



**SARAH MENDES DE SOUZA**

**QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE ARROZ  
BIOFORTIFICADOS COM MINERAIS**

**LAVRAS – MG**

**2018**

**SARAH MENDES DE SOUZA**

**QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE ARROZ  
BIOFORTIFICADOS COM MINERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Joelma Pereira  
Orientadora

**LAVRAS-MG  
2018**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Souza, Sarah Mendes de.

Qualidade tecnológica de grãos de arroz biofortificados com  
minerais / Sarah Mendes de Souza. - 2018.

77 p. : il.

Orientador(a): Joelma Pereira.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Biofortificação. 2. BRSMG Caravera. 3. Zinco. I. Pereira,  
Joelma. . II. Título.

**SARAH MENDES DE SOUZA**

**QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE ARROZ  
BIOFORTIFICADOS COM MINERAIS**

**TECHNOLOGICAL QUALITY OF RICE GRAINS  
BIOFORTIFIED WITH MINERALS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 13 de agosto de 2018.

Dr. Luiz Roberto Guimarães Guilherme UFLA

Dra. Aurinelza Batista Teixeira Condé EPAMIG

Profa. Dra. Joelma Pereira  
Orientadora

**LAVRAS-MG  
2018**

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade.

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

À professora Joelma Pereira, pela orientação.

A todos os colegas e funcionários do departamento.

Aos meus pais, Edmundo e Dalva, pelo amor e apoio em todas as etapas de minha vida.

À minha família pelo apoio e incentivo.

Ao Eduardo, pelo amor e companheirismo.

A Deus e à Nossa Senhora Aparecida, que me permitiram mais esta conquista.

## RESUMO

A deficiência de minerais atinge milhões de pessoas no mundo ocasionando problemas de saúde pública. A biofortificação dos grãos mostra-se como uma alternativa viável para minimizar este problema e o arroz destaca-se como cultura com amplo potencial a ser biofortificada. Os objetivos deste trabalho foram: analisar a influência da biofortificação agrônômica na qualidade tecnológica dos grãos de arroz, bem como verificar o efeito dessas fontes minerais em diferentes formas de aplicação (foliar e solo) e, também, avaliar a concentração dos minerais na casca, farelo + gérmen e endosperma dos grãos. No presente estudo, foram analisadas amostras com 16 tratamentos: A (controle, aplicação no solo de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK)), B (NPK + adubação no solo com fonte  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), C (NPK + duas adubações foliares com fonte  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), D (NPK + duas adubações foliares com fonte ATP Releaf), E (NPK + duas adubações foliares com fonte  $\text{KIO}_3$ ), F (NPK + duas adubações foliares com fonte  $\text{KIO}_3 + \text{KNO}_3$ ), G (NPK + duas adubações foliares com fonte ADOB-ZnIDHA), H (NPK + duas adubações foliares com fonte ADOB-Basfoliar), I (adubação foliar com fonte Kali-EPSO-Zn em conjunto com ureia), J (NPK + adubação foliar com fonte Zn), K (NPK + duas adubações foliares com fonte Bayer Antracol-Zn), L e M (NPK + adubação foliar com fonte Coquetel foliar de micro spray : I e II, respectivamente), N e O (NPK + adubação no solo com fonte Ca + Mg, diferenciando-se entre si apenas na concentração de Mg (gesso)) e P (NPK + adubação foliar com fonte Quimofol Znitro). No primeiro estudo, avaliou-se a influência da biofortificação agrônômica no beneficiamento, por meio da análise da renda do benefício (%) e rendimento do grão (%). Os resultados obtidos mostraram que, embora alguns tratamentos de biofortificação tenham melhorado estes parâmetros, as amostras não apresentaram boa classificação, pois, de acordo com o MAPA, apenas a amostra com o tratamento B se enquadrou como tipo 4, sendo as demais classificadas como fora de tipo. No segundo estudo, analisou-se a influência da biofortificação agrônômica sobre a qualidade tecnológica dos grãos de arroz, por meio do teste de cocção. Objetivou-se, também, determinar teores de proteínas, cinzas e análise instrumental da cor nos grãos. Os resultados obtidos no teste de cocção mostraram que a biofortificação alterou de forma positiva as amostras com os tratamentos C, M e N, pois nessas reduziram-se seus tempos de cocção e mantiveram-se os demais parâmetros analisados. Com relação à análise instrumental da cor, nota-se que as amostras com os tratamentos C, D, H, J, K, M, P não se diferenciaram da controle e juntas apresentam melhores resultados entre as demais, mostrando-se como as amostras com maior claridade, cores neutras e saturação amarelada. Os resultados, para a análise de cinzas, mostraram-se satisfatórios para alguns tratamentos de biofortificação, destacando-se entre eles as amostras com os tratamentos I e L que apresentaram as maiores concentrações de resíduo mineral fixo. Ao se analisar o teor de proteína, as amostras com os tratamentos E, F, H, I, J, L, M, N e O apresentaram-se com os melhores resultados. Por fim, no terceiro estudo, analisou-se a eficiência da biofortificação agrônômica sobre os grãos de arroz e buscou-se identificar em qual parte do grão está a maior concentração de Zn. Os resultados obtidos mostraram que a biofortificação não alterou de forma significativa a concentração de Zn no endosperma e que as maiores concentrações, de forma geral, encontram-se nos farelos juntamente com os gérmenes. O tratamento C apresentou-se com uma maior concentração de Zn nas cascas. Logo, para se ter um bom aproveitamento da biofortificação, indica-se consumir os grãos na sua forma integral ou aplicar sobre eles o tratamento de parboilização para que os minerais possam migrar para o endosperma dos grãos.

