

Uso da biofortificação vegetal: uma revisão

The biofortification vegetable use: a review

Ana Stella Freire Gonçalves¹; Wilson Magela Gonçalves¹; Karen Marcelle de Jesus Silva¹; Renato Mendes de Oliveira¹

¹Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras – MG.
E-mail: fg.anastella@gmail.com

Resumo: O objetivo deste artigo de revisão foi relatar os conhecimentos e pesquisas existentes sobre o uso da biofortificação em alimentos, que visa enriquecer os vegetais que fazem parte da dieta da população, por meio do aumento dos teores de ferro (Fe), zinco (Zn) e vitamina A. Foi realizada revisão bibliográfica perante consulta às bases de dados Scopus, SciELO e livros da área, selecionando-se publicações científicas recentes e representativas do tema. Além disso, foram descritas algumas técnicas empregadas na área de melhoramento vegetal para tal fim. Observou-se que o foco da pesquisa no Brasil é direcionado a alimentos básicos como feijão, arroz, milho, feijão caupi, mandioca, batata doce, trigo e abóbora. Pesquisas comprovam que os alimentos biofortificados são uma fonte alternativa para a população de baixa renda ter acesso a uma alimentação nutritiva, de forma sustentável e com baixo custo.

Palavras-chave: Alimentos biofortificados. Ferro. Zinco. Vitamina A.

Abstract: The purpose of this review article was to report the existing knowledge and studies on the use of biofortifying in foods, which aims to enrich the plants that are part of the population diet, by increasing the levels of iron, zinc and vitamin A. It was held literature review by consulting Scopus and SciELO databases, and books in this field, selecting recent scientific publications, and the ones representative of the subject. In addition, we describe some techniques used in plant breeding area for this purpose. It was observed that the focus of research in Brazil is in staples such as rice, beans, cowpea, cassava, sweet potatoes, corn, pumpkin and wheat. Research has shown that biofortified foods are an alternative source for low-income people have access to more nutritious food in a sustainable manner and at low cost.

Keywords: Biofortified food. Iron. Zinc. Vitamin A.

Introdução

Até meados de 2050, estima-se que a população mundial continuará a crescer em ritmo acelerado, atingindo um platô de até nove bilhões de pessoas (GODFRAY *et al.*, 2010). Populações de países subdesenvolvidos e em desenvolvimento sofrem da chamada fome oculta. Essa desnutrição, conhecida como DEP (desnutrição enérgico

proteica) é uma realidade comum que assola o Brasil, causada pela falta de uma dieta que contenha quantidades suficientes de calorias e proteínas (MALAFAIA, 2010).

Para atender as suas necessidades metabólicas, o ser humano requer o consumo de pelo menos quarenta e nove nutrientes. A deficiência dos mesmos gera distúrbios fisiológicos, causando retardo mental, baixo rendimento produtivo, crescimento inadequado e mortalidade (OIKEH *et al.*, 2003), (LONG; BÄNZIGER; SMITH, 2004). A fim de manter essas funções adequadas, é necessária uma ingestão diária suficiente em sais minerais, como Fe e Zn (RIBEIRO *et al.*, 2008). A utilização de produtos agrícolas biofortificados (variedades de valor nutricional superiores) se torna uma estratégia de baixo custo para aumentar a sustentabilidade alimentar.

No Brasil, culturas de trigo, arroz, feijão e feijão caupi (com teores elevados de Zn e Fe), mandioca, milho, batata doce e abóbora (com maior teor de β -caroteno, pró-vitamina A) são estudadas, visando à biofortificação (DE CARVALHO; NUTTI, 2013). HarvestPlus, AgroSalud e BioFORT são exemplos de programas de alianças mundiais, empenhados em tornar mais nutritivos os alimentos.

A mandioca amarela de mesa, BRS Jarí, foi um dos primeiros produtos agrícolas biofortificados (GLOBO, 2015) desenvolvido pela Embrapa. Fonte natural de energia e pouco fibrosa, a BRS Jarí é rica em vitamina A, além de conservar suas propriedades nutritivas após o cozimento (o que é perdido em variedades mais tradicionais). A cultivar de feijão-caupi, conhecida como Xiquexique, também merece destaque, uma vez que seus grãos possuem maior teor de Fe comparativamente às demais variedades (DE FREITAS *et al.*, 2012).

