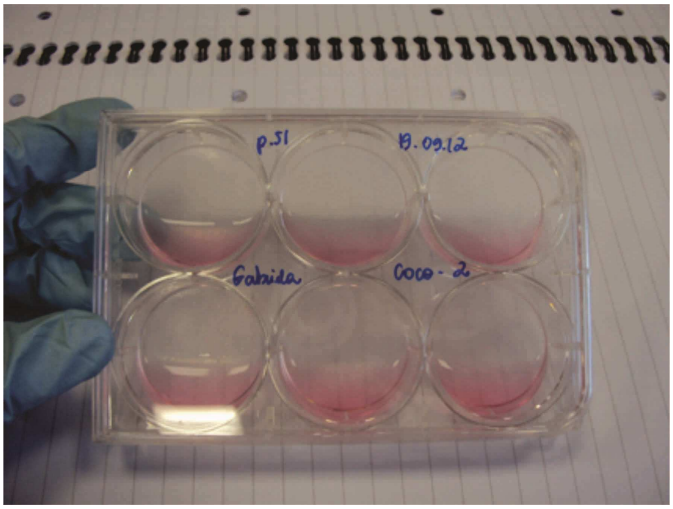


Figura 8 - Placa de seis poços semeada

3.8.2. Experimentos

Foram realizados sete experimentos. As amostras de farelo de arroz, casca de semente do cupuaçu, casca de jaca, casca de pepino, casca de abóbora, casca de inhame e bagaço de goiaba foram analisadas com e sem a adição de ferro.

Amostras de brancos analíticos, controle Fe (adicionado de 25 µg de ferro) e controle AA (adicionado de 25 µg de ferro mais ácido ascórbico) foram analisadas em todos os experimentos para controle analítico.

3.8.3. Preparo dos enxertos

Membranas de diálise 15 kDa foram cortadas com aproximadamente 5 cm de comprimento. Estas membranas foram fixadas em um anel de plástico, com o auxílio de um anel de silicone. Essa estrutura forma os enxertos e serve de suporte para as amostras.

Os enxertos foram mantidos imersos em água, dentro da geladeira durante uma noite (Figura 9). Na manhã do experimento, foram colocados em cima da camada de células na placa de seis poços, ficando prontos para receber as amostras após a digestão.

Figura 9 - Enxertos feitos com membranas de diálise

3.8.4. Preparo das enzimas

As enzimas utilizadas foram: pepsina suína (P-7000 Sigma atividade enzimática 800-2500 unidades/mg proteína), pancreatina (P-1750 Sigma) e extrato de bile (B-8631 Sigma). As soluções de pepsina e de pancreatina-bile foram preparadas conforme descrito a seguir.

Minutos antes do uso, 0,2 g de pepsina foi dissolvido em 5 ml de HCl 0,1 mol l^{-1}. Foram adicionados 2,5 g de Chelex-100 (Bio-Rad Laboratories) e a mistura foi agitada em agitador mecânico por 30 min. A seguir, a solução de pepsina com Chelex foi eluída em uma coluna de filtração de 1,6 cm de diâmetro, para separar o Chelex da solução. Uma porção adicional de 5 ml de HCl 0,1 mol l^{-1}

foi inserida na coluna e o filtrado correspondente foi adicionado na solução de pepsina, cujo volume final foi de 8 ml.

Para a digestão intestinal, 0,05 g de pancreatina e 0,3 g de extrato de bile foram dissolvidos em 25 ml de $NaHCO_3$ 0,1 mol l^{-1}. Foram adicionados 12,5 g de Chelex-100 (Bio-Rad Laboratories) e a mistura foi agitada em agitador por 30 min. A solução com Chelex foi eluída em uma coluna de filtração de 1,6 cm de diâmetro. Uma porção adicional de 10 ml de $NaHCO_3$ 0,1 mol l^{-1} foi inserida na coluna e o filtrado correspondente foi adicionado na solução de pancreatina-bile, cujo volume final foi de 27 ml.

3.8.5. Digestão das amostras

Porção de 1 g de cada amostra foi colocada em tubo Falcon de 50 ml. Foram adicionados 10 ml de solução de NaCl 140 mM e KCl 5 mM. Esse tubo foi agitado em Vortex e o pH ajustado para 2,0, usando HCL 15%. Um volume de 0,5 ml de solução de pepsina foi adicionado na amostra, que foi novamente homogeneizada e incubada com agitação orbital por 1 h a 37℃.

Após a incubação, o pH foi ajustado a 5,5 - 6,0 com $NaHCO_3$ 1 M, para a desativação da pepsina. A seguir, 2,5 ml de solução pancreatina-bile foram adicionados e o pH ajustado para 6,5 com $NaHCO_3$ 1 M. As amostras foram incubadas com agitação orbital por mais 1 h a 37℃.

O pH foi ajustado para 6,9 – 7,0 e o peso da amostra foi ajustado até 15 g, através da adição de solução NaCl 140 mM e KCl 5 mM. Em seguida, 1,5 ml do digerido foi colocado em cima do enxerto que, por sua vez, está posicionado em cima das células, na placa de seis poços. Esse sistema foi incubado por 2 h a 37℃, com agitação lenta, para que o ferro contido fosse solubilizado e passasse através da membrana, chegando até as células Caco-2.

Após a incubação, o enxerto foi removido e foi adicionado 1 ml extra de solução MEM juntamente com as células Caco-2. As células, então, retornaram à incubadora, onde permaneceram por mais 22 h.

3.8.6. Coleta das células

Num período de 24 h após o início da digestão intestinal, a cultura foi removida das placas de seis poços e as células lavadas delicadamente com solução salina tamponada com fosfato (PBS). As células foram, então, tratadas com 200 µl de tampão contendo 0,1% de dodecil sulfato de sódio (SDS) e 0,1% de inibidor de protease. A seguir, foram coletadas com a ajuda de um raspador de células. As amostras foram homogeneizadas e depois centrifugadas a 4℃ a 12.000 rpm por 10 min. O sobrenadante foi extraído, congelado a -80℃ até as determinações de ferritina e proteína serem realizadas.

3.8.7. Determinação de ferritina nas células

A determinação de ferritina foi feita com o Kit Spectro Ferritin MT (Figura 10).

Em uma microplaca de 96 poços, foram pipetados, em duplicata, 10 µl de cada padrão e das amostras separadamente em cada poço. Foram adicionados 200 µl de “Conjugado Anti-Humano Ferritina” e a microplaca foi incubada por 2 h a 180 rpm, em temperatura ambiente.

Após a incubação, a microplaca foi delicadamente lavada com água MilliQ. Foram pipetados 200 µl de “Solução de Substrato” em cada poço e a microplaca foi incubada novamente por 30 min a 180 rpm, em temperatura ambiente.

Após esse período, foram adicionados 100 µl de ferricianeto de potássio em cada poço, para desenvolvimento da cor (Figura 11). A leitura da absorbância foi feita em espectrofotômetro a 492 – 630 nm.

Figura 10 - Kit Spectro Ferritin MT

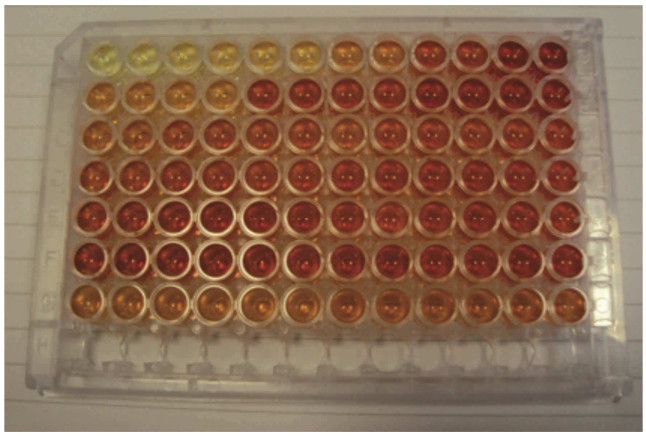


Figura 11 - Microplaca para determinação de ferritina

3.8.8. Determinação de proteína nas células

Para determinar o teor de proteína de cada amostra foi utilizado o kit Bio-Rad Protein assay reagent (Bio-Rad), que envolve a ligação do Coomassie Brilliant Blue com a proteína(Bradford, 1976), conforme microplaca ilustrada na Figura 12. Uma curva padrão de absorbância foi gerada por regressão linear das leituras de absorbância espectrofotométrica para concentrações conhecidas de albumina sérica bovina (BSA) a 0, 10, 20, 50, 75 ug. A absorbância dos padrões e das amostras foi medida em espectrofotômetro a 595 nm. As concentrações proteicas das amostras foram calculadas através da equação da reta.

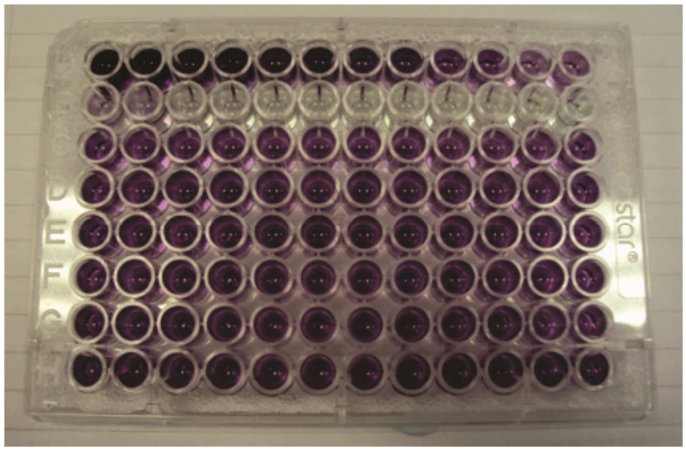


Figura 12 - Microplaca para análise de proteína nas células

3.9. Análise estatística

Para a análise estatística dos dados, foi obtida a média das triplicatas e o respectivo desvio padrão. Para a comparação entre as amostras, foram utilizados gráficos de controle e realizados os testes ANOVA e Tukey (ao nível de 95% de confiança), para algumas variáveis. Além disso, foi feita a correlação entre a concentração dos nutrientes e a biodisponibilidade de minerais.

Para todas as análises, foi utilizado o pacote estatístico *Statistical Analysis System* (SAS, 1996), com exceção dos dados obtidos na análise de disponibilidade de ferro através do sistema de células Caco-2, para o qual foi utilizado o software Iron Data Manager.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise por ativação neutrônica

4.1.1. Qualidade da determinação analítica

A Tabela 3 mostra os resultados da concentração dos elementos químicos determinados nos materiais de referência certificados e suas respectivas incertezas.

Tabela 3 - Concentrações e respectivas incertezas expandidas (mg kg^{-1}) obtidas e certificadas dos elementos químicos para os materiais de referência certificados

	IAEA V-10 Hay Powder					*INCT-MPH-2 Mixed Polish Herbs*					
	Valor obtido			**Valor certificado**		**Valor obtido**			**Valor certificado**		
	Média		**Inc.**	**Média**	**IC 95%**	**Média**		**Inc.**	**Média**		**Inc.**
Br	8,44	±	0,62	8	7,0 - 11,0	8,52	±	0,47	7,71	±	0,61
Ca*	21,12	±	1,2	21,6	21,0 - 22,0	10,74	±	0,65	10,8	±	0,7
Co	0,15	±	0,01	0,13	0,11 – 0,14	0,21	±	0,09	0,21	±	0,03
Cr	7,22		0,75	6,5	5.6 - 7.1	1,89	±	0,41	1,69	±	0,13
Cs	0,020		0,007	0,017**	0,016 - 0,019	0,074	±	0,008	0,076	±	0,07
Fe	186,4	±	11,6	185	177 – 190	519	±	25	460**		
K*	21,9	±	1,6	21**	19 – 23	19,2	±	1,7	19,1	±	1,2
La	0,065		0,010	0,07**	0.06 - 0.09	0,62	±	0,18	0,57	±	0,05
Na	496	±	38	500**	300 – 900	405	±	26	350**		
Rb	7,74	±	0,63	7,6	7,3 – 7,8	11,8	±	0,8	10,7	±	0,7
Sc	0,014	±	0,001	0,014	0, 012 - 0,015	0,13	±	0,01	0,12	±	0,09
Zn	24,0	±	1,6	24	21 – 27	33,3	±	2,1	33,5	±	2,1

* valor em g kg^{-1}

** valor de concentração não certificado

Para avaliação mais robusta da qualidade dos resultados do procedimento analítico, foram calculados os scores (En) conforme a Equação 3:

$$E_n = \frac{x - X}{\sqrt{U_x^2 + U_X^2}} \qquad (3)$$

na qual,

x = valor de concentração do elemento obtido na análise

X = valor de concentração do elemento no material de referência certificado

U_x^2 = incerteza expandida em nível de 95% de confiança da análise

U_X^2 = incerteza expandida em nível de 95% de confiança do material de referência certificado

Os valores do score (En) permitem demonstrar a qualidade analítica das determinações químicas, uma vez que são aplicados para a comparação dos resultados de concentrações obtidos com aqueles constantes nos certificados de

análise dos materiais de referência, levando em consideração as respectivas incertezas. São considerados admissíveis os valores entre –1 e 1.

Na Figura 13, pode-se observar que os resultados obtidos nos materiais de referência certificados corroboram a qualidade do procedimento analítico adotado para a determinação dos elementos químicos.

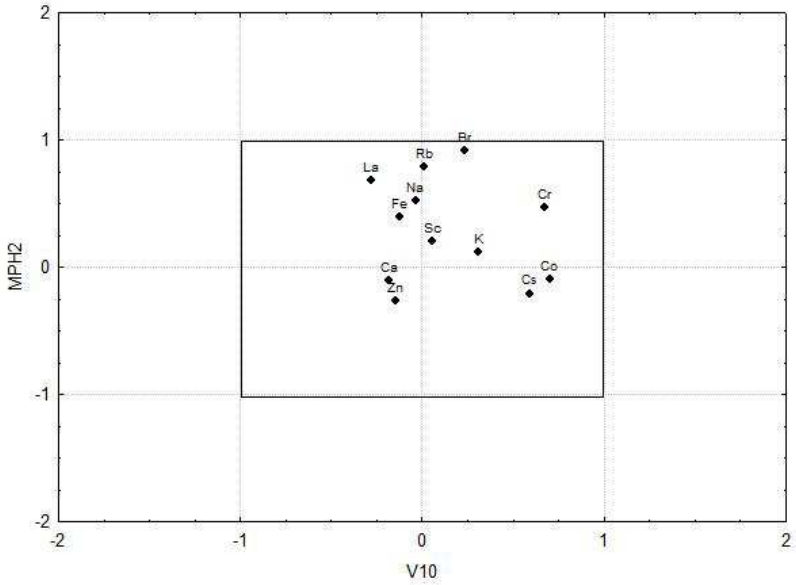


Figura 13 - En-scores obtidos a partir das concentrações dos elementos químicos nos materiais de referência certificados

4.1.2. Composição mineral

Os elementos químicos Br, Ca, Co, Cr, Cs, Fe, K, La, Na, Rb, Sc e Zn foram determinados nas amostras de resíduos agroindustriais. Os resultados podem ser observados na Tabela 4. As amostras foram comparadas com dados provenientes da literatura, em relação à composição mineral das partes usualmente consumidas correspondentes (Tabela 5).

O bagaço de laranja, os talos de alface, brócolis e couve e o sabugo de milho foram as amostras que apresentaram maior quantidade de cálcio, sendo que o bagaço de laranja foi a que mais se destacou, com 37 vezes mais cálcio do que a polpa de laranja. Com exceção do bagaço de graviola, da casca de chuchu, dos talos de escarola, repolho e repolho roxo e da fibra de açaí, todas as amostras de subprodutos analisadas apresentaram maior quantidade de cálcio do que a parte usualmente consumida. No corpo humano, este elemento desempenha funções

importantes, não restrito apenas à composição de ossos. O cálcio tem papel na atividade das proteínas de coagulação do sangue, na regulação do metabolismo, na contração muscular e na secreção de hormônios e neurotransmissores (SILVA; COZZOLINO, 2005).

Os bagaços de tomate e laranja, a casca de jaca, as cascas de todos os vegetais (com exceção de batata e chuchu), os talos de alface, couve e escarola, a casca da semente do cupuaçu, a fibra de açaí e as sobras de pimentão vermelho mostraram alto conteúdo de ferro, entre 91,7 e 1650 mg kg^{-1}. Estas amostras apresentaram também elevada concentração de lantânio e escândio. Estudo conduzido por Fernandes (1993) mostra que altas concentrações de ferro, lantânio e escândio são relativas à contaminação por terra. Com estes dados, pode-se concluir que esta elevada concentração de ferro pode estar relacionada com a contaminação da amostra com terra. A lavagem no processamento destas matérias-primas provavelmente não está sendo suficiente para a remoção completa da terra aderida ainda no campo. Este dado demonstra que algumas amostras podem estar impróprias para consumo, pois, junto com a terra, pode haver outros contaminantes, tais como resíduos de agroquímicos, elementos químicos potencialmente tóxicos e microorganismos. Porém, não se pode afirmar que a contaminação com terra está ocorrendo apenas nos subprodutos, pois os produtos finais gerados pelas agroindústrias não foram analisados.

Com exceção dos bagaços de amora, cupuaçu e milho, da casca de goiaba, da semente de jenipapo e das cascas de batata e chuchu, todas as amostras analisadas apresentaram maior concentração de ferro do que a parte correspondente usualmente consumida. O ferro é considerado um dos minerais mais importantes para o desenvolvimento da criança e sua deficiência pode causar anemia, com diminuição da capacidade para o trabalho, apatia, fadiga persistente, falta de ar, dores de cabeça, palpitações, tonturas e irritabilidade (HENRIQUES; COZZOLINO, 2005).

Em relação a potássio e sódio, uma ingestão inadequada de potássio pode aumentar o risco de doença cardiovascular. A ação de sódio no corpo está relacionada com potássio. O alto consumo de alimentos processados, ricos em sódio, é uma das causas do aumento de doenças crônicas na população, como hipertensão e problemas cardiovasculares (OTTEN; HELLWIG; MEYERS, 2006).

As cascas de banana, melancia e pepino e os talos de alface, couve e escarola foram as amostras que apresentaram maior quantidade de potássio. A casca de banana, por exemplo, apresentou quatro vezes mais potássio do que polpa de banana, popularmente conhecida como fonte de potássio. As concentrações de sódio foram semelhantes nos subprodutos e na polpa. Dentre as frutas, apenas o bagaço de laranja e os subprodutos do mamão apresentaram níveis mais elevados de Na. Já entre os vegetais, a maioria das amostras apresentou maior concentração de Na nos resíduos.

As concentrações de rubídio e potássio em plantas são geralmente relacionadas, apresentando comportamento semelhante no sistema solo-planta. A absorção do rubídio depende também das condições do solo, especialmente da acidez, e é influenciada pela adição de fertilizantes (SENESI et al., 1999). Aqui, as amostras que apresentaram concentrações mais elevadas de potássio também mostraram concentrações mais elevadas de rubídio.

Em relação ao zinco, dentre as frutas, as amostras que obtiveram maior destaque foram os bagaços de framboesa e tomate, as cascas de banana e melancia e as sementes de cupuaçu, mamão e melão. Dentre os vegetais, a casca de beterraba foi a amostra que apresentou a maior concentração de Zn (151 mg kg^{-1}). O zinco é o segundo elemento traço mais abundante no corpo humano. É um componente essencial para a atividade de mais de 300 enzimas e para a estabilização das estruturas moleculares dos constituintes citoplasmáticos, portanto, realiza funções estruturais e reguladoras do corpo (YUYAMA et al., 2005). Como acontece também para o potássio, uma deficiência moderada de Zn é caracterizada por aumento da pressão arterial e do risco de pedras nos rins.

Os resultados de concentração de cobalto, que é um elemento essencial para os seres humanos como componente de vitamina B12 (OKUDA, 1999) e de cromo, essencial para a ação hipoglicemiante da insulina e normalidade do metabolismo das gorduras, foram muito variados. Esta variação existe porque as concentrações destes elementos podem estar relacionadas com contaminação durante o processo de industrialização. Por exemplo, a amostra de bagaço de coco da peneira 0,5 mm tem muito mais cobalto, cromo e ferro do que a amostra da peneira 1,0 mm, oriundas do processamento da mesma matéria-prima. Possivelmente, a peneira de 0,5 mm usada na processamento do coco contaminou a amostra.

Em relação aos elementos sem função essencial conhecida no corpo humano, o bromo pode ter a concentração elevada pela utilização de pesticidas (BACCHI et al., 2004). Os bagaços de coco, as cascas de algumas frutas e de pepino, a semente de pupunha e os talos de escarola e repolho apresentaram as concentrações mais elevadas de bromo.

Bagaços de laranja e cupuaçu, cascas de abacaxi, guaraná, mamão e abóbora, semente de pupunha, casca da semente do cupuaçu e o farelo de arroz apresentaram a maior concentração de césio. No entanto, todas as amostras estavam dentro dos limites aceitáveis em relação a este elemento, uma vez que o Cs não é tóxico quando inferior a 3 mg kg^{-1} (KABATA-PENDIAS; MUKHERJEE, 2007).