**Palavras-chave:** Biofortificação. Zinco. BRSMG Caravera. Beneficiamento. Cocção. MAPA.

## ABSTRACT

Mineral deficiency affects millions of people worldwide causing public health issues. Grain biofortification is a viable alternative to minimize this problem and rice crops are a prominent potential for biofortification. The objectives of this study were to analyze the influence of the agronomic biofortification on the technological quality of rice grains, verify the effect of these mineral sources on different application forms (leaf and soil), and evaluate the mineral concentrations in the peel, bran + germ, and endosperm of the grains. In the present study, samples were analyzed using 16 treatments: A (control, application of soil nitrogen, phosphorus, and potassium (NPK)); B (NPK + soil fertilization with a source of  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ); C (NPK + two leaf fertilizations with a source of  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ); D (NPK + two leaf fertilizations with a source of ATP Releaf); E (NPK + two leaf fertilizations with a source of  $\text{KIO}_3$ ); F (NPK + two leaf fertilizations with a source of  $\text{KIO}_3 + \text{KNO}_3$ ); G (NPK + two leaf fertilizations with a source of ADOB-ZnIDHA); H (NPK + two leaf fertilizations with a source of ADOB-Basfoliar); I (leaf fertilization with a source of Kali-EPSO-Zn and urea); J (NPK + leaf fertilization with a source of Zn); K (NPK + two leaf fertilizations with a source of Bayer Antracol-Zn); L and M (NPK + leaf fertilization with micro spray leaf cocktail I and II, respectively); N and O (NPK + soil fertilization with a source of Ca + Mg, differing only in the concentration of Mg (gypsum)), and P (NPK + leaf fertilization with a source of Quimofol Znitro). In the first study, we evaluated the influence of the agronomic biofortification by analyzing the yield income (%) and grain yield (%). The results showed that, despite some biofortification treatments having improved these parameters, the samples did not present a good classification since, according to the Ministry of Agriculture, Livestock, and Supply, only the sample with treatment B was classified as type 4, while the others were atypical. In the second study, we analyzed the influence of the agronomic biofortification on the technological quality of the rice grains through the cooking test. We also aimed at determining the contents of protein and ashes and conducted the instrumental color analysis in the grains. The results obtained from the cooking test showed that the biofortification positively altered the samples in the treatments C, M, and N by reducing their cooking times and maintaining the other analyzed parameters. Regarding the instrumental color analysis, we note that the samples in the treatments C, D, H, J, K, M, and P did not differ from the control and, together, they presented better results among the others, presenting higher clarity, neutral colors, and yellowish saturation. The results for the ash analysis were satisfactory in some biofortification treatments, with the samples of treatments I and L presenting the highest concentrations of fixed mineral residue. When analyzing the protein content, the samples in the treatments E, F, H, I, J, L, M, N, and O presented the best results. Finally, the third study analyzed the efficiency of agronomic biofortification on rice grains and sought to identify in which part of the grain the highest concentration of Zn was found. The results showed that the biofortification did not significantly alter the concentration of Zn in the endosperm and that, in general, the highest concentrations are found in the bran and germs. The treatment C presented a higher concentration of Zn in the peels. Therefore, to obtain effective biofortification, we recommend the consumption of whole grains or the application of a parboiling treatment for the minerals to migrate to the endosperm of the grains.

**Keywords:** Biofortification. Zinc. BRSMG Caravera. Beneficiation. Cooking. MAPA.

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>CAPÍTULO 1 – Introdução Geral</b> .....                                                                                                              | 9  |
| 1 INTRODUÇÃO .....                                                                                                                                      | 10 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO .....                                                                                                                             | 12 |
| 2.1 Importância do arroz como alimento .....                                                                                                            | 12 |
| 2.1.1 BRSMG Caravera .....                                                                                                                              | 13 |
| 2.1.2 Estrutura do grão de arroz.....                                                                                                                   | 13 |
| 2.2 Desnutrição humana (fome oculta).....                                                                                                               | 14 |
| 2.3 Biofortificação Agronômica .....                                                                                                                    | 16 |
| 2.4 Zinco (Zn) .....                                                                                                                                    | 18 |
| 2.5 Ferro (Fe) .....                                                                                                                                    | 19 |
| 2.6 Iodo (I).....                                                                                                                                       | 20 |
| 2.7 Selênio.....                                                                                                                                        | 21 |
| REFERÊNCIAS .....                                                                                                                                       | 23 |
| <b>CAPÍTULO 2 – Beneficiamento do arroz biofortificado da cultivar BRSMG Caravera</b> .....                                                             | 27 |
| 1 INTRODUÇÃO .....                                                                                                                                      | 30 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS.....                                                                                                                               | 30 |
| 2.1 Descrição das amostras.....                                                                                                                         | 31 |
| 2.2 Delineamento Experimental .....                                                                                                                     | 32 |
| 2.3 Beneficiamento do arroz.....                                                                                                                        | 32 |
| 2.3.1 Renda do benefício .....                                                                                                                          | 33 |
| 2.3.2 Rendimento do grão.....                                                                                                                           | 33 |
| 2.4 Classificação do arroz .....                                                                                                                        | 33 |
| 2.5 Análise estatística .....                                                                                                                           | 33 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                                                                                          | 33 |
| 3.1 Beneficiamento das amostras .....                                                                                                                   | 33 |
| 3.1.1 Renda do benefício .....                                                                                                                          | 34 |
| 3.1.2 Rendimento do grão.....                                                                                                                           | 35 |
| 3.2 Classificação do arroz.....                                                                                                                         | 37 |
| 4 CONCLUSÕES .....                                                                                                                                      | 40 |
| REFERÊNCIAS .....                                                                                                                                       | 41 |
| <b>CAPÍTULO 3 – Teste de Cocção, Análise Instrumental da Cor, Cinzas e Proteínas em grãos de arroz da cultivar BRSMG Caravera biofortificados</b> ..... | 42 |
| 1 INTRODUÇÃO .....                                                                                                                                      | 45 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS.....                                                                                                                               | 46 |