Alguns experimentos realizados no exterior e também no Brasil relatam que os fertilizantes minerais contribuem de 30% a 50% no rendimento de grãos (STEWART *et al.*, 2005). Devido ao melhoramento vegetal, que visa muitas vezes apenas o ganho em produtividade das culturas sem considerar a qualidade nutricional dos grãos, o baixo teor de minerais presentes nos mesmos está atrelado a este fato. Pesquisas relatam que há grande variabilidade genética na concentração de micronutrientes presentes nas partes comestíveis das culturas. Isso se torna de grande relevância para o melhoramento genético convencional, possibilitando a seleção de culturas que sejam mais eficientes em acumular vitaminas e minerais nas suas partes comestíveis. (WHITE; BROADLEY, 2005).

1 Uso potencial da biofortificação na agricultura

Acredita-se que os alimentos mais consumidos como o arroz, mandioca e milho possuem quantidades insuficientes de micronutrientes e que são incapazes de atender às necessidades diárias das populações “de risco”. Os carotenoides pró-vitamina A, por exemplo, são encontrados apenas nas folhas da cultura do arroz, assim como os teores de Fe (TANG, 2010). Nesse sentido, os programas de biofortificação buscam aumentar os níveis de micronutrientes específicos em partes das plantas que sejam comestíveis, utilizando para tanto o melhoramento convencional e genético, manejo agrônômico e transgenia.

O programa HarvestPlus é um exemplo de sucesso na rede de biofortificação (HARVEST PLUS, 2015). Implantado em 2005, o programa visa ao melhoramento das

culturas de feijão, arroz, milho, mandioca, trigo e batata-doce. A aliança AgroSalud é outro exemplo de sucesso, empenhada em desenvolver melhores cultivares de arroz, milho, feijão e batata, eficientes no uso de insumos agrícolas, da água e de alto valor agrônômico (AGROSALUD, 2015).

Pesquisas apontam a grande variabilidade genética para os micronutrientes que são importantes para a alimentação humana, possibilitando, por meio do melhoramento genético, a obtenção de cultivares biofortificadas. A biotecnologia é outra ferramenta de destaque favorável à biofortificação, principalmente quando há ausência de variabilidade genética para os nutrientes em questão.

A biofortificação pode ser alcançada por biotecnologia vegetal ou por meio do melhoramento convencional. Este é possível apenas entre indivíduos estreitamente relacionados. A engenharia metabólica, por sua vez, supera o melhoramento convencional, melhorando os níveis de micronutrientes nos vegetais, além de redirecioná-los para um tecido alvo desejado, como o endosperma, por exemplo.

Em vegetais, principalmente os grãos, há a presença de compostos que minimizam a biodisponibilidade de alguns micronutrientes como o Zn e Fe na dieta. Dentre estes compostos, podemos citar: lignina, metais pesados, ácido fítico, ácido oxálico, dentre outros (KING, 2002). Quando o melhoramento visa à redução desses compostos, é importante levar em conta alguns fatores, posto que o ácido fítico, por exemplo, funciona como estoque energético, leva à dormência, é fonte de cálcio, além de ser estoque de fósforo, trazendo benefícios às plantas. (WHITE; BROADLEY, 2005).

Prebióticos como a inulina são capazes de aumentar a absorção de minerais, e os mesmos estão sendo estudados em programas de melhoramento, para as culturas do trigo, arroz, milho e mandioca (GENC *et al.*, 2005).

2 Culturas alvo

2.1 Milho (*Zea mays*)

Considerado a base alimentar em muitos países, o milho traz inúmeros benefícios à saúde, devido aos seus compostos que atuam como cofatores para enzimas antioxidantes. Esses compostos são: vitamina E e minerais, carotenoides e compostos fenólicos.

Milhos biofortificados estão sendo desenvolvidos no Brasil, ricos em Fe, Zn e pró-vitamina A. O objetivo é direcioná-los às populações que apresentam carências nutricionais, tais como anemia ferropriva e hipovitaminose A (BARBOSA, 2013). Em milhos típicos, há baixos teores de carotenoides pró-vitamina A, com concentrações entre 0,13 a 2,7 para concentrações de β -caroteno, zero a 1,3 para carotenos e 0,13 a 1,9 mmol.g^{-1} de β -criptoxantina (KURILICH; JUVIK, 1999).

Pesquisadores avaliaram 1800 genótipos de milho no México e Zimbábue (BÄNZIGER; LONG, 2000), relatando concentrações nos grãos entre 9,6 e 63,2 mg.kg^{-1} e 12,9 e 57,6 mg.kg^{-1} , para os micronutrientes Fe e Zn, respectivamente. No Brasil, pesquisadores avaliaram linhagens de milho QPM (milho de alta qualidade proteica) com teores de Zn e Fe de 53,8 e 46,8 mg.kg^{-1} , respectivamente (GUIMARAES *et al.*, 2005).