Tabela 4 - Concentração média (n=3) ± desvio padrão da composição mineral, resultados em mg kg^{-1} de matéria seca (continua)

Bagaço	Br	Ca	Co*	Cr	Cs*	Fe	K	La*	Na	Rb	Sc*	Zn
Amora	0,40 ± 0,03	1570 ± 40	102 ± 6	<0,5	43,7 ± 1,0	32,1 ± 0,9	3570 ± 120	19,0 ± 7,6	2,49 ± 0,08	14,7 ± 0,4	0,28 ± 0,02	22,7 ± 0,7
Camu-camu	0,103 ± 0,013	940 ± 26	424 ± 11	<0,5	36,6 ± 1,8	49,2 ± 1,2	12300 ± 60	200 ± 13	12,7 ± 0,4	20,5 ± 0,4	15,1 ± 0,2	12,0 ± 0,2
Coco 1,0mm	20,2 ± 0,2	730 ± 72	43,7 ± 7,5	3,12 ± 0,20	65,7 ± 2,4	22,3 ± 5,9	9630 ± 60	<13	493 ± 6	10,58 ± 0,15	<0,3	12,5 ± 0,2
Coco 0,5mm	20,5 ± 0,7	1130 ± 6	363 ± 128	56 ± 21	60,1 ± 1,7	227 ± 78	9830 ± 190	<13	454 ± 12	10,6 ± 0,4	0,40 ± 0,08	16,1 ± 0,2
Cupuaçu	0,46 ± 0,02	1140 ± 20	19,6 ± 1,6	3,81 ± 0,17	150 ± 6	21,0 ± 0,5	11900 ± 200	<13	2,76 ± 0,08	13,3 ± 0,8	<0,3	17,7 ± 0,3
Framboesa	0,430 ± 0,012	3370 ± 210	48,4 ± 2,1	0,77 ± 0,26	45,4 ± 1,3	43,3 ± 1,8	2560 ± 70	<13	3,57 ± 0,23	11,7 ± 0,3	1,08 ± 0,10	26,9 ± 0,7
Goiaba	0,110 ± 0,07	939 ± 25	19,8 ± 0,4	<0,5	3,19 ± 0,37	26,2 ± 0,3	2180 ± 10	<13	8,41 ± 0,05	5,88 ± 0,08	0,18 ± 0,02	17,5 ± 0,4
Graviola	1,58 ± 0,02	1070 ± 1	9,10 ± 0,54	<0,5	23,0 ± 0,4	16,5 ± 0,5	8260 ± 70	<13	33,85 ± 0,09	6,41 ± 0,04	0,18 ± 0,02	14,7 ± 0,2
Laranja	1,432 ± 0,007	24300 ± 1600	127 ± 6	5,63 ± 0,23	140 ± 4	340 ± 110	10400 ± 100	682 ± 19	70,8 ± 0,2	12,1 ± 0,8	19,0 ± 2,4	11,73 ± 0,08
Tomate	2,96 ± 0,15	2100 ± 70	200 ± 10	5,55 ± 0,22	10,2 ± 17,6	246 ± 21	10100 ± 500	156 ± 8	59,8 ± 5,6	3,61 ± 0,19	51,3 ± 4,2	28,3 ± 1,7
Uva	1,42 ± 0,03	6980 ± 100	29,8 ± 1,5	<0,5	49,0 ± 3,0	47,7 ± 0,3	17400 ± 1100	57,4 ± 4,4	43,1 ± 1,8	33,2 ± 1,7	9,35 ± 0,38	8,72 ± 0,39

* Resultados expressos em em µg kg^{-1}

Sementes	Br	Ca	Co*	Cr	Cs*	Fe	K	La*	Na	Rb	Sc*	Zn
Acerola	5,14 ± 0,19	3340 ± 180	149 ± 4	5,50 ± 0,21	<7	32,6 ± 6,3	10600 ± 400	525 ± 18	8,24 ± 0,76	13,8 ± 0,38	2,03 ± 0,11	17,4 ± 0,3
Cupuaçu	0,447 ± 0,002	1080 ± 80	27,5 ± 0,6	2,70 ± 0,21	18,2 ± 0,6	20,2 ± 0,6	11700 ± 600	<13	10,3 ± 1,6	15,8 ± 0,6	<0,3	33,5 ± 1,5
Goiaba	0,366 ± 0,003	947 ± 77	55,5 ± 1,2	2,39 ± 0,14	<7	27,7 ± 0,7	3400 ± 90	39,6 ± 0,3	3,57 ± 0,20	5,72 ± 0,51	0,98 ± 0,06	17,5 ± 0,7
Jenipapo	0,131 ± 0,007	1600 ± 70	26,7 ± 1,3	<0,5	47,7 ± 1,5	21,1 ± 0,6	9240 ± 270	32,4 ± 15,9	27,3 ± 2,6	42,0 ± 0,9	1,33 ± 0,03	5,56 ± 0,12
Mamão	6,42 ± 0,07	6480 ± 120	209 ± 3	<0,5	39,2 ± 0,4	46,4 ± 1,3	24500 ± 100	100 ± 4	293 ± 2	26,1 ± 0,2	0,55 ± 0,08	29,5 ± 0,2
Melão	5,92 ± 0,10	667 ± 176	7,96 ± 0,59	<0,5	57,4 ± 1,7	50,0 ± 0,8	29300 ± 400	15,4 ± 6,7	1050 ± 10	44,5 ± 0,9	0,631 ± 0,014	47,2 ± 0,9
Pupunha	92,5 ± 0,9	7760 ± 290	99,3 ± 2,3	9,07 ± 0,16	282 ± 5	49,6 ± 0,3	6480 ± 250	<13	378 ± 9	33,5 ± 0,5	<0,3	11,0 ± 0,2

* Resultados expressos em µg kg^{-1}

Tabela 4 - Concentração média (n=3) ± desvio padrão da composição mineral, resultados em mg kg^{-1} de matéria seca (continuação)

Casca	Br	Ca	Co*	Cr	Cs*	Fe	K	La*	Na	Rb	Sc*	Zn
Abacaxi	39,8 ± 1,8	3370 ± 140	70,3 ± 7,0	8,77 ± 0,44	362 ± 15	53,7 ± 3,6	14900 ± 700	54,4 ± 4,0	27,2 ± 1,1	50,6 ± 6,3	3,50 ± 0,44	8,80 ± 0,35
Acerola	3,64 ± 0,17	2440 ± 70	66,0 ± 2,4	5,67 ± 0,08	<7	47,5 ± 5,7	11800 ± 50	192 ± 10	9,2 ± 0,3	13,0 ± 0,11	1,74 ± 0,07	21,96 ± 0,12
Banana	55,9 ± 0,3	1560 ± 30	47,2 ± 2,4	4,04 ± 0,14	41,8 ± 2,0	33,1 ± 0,3	60500 ± 1000	<13	29,6 ± 1,0	76,0 ± 1,2	3,51 ± 0,28	26,4 ± 0,2
Goiaba	1,050 ± 0,011	834 ± 24	54,8 ± 0,6	3,25 ± 0,20	37,6 ± 2,8	15,8 ± 0,7	6140 ± 90	73,9 ± 1,6	6,08 ± 0,24	10,30 ± 0,05	1,89 ± 0,04	6,41 ± 0,21
Guaraná	29,9 ± 0,3	1950 ± 190	73,5 ± 6,5	<0,5	324 ± 3	26,7 ± 0,8	20000 ± 200	48,8 ± 14,0	34,3 ± 2,2	35,4 ± 0,7	3,87 ± 2,06	22,9 ± 0,6
Jaca	63,0 ± 2,1	1960 ± 180	72,3 ± 7,5	5,38 ± 0,13	54,5 ± 2,6	379 ± 35	18800 ± 200	145 ± 27	16,8 ± 0,4	34,17 ± 0,06	66,5 ± 5,0	15,1 ± 0,2
Mamão	5,47 ± 0,34	3230 ± 210	219 ± 16	0,278 ± 0,012	307 ± 19	24,5 ± 1,6	35100 ± 2000	247 ± 17	259 ± 16	28,8 ± 2,2	1,82 ± 0,07	11,4 ± 0,8
Manga	0,130 ± 0,011	2030 ± 60	28,0 ± 1,5	0,33 ± 0,04	16,9 ± 0,2	13,7 ± 0,4	7430 ± 190	88,1 ± 1,8	5,54 ± 0,26	16,5 ± 0,2	1,76 ± 0,09	5,30 ± 0,09
Maracujá	9,89 ± 0,11	2200 ± 60	97,1 ± 2,6	<0,5	58,5 ± 1,2	55,0 ± 2,1	27900 ± 500	262 ± 6	205 ± 4	24,8 ± 0,4	5,54 ± 0,28	20,9 ± 0,6
Melancia	13,1 ± 0,4	3620 ± 180	384 ± 15	<0,5	48,6 ± 1,7	30,8 ± 1,2	59900 ± 800	1970 ± 130	331 ± 8	66,2 ± 2,5	1,75 ± 0,05	34,2 ± 1,3
Melão	93,8 ± 1,1	4370 ± 120	9,08 ± 0,91	<0,5	60,5 ± 0,6	37,4 ± 0,8	31600 ± 900	53,3 ± 8,2	5650 ± 30	32,8 ± 0,3	2,32 ± 0,11	15,9 ± 0,4
Pupunha	26,5 ± 0,1	1540 ± 150	10,90 ± 0,07	<0,5	408 ± 1	16,0 ± 0,3	8530 ± 150	<13	1330 ± 10	48,3 ± 0,8	<0,3	8,88 ± 0,08

* Resultados expressos em µg kg^{-1}

Casca	Br	Ca	Co*	Cr	Cs*	Fe	K	La*	Na	Rb	Sc*	Zn
Abóbora	7,61 ± 0,18	3880 ± 160	95,7 ± 2,1	3,93 ± 0,15	135,2 ± 0,6	118 ± 5	48600 ± 1000	634 ± 12	19,5 ± 0,6	34,8 ± 0,7	25,8 ± 1,2	21,3 ± 1,0
Batata	2,38 ± 0,05	620 ± 120	34,4 ± 2,0	<0,5	16,9 ± 1,0	28,5 ± 0,5	20000 ± 400	107 ± 7	39,8 ± 0,7	5,17 ± 0,05	1,41 ± 0,16	24,4 ± 0,4
Beterraba	3,15 ± 0,11	2530 ± 130	86,2 ± 3,7	0,68 ± 0,07	28,9 ± 0,8	144 ± 13	32200 ± 300	303 ± 12	947 ± 6	13,97 ± 0,12	68,7 ± 1,7	151 ± 2
Cebola	8,04 ± 0,05	6640 ± 200	22,9 ± 2,8	3,73 ± 0,18	<7	91,7 ± 4,8	12100 ± 200	82 ± 17	1080 ± 20	12,4 ± 0,2	17,1 ± 3,6	41,6 ± 2,1
Cenoura	18,1 ± 0,2	4490 ± 130	121 ± 45	7,09 ± 2,68	110 ± 6	189 ± 62	51900 ± 1000	135 ± 3	411 ± 4	15,16 ± 0,10	56,6 ± 8,0	38,5 ± 0,9
Chuchu	2,89 ± 0,04	1480 ± 150	292 ± 5	0,60 ± 0,10	88,0 ± 1,9	45,9 ± 3,3	22000 ± 300	174 ± 4	19,7 ± 0,7	34,0 ± 0,8	5,18 ± 0,42	18,7 ± 0,6
Inhame	10,24 ± 0,15	1450 ± 150	27,0 ± 0,7	0,52 ± 0,09	50,9 ±2,7	142 ± 4	24500 ± 100	246 ± 7	25,67 ± 0,14	23,5 ± 0,3	33,7 ± 1,2	25,2 ± 0,4
Mandioca	3,09 ± 0,07	4300 ± 80	385 ± 46	0,96 ± 0,03	95,2 ± 1,7	517 ± 12	7320 ± 120	1230 ± 50	16,3 ± 0,2	7,7 ± 0,3	203 ± 9	24,6 ± 0,5
Pepino	38,6 ± 0,6	8200 ± 180	191 ± 17	<0,5	46,5 ± 1,9	108 ± 3	60700 ± 800	976 ± 33	411 ± 6	37,3 ± 1,0	19,3 ± 0,6	49,9 ± 0,5

* Resultados expressos em µg kg^{-1}

Tabela 4 - Concentração média (n=3) ± desvio padrão da composição mineral, resultados em mg kg^{-1} de matéria seca (conclusão)

Talo	Br	Ca	Co*	Cr	Cs*	Fe	K	La*	Na	Rb	Sc*	Zn
Alface	31,0 ± 0,4	17300 ± 100	236 ± 5	1,56 ± 0,07	72,2 ± 3,3	1600 ± 100	80900 ± 500	825 ± 120	871 ± 7	61,9 ± 0,2	332 ± 12	63,8 ± 1,1
Brócolis	13,6 ± 0,3	13400 ± 200	37,7 ± 2,3	<0,5	44,0 ± 1,7	83,2 ± 2,2	48900 ± 1800	202 ± 13	1130 ± 20	32,7 ± 0,5	15,6 ± 0,4	42,3 ± 0,6
Couve	20,0 ± 0,3	18400 ± 200	49,5 ± 3,4	5,38 ± 0,23	48,3 ± 2,4	278 ± 8	84000 ± 600	237 ± 13	733 ± 8	53,8 ± 1,3	72,2 ± 1,6	32,0 ± 1,0
Couve-flor	9,68 ± 0,15	7070 ± 140	125 ± 3	0,45 ± 0,10	18,2 ± 1,4	69,2 ± 1,1	47600 ± 500	89 ± 12	656 ± 7	38,8 ± 0,3	11,1 ± 0,4	34,8 ± 0,3
Escarola	22,8 ± 0,4	7480 ± 280	207 ± 5	0,88 ± 0,19	21,1 ± 1,4	175 ± 16	60900 ± 500	395 ± 11	5820 ± 30	26,9 ± 0,6	35,4 ± 1,4	47,6 ± 0,8
Repolho	60,6 ± 0,9	6400 ± 190	33,0 ± 1,9	4,57 ± 0,05	66,3 ± 2,3	30,6 ± 1,2	50500 ± 1000	433 ± 7	173 ± 2	37,8 ± 0,3	1,74 ± 0,22	28,5 ± 0,3
Repolho roxo	10,79 ± 0,15	4260 ± 120	84,0 ± 0,5	0,87 ± 0,51	13,6 ± 1,0	66,1 ± 3,6	37900 ± 200	194 ± 16	457 ± 5	30,9 ± 0,5	9,05 ± 0,31	21,7 ± 0,2

* Resultados expressos em µg kg^{-1}

Outros	Br	Ca	Co*	Cr	Cs*	Fe	K	La*	Na	Rb	Sc*	Zn
Bagaço de milho	2,77 ±0,06	7350 ± 150	2,99 ± 0,23	<0,5	38,7 ± 1,9	15,3 ± 1,2	9730 ± 150	<13	11,238 ± 0,006	11,0 ± 0,1	<0,3	22,2 ± 0,3
Casca da semente do cupuaçu	1,101 ± 0,005	1690 ± 140	36,9 ± 0,6	<0,5	1450 ± 20	830 ± 55	16500 ± 200	14,2 ± 12,0	4,00 ± 0,27	80,6 ± 0,9	1,43 ± 0,51	121 ± 2
Farelo de arroz	0,92 ± 0,04	4460 ± 130	146 ± 10	<0,5	156 ± 4	96,7 ± 3,8	17500 ± 500	9,40 ± 2,83	18,3 ± 1,1	75,6 ± 1,3	2,41 ± 0,25	68,6 ± 1,7
Fibra de açaí	0,71 ± 0,02	1560 ± 160	6000 ± 20	456 ± 4	23,5 ± 0,5	1650 ± 20	896 ± 15	445 ± 3	34,2 ± 0,2	2,85 ± 0,10	4,58 ± 0,39	5,68 ± 0,06
Sabugo de milho	4,00 ± 0,03	14200 ± 200	96,0 ± 1,5	8,57 ± 0,20	50,8 ± 1,4	45,1 ± 1,4	6150 ± 90	18,4 ± 1,8	3,28 ± 0,19	8,84 ± 0,08	<0,3	21,0 ± 0,3
Sobras de pimentão vermelho	11,2 ± 0,4	1900 ± 40	211 ± 4	<0,5	307 ± 11	93,9 ± 0,5	25400 ± 300	111 ± 12	448 ± 7	27,2 ± 0,4	17,0 ± 1,3	20,3 ± 0,3

* Resultados expressos em µg kg^{-1}

Tabela 5 - Dados na literatura (adaptado de TACO, 2011) (continua)

Frutas	Energia (kcal)	Proteína (%)	Lipídeos (%)	Carboidratos (%)	Fibra alimentar (%)	Cinzas (%)	Ca (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Abacaxi, cru	353	6,28	0,90	90,1	7,21	2,68	1640	18,8	<2,91	9600	10,5
Abacaxi, polpa, congelada	351	5,36	1,30	89,6	3,75	3,75	1550	41,0	142	12300	6,93
Açaí, polpa, congelada	514	7,06	34,9	54,9	22,6	3,09	3110	38,3	458	10900	23,5
Acerola, crua	353	9,57	2,19	84,1	16,0	4,11	1330	23,4	<2,91	17400	15,3
Acerola, polpa, congelada	343	9,26	<0,03	86,7	11,0	4,03	1190	26,2	200	17500	11,4
Amora*	ND	40,6	ND	ND	ND	ND	817	70,1	ND	13800	28,3
Banana, nanica, crua	349	5,34	0,45	91,0	7,43	3,21	130	13,2	<2,91	14400	6,74
Camu-camu**	31	0,45	0,23	6,88	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Coco, cru	713	6,47	73,6	18,2	9,43	1,70	114	30,8	269	6200	16,5
Cupuaçu, cru	359	8,43	6,91	75,8	22,6	8,89	953	35,3	232	24000	24,5
Cupuaçu, polpa, congelada	363	6,27	4,41	84,7	11,8	4,63	408	19,3	51,2	21600	11,2
Goiaba, vermelha, com casca, crua	361	7,24	2,93	86,6	41,4	3,22	296	11,3	<2,91	13200	8,66
Guaraná, em pó**	374	16,5	2,76	70,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Graviola, crua	345	4,74	1,18	88,7	10,7	5,33	2250	9,51	233	14000	7,06
Graviola, polpa, congelada	353	5,23	1,27	90,3	11,0	3,23	552	9,47	281	15700	4,95
Jaca, crua	353	5,63	1,06	90,3	9,57	3,05	451	15,4	72,3	9380	6,69
Jenipapo***	113	5,20	0,30	25,7	9,40	ND	400	36,0	ND	ND	ND
Laranja, pêra, crua	352	9,99	1,21	85,6	7,34	3,19	2090	8,61	<2,91	15600	5,74
Mamão, Formosa, cru	347	6,24	0,92	88,4	13,9	4,46	1900	17,8	249	17000	5,35
Manga, polpa, congelada	358	2,82	1,73	92,7	7,92	2,73	527	6,62	499	9730	4,81
Manga, Tommy Atkins, crua	357	6,03	1,55	90,0	14,6	2,40	538	5,64	<2,91	9750	5,64
Maracujá, cru	399	11,6	12,3	71,5	6,63	4,61	315	32,7	92,1	19700	22,9
Maracujá, polpa, congelada	349	7,32	1,59	86,4	4,56	4,66	415	26,3	729	20500	16,9
Melancia, crua	349	9,47	<0,03	87,2	1,32	2,89	827	24,3	<2,91	11100	10,4

Tabela 5 - Dados na literatura (adaptado de TACO, 2011) (conclusão)

Melão, cru	337	7,77	<0,03	86,3	2,87	5,93	328	26,4	1281	24800	10,3
Pupunha***	164	2,50	9,20	21,7	8,90	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tomate, com semente, cru	315	22,5	3,56	64,4	24,1	9,51	1420	48,6	209	45600	28,0
Tomate, purê	303	14,8	<0,03	74,9	11,1	10,3	1440	136	11300	33500	36,2
Uva, Rubi, crua	353	4,37	1,13	91,2	6,71	3,27	547	12,3	569	11400	<0,73

ND – não determinado
* Tosun et al., 2008
** Brasil, 2002 (resultados em base úmida)
*** IBGE, 1999 (resultados em base úmida)

Vegetais	Energia (kcal)	Proteína (%)	Lipídeos (%)	Carboidratos (%)	Fibra alimentar (%)	Cinzas (%)	Ca (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Abóbora, moranga, crua	299	23,2	1,45	64,6	41,2	10,7	738	<0,73	<2,91	30200	16,9
Alface, crespa, crua	273	34,5	4,10	43,4	46,8	18,0	9720	101	865	68400	64,8
Almeirão, cru	285	27,9	3,42	52,7	40,9	16,0	3080	117	371	58300	45,3
Batata, inglesa, crua	376	10,3	<0,03	85,7	6,8	3,74	207	21,0	<2,91	17600	14,0
Beterraba, crua	348	13,9	0,64	79,3	24,1	6,21	1290	22,8	693	26800	36,9
Brócolis, cru	290	41,5	3,04	45,8	32,8	9,61	9780	69,5	380	36700	54,3
Cebola, crua	356	15,4	0,72	79,9	19,7	3,94	1260	18,4	53,9	15900	15,6
Cenoura, crua	344	13,3	1,75	77,2	32,1	8,74	2270	18,5	336	31700	22,5
Chicória, crua	285	23,4	2,95	58,7	45,2	16,9	9220	93,2	2780	87400	18,6
Chuchu, cru	329	13,5	1,16	80,1	24,8	5,16	2230	32,9	<2,91	24400	20,0
Couve-flor, crua	312	26,4	2,95	62,5	32,5	8,21	2460	73,8	475	35400	43,3
Couve, manteiga, crua	297	31,6	6,01	47,6	34,3	14,8	14400	49,9	678	44300	43,6
Inhame, cru	362	7,7	0,80	87,1	6,2	4,46	442	13,5	<2,91	21300	11,2
Mandioca, crua	397	2,96	0,79	94,8	4,9	1,46	398	7,08	56,3	5450	5,33
Pepino, cru	297	27,1	<0,03	63,4	34,8	9,02	2990	45,6	<2,91	47800	39,4
Pimentão, vermelho, cru	328	14,6	2,07	77,0	22,4	6,25	898	47,0	<2,91	29700	21,6
Repolho, branco, cru	324	16,6	2,71	73,1	35,8	7,58	6540	28,4	690	28400	28,4
Repolho, roxo, cru	312	19,2	0,64	72,6	19,9	7,46	4400	52,1	236	33100	25,7

4.2. Composição centesimal

Os resultados de composição centesimal (umidade, cinzas, proteínas, extrato etéreo, fibras insolúveis, fibras solúveis, fibras totais, carboidratos e valor calórico) podem ser observados nas Figuras 14 a 22. As amostras foram comparadas com dados provenientes da literatura, em relação à composição centesimal das partes usualmente consumidas correspondentes (Tabela 5).