|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 Descrição das amostras .....                                           | 46 |
| 2.2 Delineamento Experimental .....                                        | 46 |
| 2.1 Teste de cocção .....                                                  | 47 |
| 2.1.1 Tempo de cozimento.....                                              | 48 |
| 2.1.2 Índice de absorção de água.....                                      | 48 |
| 2.1.3 Coeficiente de expansão do volume .....                              | 48 |
| 2.1.4 Perda de sólidos solúveis.....                                       | 49 |
| 2.2 Análise instrumental da cor .....                                      | 49 |
| 2.3 Análise do teor de cinzas.....                                         | 50 |
| 2.4 Análise do teor de proteínas .....                                     | 50 |
| 2.5 Análise estatística .....                                              | 50 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                             | 51 |
| 3.1 Teste de cocção .....                                                  | 51 |
| 3.1.1 Tempo de cozimento.....                                              | 51 |
| 3.1.2 Índice de absorção de água.....                                      | 52 |
| 3.1.3 Coeficiente de expansão do volume .....                              | 54 |
| 3.1.4 Perda de sólidos solúveis.....                                       | 55 |
| 3.2 Análise instrumental da cor .....                                      | 56 |
| 3.3 Análise do teor de cinzas.....                                         | 59 |
| 3.3.4 Análise do teor de proteínas .....                                   | 61 |
| 4. CONCLUSÃO .....                                                         | 62 |
| REFERÊNCIAS .....                                                          | 64 |
| CAPÍTULO 4 – Biofortificação com Zn em grãos de arroz BRSMG Caravera ..... | 67 |
| 1 INTRODUÇÃO .....                                                         | 70 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS.....                                                  | 70 |
| 2.1 Descrição das amostras.....                                            | 70 |
| 2.2 Delineamento Experimental .....                                        | 71 |
| 2.3 Análise de Zn .....                                                    | 71 |
| 2.4 Análise estatística .....                                              | 72 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                             | 72 |
| 4 CONCLUSÃO .....                                                          | 75 |
| REFERÊNCIAS .....                                                          | 76 |

## **CAPÍTULO 1 – Introdução Geral**

## 1 INTRODUÇÃO

Alimentos de pouca qualidade nutricional, assim como a baixa diversidade, na dieta da população de países em desenvolvimento, geram enormes prejuízos para a sociedade com relação à saúde, diminuição da produtividade no trabalho e má qualidade de vida. A deficiência de micronutrientes na alimentação é um problema que pode ser considerado muito maior que a fome, sendo este um exemplo da necessidade de se integrar alimentação com nutrição (SHETTY, 2009).

Como uma estratégia eficiente, na luta contra a desnutrição mineral em humanos, a técnica da biofortificação pode ser realizada por dois métodos: a biofortificação agrônômica e a biofortificação genética.

O desenvolvimento de alimentos com alto teor de micronutrientes é um dos desafios do Programa de Biofortificação de Produtos Agrícolas para Melhor Nutrição Humana, o HarvestPlus. Este programa tem melhorado o perfil nutricional de alimentos como grãos e tubérculos assim como aumentado seus teores de minerais presentes (MINGUITA et al., 2015).

Minerais como o ferro e o zinco são responsáveis por importantes funções no metabolismo humano. A falta desses minerais pode causar problemas no sistema imunológico, anemia, perda da capacidade de trabalho e, em casos mais graves, pode levar à morte (COZZOLINO, 2012). O iodo é um micronutriente essencial para o corpo humano e seu consumo inadequado pode causar aumento da glândula da tireoide, gerando uma doença vulgarmente conhecida como bócio. A deficiência de iodo pode levar ao hipotireoidismo e, em crianças, isso também pode levar ao cretinismo (TULYATHAN; PRUNGLUMPU, 2009). O selênio é essencial para o crescimento normal, fertilidade e prevenção de diversas doenças. É um nutriente fundamental, diretamente relacionado às complexas funções enzimáticas e metabólicas (VIARO; VIARO; FLECK, 2016). As fontes ricas em selênio integram frutos do mar, castanha-do-brasil, carnes como fígado, rins, entre outras. Já o conteúdo de selênio em grão depende previamente do conteúdo de selênio no solo em que crescem os grãos (FERREIRA et al., 2002; SARMENTO, 2006).

O arroz é um dos cereais mais consumidos no mundo, estando presente na alimentação da maior parte dos brasileiros (LEÓN et al., 2007). Sua constituição principal baseia-se em amido, apresentando quantidades menores de proteínas, fibras, lipídios e cinzas. A composição do grão e de suas frações estão sujeitas a variações ambientais, de processamento, de manejo, de armazenamento e de diferenças varietais (ZHOU et al., 2002), o que leva à produção de grãos com características nutricionais diferenciadas. Além disso, não há uma distribuição

uniforme dos nutrientes nas variadas frações do grão. As camadas externas apresentam concentrações maiores de proteínas, fibra, lipídios, minerais e vitaminas, enquanto o centro é rico em amido. Assim, o polimento gera uma redução no teor de nutrientes, com exceção do amido, o que acarreta em diferenças na composição entre o arroz integral e o polido (WALTER, MARCHEZAN, DE AVILA, 2008).