Como já mencionado, o melhoramento visa à redução de alguns compostos antinutricionais, que muitas vezes devem ser ponderados, posto que estes fatores trazem alguns benefícios às plantas e também à saúde humana, funcionando como antioxidante e agente anticarcinogênico (WHITE; BROADLEY, 2005). Porém, em estudo realizado com adultos alimentados com tortilhas à base de milho mutante (60% e 80% de redução da concentração do fitato), constatou-se que houve melhor absorção de Zn pelo organismo humano, relatando, dessa forma, a atuação do ácido fítico como inibidor da expressão de alguns micronutrientes (HAMBIDGE *et al.*, 2004).

2.2 Arroz

Juntamente com o feijão, o arroz faz parte da dieta básica da população brasileira e é um dos cereais mais consumidos, sendo responsável por 17,9% das proteínas e 24,2% do total de calorias consumidas no país (SORS; ELLIS; SALT, 2005).

Em 1999, foi desenvolvido um transgênico com alto teor de β -caroteno, conhecido como arroz dourado (Golden Rice), com o objetivo de reverter a hipovitaminose A nas Filipinas. Sua primeira versão (GR1) possibilitou a recuperação da rota de biossíntese de β -caroteno no endosperma e consequente acúmulo de carotenoides nos grãos (de aproximadamente $1,6 \mu\text{g.g}^{-1}$). Desde então, graças à utilização de genes de outras espécies, como o milho (*Zea mays*), por exemplo, novas linhagens transgênicas estão sendo desenvolvidas com altos teores de carotenoides (GR2), contendo cerca de $30 \mu\text{g.g}^{-1}$ de β -caroteno nos grãos (PAINE *et al.*, 2005).

2.3 Feijão

Segundo principal alimento mais consumido no país, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, onde a população sofre de má nutrição e deficiência de micronutrientes, o feijão é fonte de vitaminas, proteínas, Fe e Zn (COZZOLINO, 2005).

Embora existam programas governamentais que supram as necessidades de Fe e Zn, grande parte da população não é beneficiada devido a problemas de distribuição em áreas de difícil acesso (DE ALMEIDA COSTA *et al.*, 2006). Outra estratégia para combater essas deficiências de micronutrientes é a biofortificação de feijão-caupi, também conhecido como Xiquexique.

Mais de 1000 acessos de feijão foram avaliados por pesquisadores do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), e os mesmos encontraram variações entre 34 e 89 mg.kg^{-1} para os teores de Fe nos grãos e entre 21 e 54 mg.kg^{-1} para as concentrações de Zn (WHITE; BROADLEY, 2005). No Peru, foram encontrados genótipos com altos níveis de Fe, superiores a 100 mg.kg^{-1} (GREGORIO, 2002).

A melhoria de cultivares com altos teores de Zn e Fe é uma ferramenta eficaz no combate à anemia e no fortalecimento do sistema imunológico (ROCHA, 2008).

2.4 Batata doce

Além de ser uma importante fonte de calorias, minerais e vitaminas A, C e do complexo B, a batata doce apresenta uma raiz rica em cálcio, potássio e teor de

carboidrato, variando entre 25% e 30%, dos quais 98% são facilmente digeríveis (TAKEITI, 2012).

O consumo de batata doce de polpa alaranjada, rica em pró-vitamina A, melhora as reservas de vitamina A, reduzindo o risco de sua deficiência, a qual prejudica o sistema imunológico e, quando severa, aumenta a mortalidade infantil. Os trabalhos de melhoramento buscam o aumento de matéria seca nessas variedades, visando à melhoria de suas características sensoriais; ao mesmo tempo, procura-se ampliar sua resistência a vírus e condições de stress (seca). Inicialmente, a introdução de variedades melhoradas está direcionada para Gana, Quênia, Etiópia, Ruanda, Uganda, Moçambique, Tanzânia e África do Sul.

Durante o período de armazenamento, preparação e cozimento da batata doce, parte da pró-vitamina A pode ser retida. Na variedade Resisto (sul-africana), após o cozimento da batata, a atividade de pró-vitamina A é por volta de 70 a 80% da encontrada em batata recém-colhida. A cultivar Beauregard (americana), com polpa de cor alaranjado intensa, possui alto teor de β -caroteno. O consumo de 25 a 50 g. da mesma supre as necessidades diárias de pró-vitamina A. Quando transformada em farinha, pode substituir a farinha de trigo em diversas receitas (EMBRAPA, 2015).