A umidade encontrada nas amostras foi bem variada, apresentando valores entre 1,26, na casca de mandioca, até 18,1% na casca de inhame.

As amostras de bagaço de tomate, talos de alface, repolho roxo e brócolis e cascas de pepino e guaraná foram as que apresentaram maior teor de proteína, enquanto a casca de mandioca e a casca da semente do cupuaçu apresentaram os menores teores. Comparando com as partes usualmente consumidas, os subprodutos de vegetais apresentaram quantidade igual ou menor de proteína. Já os subprodutos provenientes do processamento das frutas apresentaram resultados variados, com as cascas de banana, mamão, melancia, melão, guaraná e pupunha, sementes de mamão, melão, jenipapo e pupunha e bagaço de uva com maior teor de proteína que na polpa.

Em relação aos lipídeos, os bagaços de tomate, cupuaçu e coco, a casca da semente do cupuaçu e o farelo de arroz apresentaram os maiores teores. Mais de 50% das amostras apresentaram teor de lipídeo menor do que 10%, sendo que, de modo geral, os subprodutos de fruta analisados apresentaram maior teor de lipídeo do que a polpa correspondente, enquanto as amostras provenientes de vegetais apresentaram valores iguais ou menores do que a parte usualmente consumida.

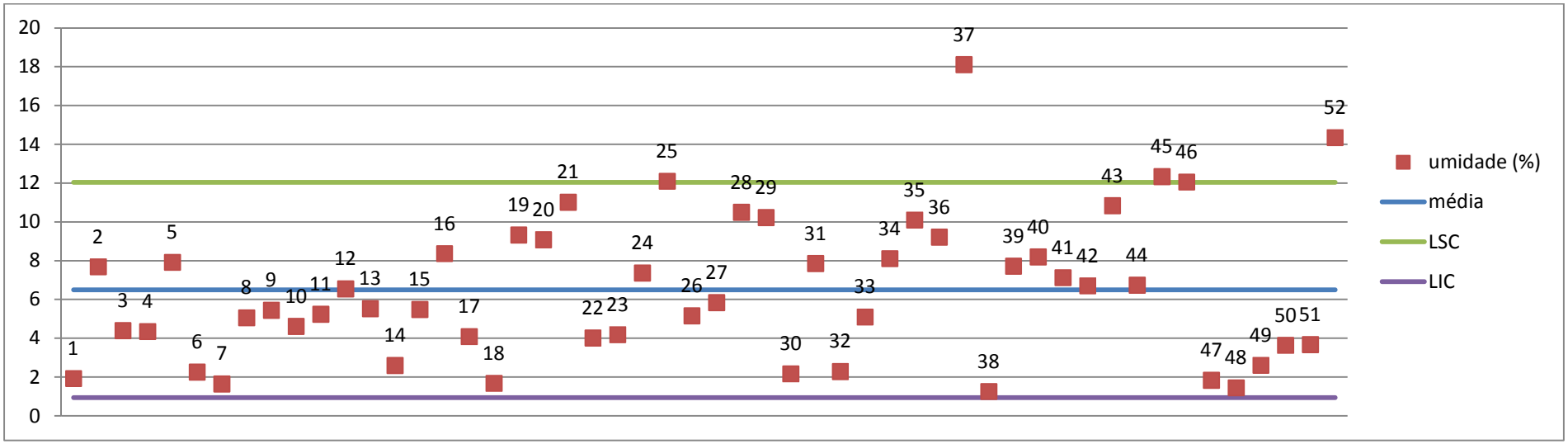
As fibras insolúveis desempenham papel importante no volume fecal e na redução do tempo de trânsito intestinal, acarretando maior eliminação fecal de nutrientes e menor absorção (SANT'ANA et al., 2000). A celulose, algumas pectinas, grande parte das hemiceluloses e as ligninas são fibras insolúveis (MATTOS; MARTINS, 2000). O teor de fibra insolúvel encontrado nas amostras foi elevado, variando de 5,92 a 90,1%. Os subprodutos da goiaba, os bagaços de amora e framboesa, a semente de jenipapo, a fibra de açaí e o sabugo de milho foram as amostras que mais se destacaram. Já a casca de batata e a semente de mamão são as amostras que tiveram o menor teor de fibra insolúvel.

As fibras solúveis são responsáveis pelo aumento da viscosidade do conteúdo intestinal e redução do colesterol plasmático. A maior parte das pectinas, gomas e certas hemiceluloses são fibras solúveis (MATTOS; MARTINS, 2000). Em relação à fibra solúvel, as cascas de manga, acerola, jaca e maracujá e o bagaço de camu camu foram as amostras que apresentaram o maior teor.

Comparando-se o teor de fibra dietética total (soma de fibra solúvel com insolúvel) com os valores da literatura, observa-se que, com exceção da semente de mamão, todos os subprodutos de frutas apresentaram mais fibra total do que a polpa correspondente. Em relação aos subprodutos de vegetais, as cascas também apresentaram maior teor de fibra do que a parte usualmente consumida, porém os talos apresentaram quantidade de fibra similar.

Quanto aos carboidratos, os valores encontrados variaram entre 0,57% e 68,4%, sendo que as amostras que apresentaram os maiores teores foram as cascas de batata, mandioca, pupunha e o bagaço de milho. O valor energético, calculado a partir da soma das calorias correspondentes para proteínas, lipídeos e carboidratos, variou entre 13,6 e 490 kcal/100g, sendo que a grande maioria das amostras teve valor calórico acima de 130 kcal/100g, podendo ser consideradas como boas fontes de energia.

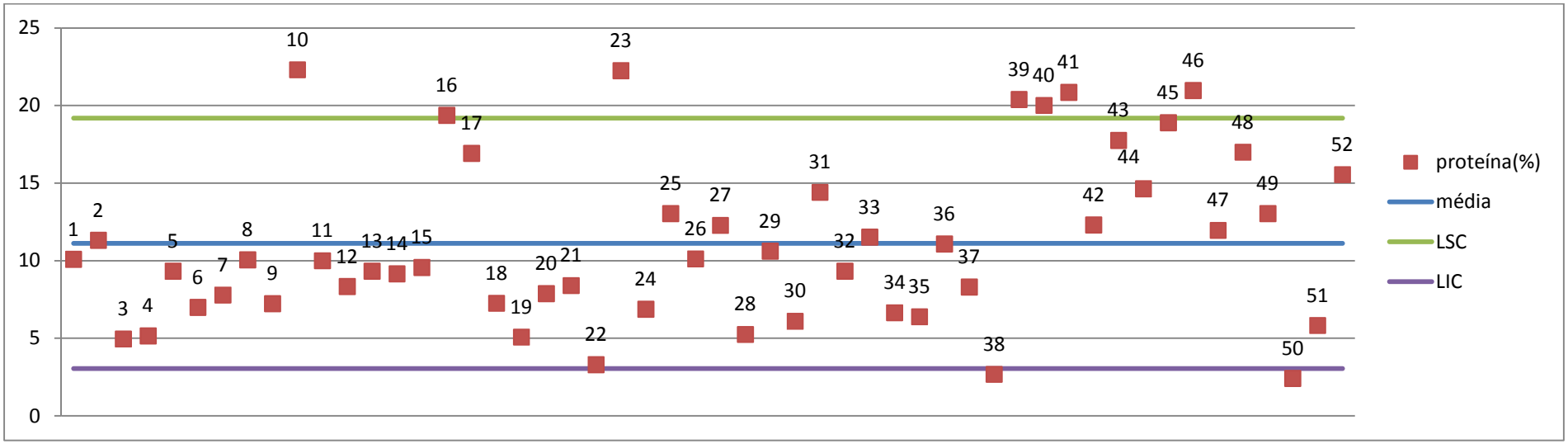
Figura 14 – Gráficos de controle (n=3) mostrando o teor de umidade nas amostras



LEGENDA

1. Bagaço amora
2. Bagaço camu-camu
3. Bagaço coco peneira 1mm
4. Bagaço coco peneira 0,5mm
5. Bagaço cupuaçu
6. Bagaço framboesa
7. Bagaço goiaba
8. Bagaço graviola
9. Bagaço laranja
10. Bagaço tomate
11. Bagaço uva
12. Semente acerola
13. Semente cupuaçu
14. Semente goiaba
15. Semente de jenipapo
16. Semente de mamão
17. Semente de melão
18. Semente de pupunha
19. Casca abacaxi
20. Casca acerola
21. Casca banana
22. Casca goiaba
23. Casca de guaraná
24. Casca jaca
25. Casca de mamão
26. Casca manga
27. Casca de maracujá
28. Casca de melancia
29. Casca de melão
30. Casca de pupunha
31. Casca abóbora
32. Casca de batata
33. Casca de beterraba
34. Casca cebola
35. Casca cenoura
36. Casca de chuchu
37. Casca inhame
38. Casca mandioca
39. Casca pepino
40. Talo alface
41. Talo brócolis
42. Talo couve
43. Talo couve-flor
44. Talo escarola
45. Talo repolho
46. Talo repolho roxo
47. Bagaço de milho
48. Casca da semente do cupuaçu
49. Farelo de arroz
50. Fibra de açaí
51. Sabugo de milho
52. Sobras pimentão vermelho

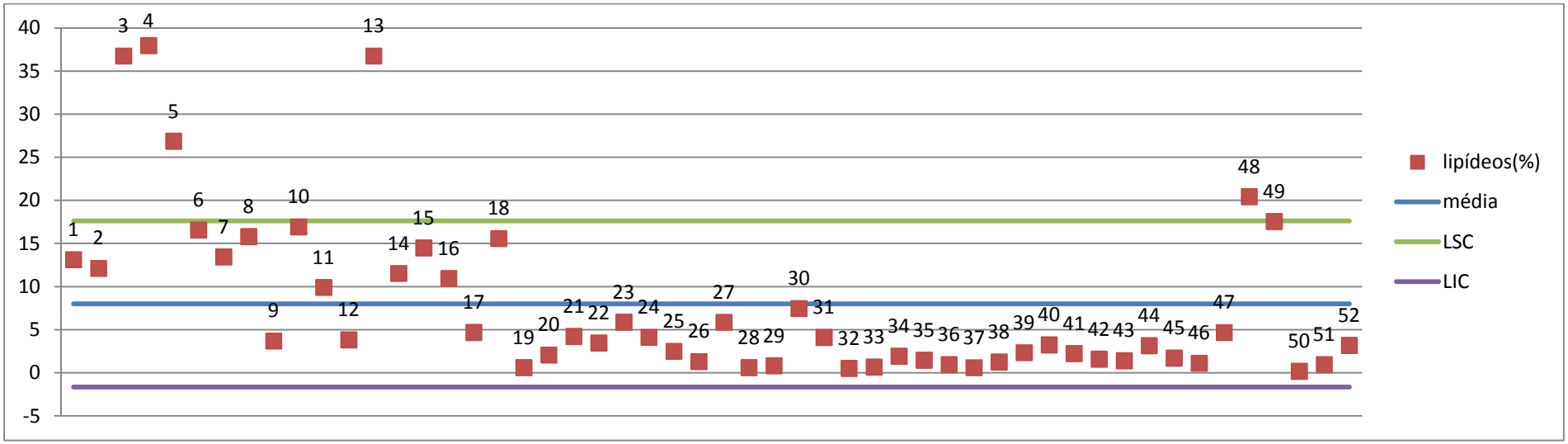
Figura 15 – Gráficos de controle (n=3) mostrando o teor de proteína nas amostras



LEGENDA

1. Bagaço amora
2. Bagaço camu-camu
3. Bagaço coco peneira 1mm
4. Bagaço coco peneira 0,5mm
5. Bagaço cupuaçu
6. Bagaço framboesa
7. Bagaço goiaba
8. Bagaço graviola
9. Bagaço laranja
10. Bagaço tomate
11. Bagaço uva
12. Semente acerola
13. Semente cupuaçu
14. Semente goiaba
15. Semente de jenipapo
16. Semente de mamão
17. Semente de melão
18. Semente de pupunha
19. Casca abacaxi
20. Casca acerola
21. Casca banana
22. Casca goiaba
23. Casca de guaraná
24. Casca jaca
25. Casca de mamão
26. Casca manga
27. Casca de maracujá
28. Casca de melancia
29. Casca de melão
30. Casca de pupunha
31. Casca abóbora
32. Casca de batata
33. Casca de beterraba
34. Casca cebola
35. Casca cenoura
36. Casca de chuchu
37. Casca inhame
38. Casca mandioca
39. Casca pepino
40. Talo alface
41. Talo brócolis
42. Talo couve
43. Talo couve-flor
44. Talo escarola
45. Talo repolho
46. Talo repolho roxo
47. Bagaço de milho
48. Casca da semente do cupuaçu
49. Farelo de arroz
50. Fibra de açaí
51. Sabugo de milho
52. Sobras pimentão vermelho

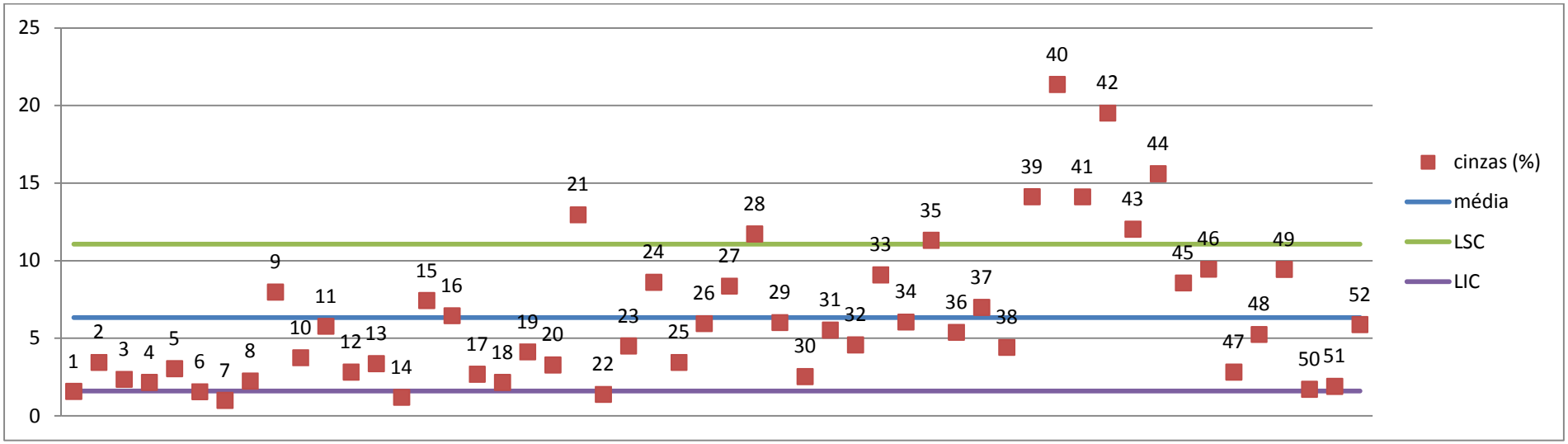
Figura 16 – Gráficos de controle (n=3) mostrando o teor de lipídeos das amostras



LEGENDA

1. Bagaço amora
2. Bagaço camu-camu
3. Bagaço coco peneira 1mm
4. Bagaço coco peneira 0,5mm
5. Bagaço cupuaçu
6. Bagaço framboesa
7. Bagaço goiaba
8. Bagaço graviola
9. Bagaço laranja
10. Bagaço tomate
11. Bagaço uva
12. Semente acerola
13. Semente cupuaçu
14. Semente goiaba
15. Semente de jenipapo
16. Semente de mamão
17. Semente de melão
18. Semente de pupunha
19. Casca abacaxi
20. Casca acerola
21. Casca banana
22. Casca goiaba
23. Casca de guaraná
24. Casca jaca
25. Casca de mamão
26. Casca manga
27. Casca de maracujá
28. Casca de melancia
29. Casca de melão
30. Casca de pupunha
31. Casca abóbora
32. Casca de batata
33. Casca de beterraba
34. Casca cebola
35. Casca cenoura
36. Casca de chuchu
37. Casca inhame
38. Casca mandioca
39. Casca pepino
40. Talo alface
41. Talo brócolis
42. Talo couve
43. Talo couve-flor
44. Talo escarola
45. Talo repolho
46. Talo repolho roxo
47. Bagaço de milho
48. Casca da semente do cupuaçu
49. Farelo de arroz
50. Fibra de açaí
51. Sabugo de milho
52. Sobras pimentão vermelho

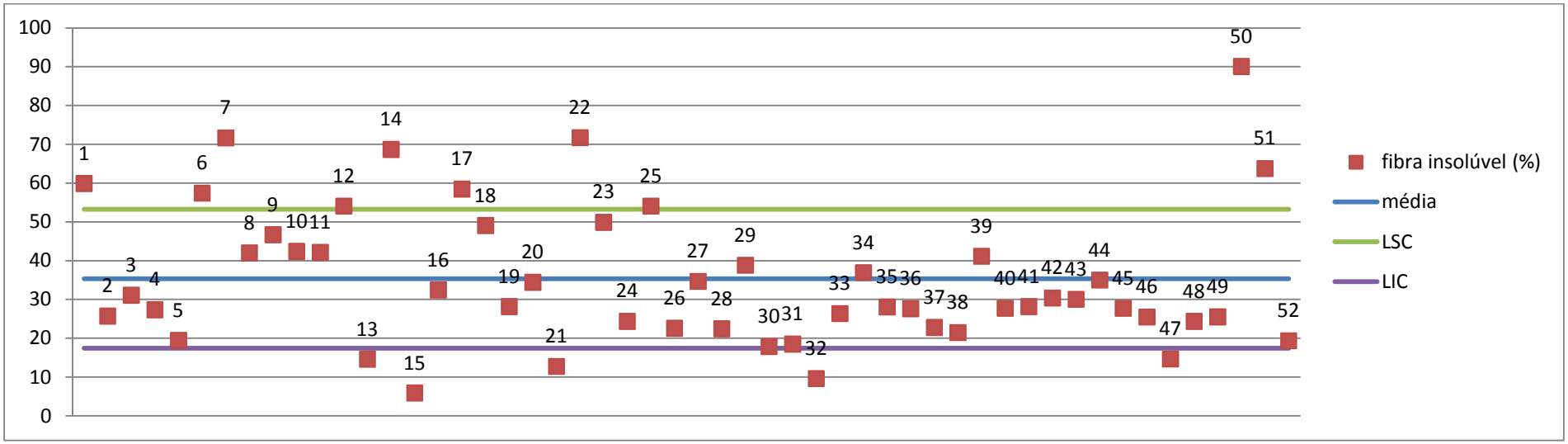
Figura 17 – Gráficos de controle (n=3) mostrando o teor de cinzas nas amostras



LEGENDA

1. Bagaço amora
2. Bagaço camu-camu
3. Bagaço coco peneira 1mm
4. Bagaço coco peneira 0,5mm
5. Bagaço cupuaçu
6. Bagaço framboesa
7. Bagaço goiaba
8. Bagaço graviola
9. Bagaço laranja
10. Bagaço tomate
11. Bagaço uva
12. Semente acerola
13. Semente cupuaçu
14. Semente goiaba
15. Semente de jenipapo
16. Semente de mamão
17. Semente de melão
18. Semente de pupunha
19. Casca abacaxi
20. Casca acerola
21. Casca banana
22. Casca goiaba
23. Casca de guaraná
24. Casca jaca
25. Casca de mamão
26. Casca manga
27. Casca de maracujá
28. Casca de melancia
29. Casca de melão
30. Casca de pupunha
31. Casca abóbora
32. Casca de batata
33. Casca de beterraba
34. Casca cebola
35. Casca cenoura
36. Casca de chuchu
37. Casca inhame
38. Casca mandioca
39. Casca pepino
40. Talo alface
41. Talo brócolis
42. Talo couve
43. Talo couve-flor
44. Talo escarola
45. Talo repolho
46. Talo repolho roxo
47. Bagaço de milho
48. Casca da semente do cupuaçu
49. Farelo de arroz
50. Fibra de açaí
51. Sabugo de milho
52. Sobras pimentão vermelho