Nesse contexto, objetivou-se, com esse trabalho, analisar a influência da biofortificação agrônômica na qualidade tecnológica dos grãos de arroz, bem como verificar o efeito de diferentes fontes de minerais em duas formas de aplicação: foliar e solo. Buscou-se, também, avaliar a concentração destes nas diversas partes do grão (casca, farelo + gérmen e endosperma) com a finalidade de constatar a eficácia da biofortificação e averiguar em qual parte do grão se encontra a maior concentração de minerais.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Importância do arroz como alimento

Planta da família Poaceae, o arroz (*Oryza sativa* L.) trata-se da segunda maior cultura cerealífera mundial, ficando atrás apenas das culturas de milho (FAO, 2015). É composto por 75 % a 80 % de amido, próximo de 7 % de proteína e apresenta abundância em carboidratos (STORCK, 2004). O arroz é constituinte da alimentação básica de diversas pessoas no mundo, sobretudo, para populações carentes. É considerado tanto do ponto de vista social quanto econômico o produto de maior relevância em diversos países em desenvolvimento. Ressalta-se, ainda, a contribuição do arroz em 20% do consumo mundial de energia e 15% do consumo mundial de proteína (KENNDY e BURLIGAME, 2003). Trata-se de um cereal que se adequa às diferentes condições de clima e solo, possuindo, então, grande potencial para o controle da fome no mundo. É considerado um dos alimentos com maior balanço nutricional (AZAMBUJA et al., 2004 citado por CHAVES et al., 2016, p. 76). Estima-se que a produção deste grão no mundo seja superior a 480 milhões de toneladas, das quais, 7,82 milhões são produzidas no Brasil, o que o coloca entre os dez maiores produtores de arroz no mundo. O arroz é considerado como alimento básico na dieta da população brasileira (CHAVES et al., 2016; USDA, FAS, 2017).

O arroz é um dos alimentos mais consumidos no mundo, estando sem distinção na mesa de ricos e de pobres, na maioria dos países.

No Brasil, o principal modo de consumo do arroz é na forma de grãos inteiros que se apresentam em três tipos, como o arroz beneficiado polido, arroz integral e o arroz parboilizado. Comumente consumido, na maior parte das regiões brasileiras, o arroz beneficiado polido é obtido pelo descascamento e pelo polimento do grão integral, a partir de máquinas que removem parte de suas camadas mais externas, por meio do atrito com os grãos; como resultado desse processo, têm-se subprodutos como a casca, o farelo, o gérmen e os grãos quebrados. O arroz integral resulta na retirada somente da casca e é pouco consumido no Brasil, embora seja mais rico em nutrientes que o arroz polido. Já o arroz parboilizado pode ser consumido na forma integral ou polido, sendo resultado de um processo hidrotérmico, com o arroz ainda em casca, o que provoca a gelatinização parcial ou total do amido, passando, posteriormente, pelo descasque e quando desejado o polimento. Em relação ao arroz beneficiado, o processo de parboilização melhora a qualidade nutricional do grão, pois alguns de seus componentes são

redistribuídos como consequência dos efeitos da umidade e temperatura no decorrer do processo hidrotérmico (CASTRO et al., 1999).

### **2.1.1 BRSMG Caravera**

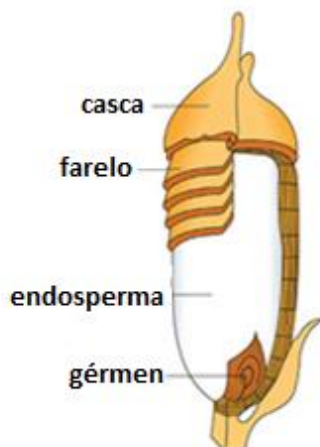
A BRSMG Caravera trata-se de uma cultivar de arroz com alto potencial produtivo e grãos do tipo longo fino de alta qualidade culinária. É proveniente do cruzamento realizado pela Embrapa Arroz e Feijão, em 1998, entre as cultivares BRS Primavera e Carajás, dando origem ao nome Caravera. Desta forma, buscou-se unir, em uma única cultivar, as qualidades dos grãos da BRS Primavera com a rusticidade e a resistência às doenças e ao acamamento da Carajás. No ano de 2007, foi lançada como uma nova cultivar, para todas as regiões do Estado de Minas Gerais, exceto para a região Norte e Nordeste, onde a deficiência hídrica é presente (SOARES et al., 2008).

Soares et al. (2008) encontraram uma produtividade média entre os anos de 2003, 2004, 2005 e 2006, para a cultivar BRSMG Caravera de  $4,655 kg\ ha^{-1}$ , em condições de terras altas, em Minas Gerais. Logo, visando estimular os produtores mineiros, o lançamento da cultivar BRSMG Caravera permitiu-lhes a obtenção de uma maior produtividade, assim como melhores preços de grãos.

### **2.1.2 Estrutura do grão de arroz**

O grão de arroz pode ser dividido, em diferentes partes e esta divisão pode variar de acordo com a complexidade desejada. A divisão da Figura 1 permite observar a localização da casca, farelo, gérmen e endosperma deste cereal (UFRGS, 2018).

Figura 1 - Estrutura do grão de arroz



Fonte: Adaptado de UFRGS (2018).