2.5 Mandioca

De origem sul-americana, a mandioca é cultivada em regiões tropicais e subtropicais da Ásia, África e América Latina, como a terceira mais importante fonte de calorias nos trópicos, depois de arroz e milho. O seu consumo dobrou dos 24 milhões de toneladas por ano para 58 milhões de toneladas por ano, ao longo dos últimos 30 anos (FAO, 2015).

A cultura de raiz é um excelente veículo de vitamina A. A mandioca de mesa, BRS Jarí, por exemplo, é fonte natural de energia (GLOBO, 2015), pouco fibrosa e possui mais vitamina A do que a tradicional, além de conservar boa parte das propriedades nutritivas após cozimento (GLOBO, 2015). Por isso, decidiu-se concentrar em mandioca de mesa os esforços de biofortificação. Os trabalhos, que tiveram início em 2001, lançaram as variedades BRS Gema de Ovo (com teores de β -caroteno de 4,0 ppm), BRS Dourada (β -caroteno = 3,3 ppm) e a BRS Jarí (β -caroteno = 8,7 ppm) (FUKUDA; PEREIRA, 2005).

Pesquisadores, avaliando o efeito de diferentes métodos de secagem sobre a retenção de β -caroteno em raízes de mandioca amarelas, observaram que a maior retenção foi obtida em forno de secagem (72%), seguida por secagem à sombra (59%) e secagem ao sol (38%) (CHAVEZ *et. al.*, 2007). Resultados semelhantes foram relatados em estudos da estabilidade de caroteno em resposta a diferentes métodos de processamento, em que se concluiu que o genótipo é um importante determinante da retenção de carotenoide pró-vitamina A (IGLESIAS *et. al.*, 1997).

2.6 Abóbora

A abóbora (*Cucurbita moschata* D.) é tradicionalmente consumida no Nordeste brasileiro e amplamente cultivada na região. Constitui uma importante fonte de pró-

vitamina A, com níveis elevados em carotenoides, especialmente β -caroteno e luteína. Contudo, mesmo considerando a adaptabilidade das variedades locais às condições ambientais, a sua importância socioeconômica, variabilidade de características que atendem a demanda do comércio, ampla aceitação de consumo e área de plantio dispersa em toda região Nordeste, os trabalhos de melhoramento com a espécie são escassos. Ainda não há um material que concentre, em um só genótipo, boas características agronômicas, nutricionais e comerciais.

A abóbora foi inserida recentemente na rede de Biofortificação, coordenado pela Embrapa Tabuleiros Costeiros, e tem como objetivo geral identificar, selecionar e avaliar acessos locais de abóbora para boas características agronômicas e alto teor de carotenoides pró-vitamínicos A (RAMOS, 2009).

2.7 Trigo

De grande importância nas dietas, estima-se que cerca de 30% da população mundial alimenta-se com algum produto derivado do trigo, e, portanto, estudos que o envolvam são fundamentais para o desenvolvimento agrícola e sustentável de países como o Brasil. Ressalta-se que, mesmo importando quase 50% do trigo, o governo brasileiro tem estimulado pesquisas e incentivado produtores a aumentarem as áreas cultivadas visando à autossuficiência do país com esse grão (SOUZA, 2013).

Ampla variedade de germoplasma de trigo foi avaliada no Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT) no México e em várias regiões mundiais, com variações entre 28,8 e 56,5 mg.kg⁻¹ para Fe e entre 25,2 e 53,3 mg.kg⁻¹ para Zn (RIOS *et al.*, 2015). A espécie *Triticum dicoccum*, entre o germoplasma estudado, apresentou as maiores concentrações desses minerais, com variações entre 15 e 94 mg.kg⁻¹ para Fe e 30 e 98 mg.kg⁻¹ para Zn (GREGORIO, 2002; WHITE; BROADLEY, 2005). O trigo é um bom exemplo que retrata a ampla variabilidade genética de caracteres como o teor de micronutrientes nos grãos. (SCHEEREN *et al.*, 2011).

3 Deficiências

3.1 Zinco

Essencial à homeostase humana, o Zn atua como constituinte integral ou cofator em mais de 300 metaloenzimas. Está envolvido no metabolismo, além de exercer importante função na cicatrização e no sistema imunológico humano.