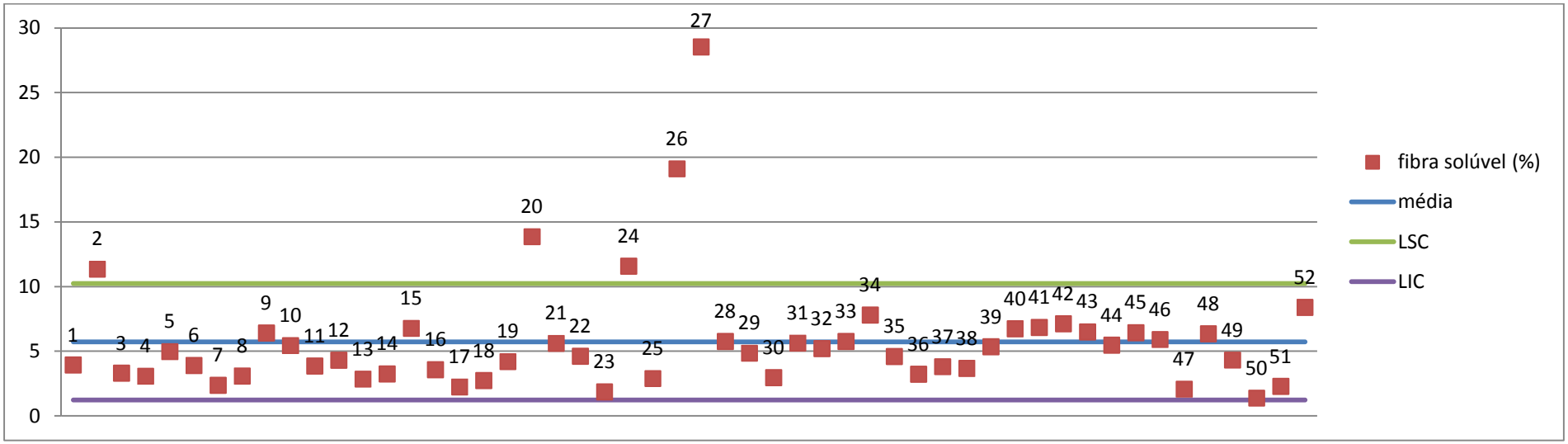
Figura 18 – Gráficos de controle (n=3) mostrando o teor de fibra insolúvel nas amostras



LEGENDA

1. Bagaço amora
2. Bagaço camu-camu
3. Bagaço coco peneira 1mm
4. Bagaço coco peneira 0,5mm
5. Bagaço cupuaçu
6. Bagaço framboesa
7. Bagaço goiaba
8. Bagaço graviola
9. Bagaço laranja
10. Bagaço tomate
11. Bagaço uva
12. Semente acerola
13. Semente cupuaçu
14. Semente goiaba
15. Semente de jenipapo
16. Semente de mamão
17. Semente de melão
18. Semente de pupunha
19. Casca abacaxi
20. Casca acerola
21. Casca banana
22. Casca goiaba
23. Casca de guaraná
24. Casca jaca
25. Casca de mamão
26. Casca manga
27. Casca de maracujá
28. Casca de melancia
29. Casca de melão
30. Casca de pupunha
31. Casca abóbora
32. Casca de batata
33. Casca de beterraba
34. Casca cebola
35. Casca cenoura
36. Casca de chuchu
37. Casca inhame
38. Casca mandioca
39. Casca pepino
40. Talo alface
41. Talo brócolis
42. Talo couve
43. Talo couve-flor
44. Talo escarola
45. Talo repolho
46. Talo repolho roxo
47. Bagaço de milho
48. Casca da semente do cupuaçu
49. Farelo de arroz
50. Fibra de açaí
51. Sabugo de milho
52. Sobras pimentão vermelho

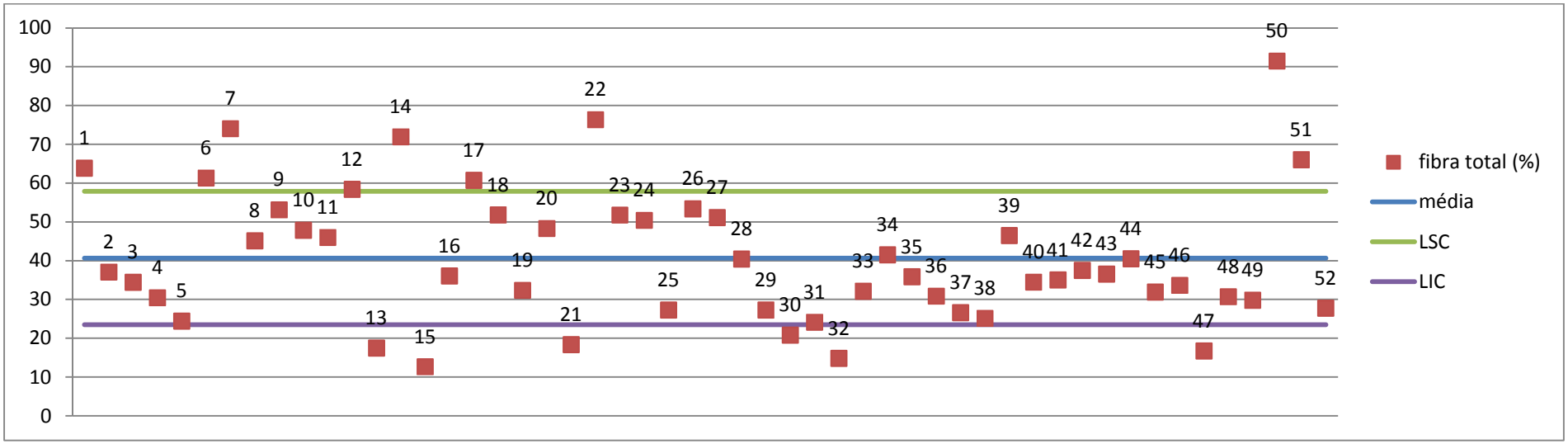
Figura 19 – Gráficos de controle (n=3) mostrando o teor de fibra solúvel nas amostras



LEGENDA

1. Bagaço amora	**12.** Semente acerola	**19.** Casca abacaxi	**31.** Casca abóbora	**40.** Talo alface	**47.** Bagaço de milho
2. Bagaço camu-camu	**13.** Semente cupuaçu	**20.** Casca acerola	**32.** Casca de batata	**41.** Talo brócolis	**48.** Casca da semente do cupuaçu
3. Bagaço coco peneira 1mm	**14.** Semente goiaba	**21.** Casca banana	**33.** Casca de beterraba	**42.** Talo couve	**49.** Farelo de arroz
4. Bagaço coco peneira 0,5mm	**15.** Semente de jenipapo	**22.** Casca goiaba	**34.** Casca cebola	**43.** Talo couve-flor	**50.** Fibra de açaí
5. Bagaço cupuaçu	**16.** Semente de mamão	**23.** Casca de guaraná	**35.** Casca cenoura	**44.** Talo escarola	**51.** Sabugo de milho
6. Bagaço framboesa	**17.** Semente de melão	**24.** Casca jaca	**36.** Casca de chuchu	**45.** Talo repolho	**52.** Sobras pimentão vermelho
7. Bagaço goiaba	**18.** Semente de pupunha	**25.** Casca de mamão	**37.** Casca inhame	**46.** Talo repolho roxo	
8. Bagaço graviola		**26.** Casca manga	**38.** Casca mandioca		
9. Bagaço laranja		**27.** Casca de maracujá	**39.** Casca pepino		
10. Bagaço tomate		**28.** Casca de melancia			
11. Bagaço uva		**29.** Casca de melão			
		30. Casca de pupunha			

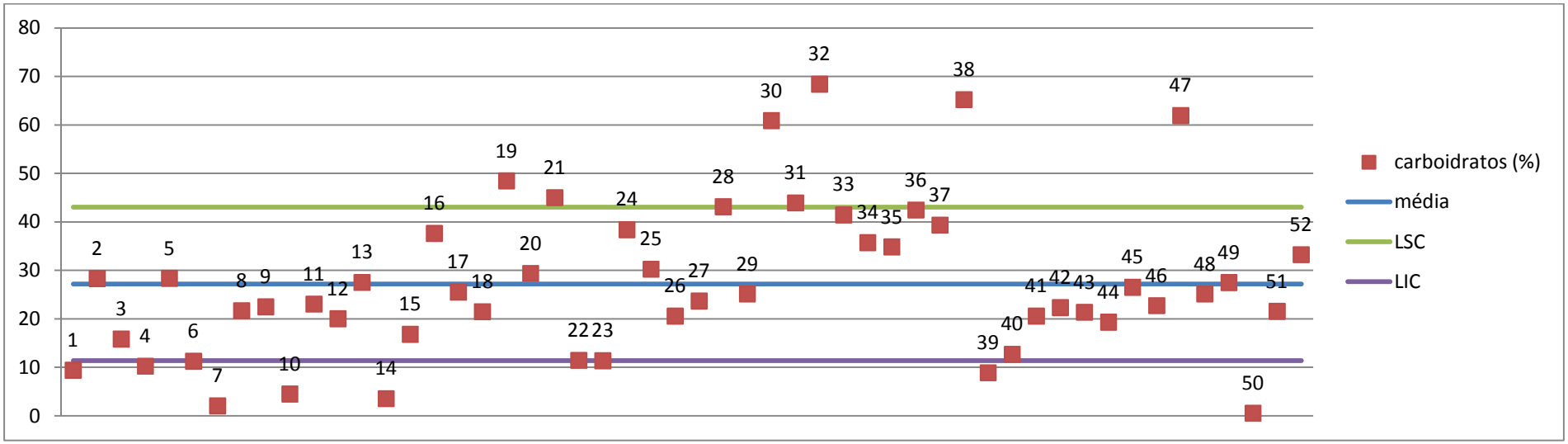
Figura 20 – Gráficos de controle (n=3) mostrando o teor de fibra total nas amostras



LEGENDA

1. Bagaço amora
2. Bagaço camu-camu
3. Bagaço coco peneira 1mm
4. Bagaço coco peneira 0,5mm
5. Bagaço cupuaçu
6. Bagaço framboesa
7. Bagaço goiaba
8. Bagaço graviola
9. Bagaço laranja
10. Bagaço tomate
11. Bagaço uva
12. Semente acerola
13. Semente cupuaçu
14. Semente goiaba
15. Semente de jenipapo
16. Semente de mamão
17. Semente de melão
18. Semente de pupunha
19. Casca abacaxi
20. Casca acerola
21. Casca banana
22. Casca goiaba
23. Casca de guaraná
24. Casca jaca
25. Casca de mamão
26. Casca manga
27. Casca de maracujá
28. Casca de melancia
29. Casca de melão
30. Casca de pupunha
31. Casca abóbora
32. Casca de batata
33. Casca de beterraba
34. Casca cebola
35. Casca cenoura
36. Casca de chuchu
37. Casca inhame
38. Casca mandioca
39. Casca pepino
40. Talo alface
41. Talo brócolis
42. Talo couve
43. Talo couve-flor
44. Talo escarola
45. Talo repolho
46. Talo repolho roxo
47. Bagaço de milho
48. Casca da semente do cupuaçu
49. Farelo de arroz
50. Fibra de açaí
51. Sabugo de milho
52. Sobras pimentão vermelho

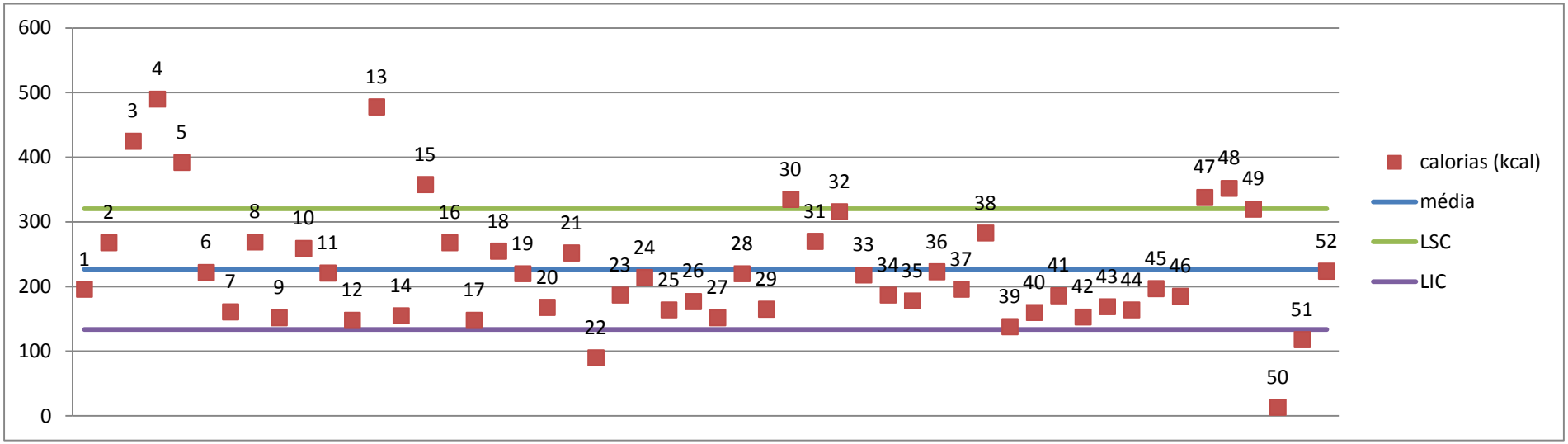
Figura 21 – Gráficos de controle (n=3) mostrando o teor de carboidratos nas amostras



LEGENDA

1. Bagaço amora
2. Bagaço camu-camu
3. Bagaço coco peneira 1mm
4. Bagaço coco peneira 0,5mm
5. Bagaço cupuaçu
6. Bagaço framboesa
7. Bagaço goiaba
8. Bagaço graviola
9. Bagaço laranja
10. Bagaço tomate
11. Bagaço uva
12. Semente acerola
13. Semente cupuaçu
14. Semente goiaba
15. Semente de jenipapo
16. Semente de mamão
17. Semente de melão
18. Semente de pupunha
19. Casca abacaxi
20. Casca acerola
21. Casca banana
22. Casca goiaba
23. Casca de guaraná
24. Casca jaca
25. Casca de mamão
26. Casca manga
27. Casca de maracujá
28. Casca de melancia
29. Casca de melão
30. Casca de pupunha
31. Casca abóbora
32. Casca de batata
33. Casca de beterraba
34. Casca cebola
35. Casca cenoura
36. Casca de chuchu
37. Casca inhame
38. Casca mandioca
39. Casca pepino
40. Talo alface
41. Talo brócolis
42. Talo couve
43. Talo couve-flor
44. Talo escarola
45. Talo repolho
46. Talo repolho roxo
47. Bagaço de milho
48. Casca da semente do cupuaçu
49. Farelo de arroz
50. Fibra de açaí
51. Sabugo de milho
52. Sobras pimentão vermelho

Figura 22 – Gráficos de controle (n=3) mostrando o valor calórico das amostras



LEGENDA

1. Bagaço amora
2. Bagaço camu-camu
3. Bagaço coco peneira 1mm
4. Bagaço coco peneira 0,5mm
5. Bagaço cupuaçu
6. Bagaço framboesa
7. Bagaço goiaba
8. Bagaço graviola
9. Bagaço laranja
10. Bagaço tomate
11. Bagaço uva
12. Semente acerola
13. Semente cupuaçu
14. Semente goiaba
15. Semente de jenipapo
16. Semente de mamão
17. Semente de melão
18. Semente de pupunha
19. Casca abacaxi
20. Casca acerola
21. Casca banana
22. Casca goiaba
23. Casca de guaraná
24. Casca jaca
25. Casca de mamão
26. Casca manga
27. Casca de maracujá
28. Casca de melancia
29. Casca de melão
30. Casca de pupunha
31. Casca abóbora
32. Casca de batata
33. Casca de beterraba
34. Casca cebola
35. Casca cenoura
36. Casca de chuchu
37. Casca inhame
38. Casca mandioca
39. Casca pepino
40. Talo alface
41. Talo brócolis
42. Talo couve
43. Talo couve-flor
44. Talo escarola
45. Talo repolho
46. Talo repolho roxo
47. Bagaço de milho
48. Casca da semente do cupuaçu
49. Farelo de arroz
50. Fibra de açaí
51. Sabugo de milho
52. Sobras pimentão vermelho

4.3. Adequação nutricional

Para melhor analisar a qualidade nutricional das amostras, foi determinada a quantidade de proteína, gordura total, fibra dietética, cálcio, ferro potássio e zinco por porção de 30 g, equivalente a duas colheres de sopa por dia. As Tabelas 6 a 11 mostram a quantidade de nutriente por porção e a comparação com a Ingestão Diária Recomendada (IDR) para adultos, estabelecido pela Food and Drugs Administration (FDA), conforme a qual são necessárias 50 g de proteína, 65 g de gordura total, 25 g de fibra dietética, 1000 mg de cálcio, 18 mg de ferro, 3500 mg de potássio e 15 mg de zinco diários para adultos e crianças acima de 2 anos atingirem suas necessidades diárias.

Tabela 6 – Adequação nutricional dos bagaços de frutas: quantidade de nutriente por porção de 30 g e porcentagem de adequação da Ingestão Diária Recomendada (%)

Bagaço	Proteína		Gordura total		Fibra dietética		Ca		Fe		K		Zn	
	g/30g	IDR	g/30g	IDR	g/30g	IDR	mg/30g	IDR	mg/30g	IDR	g/30g	IDR	mg/30g	IDR
Amora	3,03	6,06	0,39	0,61	1,92	7,66	46,7	5,80	0,96	5,35	107	3,06	0,68	4,54
Camu-camu	3,39	6,80	0,36	0,56	1,11	4,45	34,0	4,20	1,47	8,2	368	10,5	0,36	2,40
Coco 1,0mm	1,49	3,00	1,14	1,75	1,03	4,13	22,8	4,80	0,67	3,71	288	8,25	0,38	2,51
Coco 0,5mm	1,55	3,10	1,43	2,20	0,91	3,66	22,8	2,80	6,82	37,9	294	8,4	0,48	3,21
Cupuaçu	1,96	3,90	0,81	1,24	0,73	2,93	34,2	4,30	0,63	3,5	355	10,2	0,53	3,55
Framboesa	2,1	4,20	0,50	0,77	1,84	7,36	101	12,6	1,30	7,2	76,9	2,2	0,81	5,38
Goiaba	2,34	4,67	0,40	0,62	2,22	8,89	26,7	3,34	0,79	4,37	65,6	1,88	0,52	3,50
Graviola	3,02	6,04	0,47	0,73	1,35	5,42	32,5	3,54	0,50	2,8	247	7,1	0,44	2,93
Laranja	2,17	4,34	0,11	0,17	1,59	6,38	728	91,0	10,2	56,4	312	8,9	0,35	2,35
Tomate	5,93	11,90	0,51	0,78	1,44	5,74	63	7,87	7,39	41,1	302	8,6	0,85	5,66
Uva	4,29	8,58	0,30	0,46	1,38	5,52	209	26,10	1,43	7,9	523	15,0	0,26	1,74

Tabela 7 – Adequação nutricional das sementes de frutas: quantidade de nutriente por porção de 30 g e porcentagem de adequação da Ingestão Diária Recomendada (%)

Semente	Proteína		Gordura total		Fibra dietética		Ca		Fe		K		Zn	
	g/30g	IDR	g/30g	IDR	g/30g	IDR	mg/30g	IDR	mg/30g	IDR	g/30g	IDR	mg/30g	IDR
Acerola	2,50	5,01	0,11	0,18	1,75	7,01	100	12,5	0,98	5,44	317	9,07	0,52	3,48
Cupuaçu	2,80	5,60	1,10	1,70	0,52	2,10	32,4	4,05	0,60	3,36	346	9,91	1,01	6,71
Goiaba	2,74	5,49	0,35	0,53	2,16	8,63	28,4	3,55	0,83	4,61	119	3,43	0,53	3,51
Jenipapo	2,87	5,74	0,14	0,22	1,82	7,29	48,0	6,00	0,63	3,5	277	7,9	0,17	1,11
Mamão	5,81	11,60	0,43	0,67	0,38	1,52	201	25,1	1,40	7,8	717	20,5	0,9	6,00
Melão	5,08	10,10	0,33	0,51	1,08	4,33	20	2,50	1,50	8,3	879	25,1	1,42	9,43
Pupunha	2,18	4,36	0,47	0,72	1,55	6,22	233	29,10	1,49	8,3	194	5,6	0,33	2,21

Tabela 8 – Adequação nutricional das cascas de frutas: quantidade de nutriente por porção de 30 g e porcentagem de adequação da Ingestão Diária Recomendada (%)

Casca	Proteína		Gordura total		Fibra dietética		Ca		Fe		K		Zn	
	g/30g	IDR	g/30g	IDR	g/30g	IDR	mg/30g	IDR	mg/30g	IDR	g/30g	IDR	mg/30g	IDR
Abacaxi	1,52	3,04	0,02	0,03	0,97	3,89	101	12,6	1,61	9,0	448,1	12,8	0,26	1,76
Acerola	2,36	4,73	0,06	0,10	1,45	5,80	73,1	9,14	1,43	7,9	353,2	10,1	0,66	4,39
Banana	2,52	5,04	0,13	0,19	0,55	2,20	46,7	5,83	0,99	5,52	1814,	51,8	0,79	5,28
Goiaba	0,99	1,98	0,10	0,16	2,29	9,16	23,0	3,13	0,47	2,6	184,1	5,3	0,19	1,28
Guaraná	6,68	13,30	0,18	0,27	1,55	6,21	58,7	7,33	0,80	4,5	599,1	17,1	0,69	4,57
Jaca	2,07	4,13	0,12	0,19	1,51	6,05	58,8	7,4	11,40	63,2	564,1	16,1	0,45	3,02
Mamão	3,68	7,37	0,04	0,06	0,82	3,27	98,7	12,3	0,75	4,17	975,	27,8	0,35	2,32
Manga	1,58	3,15	0,07	0,12	1,60	6,41	74,9	9,36	3,93	21,8	303,1	8,7	0,23	1,51
Maracujá	3,19	6,37	0,18	0,27	1,53	6,14	66,1	8,3	1,65	9,2	837,9	23,9	0,63	4,18
Melancia	3,91	7,82	0,02	0,03	1,21	4,85	109	13,60	0,92	5,1	1796	51,3	1,02	6,84
Melão	3,04	6,07	0,02	0,04	0,82	3,28	131	16,4	1,12	6,2	948,0	27,1	0,48	3,17
Pupunha	1,83	3,66	0,22	0,34	0,63	2,50	46,3	5,78	0,48	2,7	256,0	7,3	0,27	1,78