No processo de beneficiamento do arroz, a casca é responsável por gerar o maior volume entre os subprodutos obtidos, chegando, em média, a 22%. Em sua composição, normalmente, tem-se proteína variando de 2% a 2,8%, gordura de 0,3% a 0,8%, cinzas de 13,2% a 21%, fibras de 34,5% a 45,9% e carboidratos de 22% a 34%. Já o farelo constitui uma das partes mais nutritivas do grão e representa, aproximadamente, 8% do processo de beneficiamento. O farelo, da maneira em que é comercializado, além de ser composto pelo próprio farelo em si, também, possui o gérmen, explicando, então, seu alto valor nutritivo. O grão, também conhecido como endosperma, é rico em amido, trata-se da parte mais consumida e representa cerca de 70% do cereal (UFRGS, 2018; ZHOU et al., 2002).

## 2.2 Desnutrição humana (fome oculta)

A fome ainda atinge milhões de pessoas no mundo, principalmente, em países que sofrem com a pobreza e/ou conflitos. Para solucionar o problema da fome, muitos países investiram no uso de políticas públicas com o intuito de aumentar a distribuição e produção de alimentos básicos, com destaque para o milho, trigo e arroz, os quais constituem excelentes fontes de energia, atendendo as necessidades básicas da população. Entretanto estes alimentos são carentes, em termos nutricionais, apresentando baixa disponibilidade e teores reduzidos de minerais e vitaminas considerados fundamentais aos seres humanos, ou seja, mesmo que esses alimentos solucionem a questão da fome, seu consumo não proporciona as quantidades mínimas necessárias de nutrientes ao homem. Sendo assim, uma dieta fundamentada somente nesses

alimentos acarreta outro sério problema de saúde pública no mundo, denominado como fome oculta ou má nutrição (VERGÜTZ et al., 2016).

Define-se fome oculta como a deficiência de nutrientes essenciais para o ideal funcionamento e bom desenvolvimento do corpo humano; esses nutrientes são, em especial, iodo (I), zinco (Zn), ferro (Fe) e vitamina A. Essa doença, que é silenciosa, afeta, sobretudo, os mais vulneráveis, com destaque para as crianças e mulheres, não importando a classe social. Contabiliza-se que em torno de três bilhões de pessoas no mundo sejam afetadas com a deficiência de Zn e Fe, gerando anemia, baixo desenvolvimento motor e cognitivo, nanismo, sistema imunológico enfraquecido, entre outros. De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) e a Organização Mundial da Saúde (OMS), a fome oculta simboliza um dos principais fatores para a persistência da pobreza mundial (VERGÜTZ et al., 2016).

Dietas pobres, com pequena variedade e qualidade nutricional dos alimentos, são os principais fatores que causam a fome oculta. Ainda que a fome oculta seja um problema habitual, em países de baixa renda, populações carentes de todos os países estão sujeitas a ela, tomando por conta que uma alimentação variada e rica no ponto de vista nutricional, frequentemente, apresenta um custo mais elevado (VERGÜTZ et al., 2016).

Há várias maneiras de fornecer nutrientes para a população e, assim, amenizar os efeitos da fome oculta. A primeira e uma das melhores alternativas é a adesão, por parte da população, de uma dieta mais variada, composta por frutas, carnes, cereais, legumes, peixes, entre outros. Entretanto a adesão a uma dieta rica depara-se com problemas culturais, financeiros e de educação, pois alterar costumes alimentares da população não é simples. Outras alternativas de combate à fome oculta seriam a fortificação e a suplementação de alimentos, as quais são práticas semelhantes. A suplementação condiz com a ingestão direta de suplementos, e a fortificação com a introdução de nutrientes aos alimentos básicos, sendo estas alternativas eficazes ao combate da fome oculta, como, por exemplo, a adição de iodo ao sal de cozinha no Brasil, que é obrigatório por lei desde o ano de 1953. Entretanto, para um bom funcionamento da suplementação e fortificação, o fornecimento dos nutrientes deve ocorrer, no decorrer de toda a vida e ser constante, dependendo também da aceitação por parte da população, subsídios do governo, disponibilidade e qualidade dos nutrientes, entre outros (VERGÜTZ et al., 2016).

Recentemente, a técnica de biofortificação dos alimentos surgiu como uma interessante alternativa ao combate da fome oculta. Com a biofortificação, busca-se enriquecer nutricionalmente os alimentos no campo, no decorrer do seu processo de produção, podendo ser realizado por dois métodos: biofortificação genética e biofortificação agronômica. O



primeiro consiste no enriquecimento dos alimentos, por meio do melhoramento genético das culturas (transgenia ou convencional), já o segundo por meio do manejo da cultura (principalmente, a adubação) (VERGÜTZ et al., 2016).

### **2.3 Biofortificação Agronômica**

A biofortificação agronômica compreende em aumentar os teores dos minerais nos vegetais, por meio de seu oferecimento, na forma de adubos disponibilizados, via foliar ou via solo (BROADLEY et al., 2010). Trata-se da maneira mais rápida de melhorar a qualidade nutricional dos alimentos e, desta forma, reduzir a carência de nutrientes na população. Alimentos biofortificados tendem a proporcionar a redução da ocorrência de diversas doenças e, consequentemente, a redução de gastos com saúde pública (CAKMAK, 2008).

Aliar quantidade à qualidade e gerar alta produção de alimentos que certifique a segurança alimentar é o grande desafio da agricultura moderna (FAO/WHO, 2000). Para melhorar o conteúdo nutricional de culturas agronômicas e, por consequência, a nutrição humana, existem três estratégias possíveis, sendo: redução da concentração de antinutrientes (inibidores da biodisponibilidade de minerais e vitaminas); aumento das concentrações de nutrientes e de compostos os quais favorecem a biodisponibilidade; e aumento da concentração de vitaminas e minerais (BOUIS, 2003).