A biodisponibilidade de Zn é um problema a ser considerado para aumentar a sua concentração nos grãos. O ácido fítico é o principal fator que limita a sua biodisponibilidade. Várias abordagens para diminuir ou eliminar o fitato (culturas de reprodução com baixos níveis de ácido fítico, culturas de engenharia para ter elevada atividade de fitase em sementes) resultam em melhor absorção de Zn (ROOHANI *et al.*, 2013).

No homem, a sua deficiência causa, principalmente, retardo no crescimento e disfunções imunológicas (PRASAD, 1998). Em crianças, aproximadamente 800 mil óbitos por ano estão relacionados à sua carência (BLACK, 2003). A necessidade de Zn

pode ser maior em crianças (CESAR; WADA; BORGES, 2005) devido ao rápido crescimento (SANTOS; AMANCIO; OLIVA, 2007), sobretudo naquelas que apresentam baixo peso ao nascer (GARRITANO, 2007).

Uma alimentação pobre em proteínas e calorias e rica em cereais, os quais inibem a absorção de Zn (GIBSON, 2006), potencializa os efeitos deletérios de sua carência. Nesse sentido, pesquisadores observaram que, dentre 187 crianças desnutridas com seis meses a três anos, 73% apresentaram deficiência de Zn. Em crianças de um a cinco anos, de baixa renda, foram estudadas também as concentrações médias de Zn, e estas se apresentaram significativamente inferiores em crianças que foi relatado caso de diarreia ($125 \pm 43 \mu\text{L dL}^{-1}$), quando comparadas às crianças nas quais a diarreia não foi constatada ($155 \pm 58 \mu\text{L dL}^{-1}$) (ANDERSON *et al.*, 2008).

A adição de Zn a um solo pobre no metal aumenta significativamente a produção das culturas e melhora a saúde dos animais, devido à íntima relação espacial entre o solo, a forragem dos animais e os teores de Zn (GEOSAÚDE, 2015).

3.2 Ferro

A deficiência de Fe é uma deficiência grave e generalizada de micronutrientes. Globalmente, cerca de 47% das crianças em idade escolar, 42% das mulheres grávidas e 30% das mulheres não grávidas sofrem de anemia por deficiência de Fe (ORGANIZATION, 2008). No organismo, a sua carência ocorre de forma gradual e progressiva, até que a anemia se manifeste como depleção de Fe, deficiência de Fe e anemia ferropriva (PAIVA; RONDÓ; GUERRA-SHINOHARA, 2000).

O Fe atua em todos os tecidos do corpo para funções celulares básicas. A anemia ferropriva diminui a aptidão e a capacidade de trabalho (SANDSTEAD, 2000). Há muitos compostos à base de Fe que podem ser utilizados na fortificação; há, no entanto, problemas técnicos na escolha de tais componentes. Os compostos de biodisponibilidade relativamente alta causam alterações sensoriais não toleradas, ao passo que compostos mais aceitáveis são minimamente absorvidos (HURRELL *et al.*, 2002). A disponibilidade de Fe nos alimentos depende de fatores geoquímicos, posto que baixo teor de Fe nos solos e na água repercute na cadeia alimentar (GEOSAÚDE, 2015).

A ervilha forrageira é uma boa fonte de Fe dietético, além de conter vários fatores de absorção, tais como cestose, carotenoides e alguns ácidos fenólicos e quercetina, e baixas concentrações de ácido fítico (AMARAKOON *et al.*, 2015).

3.3 Vitamina A

Em anos recentes, a população mundial adquiriu a visão de que alimentos não são apenas para nutrir, mas também oferecem compostos biologicamente ativos que proporcionam benefícios à saúde (ASSUNÇÃO; MERCADANTE, 2003). Dentre eles, estão os carotenoides, que possuem atividades biológicas importantes. (SENTANIN; AMAYA, 2007). Esses compostos contribuem na prevenção da hipovitaminose A, enfermidades cardiovasculares, imunidade, entre outros (NIIZU; RODRIGUEZ-AMAYA, 2005; UENOJO; MARÓSTICA; PASTORE, 2007). Os carotenoides compõem

uma família de mais de 600 compostos lipossolúveis encontrados nas plantas (AMBRÓSIO; CAMPOS; DE FARO, 2006).

Em 1998, a Zâmbia tornou-se o primeiro país na África a fortalecer o açúcar com vitamina A (FIEDLER *et al.*, 2014), e em 1999 implementou naquele país o que veio a ser conhecido como Semana da Saúde das Crianças, um evento que intervém na saúde infantil, incluindo a suplementação de vitamina A, desparasitação e vacinação, acompanhamento e promoção do crescimento (FIEDLER *et al.*, 2014).