Tabela 9 – Adequação nutricional das cascas de hortaliças: quantidade de nutriente por porção de 30 g e porcentagem de adequação da Ingestão Diária Recomendada (%)

Casca	Proteína		Gordura total		Fibra dietética		Ca		Fe		K		Zn	
	g/30g	IDR	g/30g	IDR	g/30g	ID)	mg/30g	IDR	mg/30g	IDR	g/30g	IDR	mg/30g	IDR
Abóbora	4,32	8,64	0,12	0,19	0,72	2,90	116	14,5	3,53	19,6	1456	41,6	0,64	4,27
Batata	2,80	5,60	0,02	0,02	0,45	1,78	16,3	2,04	0,86	4,8	601	17,2	0,73	4,87
Beterraba	3,46	6,91	0,02	0,03	0,96	3,86	77,9	9,74	4,32	24,0	965	27,59	4,52	30,1
Cebola	1,99	3,99	0,06	0,09	1,25	4,98	199	24,9	2,75	15,3	363	10,4	1,25	8,32
Cenoura	1,92	3,83	0,04	0,07	1,08	4,31	135	16,8	5,66	31,5	1557	44,5	1,15	7,69
Chuchu	3,32	6,65	0,03	0,04	0,93	3,71	45	5,63	1,40	7,8	641	18,3	0,57	3,80
Inhame	2,49	4,99	0,02	0,03	0,80	3,20	45,4	5,7	4,32	24,0	715	20,44	0,76	5,08
Mandioca	0,8	1,61	0,04	0,06	0,75	3,02	132	16,4	15,56	86	220	6	0,74	4,92
Pepino	6,12	12,20	0,07	0,11	1,40	5,58	246	30,7	3,23	18,0	1821	52,0	1,50	9,98

Tabela 10 – Adequação nutricional dos talos de hortaliças: quantidade de nutriente por porção de 30 g e porcentagem de adequação da Ingestão Diária Recomendada (%)

Talo	Proteína		Gordura total		Fibra dietética		Ca		Fe		K		Zn	
	g/30g	IDR	g/30g	IDR	g/30g	IDR	mg/30g	IDR	mg/30g	IDR	g/30g	IDR	mg/30g	IDR
Alface	6,00	12,0	0,1	0,1	1,0	4,1	522	65,3	48,2	268	2426	69	1,92	12,8
Brócolis	6,26	12,5	0,1	0,1	1,1	4,2	426	53,3	2,60	14,5	1377	39,4	1,31	8,73
Couve	3,69	7,38	0,05	0,07	1,13	4,50	554	69,2	8,35	46,3	2519,	71,9	0,96	6,41
Couve-flor	5,33	10,6	0,0	0,1	1,1	4,4	224	28,1	2,17	12,1	1407	40,2	1,08	7,18
Escarola	4,39	8,78	0,09	0,15	1,22	4,86	236	29,5	5,33	29,6	1778	50,8	1,46	9,72
Repolho	5,67	11,3	0,05	0,08	0,96	3,83	192	24,0	0,92	5,1	1516	43,3	0,85	5,70
Repolho roxo	6,29	12,6	0,03	0,05	1,01	4,04	128	16,0	1,95	10,9	1076	30,8	0,65	4,31

Tabela 11 – Adequação nutricional em amostras variadas: quantidade de nutriente por porção de 30 g e porcentagem de adequação da Ingestão Diária Recomendada (%)

Outros	Proteína		Gordura total		Fibra dietética		Ca		Fe		K		Zn	
	g/30g	IDR	g/30g	IDR	g/30g	IDR	mg/30g	IDR	mg/30g	IDR	g/30g	IDR	mg/30g	IDR
Bagaço de milho	3,59	7,2	0,1	0,2	0,5	2,0	220	27,6	0,5	3	292	8	0,67	4,4
Casca da semente do cupuaçu	5,10	10,2	0,6	0,9	0,9	3,7	51	6,3	24,9	138	495	14,1	3,63	24,2
Farelo de arroz	3,91	7,8	0,5	0,8	0,9	3,6	134	16,7	2,90	16,1	525	15,0	2,06	13,7
Fibra de açaí	0,76	1,45	0,01	0,01	2,74	11,0	46,9	5,9	49,5	275	27	1	0,17	1,14
Sabugo de milho	1,75	3,50	0,03	0,04	1,98	7,93	427	53,3	1,35	7,5	184	5,3	0,63	4,20
Sobras de pimentão vermelho	4,66	9,32	0,10	0,15	0,83	3,33	57,2	7,2	2,82	15,7	761	21,7	0,61	4,06

4.4. Ácido fítico

Dentre as amostras analisadas, as que apresentaram maiores concentrações de ácido fítico foram farelo de arroz, casca da semente do cupuaçu, semente de cupuaçu e bagaço de framboesa. Algumas amostras de bagaços e cascas de frutas e a casca de chuchu apresentaram ácido fítico abaixo do limite de detecção de 1,39 mg g^{-1} (Figuras 23 a 28).

A qualidade dos minerais presentes nas amostras com concentração elevada de ácido fítico pode estar comprometida. Por outro lado, mesmo perante os efeitos nutricionais negativos ao homem, alguns estudos têm demonstrado o efeito benéfico do ácido fítico como agente oxidante, coadjuvante no tratamento de diabetes (OLIVEIRA et al., 2003) e na presença de cânceres (KUMAR et al., 2010).

Em estudo sobre a biodisponibilidade de ferro em feijão, Moura e Canniatti-Brazaca (2006) encontraram valor de 8,03 mg de ácido fítico/mg de amostra para o feijão carioca. Greiner e Konietzny (2006) analisaram cereais e alimentos a base de legumes, obtendo os seguintes valores de ácido fítico: 8,4 a 12,1 mg g^{-1} em flocos de aveia; 8,5 a 17,3 mg g^{-1} em feijões pretos cozidos e 11,2 a 23,4 mg g^{-1} em proteína concentrada de soja.

Mesmo o ácido fítico estando naturalmente presente em cereais e nas leguminosas, contendo aproximadamente 70% do conteúdo de fosfato nestes alimentos, sendo estruturalmente integrado com proteínas e/ou minerais na forma de complexos (ZHOU; ERDMAN, 1995), o consumo de cereais e leguminosas não é desestimulado por pesquisadores e associações de classe.

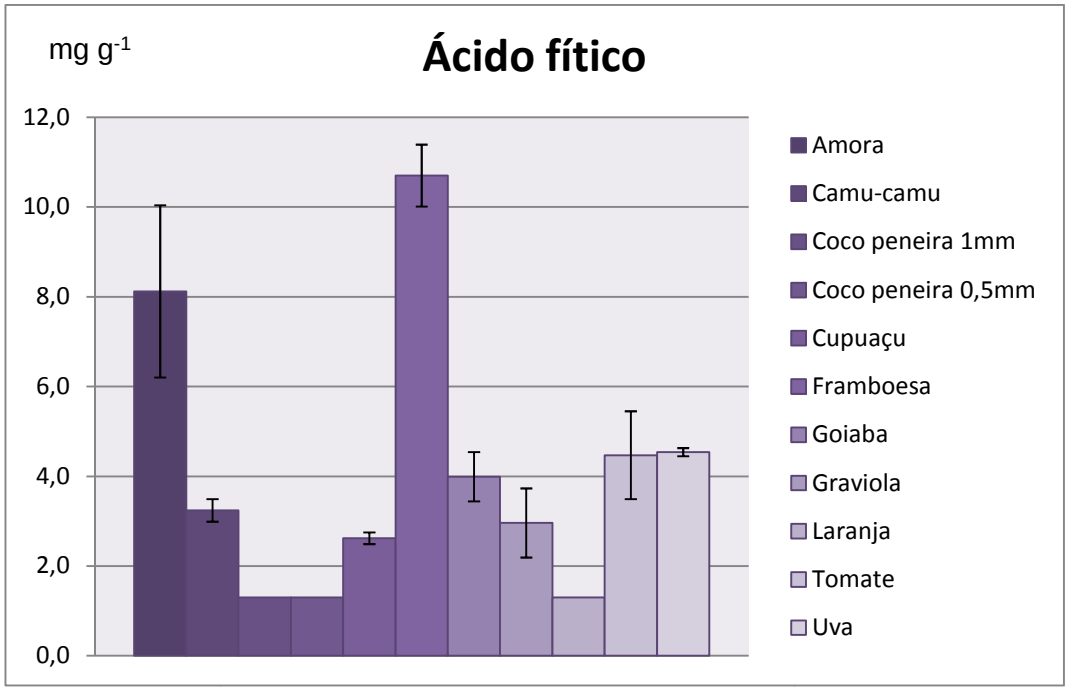


Figura 23 - Concentração média (n=3) e desvio padrão de ácido fítico em bagaços de frutas

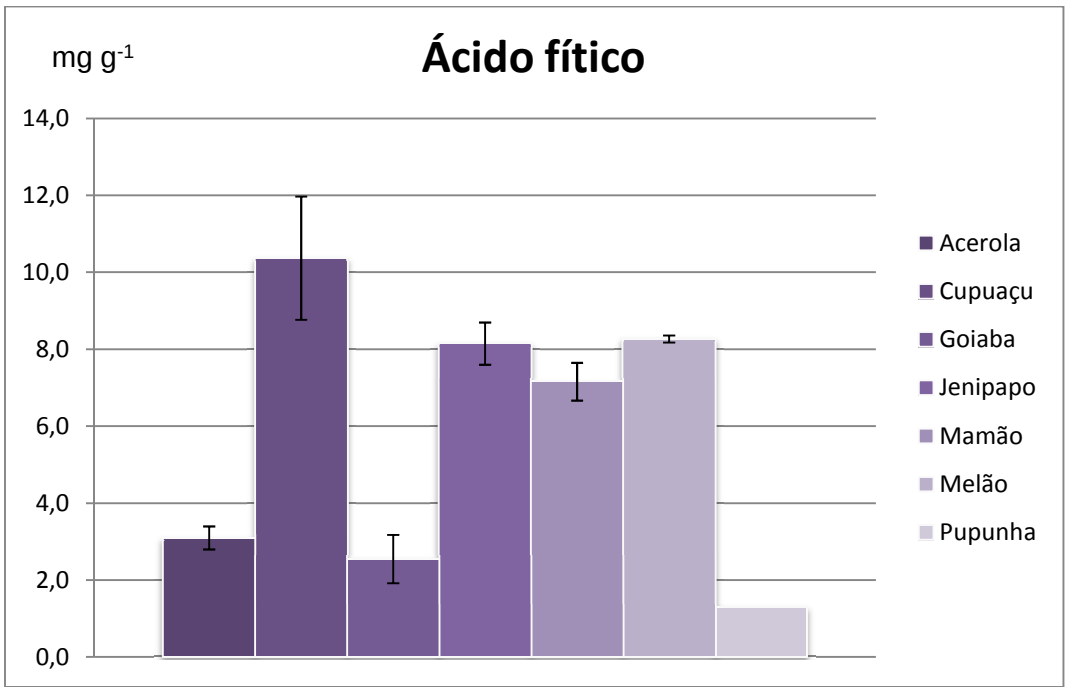


Figura 24 - Concentração média (n=3) e desvio padrão de ácido fítico em sementes de frutas

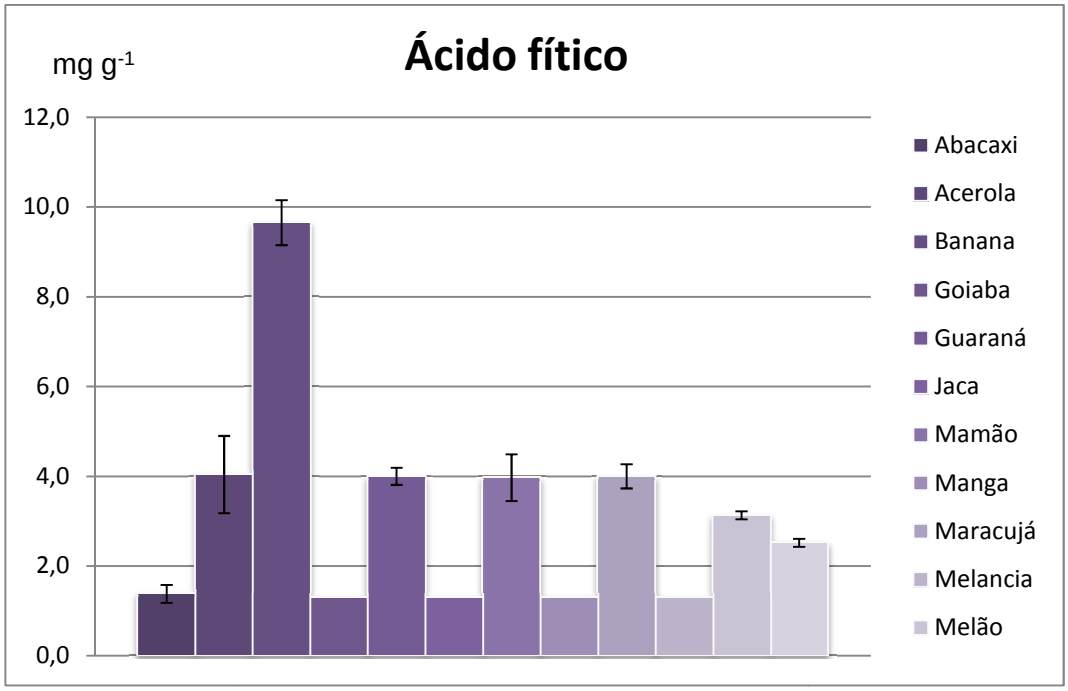


Figura 25 - Concentração média (n=3) e desvio padrão de ácido fítico em cascas de frutas

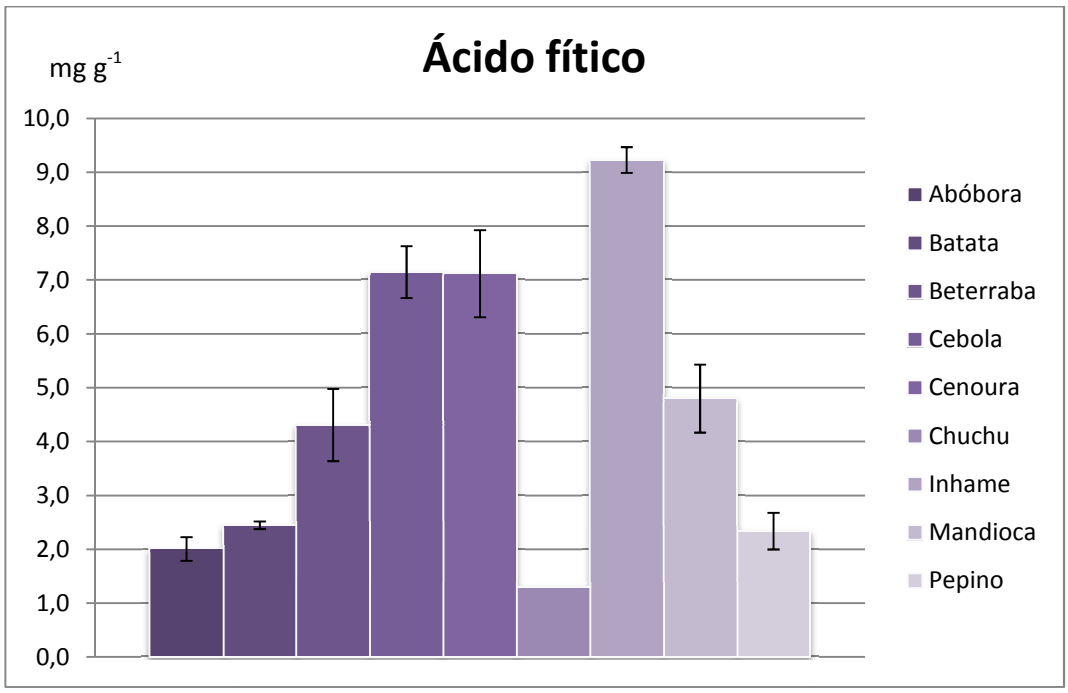


Figura 26 - Concentração média (n=3) e desvio padrão de ácido fítico em cascas de hortaliças

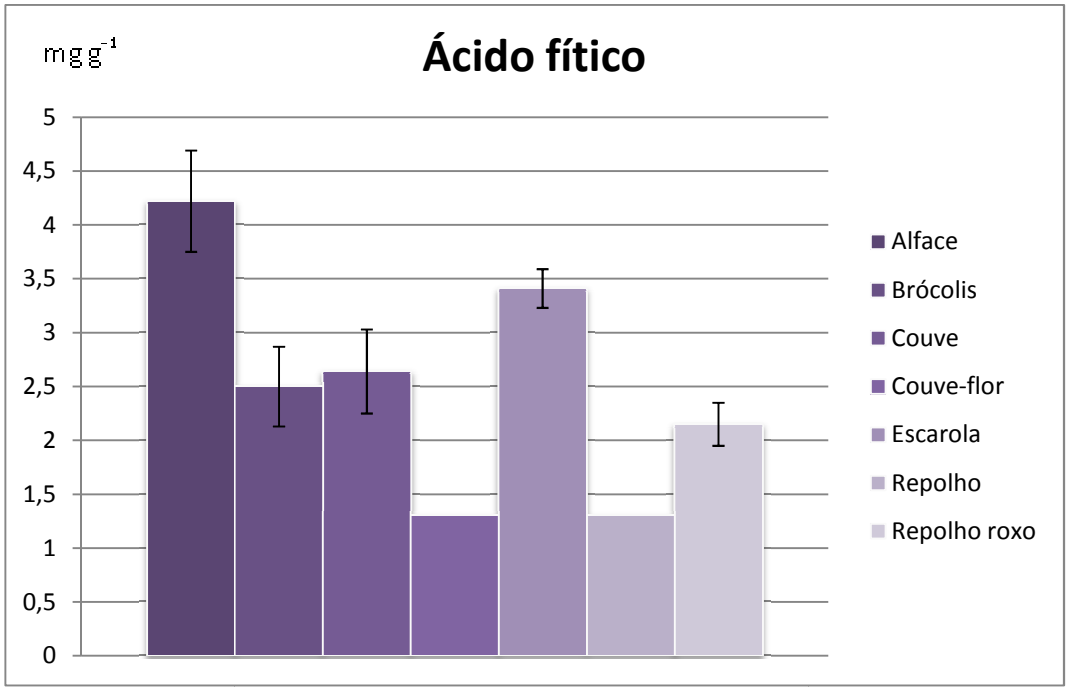


Figura 27 - Concentração média (n=3) e desvio padrão de ácido fítico em talos de hortaliças

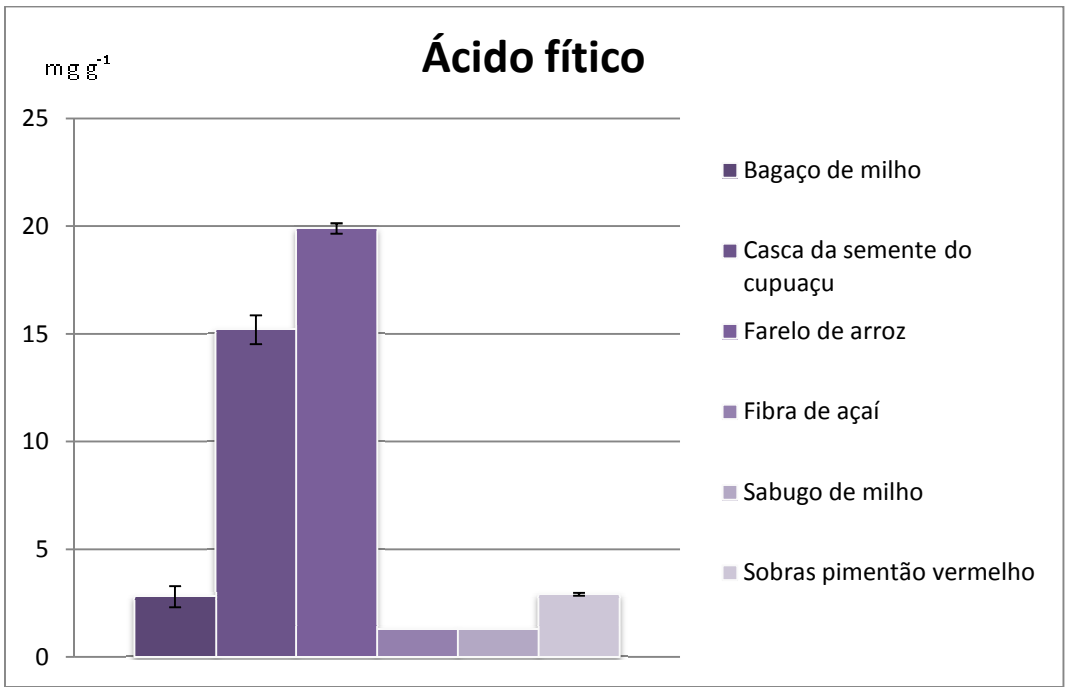


Figura 28 - Concentração média (n=3) e desvio padrão de ácido fítico em amostras variadas

4.5. Taninos

Os compostos ativos mais facilmente encontrados em frutas e vegetais são os compostos fenólicos, que são conhecidos como potentes antioxidantes e antagonistas naturais de patógenos. Estas substâncias encontram-se nos vegetais na forma livre ou ligadas a açúcares e proteínas (CATANEO et al., 2008). Nos alimentos, estes compostos podem influenciar a qualidade sensorial e o valor nutritivo, conferindo atributos como cor, textura, amargor e adstringência. Além disso, os compostos fenólicos são os antioxidantes mais abundantes nos vegetais (EVERETTE et al., 2010).