Com o intuito de aumentar a qualidade nutricional das culturas alimentares principais, desenvolveu-se o Programa Desafio em Biofortificação HarvestPlus, que foi criado para garantir que os avanços da tecnologia e ciência sejam utilizados no enriquecimento da dieta alimentar das populações mais carentes do mundo e que habitam zonas marginais dos trópicos e praticam agricultura de subsistência. O Programa Desafio em Biofortificação HarvestPlus conta com o incentivo financeiro da Fundação Bill e Melinda Gates, Agência Sueca para Cooperação e Desenvolvimento Internacional (SIDA), Agência Dinamarquesa para o Desenvolvimento Internacional (DANIDA), Agência Americana para o Desenvolvimento Internacional (USAID) e o Banco Mundial (NUTTI; CARVALHO; WATANABE, 2006).

O HarvestPlus surgiu como uma iniciativa do Grupo Consultivo de Pesquisa Agrícola Internacional (CGIAR) e, além dele, envolve, também, diversos outros grupos, como o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Centro Internacional de Batata (CIP), Centro Internacional de Pesquisa Agrícola em Zonas Áridas (ICARDA), Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT), Instituto Internacional de Agricultura Tropical

(IITA), Instituto Internacional de Pesquisa sobre Políticas Alimentares (IFPRI), Instituto Internacional de Pesquisa de Produtos Agrícolas para o Trópico Semiárido (ICRISAT), Instituto Internacional de Pesquisa em Arroz (IRRI), além da parceria de várias instituições colaboradoras como os Sistemas Nacionais de Pesquisa Agrícola (SNPA), em países em desenvolvimento; universidades de países desenvolvidos e em desenvolvimento por meio dos departamentos de nutrição humana; ONGs; Freiburg University; Adelaide University; Michigan State University; Serviço de Investigação Agrícola (USDA – ARS); US Plant, Soil, and Nutrition Laboratory; Departamento de Agricultura dos Estados Unidos; entre outros (NUTTI; CARVALHO; WATANABE, 2006).

Por volta dos anos 2000, iniciaram-se no Brasil, os trabalhos sobre biofortificação de alimentos com a consolidação, por meio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), de uma rede de pesquisa a qual foi denominada como Rede BioFORT também ligada ao HarvestPlus. A Rede BioFORT, desde seu início, reuniu seus esforços, no melhoramento genético convencional das culturas, sendo esta a biofortificação genética (VERGÜTZ et al., 2016).

Alguns dos objetivos do HarvestPlus são: definir metas de melhoramento que sejam ótimos nutricionalmente; elaborar levantamento sobre as práticas de processamento e cultivo de alimentos, definindo seu efeito na biodisponibilidade e conteúdo de micronutrientes; dar início aos estudos de bioeficácia em humanos com o objetivo de determinar o efeito biológico dos alimentos biofortificados nos níveis de micronutrientes na nutrição humana; começar o trabalho de melhoramento com a colaboração dos agricultores e disponibilizar-lhes novas variedades biofortificadas; promover as variedades melhoradas, desenvolvendo e implementando estratégias de marketing; detectar fatores que afetam a aceitação dos alimentos biofortificados, estabelecer a eficiência nutricional do programa, o impacto na saúde da população e nos recursos das famílias carentes; entre outros (NUTTI; CARVALHO; WATANABE, 2006).

No caso do arroz, em particular, trata-se de um cereal de consumo universal, sendo assim, a biofortificação deste produto atinge toda a população do planeta, com raríssimas exceções. Outro aspecto que deve ser considerado no programa de biofortificação, no caso específico do Brasil, é que a suplementação do iodo para a população até então tem sido oferecida, por meio do sal de cozinha, mas é uma realidade que a hipertensão arterial tem aumentado bastante entre a população e uma das causas é o consumo exagerado do sal. Com a diminuição deste tempero largamente utilizado, o brasileiro ficaria sem um “veículo” para levar o iodo. Assim, a biofortificação com iodo e outros minerais como o selênio e o ferro, utilizando

o arroz, é uma alternativa viável para continuar suprimindo os brasileiros com os minerais essenciais à saúde.

## **2.4 Zinco (Zn)**

A deficiência de zinco é amplamente relacionada à sua ingestão ou à sua absorção inadequadas na dieta. É importante diferenciar ingestão e absorção, pois níveis elevados de inibidores na dieta podem resultar em baixa absorção de zinco, mesmo que os níveis de ingestão sejam consideráveis. Sendo assim, a quantidade estabelecida, para o consumo de zinco, deve ser ajustada em proporções acima, para as populações, em que produtos de origem animal, que são as melhores fontes de zinco, sejam de acesso limitado e que suas principais refeições sejam fontes vegetais, que apresentam fitatos, o que dificulta a absorção do zinco (WHO, 2002). O mesmo ocorre para os vegetarianos e veganos que optam por dietas à base de vegetais e não consomem ou consomem de forma restrita produtos de origem animal.

Em relação à contribuição para a saúde humana, pontua-se que o Zn desempenha funções fundamentais. Desta forma, esse elemento está relacionado ao funcionamento do sistema imunológico, à saúde reprodutiva, ao desenvolvimento e crescimento físico, ao desenvolvimento neurocomportamental e à função sensorial (HOTZ; BROWN, 2004). As doses diárias recomendadas de Zn variam de 3 a 17 mg e são baseadas em função de gênero, idade, tipo de dieta e outros fatores (HOTZ; BROWN, 2004; SHARMA et al., 2013).