Apesar da deficiência de vitamina A não ser predominante nas sociedades ocidentais, estudos indicam que o reforço de carotenoides na dieta contribui para a redução de doenças crônicas, especialmente quando são consumidos em frutas e vegetais (VAN DEN BERG *et al.*, 2000; VOUTILAINEN *et al.*, 2006; TAN *et al.*, 2010). Conseqüentemente, existe um interesse no aumento dos níveis de carotenoides nas plantas, tanto para biofortificação quanto para o fortalecimento nutricional.

Conclusão

A biofortificação agrônômica é uma estratégia que pode ser utilizada para aumentar a concentração de nutrientes nos produtos agrícolas, melhorando a dieta, a saúde humana e animal. No entanto, para obter produtos mais nutritivos, de forma técnico-econômica sustentável, é necessário conciliar a biofortificação genética à agrônômica. Para o desenvolvimento de novas cultivares, considera-se, além de características que confirmam resistência a pragas, doenças e maior produtividade, o teor de minerais e vitaminas na parte comestível. Lembra-se ainda que, para saciar a fome de toda população, apenas quantidade não é suficiente, é necessária qualidade, é necessário que o alimento nutra o organismo e garanta seu bom funcionamento e bem estar.

Referências

AGROSALUD. Disponível em: < <http://www.agrosalud.org/>>. Acesso em: 09 de maio de 2015.

AMARAKOON, D.; THAVARAJAH, D.; GUPTA, D. S.; MCPHEE, K.; DESUTTER, T.; THAVARAJAH, P. Genetic and environmental variation of seed iron and food matrix factors of North-Dakota-grown field peas (*Pisum sativum* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 37, p. 67-74, 2015.

AMBRÓSIO, C. L. B.; CAMPOS, F. D. A. C. E. S.; DE FARO, Z. P. Carotenoids as an alternative against hypovitaminosis A. *Revista de Nutrição*, v. 19, n. 2, p. 233-243, 2006.

ANDERSON, V. P.; JACK, S.; MONCHY, D.; HEM, N.; HOK, P.; BAILEY, K. B.; GIBSON, R. S. Co-existing micronutrient deficiencies among stunted Cambodian infants and toddlers. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, v. 17, n. 1, p. 72-79, 2008.

ASSUNÇÃO, R. B.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoids and ascorbic acid composition from commercial products of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 16, n. 6, p. 647-657, 2003.

BÄNZIGER, M.; LONG, J. The potential for increasing the iron and zinc density of maize through plant-breeding. *Food and Nutrition Bulletin*, v. 21, n. 4, p. 397-400, 2000.

BARBOSA, N. A. *Retenção de carotenoides em milho verde biofortificado com precursores de vitamina A após processamento*. 122 f. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, 2013.

BLACK, R. Micronutrient deficiency - An underlying cause of morbidity and mortality. *Bulletin of the World Health Organization*, v. 81, n. 2, p. 79, 2003.

CESAR, T. B.; WADA, S. R.; BORGES, R. G. Zinc and the nutritional status in the aged. *Revista de Nutrição*, v. 18, n. 3, p. 357-365, 2005.

COZZOLINO, S. M. F. *Biodisponibilidade de nutrientes*. São Paulo: Manole, 2005.

DE ALMEIDA COSTA, G. E.; QUEIROZ-MONICI, K. S.; REIS, S. M. P. M.; OLIVEIRA, A. C. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry*, v. 94, n. 3, p. 327-330, 2006.

DE CARVALHO, J. L. V.; NUTTI, M. R. BIOFORTIFICAÇÃO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS PARA NUTRIÇÃO HUMANA. Embrapa Agroindústria de Alimentos-Resumo em anais de congresso (ALICE), 2013. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 64., 2012, São Luís. Ciência, cultura e saberes tradicionais para enfrentar a pobreza. São Luís: SBPC: UFMA, 2012.

DE FREITAS, S. C.; SILVA, T. S.; CONTE, C.; SANTOS, J. O.; SIMAS, E. S.; SOUZA, P. S.; SILVA, C. S. C.; OLIVEIRA J. M.; CARVALHO, J. L. V. ATUAÇÃO DO LABORATÓRIO DE FÍSICO-QUÍMICA E MINERAIS DA EMBRAPA AGROINDÚSTRIA DE ALIMENTOS NO PROJETO BIOFORTIFICAÇÃO. Embrapa Agroindústria de Alimentos-Artigo em anais de congresso (ALICE), 2012. In: REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 4., 2011, Teresina. Palestras e resumos... Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 1 CD-ROM.