Os compostos fenólicos são definidos como substâncias que possuem um anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais (SOARES et al., 2008). Além dos ácidos fenólicos e dos flavonoides, considerados como moléculas simples, os taninos também são encontrados em muitas frutas, sendo caracterizado como composto fenólico de alto peso molecular, que precipitam proteínas.

A amostra que apresentou a maior quantidade de taninos foi o bagaço de uva, com concentração de 23,8 mg/g de catequina, como pode ser observado nas Figuras 29 a 34. Segundo Soares et al. (2008), as sementes e casca de uva contêm flavonoides (catequina, epicatequina, procianidinas e antocianinas), ácidos fenólicos e resveratrol, que mostraram ter atividades funcionais.

A uva é popularmente conhecida como fonte de compostos fenólicos e taninos. Nos últimos anos, há um aumento no interesse em antioxidantes naturalmente presentes em alimentos, para utilização em fitoterápicos. O reconhecimento do alto valor de taninos nas uvas está levando ao uso de extratos de semente de uva como suplementação alimentar (CATANEO et al., 2008).

Muitas amostras analisadas apresentaram taninos abaixo do limite de detecção (0,35 mg/ g de catequina), sendo que as cascas de frutas foi o grupo de amostras que apresentou a menor quantidade de taninos.

Os taninos são considerados potentes inibidores da absorção de ferro e de outros minerais, como o zinco e o cálcio. Uma redução de 50 a 70% na absorção de ferro em humanos foi observada por Hurrel et al. (1999), quando bebidas contendo cerca de 20 a 50 mg de polifenóis totais em 275 ml da bebida eram

consumidas. Samman, Sandstrom e Toft (2001) determinaram o efeito de extratos ricos em polifenóis, obtidos a partir de chá verde, na absorção de ferro não-heme, observando que estes podem diminuir a utilização do ferro. Poucos estudos sobre o efeito de polifenóis na absorção de outros nutrientes em outros extratos têm sido observados.

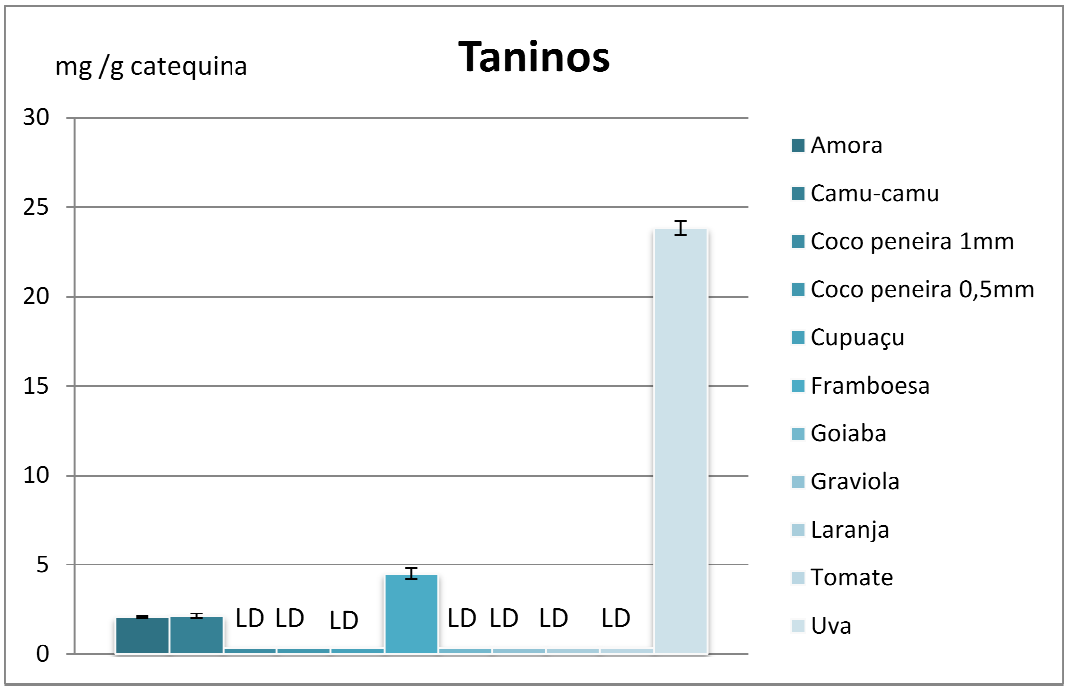


Figura 29 - Concentração média (n=3) e desvio padrão de taninos em bagaços de frutas

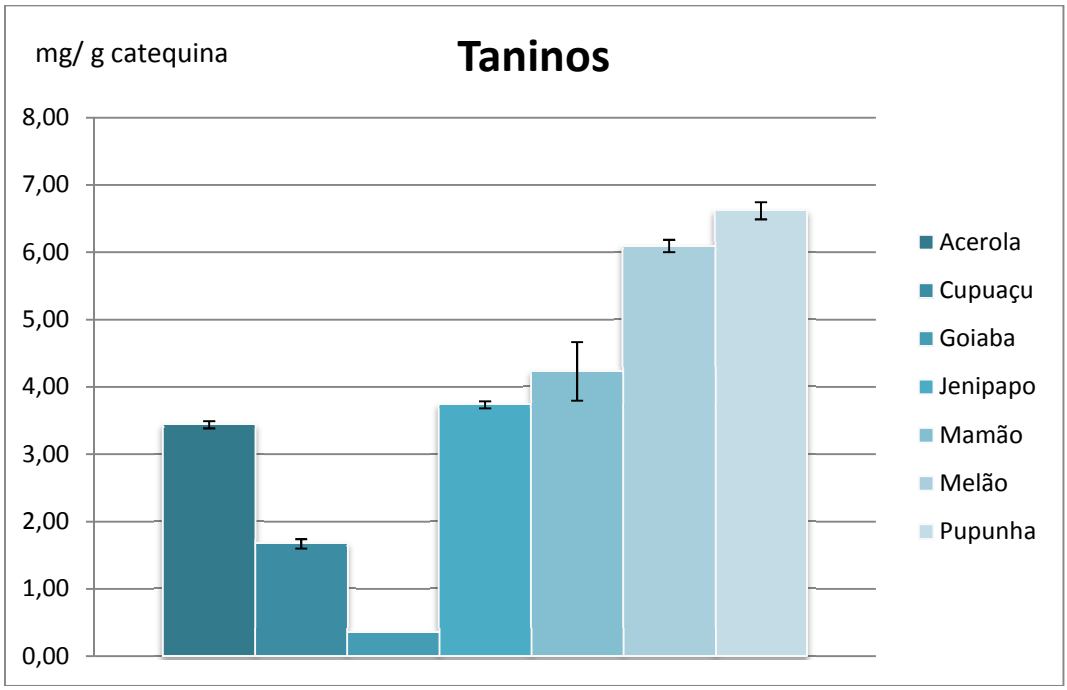


Figura 30 - Concentração média (n=3) e desvio padrão de taninos em sementes de frutas

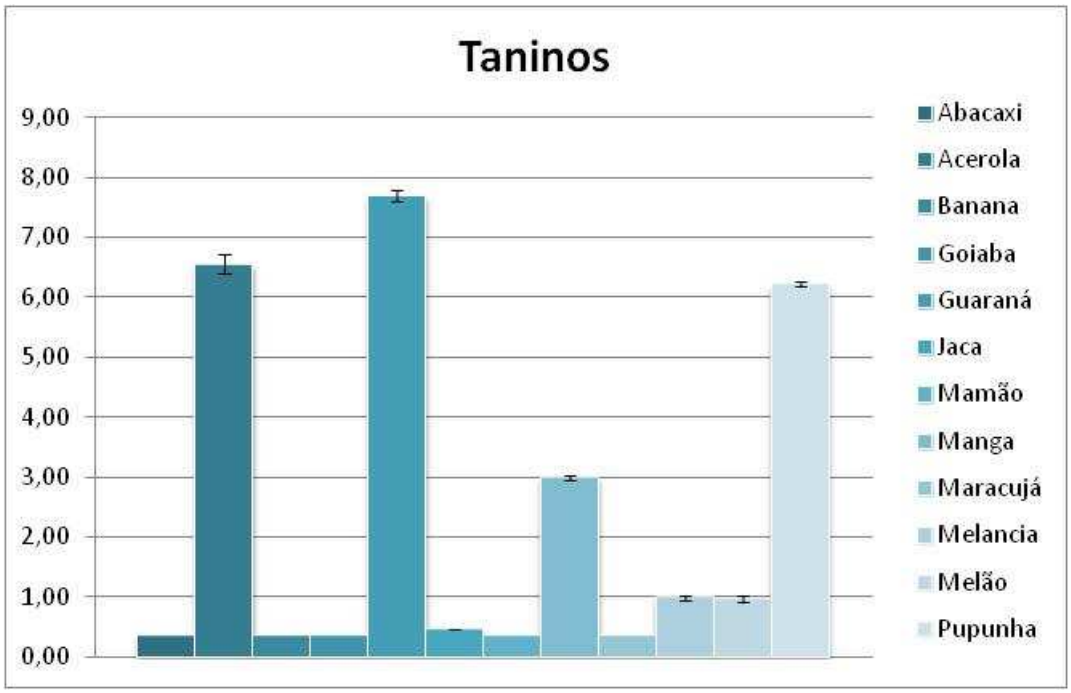


Figura 31 - Concentração média (n=3) e desvio padrão de taninos em cascas de frutas

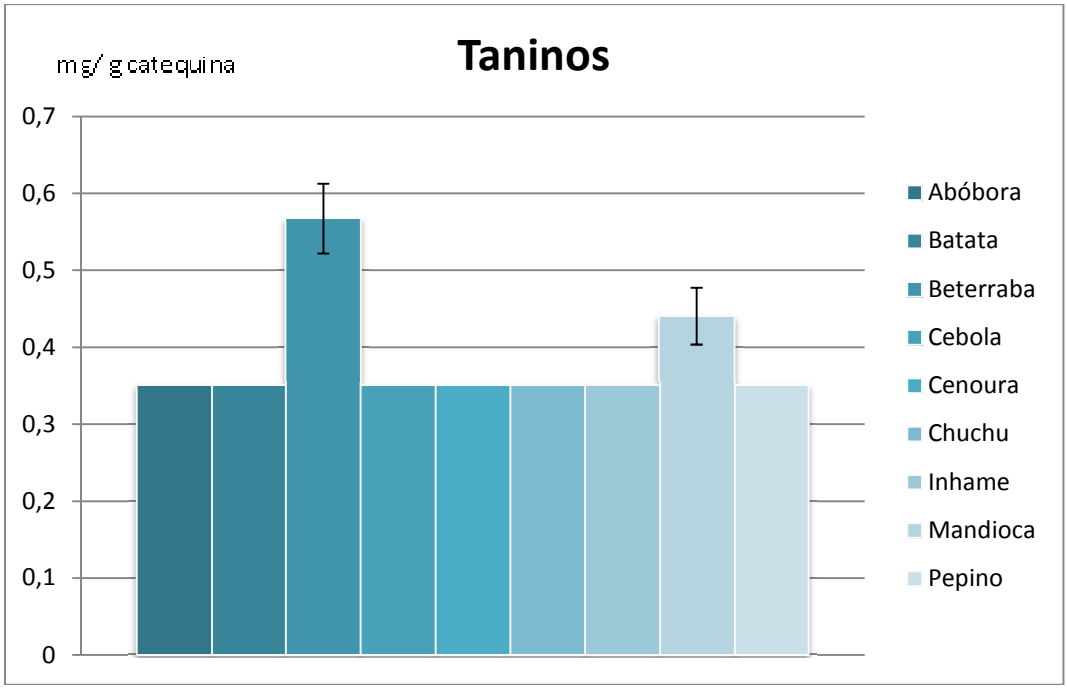


Figura 32 - Concentração média (n=3) e desvio padrão de taninos em cascas de hortaliças

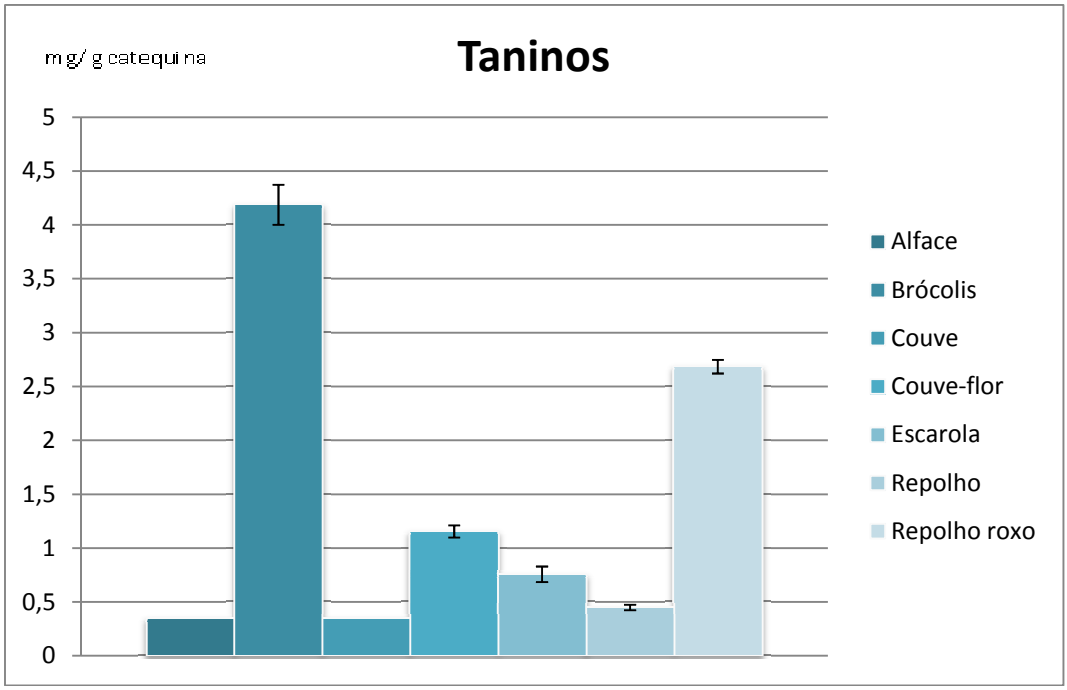


Figura 33 - Concentração média (n=3) e desvio padrão de taninos em talos de hortaliças

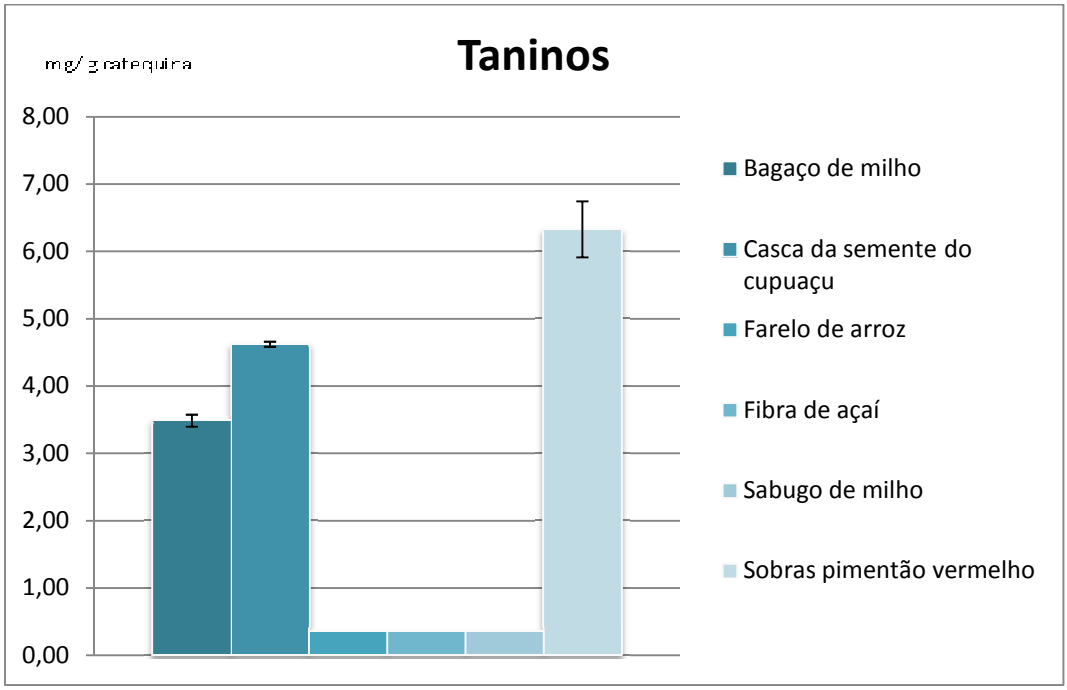


Figura 34 - Concentração média (n=3) e desvio padrão de taninos em Amostras variadas

4.6. Disponibilidade dos minerais *in vitro*

A seguir, nas Tabelas 12 a 17, serão apresentados os valores da disponibilidade de Ca, Fe, K e Zn nas amostras analisadas, obtidos através da diálise *in vitro*. Algumas amostras não puderam ser determinadas (ND), por terem a disponibilidade muito baixa.

Tabela 12 – Média (n=3) e desvio padrão da disponibilidade *in vitro* de Ca, Fe, K e Zn, em porcentagem, em bagaço de fruta

Bagaço	Ca	Fe	K	Zn
Amora	0,97 ± 0,85	ND	3,42 ± 0,71	7,34 ± 5,81
Camu-camu	24,7 ± 1,03	3,11 ± 0,12	3,65 ± 0,03	29,0 ± 1,24
Coco 1,0mm	31,4 ± 3,33	2,34 ± 0,75	4,15 ± 0,08	2,17 ± 1,33
Coco 0,5mm	24,1 ± 3,91	0,51 ± 0,09	3,24 ± 0,24	1,87 ± 0,30
Cupuaçu	16,6 ± 5,63	4,84 ± 1,79	4,15 ± 0,32	32,2 ± 6,76
Framboesa	4,80 ± 0,06	ND	3,87 ± 0,11	22,6 ± 2,59
Goiaba	27,1 ± 1,08	ND	4,70 ± 0,46	24,5 ± 3,54
Graviola	9,17 ± 1,95	4,10 ± 0,80	3,72 ± 0,28	9,67 ± 2,67
Laranja	21,6 ± 0,63	0,69 ± 0,02	6,09 ± 0,08	18,5 ± 1,11
Tomate	6,73 ± 1,75	0,61 ± 0,34	4,65 ± 0,55	6,47 ± 1,19
Uva	3,05 ± 0,17	ND	3,70 ± 0,14	21,7 ± 6,76

Tabela 13 – Média (n=3) e desvio padrão da disponibilidade *in vitro* de Ca, Fe, K e Zn, em porcentagem, em semente de fruta

Semente	Ca	Fe	K	Zn
Acerola	2,40 ± 0,85	1,92 ± 1,06	3,67 ± 0,16	15,6 ± 1,68
Cupuaçu	1,85 ± 0,68	4,82 ± 0,81	3,51 ± 0,48	24,7 ± 5,30
Goiaba	2,16 ± 0,77	ND	4,58 ± 0,41	3,17 ± 0,09
Jenipapo	14,0 ± 20,6	2,55 ± 1,84	3,51 ± 0,14	8,67 ± 7,25
Mamão	5,52 ± 0,68	0,36 ± 0,02	3,81 ± 0,05	2,53 ± 0,40
Melão	28,0 ± 1,36	8,67 ± 1,24	3,78 ± 0,03	26,4 ± 1,63
Pupunha	3,16 ± 0,15	2,85 ± 0,75	4,36 ± 0,21	24,4 ± 6,71

Tabela 14 – Média (n=3) e desvio padrão da disponibilidade *in vitro* de Ca, Fe, K e Zn, em porcentagem, em casca de fruta

Casca	Ca	Fe	K	Zn
Abacaxi	27,4 ± 0,93	4,53 ± 1,16	4,23 ± 0,16	33,2 ± 0,31
Acerola	1,26 ± 0,07	0,19 ± 0,05	1,80 ± 0,23	6,36 ± 0,49
Banana	0,21 ± 0,22	ND	2,86 ± 0,12	9,09 ± 0,67
Goiaba	16,4 ± 1,51	ND	5,06 ± 0,39	26,5 ± 3,57
Guaraná	9,82 ± 0,50	1,60 ± 0,16	4,23 ± 0,13	27,2 ± 2,63
Jaca	5,12 ± 1,37	ND	2,04 ± 0,26	7,88 ± 1,76
Mamão	18,9 ± 1,04	11,3 ± 0,67	3,68 ± 0,06	31,6 ± 1,32
Manga	16,3 ± 0,02	ND	2,81 ± 0,22	12,9 ± 0,50
Maracujá	10,3 ± 0,55	3,83 ± 0,19	2,66 ± 0,06	11,3 ± 0,56
Melancia	9,84 ± 1,00	0,64 ± 0,18	1,98 ± 0,15	8,79 ± 0,78
Melão	26,8 ± 0,56	3,25 ± 0,22	3,42 ± 0,11	20,4 ± 0,61
Pupunha	8,41 ± 0,67	10,9 ± 0,34	4,34 ± 0,14	38,4 ± 3,21

Tabela 15 – Média (n=3) e desvio padrão da disponibilidade *in vitro* de Ca, Fe, K e Zn, em porcentagem, em casca de hortaliças

Casca	Ca	Fe	K	Zn
Abóbora	10,5 ± 0,65	1,42 ± 0,22	2,35 ± 0,03	46,1 ± 2,00
Batata	10,3 ± 1,69	8,49 ± 1,61	4,31 ± 0,05	40,7 ± 0,50
Beterraba	1,25 ± 0,19	0,60 ± 0,12	3,53 ± 0,08	4,00 ± 0,65
Cebola	5,78 ± 0,73	ND	2,62 ± 0,29	6,94 ± 1,48
Cenoura	2,75 ± 0,78	ND	1,77 ± 0,24	2,89 ± 1,01
Chuchu	4,13 ± 0,85	0,12 ± 0,18	1,98 ± 0,12	9,70 ± 0,85
Inhame	ND	1,31 ± 1,23	4,49 ± 0,22	15,1 ± 6,86
Mandioca	7,56 ± 0,35	0,33 ± 0,04	4,46 ± 0,02	20,4 ± 0,85
Pepino	6,16 ± 0,94	ND	1,81 ± 0,23	5,26 ± 0,67

Tabela 16 – Média (n=3) e desvio padrão da disponibilidade *in vitro* de Ca, Fe, K e Zn, em porcentagem, em talo de hortaliças

Talo	Ca	Fe	K	Zn
Alface	3,07 ± 0,18	0,04 ± 0,02	2,24 ± 0,40	6,86 ± 1,16
Brócolis	16,3 ± 2,38	0,05 ± 0,01	3,73 ± 0,23	11,9 ± 1,50
Couve	8,14 ± 3,72	ND	2,15 ± 0,59	3,27 ± 0,99
Couve-flor	9,67 ± 2,10	0,13 ± 0,12	1,91 ± 0,18	6,92 ± 1,07
Escarola	6,8 ± 0,69	ND	1,82 ± 0,12	4,72 ± 0,39
Repolho	8,24 ± 0,34	0,48 ± 0,09	1,36 ± 0,08	6,86 ± 1,29
Repolho roxo	9,68 ± 0,59	ND	2,06 ± 0,05	8,14 ± 0,24

Tabela 17 – Média (n=3) e desvio padrão da disponibilidade *in vitro* de Ca, Fe, K e Zn, em porcentagem, em amostras variadas

Outros	Ca	Fe	K	Zn
Bagaço de milho	ND	1,59 ± 0,98	3,76 ± 0,05	12,9 ± 1,01
Casca da semente do cupuaçu	ND	6,02 ± 0,49	5,04 ± 0,51	27,5 ± 3,29
Farelo de arroz	ND	ND	3,19 ± 0,10	ND
Fibra de açaí	13,8 ± 8,61	0,78 ± 0,33	3,49 ± 0,97	13,7 ± 4,28
Sabugo de milho	ND	1,57 ± 0,13	3,45 ± 0,08	15,0 ± 0,72
Sobras de pimentão vermelho	16,4 ± 3,79	10,2 ± 3,13	2,82 ± 0,11	12,7 ± 2,34

4.6.1. Cálcio

Dentre os subprodutos de frutas, os bagaços de amora, framboesa, tomate e uva, as cascas de acerola, banana e jaca e as sementes (com exceção da semente de melão e de jenipapo) apresentaram os menores valores de cálcio disponível. Já dentre as amostras de subprodutos vegetais, a que apresentou maior quantidade de cálcio disponível foi o talo de brócolis. Isto corrobora que, quando se avalia a fonte de cálcio, a quantidade de cálcio presente em si é tão importante quanto a sua disponibilidade (WEAVER; HEANEY, 1991).