O Zn é fundamental para a atividade de mais de 300 enzimas, incluindo a expressão e a ativação gênicas, processos mitóticos, síntese de DNA, o que evidencia sua importância no decorrer do período de gestação (OSENDARP; WEST; BLACK, 2003). A carência de Zn relaciona-se não apenas à redução do desenvolvimento e crescimento do feto, como também a prejuízos no desenvolvimento do sistema imunológico, lesões na pele, prejuízo na acuidade do paladar, perda de apetite, hipogonadismo, processos de cicatrização prejudicados, anorexia, morbidade, mortalidade por doenças infecciosas, atraso na maturação sexual, danos neuropsicológicos, dermatites, entre outros (MAFRA, COZZOLINO, 2004; WHITTAKER, 1998).

De acordo com Cakmak (2008), uma das principais causas da deficiência de Zn na população mundial é a alta incidência de solos deficientes desse mineral, associada à ingestão de alimentos à base de cereais com baixos teores e biodisponibilidade desse elemento. Países em desenvolvimento apresentam maior deficiência de Zn pela dieta da população ser baseada

em produtos vegetais. Desta forma, em tais países, a deficiência de Zn trata-se de um fator de risco à saúde humana (CAKMAK et al., 2010; WHO, 2002).

Plantas que apresentam baixas concentrações de Zn são consequência de regiões que apresentam solos com deficiência deste mineral, o que acarreta deficiência de Zn na população. Sendo assim, grandes problemas têm ocorrido em países como a China, Irã, Turquia, Índia e Paquistão, pois apresentam solos com baixa disponibilidade de Zn e cultivam cereais, que são considerados principais fontes diárias das populações locais (ALLOWAY, 2004; CAKMAK et al., 1999; HOTZ; BROWN, 2004).

No Brasil, especialmente em solos arenosos e de cerrado, a deficiência de Zn é a mais comum entre os micronutrientes, o que acarreta na diminuição da qualidade nutricional dos grãos, além de propiciar problemas de saúde à população, sobretudo, cujas principais fontes para a alimentação são os cereais (arroz, milho e trigo) (FRAIGE; CRESPILO; REZENDE, 2007; GRAHAM; WELCH, 1996; KALAYCI et al., 1999).

## **2.5 Ferro (Fe)**

Define-se o Ferro (Fe) como um metal de transição apto a formar ligações com átomos doadores de elétrons, podendo formar grupos e apresentar-se nos alimentos de duas formas, heme e não heme. O ferro heme, o qual integra diferentes proteínas, está presente na mioglobina e na hemoglobina de carnes e vísceras, apresentando maior biodisponibilidade, com absorção de 20% a 30%, pelo fato de não estar exposto a fatores inibidores (BARKER; PILBRAM, 2007; WHO, 1989 citado por BORTOLINI; FISBERG, 2010). Já o Fe não heme está contido nos ovos, nas leguminosas, nas hortaliças e nos cereais, porém, ao contrário do Fe heme, tem uma absorção pelo organismo de somente 2% a 10%. Vários componentes da alimentação interferem fortemente na absorção do Fe não heme, podendo ser facilitada ou inibida (HURRELL, 1997; WHO, 1989 citado por BORTOLINI; FISBERG, 2010).

O Fe age no transporte de dióxido de carbono e oxigênio, para todas as células do corpo, portanto está diretamente envolvido no processo de respiração celular (HEMALATHA; PLATEL, SRINIVASA, 2007). Por consequência da sua atuação na hemoglobina, a deficiência de Fe é a principal causa de anemia no mundo (WHO, 2007) e, como prevenção, é importante a inclusão desse elemento nas dietas, pela ingestão de carnes, vitaminas A e C que auxiliam na absorção do ferro (BORTOLINI, FISBERG, 2010). Deve-se se atentar, também, à presença de fatores antinutricionais como fitatos, polifenóis e fosfatos, cujas formas químicas e a quantidade

absorvida diminuem a disponibilidade de Fe no organismo (BORTOLINI, FISBERG, 2010; GURZAU, NEAGU, GURZAU, 2003).

Em crianças, a anemia causa retardamento das funções mentais e motoras, em adolescentes atinge a memória, além de outras funções mentais. Já em adultos causa fadiga, afetando a capacidade para a realização de atividades físicas e, durante a gravidez, pode potencializar o risco de nascimento de bebês prematuros, tornando-os mais vulneráveis a problemas de saúde, ou até mesmo a morte em seu primeiro ano de vida (CLARK, 2008).

Populações de países em desenvolvimento que geralmente possuem sua dieta baseada em produtos vegetais expressam altos índices de desnutrição por falta de Fe, visto que o índice médio de crianças anêmicas presentes nestes países foi de 39%; já, em países industrializados, este índice se reduz para 20,1% (WHO, 2001). Vários órgãos (nacionais e internacionais) estipularam como meta a eliminação desta deficiência nutricional, em razão da alta taxa de ocorrência e das significativas consequências da falta deste elemento (FAO; IFAD; WFP, 2014).

## **2.6 Iodo (I)**

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2016), o Iodo caracteriza-se como um micronutriente empregado na síntese dos hormônios tireoidianos, indispensável para o homem e outros animais. Os hormônios produzidos pela tireoide, (glândula localizada na base frontal do pescoço), a tiroxina (T3) e o triiodotironina (T4), regulam o funcionamento de diversos órgãos, pois atuam no crescimento neurológico, físico e na manutenção do fluxo normal de energia (definido como metabolismo basal, sobretudo, na manutenção do calor do corpo). A falta de equilíbrio na síntese dos hormônios tireoidianos pode gerar diversos problemas como mortalidade infantil; abortos espontâneos; natimortalidade; distúrbios no desenvolvimento físico e mental com perdas na capacidade de aprendizagem das crianças (diminuição no quociente de inteligência); letargia; deficiência de coordenação; dano cerebral do feto ou recém-nascido, podendo causar surdez, mudez, retardo mental, nanismo e cretinismo.