EMBRAPA. Batata-Doce Beauregard. *A batata vitaminada*. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/produtos/cultivares/batata_doce_beauregard.html> Acesso: 29 nov. 2015.

FAO - *The statistical division FAO*. Disponível em:

<<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso: 28 de maio de 2015.

FIEDLER, J. L.; MUBANGA, F.; SIAMUSANTU, W.; MUSONDA, M.; KABWE, K. F.; ZULU, C. Child health week in Zambia: Costs, efficiency, coverage and a reassessment of need. *Health Policy and Planning*, v. 29, n. 1, p. 12-29, 2014.

FUKUDA, W. M. G.; PEREIRA, M. E. C. *BRS Gema de ovo: mandioca de mesa biofortificada*. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2005.

GARRITANO, C. R. D. O. Avaliação do uso de extrato de timo (timulina) em pacientes com neoplasia maligna submetidos ao tratamento cirúrgico. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*, v. 34, n. 4, p. 225-231, 2007.

GENC, Y.; HUMPHRIES, J. M.; LYONS, G. H.; GRAHAM, R. D. Exploiting genotypic variation in plant nutrient accumulation to alleviate micronutrient deficiency in populations. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, v. 18, n. 4, p. 319-324, 2005.

GEOSAÚDE. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/pgagem/puerto/geosaude.pdf>> Acesso em: 02 de junho de 2015.

GIBSON, R. S. Zinc: The missing link in combating micronutrient malnutrition in developing countries. *Proceedings of the Nutrition Society*, v. 65, n. 1, p. 51-60, 2006.

GLOBO RURAL. Disponível em:

<<http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC1709674-1489,00.html>> Acesso em: 19 de maio de 2015.

GODFRAY, H. C. J.; BEDDINGTON, J. R.; CRUTE, I. R.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D.; MUIR, J. F.; PRETTY, J.; ROBINSON, S.; THOMAS, S.M.; TOULMIN, C. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science*, v. 327, n. 5967, p. 812-818, 2010.

GREGORIO, G. B. Progress in breeding for trace minerals in staple crops. *Journal of Nutrition*, v. 132, n. 3, p. 500S-502S, 2002.

GUIMARAES, P. D. O.; RIBEIRO, P. E. A.; PAES, M. C. D.; SCHAFFERT, R. E.; ALVES, V. M. C.; COELHO, A. M.; NUTTI, M.; VIANA, J. L. C.; NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. Caracterização de linhagens de milho quanto aos teores de minerais nos grãos. Embrapa Milho e Sorgo. *Circular técnica*, 2005.

HAMBIDGE, K. M. HUFFER, J. W.; RABOY, V.; GRUNWALD, G. K.; WESTCOTT, J. L.; SIAN, L.; MILLER, L. V.; DORSCH, J. A.; KREBS, N. F. Zinc absorption from low-

phytate hybrids of maize and their wild-type isohybrids. *American Journal of Clinical Nutrition*, v. 79, n. 6, p. 1053-1059, 2004.

HURRELL, R.; BOTHWELL, T.; COOK, J. D.; DARY, O.; DAVIDSSON, L.; FAIRWEATHER-TAIT, S.; HALLBERG, L.; LYNCH, S.; ROSADO, J.; WALTER, T.; WHITTAKER, P. The usefulness of elemental iron for cereal flour fortification: a SUSTAIN Task Force report. *Nutrition reviews*, v. 60, n. 12, p. 391-406, 2002.

KING, J. C. Evaluating the impact of plant biofortification on human nutrition. *Journal of Nutrition*, v. 132, n. 3, p. 511S-513S, 2002.

KURILICH, A. C.; JUVIK, J. A. Quantification of Carotenoid and Tocopherol Antioxidants in *Zea m ays*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 47, n. 5, p. 1948-1955, 1999.

LONG, J. K.; BÄNZIGER, M.; SMITH, M. E. Diallel analysis of grain iron and zinc density in southern African-adapted maize inbreds. *Crop Science*, v. 44, n. 6, p. 2019-2026, 2004.

MALAFAIA, G. Protein-energy malnutrition: A serious condition that still haunts the hospital context. *Revista Paulista de Pediatria*, v. 28, n. 3, p. 381-382, 2010.

NIIZU, P. Y.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. New data on the carotenoid composition of raw salad vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 18, n. 8, p. 739-749, 2005.

OIKEH, S. O.; MENKIR, A.; MENKIR, B.; WELCH, R.; GLAHN, R. P. Assessment of concentrations of iron and zinc and bioavailable iron in grains of early-maturing tropical maize varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, n. 12, p. 3688-3694, 2003.