A casca de inhame, o bagaço e o sabugo de milho, a casca da semente do cupuaçu e o farelo de arroz não apresentaram cálcio disponível, mesmo tendo cálcio total em sua composição química. Provavelmente, outros compostos naturalmente presentes nesses alimentos estão atuando como inibidores da absorção de cálcio.

O ácido oxálico é o inibidor mais potente da absorção do Ca. Este mineral pode ser pobremente absorvido quando presente em alimentos ricos em ácido oxálico (como espinafre, batata-doce e feijão). A absorção do espinafre é de apenas 5%, comparada com 27% do leite (OTTEN; HELLWIG; MEYERS, 2006).

Alimentos ricos em ácido fítico (como feijão cru, sementes, castanhas, grãos e isolados de soja) também apresentam baixa absorção de Ca. Porém, mesmo os grãos de soja contendo grande quantidade de ácido fítico, a absorção do Ca desta leguminosa é relativamente alta quando comparada com outros alimentos ricos em ácido fítico (OTTEN; HELLWIG; MEYERS, 2006). As fibras solúveis em frutas e vegetais afetam negativamente a absorção do mineral, entretanto em proporção menor que as insolúveis, predominantes em cereais, incluindo celulose, lignina e algumas hemiceluloses (SILVA; COZZOLINO, 2005).

4.6.2. Ferro

De modo geral, a quantidade de ferro disponível nas amostras foi baixa, sendo que as cascas de mamão e pupunha e as sobras de pimentão vermelho tiveram os maiores valores, 11,3, 10,9 e 10,2, respectivamente. Muitas amostras apresentaram nenhuma ou pequena quantidade de ferro disponível, como, por exemplo, os talos de hortaliças. Mesmo as amostras com alta quantidade de ferro total, como o talo de alface e o bagaço de laranja, por exemplo, apresentaram o ferro disponível baixo, sinalizando que alguns compostos estão agindo como inibidores da absorção de ferro.

Em estudo sobre disponibilidade de ferro, Machado et al. (2005) obtiveram valores de 2,45 e 1,97 de ferro dialisável para cenoura e couve, respectivamente. Devido aos muitos fatores que influenciam a biodisponibilidade do Fe, é estimada uma média de 18% de biodisponibilidade de Fe para adultos, adolescentes e crianças maiores de 1 ano, consumindo uma dieta típica americana, com alguns alimentos à base de carne. Pelo fato das dietas de crianças menores de 1 ano

apresentarem pouca carne e serem ricas em cereais e vegetais, uma biodisponibilidade de 10% é esperada. Durante a gravidez, a absorção do Fe é de 25% (OTTEN; HELLWIG; MEYERS, 2006). A biodisponibilidade de Fe em alimentos é muito variável por ser um elemento encontrado sob diferentes formas nos alimentos.

O Fe-heme, presente nas carnes, aves e peixe, é geralmente muito bem absorvido pelo organismo e fracamente influenciado por outros fatores da dieta, como a presença de facilitadores e/ou inibidores (OTTEN; HELLWIG; MEYERS, 2006). A absorção desta forma de Fe também é menos influenciada pelo estado nutricional do indivíduo. Em dietas mistas, a absorção do Fe-heme pode chegar a 15 - 20% (HENRIQUES; COZZOLINO, 2005). Já o ferro não-heme é o ferro inorgânico Fe^{3+} e encontra-se presente em hortaliças, cereais e leguminosas (SANT'ANA et al., 2006). A absorção deste Fe é fortemente influenciada pela solubilidade e interação com outros componentes da refeição que podem promover ou inibir a absorção (OTTEN; HELLWIG; MEYERS, 2006).

De modo geral, 5% a 10% do ferro alimentar são absorvidos por indivíduos com estado nutricional adequado em relação a este mineral. Entretanto, a absorção é maior na deficiência, tendo-se verificado valores em redor de 30% nessa condição (HENRIQUES; COZZOLINO, 2005).

Em estudo sobre biodisponibilidade de ferro de dietas mistas em humanos utilizando radioisótopos, verificou-se que os fatores relacionados com a dieta explicam uma variação na absorção de 16%, tendo maior influência as carnes em geral, o ácido fítico e a vitamina C (REDDY; HURRELL; COOK, 2000).

4.6.3. Potássio

Os valores de potássio disponível variaram pouco entre as amostras, apresentando valores entre 1,36% no talo de repolho, até 5,06% na casca de goiaba. Pouco se sabe sobre os fatores que interferem na disponibilidade de potássio.

4.6.4. Zinco

O zinco foi o mineral que apresentou os maiores valores de fração disponível. O bagaço de cupuaçu e as cascas de abacaxi, abóbora, batata e mamão tiveram mais de 30% de zinco disponível. Os menores valores ficaram com os bagaços de coco. Apenas o farelo de arroz não apresentou qualquer quantidade de zinco disponível, provavelmente devido à grande quantidade de ácido fítico presente na amostra.

A importância biológica do zinco está na existência de um mecanismo homeostático que regula a quantidade deste elemento absorvida pelo trato gastrintestinal, sua captação celular, distribuição entre os compartimentos intracelulares e macromoléculas, bem como sua excreção pelos rins e pele (YUYAMA et al., 2005).

O Zn pode estar presente na dieta associado a moléculas orgânicas (como proteínas, fitatos e carboidratos) ou na forma de sais inorgânicos. A absorção deste mineral no estômago é mínima, ocorrendo principalmente no intestino delgado (YUYAMA et al., 2005).

Substâncias orgânicas solúveis de baixo peso molecular, como aminoácidos, podem agir como ligantes, unindo o zinco e facilitando sua absorção. Por sua vez, os compostos orgânicos que formam complexos estáveis e pouco solúveis com o Zn e outros íons com propriedades físico-químicas semelhantes (como o cádmio), quando presentes em excesso, podem diminuir a entrada do Zn na célula, seu transporte intestinal, e, portanto, sua absorção (YUYAMA et al., 2005).

4.7. Biodisponibilidade de ferro pelo sistema de células Caco-2

Os resultados obtidos no sistema de células Caco-2, em ng ferritina/µg proteína podem ser observados na Tabela 18 e na Figura 35. A casca de pepino foi a que apresentou a maior biodisponibilidade de ferro: a quantidade de ferritina presente foi a mesma encontrada no controle de Fe. Quando o ferro foi adicionado na casca de pepino, o resultado obtido foi estatisticamente igual ao controle Fe+AA, sugerindo que compostos presentes na casca de pepino estejam aumentando a absorção de ferro, assim como o ácido ascórbico.

As amostras de casca de abóbora, jaca e inhame, sem adição de Fe, apresentaram uma pequena quantidade de ferritina. A casca de abóbora, quando adicionada de Fe, apresentou a mesma quantidade de ferritina que o controle de Fe, sugerindo que os compostos presentes na casca de abóbora não inibiram nem aumentaram a absorção de Fe pelas células.

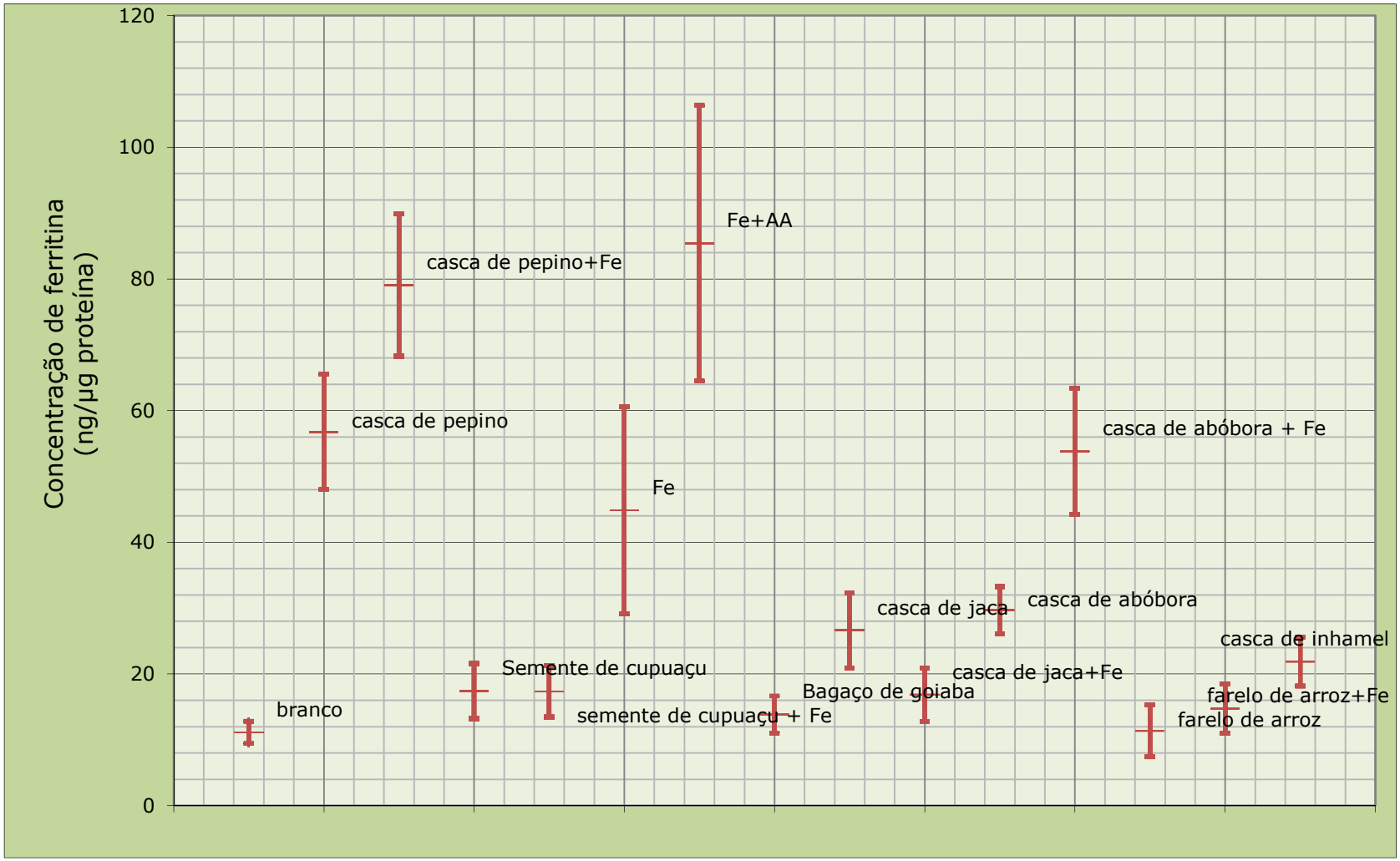
A casca de semente de cupuaçu e o farelo de arroz apresentaram uma quantidade inexpressiva de ferritina, inclusive quando adicionados de ferro. Este fato sugere que compostos presentes nessas amostras estão inibindo a absorção de ferro, portanto não devem ser consumidas juntamente com refeições ricas nesse elemento.

Tabela 18 - Concentração de ferritina em proteína (ng μg^{-1}) nas amostras analisadas pelo sistema de células Caco-2 (média, desvio padrão e teste de Tukey)

Amostras	N	Média	DV	Tukey
Fe+AA	14	85,47	9,68	A
Casca de pepino + Fe	18	79,11	5,12	A
Casca de pepino	18	56,81	4,14	B
Casca de abóbora + Fe	18	53,85	4,53	B
Fe	14	44,90	7,29	B
Casca de abóbora	18	29,73	1,70	C
Casca de jaca	18	26,66	2,72	C
Casca de inhame	6	21,92	1,45	C
Casca da semente de cupuaçu	18	17,44	1,98	D
Casca da semente de cupuaçu + Fe	18	17,39	1,84	D
Casca de jaca + Fe	6	16,88	1,58	D
Farelo de arroz + Fe	18	14,75	1,77	D
Casca de goiaba	6	13,87	1,10	D
Farelo de arroz	12	11,40	1,80	E
Branco	14	11,16	0,79	E

Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa (95% de confiança)

Figura 35 - Concentração de ferritina em proteína (ng μg^{-1}) nas amostras analisadas pelo sistema de células Caco-2



4.8. Correlação de ácido fítico com biodisponibilidade de minerais

Tabela 19 - Coeficiente de correlação da disponibilidade de minerais com demais fatores

	Disp. Ca	Disp. Fe	Disp. K	Disp. Zn
Cinzas	-0,091	-0,194	-0,297	-0,266
	0,269	**0,017**	**0,0002**	**0,001**
Fibra insolúvel	-0,014	-0,351	0,098	-0,123
	0,867	**<0.0001**	0,230	0,132
Fibra solúvel	-0,078	-0,115	-0,291	-0,236
	0,340	0,160	**0,0003**	**0,004**
Fibra total	-0,033	-0,385	0,028	-0,183
	0,686	**<0.0001**	0,732	**0,025**
Ácido fítico	-0,333	0,025	0,067	-0,077
	<0.0001	0,758	0,413	0,351
Tanino	-0,256	0,074	-0,017	0,179
	0,002	0,369	0,838	**0,028**
Disp. Ca	1,000	0,281	0,176	0,238
		0,001	0,030	0,003
Disp. Fe	0,281	1,000	0,268	0,570
	0,001		**0,001**	**<0.0001**
Disp. K	0,176	0,268	1,000	0,433
	0,030	**0,001**		**<0.0001**
Disp. Zn	0,238	0,570	0,433	1,000
	0,003	**<0.0001**	**<0.0001**	

Para que a correlação seja significativa, com 95% de confiança, o valor do coeficiente precisa ser menor ou igual a 0,05. Para saber a qualidade desta correlação deve ser utilizado o coeficiente de Pearson. Como pode ser observado na Tabela 19, nenhuma correlação forte foi encontrada entre a disponibilidade de minerais e os demais fatores.

As quantidades de cinzas e fibras apresentaram correlação entre baixa e muito baixa com a disponibilidade de Fe, K e Zn. Em relação às fibras,

provavelmente a quantidade total de minerais pode interferir negativamente na disponibilidade destes nutrientes, ou seja, quanto maior o valor de minerais totais, menor a quantidade de Fe, K e Zn disponível.

O ácido fítico apresentou apenas fraca correlação negativa com a disponibilidade de cálcio. Já a quantidade de taninos apresentou correlação negativa com a disponibilidade de Ca e positiva com a disponibilidade de Zn. Nenhum desses nutrientes foi correlacionado com o ferro, provavelmente porque existem outros fatores desconhecidos atuando sobre a disponibilidade deste mineral.

5. CONCLUSÃO

- ✓ A análise por ativação neutrônica permitiu a determinação dos elementos químicos Br, Ca, Co, Cr, Cs, Fe, K, La, Na, Rb, Sc e Zn. Desses 10 elementos, 7 são essenciais ao organismo humano. Assim sendo, a presente caracterização mineral pode ser considerada abrangente
- ✓ De um modo geral, as frutas e vegetais analisados apresentaram maiores concentrações dos elementos químicos nos subprodutos do que na polpa em si, quando comparados com dados da literatura
- ✓ Os elementos Fe, La e Sc indicaram contaminação por terra em algumas amostras, em especial bagaço de frutas, talos de vegetais e cascas de frutas e vegetais. Provavelmente, a lavagem destes subprodutos não está sendo eficiente nas agroindústrias, porém não é possível saber se isto afeta só os resíduos ou os produtos finais também
- ✓ Em relação à composição centesimal, as amostras, de modo geral, contêm alto teor de fibras e proteína e baixo teor de lipídeos e valor calórico
- ✓ As amostras de farelo de arroz, casca da semente de cupuaçu, semente de cupuaçu e bagaço de framboesa apresentaram as concentrações mais elevadas de ácido fítico. Este antinutriente pode quelar os minerais presentes na amostras, inibindo sua disponibilidade.
- ✓ Algumas amostras de bagaços e cascas de frutas e a casca de chuchu apresentaram teor de ácido fítico baixo ou inferior ao limite de detecção em sua composição

- ✓ A casca de uva apresentou o maior teor de taninos entre as amostras, sendo que em muitas delas este fator estava abaixo do limite de detecção
- ✓ As amostras, de modo geral, apresentaram boa disponibilidade *in vitro* de Ca e Zn, porém para Fe e K os valores estiveram abaixo de 10% para a maioria das amostras
- ✓ Na análise de biodisponibilidade através do sistema de células Caco-2, a amostra que apresentou maior quantidade de ferritina foi a casca de pepino, que não apresentou nenhuma porcentagem de ferro disponível pela metodologia *in vitro*. Isso sugere que fatores diferentes são considerados na determinação da (bio)disponibilidade através destas duas análises
- ✓ Não foi encontrada correlação entre a quantidade de ácido fítico determinada e disponibilidade *in vitro* de Fe, K e Zn. Com o cálcio, a correlação existiu, porém é considerada estatisticamente fraca
- ✓ A quantidade de taninos apresentou correlação negativa com a disponibilidade de Ca e positiva com a disponibilidade de Zn
- ✓ Os dados sugerem que os subprodutos agroindustriais são potenciais ingredientes para a indústria alimentícia, podendo agregar valor nutricional a novos produtos. Estudos futuros e mais específicos para cada subproduto devem ser considerados, como análise sensorial e maneiras de aumentar a qualidade nutricional dos subprodutos.

REFERÊNCIAS

ABUD, A.K.S.; NARAIN, N. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.12, n.4, p.257-265, 2009.

ACCIOLY, E.; LACERDA, E.M.A.; ENGSTROM, E.M. Aspectos fisiopatológicos e epidemiológicos da deficiência de Ferro. In: RAMALHO, A. **Fome Oculta: diagnóstico, tratamento e prevenção**. Editora Atheneu, 2009. Cap. 2.2, pag. 33-43.

ALFASSI, Z.B. **Chemical analysis by nuclear methods**, John Wiley & Sons, 1994. 556p.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). **Official Methods of Analysis.** 18 ed. Washington DC USA, 2006.

BACCHI, M.A.; FERNANDES, E.A.N.; OLIVEIRA, H.A. Brazilian experience on k_0 standardized neutron activation analysis. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, Budapest, v.245, n.1, p.217-222, 2000.

BACCHI, M.A.; FERNANDES, E.A.N. Quantu – design and development of a software package dedicated to k_0-standardized INAA. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, Budapest, v.257, n.3, p.577-582, 2003.

BACCHI M.A.; FERNANDES, E.A.N.; TSAI, S.M.; SANTOS, L.G.C. Conventional and organic potatoes: Assessment of elemental composition using k_0-INAA. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry,** Budapest, v.259, n.3, p. 421-424, 2004.

BIANCHI, M.L.P.; SILVA, H.C.; OLIVEIRA, J.E.D. Considerações sobre a disponibilidade de ferro dos alimentos. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Venezuela, v.42, n.2, p.94-100. 1992.

BLACK, M.M. Zinc deficiency and child development. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.68(suppl), p.464S-469S, 1998.

BODE, P.; FERNANDES, E.A.N.; GREENBERG, R.R. Metrology for chemical measurements and the position of INAA. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, Budapest, v.245, n.1, p.109-114, 2000.

BODE, P.; GREENBERG, R.R.; FERNANDES, E.A.N. Neutron activation analysis: a primary (ratio) method to determine SI-traceable values of element content in complex samples. **Chimia**, Zurick, v.63, n.10, p.1-3, 2009.

BRADFORD, M.M. Rapid and sensitive method for the quantitaion of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry, v.72, p.248-254, 1976.

BRASIL. Ministério da Saúde. **12ª Conferência Nacional da Saúde**. Relatório Final. Editora MS. Brasília. 232p. 2004a.

BRASIL. Ministério da Saúde. **13ª Conferência Nacional da Saúde.** Relatório Final. Editora MS. Brasília. 246p. 2008.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Política Nacional de Alimentação e Nutrição.** Brasília, 2004b.

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MEASURES – BIPM. Consultative committee for amount of substance: metrology in chemistry – CCQM. In: **MEETING OF THE COMMITTEE FOR WEIGHTS AND MEASURES**, 13, 2007, Sèvres, p.7-9.

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MEASURES – BIPM. **International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms – VIM**. 3. Ed. Sèvres: JCGM 200, 2008. 90p.

CATANEO, C.B.; CALIARI, V.; GONZAGA, L.V.; KUSKOSKI, E.M.; FETT, R. Atividade antioxidante e conteúdo fenólico do resíduo agroindustrial da produção de vinho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.29, n.1, p.93-102, 2008.

CARPENTER, C.E.; MAHONEY, A.W. Contributions of heme and nonheme iron to human nutrition. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Philadelphia, v.31, n.4, p.333-367, 1992.

COOK, J.D.; REDDY, M.B.; BURRI, J.; JUILLERAT, M.A.; HURRELL, R.F. The influence of different cereal grains on iron absorption from infant cereal foods. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.65, p.964-969, 1997.

COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. Editora Manole. 3ª edição. 2009.

COZZOLINO, S.M.F.; MICHELAZZO, F.B. Biodisponibilidade: conceitos, definições e aplicabilidade. In: COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. Editora Manole. 3ª edição, 2009. Capítulo 1, p.3-11, 2009.

DAMIANI, C.; SILVA, F.A.; RODOVALHO, E.C.; BECKER, F.S.; ASQUIERI, E.R.; OLIVEIRA, R.A.; LAGE, M.E. Aproveitamento de resíduos vegetais para produção de farofa temperada. **Alimentos e nutrição**, Araraquara, v.22, n.4, p.657-662, 2011.

DAMIANI, C.; VILAS BOAS, E.V.B.; SOARES JUNIOR, M.S.; CALIARI, M.; PAULA, M.L.; PEREIRA, D.E.P.; SILVA, A.G.M. Análise física, sensorial e microbiológica de geleias de manga formuladas com diferentes níveis de cascas em substituição à polpa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.5, p.1418-1423, 2008.

DAVIDSSON, L.; GALAN, P.; CHEROUVRIER, F.; KASTENMAYER, P.; JUILLERAT, M.; HERCBERG, S.; HURRELL, R. Bioavailability in infants of iron from infant cereals: effect of dephytinization. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.65, p.916-920, 1997.

DE CORTE, F. The standardization of standardless NAA. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, Budapest, v.248, n.1, p.13-20, 2001.

DUARTE, V. **Nutrição e obesidade**. Porto Alegre: Artes e Ofícios, 2001.

EHMANN, W.D.; VANCE, D.E. **Radiochemistry and nuclear methods of analysis**, Amsterdam: John Wiley & Sons, 1991. 531p.

EVERETTE, J.D.; BRYANT, Q.M.; GREEN, A.M.; ABBEY, Y.A.; WANGILA, G.W.; WALKER, R.B. Through study of reactivity of various compound classes toward the Folin-Ciocalteou reagent. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.58. p.8; 139-148, 2010.

FACHINELLO, J.C.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E. **Fruticultura: fundamentos e práticas.** Pelotas: Editora UFPEL, 1996. 311p.

FAIRWEATHER-TAIT, S.J. Bioavailability of trace elements. **Food Chemistry**, Oxford, v.43, p.213-217, 1992.

FELIPE, E.M.F.; COSTA, J.M.C.; MAIA, G.A.; HERNANDEZ, F.F.H. Avaliação da qualidade de parâmetros minerais de pós-alimentícios obtidos de casca de manga e maracujá. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.17, n.1, p.79-83, 2006.

FERNANDES, A.F.; PEREIRA, J.; GERMANI, R.; OIANO-NETO, J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (Solanum Tuberosum Lineu). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28 (supl.), p.56-65, 2008.

FERNANDES, E.A.N. Scandium tracer in the sugar and alcohol agroindustry. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, Budapeste, v.168, n.1, p. 41-46, 1993.

FOMON, S.J.; NELSON, S.E. Calcium, phosphorous, magnesium and sulfur. In: Fomon, S.J. (ed). **Nutrition of Normal Infants**. St Louis: Mosby, 1993.p 192-218.

FRANÇA, E.J.; FERNANDES, E.A.N.; BACCHI, M.A. Ni-Cr alloy as neutron flux monitor: composition and homogeneity assessment by NAA. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, Budapest, v.257, n.1, p.113-115, 2003.

FRANÇA, E.J. **A biomonitoração da Mata Atlântica na conservação da biodiversidade: Espécies arbóreas nativas acumuladoras de elementos químicos.** 2006. 362p. Tese (Doutorado Direto em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

FRONTELA, C.; ROS, G.; MARTÍNEZ, C. Iron and calcium availability from digestion of infant cereals by Caco-2 cells. **European Food Research and Technology**, Germany, v.228, p.789-797, 2009.

GARCÍA-CASAL, M.N.; LAYRISSE, M.; SOLANO, L. et al. Vitamin A and β-carotene can improve nonheme iron absorption from rice, wheat and corn by humans. The **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.128, n.3, p.646-650, 1998.

GARCIA, M.N.; FLOWERS, C.; COOK, J.D. The Caco-2 cell culture system can be used as a model to study food iron availability. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.126, p.251-258, 1996.

GIUGLIANO, R. **Fundamentos de Nutrição**. 1ed. Brasília: Universa, 1999, v1, 73p.

GLAHN, R.P.; LAI, C.; HSU, J.; THOMPSON, J.F.; GUO, M.; VAN CAMPEN, D.R. Decreased citrate improves iron availability from infant formula: Application of an in vitro digestion/ Caco-2 cell culture model. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 128, p. 257-264, 1998.

GONDIM, J.A.M.; MOURA, M.F.V.; DANTAS, A.S.; MEDEIROS, R.L.S.; SANTOS, K.M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.4, p.825-827, 2005.

GREENBERG, R.B.; BODE, P.; FERNANDES, E.A.N. Neutron activation analysis: a primary method of measurement. **Spectrochimica Acta Part B**, Oxford, v. 66, p. 193–241, 2011.

GREINER, R. KONIETZNY, U. Phytase for food application. **Food Technology and Biotechnology**, v.44, n.2, p.125-140, 2006.

GRYNSPAN F.; CHERYAN, M. Phytate-calcium interactions with soy protein. **Journal of the American Oil Chemistry Society,** New York, v. 66, n. 1, p. 93-97, 1989.

HELBIG, E.; OLIVEIRA, A.C.O.; QUEIROZ, K.S.; REIS, S.M.P. Effect of soaking prior to cooking on the levels of phytate and tannin of the common bean (Phaseolus vulgaris, L.) and the protein value. **Journal of Nutrition Science and Vitaminology**, Tokyo, v.49, n.2, p.81-86. 2003.

HELBIG, E.; BUCHWEITZ, M.R.D.; GIGANTE, D.P. Análise dos teores de ácidos cianídrico e fítico em suplemento alimentar: multimistura. **Revista de Nutrição**, Campinas. v.21, n.3, p.323-328. 2008.

HENRIQUES, G.S.; COZZOLINO, S.M.F. Ferro. In: COZZOLINO, S.MF. **Biodisponibilidade de nutrientes.** Editora Manole. 3ª Edição.2009. Capítulo 26, p.569-596.

HOUSE, W.A. Trace element bioavailability as exemplified by iron and zinc. **Fields Crops Research**, v.60, p.115-141, 1999.

HURRELL, R.F.; REDDY, M.; COOK, J.D. Inhibition of non-heme iron absorption in man by polyphenolic-containing beverages. **British Journal of Nutrition**, London, v.81, p.289-295, 1999.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY – IAEA. **Practical aspects of operating a neutron activation analysis laboratory**. Vienna: IAEA, 1990. 251p. (IAEA – TECDOC, 564).

ISHIMOTO, F.Y.; HARADA, A.I.; BRANCO, I.G.; CONCEIÇÃO, W.A.S.; COUTINHO, M.R. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis f. var. flavicarpa Deg*.) para produção de biscoitos**. Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava v.9, n.2, p.279-292, 2007.

KABATA-PENDIAS, A.; MUKHERJEE, A. **Trace elements from soil to human**. Springer; 2007.

KOBORI, C.N.; JORGE, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.5, p.1008-1014, 2005.

KUMAR, V.; SINHA, A.K.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Dietary roles of phytate in human nutrition: a review. **Food Chemistry**, Barking, v.120, p.945-959. 2010.

LAUFENBERG, G.; KUNZ, B.; NYSTROEM, M. Transformation of vegetable waste into value added products: (A) the upgrading concept; (B) practical implementarion. **Bioresource Technology**, New York, v.87, p.167-198, 2003.

LAYRISSE, M.; GARCÍA-CASAL, M.N.; SOLANO, L. et al. The role of vitamin A on the inhibitors of nonheme iron absorption: preliminary results. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v.8, n.2, p.61-67, 1997.

LOBO, A.S.; TRAMONTE, V.L.C. Efeitos da suplementação e da fortificação de alimentos sobre a biodisponibilidade de minerais. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.17, n.1, p.107-113, 2004.

LUTEN, J.; CREWS, H.; FLYNN, A. et al. Interlaboratory trial on the determination of the *in vitro* iron dialysability from food. **Journal of Food Science and Agriculture**, Oxford, v.72, p.415-424, 1996.

MACHADO, A.R.; SANTOS, V.S.; ARAÚJO, P.F.; RODRIGUES, R.S. Avaliação físico-química de biscoito elaborado com resíduo de polpa de amora-preta (*Rubus spp*.). In: **Anais do XVII CIC e X ENPOS**, Universidade Federal de Pelotas, 2008.

MACHADO, F.M.V.F. **Disponibilidade de ferro em ovo, cenoura e couve e em suas misturas.** 2005. 88p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

MALUCELLI, M.; NOVELLO, D.; ANDO, N.; ALMEIDA, J.M.; FREITAS, A.R. Avaliação e composição nutricional de nhoque tradicional enriquecido com farinha de resíduo de brócolis (*Brassica oleracea* var. itálica). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.20, n.4, p.553-560, 2009.

MARERO, L.M.; PAYUMO, E.M.; AGUINALDO, A.R.; HOMMA, S. Maltoologosaccharide composition of flours, weaning foods and gruels prepared from germinated rice, corn, mungbean and cowpea. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology,** Tokyo, v.36. 55-64. 1990.

MARTINI, F.C.C**. Comparação entre a disponibilidade de ferro na presença de vitamina A e beta-caroteno em alimentos e medicamentos.** 2002. 113p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MATTOS, L.L.; MARTINS, I.S. Consumo de fibras alimentares em população adulta. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.34, n.1, p. 50-55. 2000.

MIGUEL, A.C.A.; ALBERTINI, S.; BEGIATO, G.F.; DIAS, J.R.P.S.; SPOTO, M.H.F. Aproveitamento agroindustrial de resíduos sólidos provenientes do melão minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.3, p.733-737, 2008.

MOURA, N.C.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Avaliação da disponibilidade de ferro de feijão comum (Phaseolus vulgaris L.) em comparação com carne bovina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.2, p.270-276, 2006.

MULLIGWE, S.E.; KASEVA, M.E. Assessment of industrial solid state wast management and resource recovery practices in Tanzania. **Resources, conservation and recycling**, v.47, p.260-276, 2006.

O'DELL, B.L**.** Bioavailability of trace elements. **Nutrition Reviews**, New York, v.42, p.301-308, 1984.

OKUDA, K. Discovery of vitamin B12 in the liver and its absorption factor in the stomach: a historical review. **Journal of Gastroenterology and Hepatology***,* Melbourne, v. 14, n. 4, p. 301-308, 1999.

OLIVEIRA, A.C.; REIS, S.M.P.M.; CARVALHO, E.M.; PIMENTA, F.M.V.; RIOS, K.R.; PAIVA, K.C.; SOUSA, L.M.; ALMEIDA, M; ARRUDA, S.F. Adições crescentes de ácido fítico à dieta não interferiram na digestibilidade da caseína e no ganho de peso em ratos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.16, n.2, p.211-217. 2003.

OLIVEIRA, L.F.; NASCIMENTO, M.R.F.; BORGES, S.V.; RIBEIRO, P.C.N.; RUBACK, V.R. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (Passiflora edulis F. Flavicarpa) para produção de doce em calda. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n.3, p.259-262. 2002.

OTTEN, J.J.; HELLWIG, J.P.; MEYERS, L.D. **Dietary Reference Intakes (DRI) – The essential guide to nutrient requirements**. Institute of Medicine of the National Academies. The National Academies Press. Washington. 2006. 543p.

PAIVA, A.A.; RONDÓ, P.H.C.; GUERRA-SHINOHARA, E.M. Parâmetros para avaliação do estado nutricional de ferro. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo. v.34, n.4, p.421-426. 2000.

PEREIRA, G.I.S.; PEREIRA, R.G.F.A.; BARCELOS, M.F.P.; MORAIS, A.R. Avaliação química da folha de cenoura visando ao seu aproveitamento na alimentação humana. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.4, p.852-857, 2003.

PRICE, M.L.; HAGERMAN, A.E.; BUTLER, L.G. Tannin content of cowpeas, chickpeas, pigeon peas and mung beans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.28, n.2, p.459-461. 1980.

PRIM, M.B.S. **Análise do desperdício de partes vegetais consumíveis**. 2003. 117p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

REDDY, M.B.; HURRELL, R.F.; COOK, J.D. Estimation of nonheme-iron bioavailability from meal composition. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.71, p.937-943, 2000.

RIBEIRO, M.A.; COZZOLINO, S.M.F. Metodologias para a estimativa da biodisponibilidade de nutrientes. In: COZZOLINO, S.MF. **Biodisponibilidade de nutrientes.** Editora Manole. 3ª Edição. 2009. Capítulo 3, p.46-70.

SAMMAN, S. SANDSTRÖM, B.; TOFT, M.B. Green tea or rosemary extract added to foods reduces nonheme-iron absorption. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.73, n.3, p.607-612, 2001.

SANDSTEAD, H.H.; PENLAND, J.G.; ALCOCK, N.W.; DAYAL, H.H.; XUE, C.C.; JUI, S.L.; FAJI, Z.; JIA, J.Y. Effects of repletion with zinc and other micronutrients on neuropsychologic performance and growth of Chinese children. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.68(suppl), p.470S–475S, 1998.

SANTANA, M.F.S. **Caracterização físico-química de fibra alimentar de laranja e maracujá.** 2005. 188p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

SANT'ANA, L.F.R.; COSTA, N.M.B; OLIVEIRA, M.G.A.; GOMES, M.R.A. Valor nutritivo e fatores antinutricionais de multimisturas utilizadas como alternativa alimentar. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.3, p.129-135, 2000.

SANT'ANA, L.F.R.; CRUZ, A.C.R.F.; FRANCESCHINI, S.C.C.; COSTA, N.M.B. Efeito de uma multimistura alimentar no estado nutricional relativo ao ferro em pré-escolares. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.19, n.4, p.445-454. 2006.

SANTOS, S. M. C.; SANTOS, L. M. P. Evaluation of public policies for food security and hunger control in Brazil, 1995 – 2002. 1 – Methodological framework. **Cadernos de Saúde Pública,** Rio de Janeiro, v.23, n.5, 2007.

SANTOS, A.M.; SCHERER, P.T. Política alimentar brasileira: fome e obesidade, uma história de carências. **Textos & Contextos**, Porto Alegre, v.11, n.1, p.92-105, 2012.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT Guide for personal computers.** 6. Ed. Cary: SAS Institute, 1996. 1028p.

SEMMLER, M.G.C. **Biomonitoração de Hg, Cd, Pb e outros elementos em áreas costeiras do Estado de São Paulo por meio do mexilhão transplantado Perna perna (Linnaeus, 1758).** 2007. 140p. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SENESI, D.S.; BALDASSARRE, G.; SENESI, N.; RADINA, B. **Chemosphere,** 1999, 343p.

SHARMA, A.; KAPOOR, A.S. Effects of various types of fermentation on *in vivo* protein and starch digestibility of different processed pearl millet. **Nahrung**, Berlin, v.40. 142-145. 1994.

SILVA, M.R.; SILVA, M.A.A.P. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista de Nutrição**, Campinas. V.12, n.1, p.5-19. 1999.

SOARES, M.; WELTER, L.; KUSKOSKI, E.M.; GONZAGA, L.; FETT, R. Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.1, p.59-64, 2008.

TAGLIAFERRO, F.S. **Metrologia em química: estudo da qualidade de cafés brasileiros.** 2002. 134p. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

TAKO, E.; HOEKENGA, O.A.; KOCHIAN, L.V.; GLAHN, R. High bioavailability iron maize (Zea mays L.) developed through molecular breeding provides more absorbable iron in vitro (Caco-2 model) and in vivo (Gallus gallus). **Nutrition Journal,** London, v.12, n.3, 2013.

TENNANT, J.; STANSFIELD, M.; YAMAJI, S.; SRAI, S.K.; SHARP, P. Effects of copper on the expression of metal transporters in human intestinal Caco-2 cells. **FEBS journal,** Oxford, v.527, p.239-244. 2002.

TIRAPEGUI, J.; CASTRO, I.A.; ROSSI, L. Biodisponibilidade macronutirentes – Biodisponibilidade de proteínas. In: COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes.** Editora Manole. 1ª edição.2005. p.67-123.

UCHOA, A.M.A.; COSTA, J.M.C.; MAIA, G.A.; SILVA, E.M.C.; CARVALHO, A.F.F.U.; MEIRA, T.R. Parâmetros físico-químicos, teor de fibra bruta e alimentar de pós alimentícios obtidos de resíduos de frutas tropicais. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v.15, n.2, p.58-65, 2008.

UNITED NATIONS. **Millennium declaration: development goals,** New York: United Nations, 2000.

VAN CAMPEN, D.R.; GLAHN, R.P. Micronutrient bioavailability techniques: accuracy, problems and limitations. **Field Crops Research**, v.60, p.93-113, 1999.

VELLOSO, K. Comida é que não falta. In: **Revista Superinteressante**. São Paulo: v.15, n.147, p.47-51, março/2002.

VIEIRA, P. A. F.; QUEIROZ, J. H.; VIEIRA, B. C.; MENDES, F. Q.; BARBOSA, A. A.; MULLER, E. S.; SANT'ANA, R. C. O.; MORAES, G. H. K. Caracterização química do resíduo do processamento agroindustrial da manga (*Mangifera indica L.*) var. Ubá. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.20, n.4, p.617-623, 2009.

WEAVER, C.M.; HEANEY, R.P. Isotopic exchange of ingested calcium between labeled sources. Evidence that ingested calcium does not form a common absorptive pool. **Calcified Tissue International**., v.49, n.4, p.244-247. 1991.

WEI, Y.; SHOHAG, M.J.I.; YING, F.; YANG, X.; WU, C.; WANG, Y. Effect of ferrous sulfate fortification in germinated Brown Rice on seed iron concentration and bioavailability. **Food Chemistry**, Barking, v.138, p.1952-1958, 2013.

WHITTAKER, P.; FOX, M. R. S.; FORBES, A. L. In vitro prediction of iron bioavailability for food fortification. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v. 39, n. 6, p. 1205-1215, jun. 1989.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Global database on anemia and iron deficiency**. 2000.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Iron deficiency anaemia**. Assessment, prevention and control. Geneva, 2001.

WILLIAMS, S.R. **Fundamentos de nutrição e dietoterapia**. 6ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

YUN, S.; HABICHT, J.; MILLER, D.D.; GLAHN, R. An *in vitro* digestion/ Caco-2 cell culture system accurately predictis the effects of ascorbic acid and polyphenolic compounds on iron bioavailability in humans. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.134, p.2717-2721, 2004.

YUYAMA, L.; YONEKURA, L.; AGUIAR, J.; RODRIGUES, M.; COZZOLINO, S. Zinco. In: Cozzolino, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes.** São Paulo. Editora Manole. 2005. p. 847.

ZANCUL, M.S. Fortificação de alimentos com ferro e vitamina A. **Medicina**, Ribeirão Preto. V.37, p.45-50, 2004.

ZHOU, J.R.; ERDMAN, J.W. Phytic acid in health and disease. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.35, n.6, p.495-508. 1995.

ZIPJ, I.M.; TIJBURG, L.B.M. Effect of tea and other dietary factors on iron absorption. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.40, n.5, p.371-398, 2000.