ORGANIZATION, W. H. Worldwide prevalence of anaemia 1993-2005: WHO global database on anaemia. 2008.

PAIVA, A. A.; RONDÓ, P. H.; GUERRA-SHINOHARA, E. M. Parâmetros para avaliação do estado nutricional de ferro. *Revista Saúde Pública*, v. 34, n. 4, p. 421-6, 2000.

PRASAD, A. S. Zinc in human health: An update. *Journal of Trace Elements in Experimental Medicine*, v. 11, n. 2-3, p. 63-87, 1998.

RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; CERUTTI, T.; MAZIEIRO, S. M.; POERSCH, N. L. Micromineral composition of common bean cultivars and its applications in crop breeding. *Bragantia*, v. 67, n. 2, p. 267-273, 2008.

ROCHA, M. D. M. R. *Avaliação dos conteúdos de proteína, ferro e zinco em germoplasma elite de feijão-caupi*. Embrapa Meio-Norte, 2008.

ROOHANI, N.; HURRELL, R.; KELISHADI, R.; SCHULIN, R. Zinc and its importance for human health: An integrative review. *Journal of Research in Medical Sciences*, v. 18, n. 2, p. 144-157, 2013.

SANDSTEAD, H. H. Causes of iron and zinc deficiencies and their effects on brain. *Journal of Nutrition*, v. 130, n. 2 SUPPL., p. 347S-349S, 2000.

SANTOS, E. B.; AMANCIO, O. M. S.; OLIVA, C. A. G. Nutritional status, iron, copper, and zinc in school children of shantytowns of Sao Paulo. *Revista da Associação Médica Brasileira*, v. 53, n. 4, p. 323-328, 2007.

SCHEEREN, P. L.; CARVALHO, J. L. V.; NUTTI, M. R.; CAIERAO, E.; BASSOI, M. C.; ALBRECHT, J. C.; CASTRO, R. L. DE; MIRANDA, M. Z. DE; TORRES, G. A. M.; TIBOLA, C. S. Biofortificação em trigo no Brasil. *REUNIÃO ANUAL DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL*, v. 4, 2011.

SENTANIN, M. A.; AMAYA, D. B. R. Carotenoid levels in papaya and peach determined by high performance liquid chromatography. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, v. 27, n. 1, p. 13-19, 2007.

SORS, T. G.; ELLIS, D. R.; SALT, D. E. Selenium uptake, translocation, assimilation and metabolic fate in plants. *Photosynthesis Research*, v. 86, n. 3, p. 373-389, 2005.
SOUZA, G. A. D. Biofortificação da cultura do trigo com zinco, selênio e ferro: explorando o germoplasma brasileiro. 2013.

STEWART, W. M.; DIBB, D. W.; JOHNSTON, A. E.; SMYTH, T. J. The contribution of commercial fertilizer nutrients to food production. *Agronomy Journal*, v. 97, n. 1, p. 1-6, 2005.

TAN, H. L.; THOMAS-AHNER, J. M.; GRAINGER, E. M.; WAN, L.; FRANCIS, D. M.; SCHWARTZ, S. J.; ERDMAN, J. W. JR.; CLINTON, S. K. Tomato-based food products for prostate cancer prevention: What have we learned? *Cancer and Metastasis Reviews*, v. 29, n. 3, p. 553-568, 2010.

TANG, G. Bioconversion of dietary provitamin A carotenoids to vitamin A in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, v. 91, n. 5, p. 1468S-1473S, 2010.

UENOJO, M.; MARÓSTICA JR, M. R.; PASTORE, G. M. Carotenoids: Properties, applications and biotransformation in flavor compounds. *Química Nova*, v. 30, n. 3, p. 616-622, 2007.

VAN DEN BERG, H.; FAULKS, R.; GRANADO, F. H.; HIRSCHBERG, J.; OLMEDILLA, B.; SANDMANN, G.; SOUTHON, S.; STAHL, W. The potential for the improvement of carotenoid levels in foods and the likely systemic effects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 80, n. 7, p. 880-912, 2000.

VOUTILAINEN, S.; NURMI, T.; MURSU, J.; RISSANEN, T. H. Carotenoids and cardiovascular health. *American Journal of Clinical Nutrition*, v. 83, n. 6, p. 1265-1271, 2006.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Biofortifying crops with essential mineral elements. *Trends in Plant Science*, v. 10, n. 12, p. 586-593, 2005.