A Organização Mundial da Saúde (WHO, 2007) recomenda que a ingestão diária de iodo deve ser de 90 µg para crianças com idades pré-escolares (de 0 a 59 meses); 120 µg para crianças em idade escolar (6 a 12 anos); 150 µg para adolescentes (acima de 12 anos) e adultos; e 250 µg para as mulheres grávidas e lactantes. Segundo o Comitê de Nutrição da Organização Mundial de Saúde (Citado por ANVISA, 2016), o excesso de iodo pode acarretar a tireoidite

autoimune (síndrome de Hashimoto) em parte da população geneticamente vulnerável à autoimunidade e também ao hipertireoidismo clínico e subclínico em idosos (relacionada à presença de bócio nodular).

Para atender as necessidades de iodo das populações, tem-se como uma estratégia, em diversos países, a iodação do sal de cozinha para consumo humano. Ainda que não se deva consumir sal em excesso, pois este pode trazer prejuízos para a saúde, seu consumo diário e moderado é indispensável para que a necessidade de iodo seja suprida. A não utilização do sal enriquecido com iodo (sal iodado) ou a utilização do sal destinado ao consumo animal (cujo teor de iodo não atende as necessidades humanas) pode acarretar os “Distúrbios por Deficiência de Iodo” (DDIs) (ANVISA, 2016).

Os DDIs são ocorrências naturais e permanentes, que estão distribuídas amplamente em diversas regiões do mundo. Populações que habitam áreas deficientes em iodo estão sempre vulneráveis a apresentar distúrbios causados por esta deficiência, cujo impacto sobre os índices de desenvolvimento humano, social e econômico são muito graves. Relacionada a esses problemas, a deficiência de iodo gera um aumento dos gastos com o atendimento em saúde e educação, visto que eleva as taxas de repetência e evasão escolar e, também, causa a redução da capacidade para o trabalho. Assim, de forma direta ou indireta, gera prejuízos socioeconômicos ao país. Em consequência, as estratégias voltadas ao controle da deficiência de iodo devem ser permanentes e fundamentalmente preventivas, principalmente, quando destinadas às gestantes, nutrízes e crianças com menos de dois anos de idade (ANVISA, 2016).

## 2.7 Selênio

O selênio (Se) é um micromineral essencial, com reconhecidas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias. Em humanos, este elemento é necessário para o crescimento normal e fertilidade, assim como também é um importante elemento protetor de doenças como câncer, aterosclerose, cirrose, artrite e enfisema. Por outro lado, este micromineral, em quantidades excessivas, pode ser tóxico (MANZANARES et al., 2010; SARMENTO, 2006; VIARO et al., 2001).

A quantidade de Se nas plantas pode ser um reflexo da concentração no solo deste mineral. Alimentos de origem animal, sobretudo, os pescados apresentam níveis elevados deste micronutriente, quando comparados a alimentos de origem vegetal (FERREIRA et al, 2002; SARMENTO, 2006).

Determina-se que cerca de 15% da população do mundo seja deficiente em Se em virtude da pouca ingestão desse micronutriente (WHITE; BROADLEY, 2005). Tem-se conhecimento de que o Se age, no controle da eliminação de radicais peróxidos do organismo e, também, como cofator enzimático (PAPPAS et al., 2008). A pequena ingestão de Se está ligada também ao desenvolvimento de doenças como o hipotireoidismo, redução da atividade do sistema imunológico e doenças cardiomiopáticas (doença de Keshan-Beck). Geralmente, há relatos de tais doenças em locais em que os níveis de Se no solo são reduzidos, como se pode citar, Sibéria, China e Tibete (ELLIS; SALT, 2003; ZENG, 2009). No Brasil, menciona-se que os teores de Se ingeridos são baixos, ao se comparar com padrões internacionais (MORAES, 2008).

## REFERÊNCIAS

ALLOWAY, B. J. Zinc in soils and crop nutrition. **International Zinc Association**. Bruxelas, p. 116, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Sistema de Perguntas e Respostas – FAQ**, 2016. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/faqdinamica/index.asp?Secao=Usuario&usersecoes=28&userassunto=174>>. Acesso em: 12 out. 2016.

BARKER, A. V.; PILBEAM, D. J. **Handbook of plant nutrition**. Boca Raton, FL: Taylor & Francis, p. 613, 2007.

BORTOLINI, G. A.; FISBERG, M. Orientação nutricional do paciente com deficiência de ferro. **Revista Brasileira Hematologia e Hemoterapia**, v. 32, n. 2, p. 105-113, 2010.

BOUIS, H. E. Micronutrient fortification of plants through plant breeding: can it improve nutrition in man at low cost? **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 62, n. 02, p. 403-411, 2003.

BROADLEY, M. R. et al. Selenium biofortification of high-yielding winter wheat (*Triticum aestivum* L.) by liquid or granular Se fertilisation. **Plant and Soil**, v. 332, n. 1-2, p. 5-18, 2010.

CAKMAK, I. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification?. **Plant and soil**, v. 302, n. 1-2, p. 1-17, jan. 2008.

CAKMAK, I. et al. Biofortification and localization of zinc in wheat grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 16, p. 9092-9102, 2010.

CAKMAK, I. et al. Zinc deficiency as an actual problem in plant and human nutrition in Turkey: A NATO-Science for Stability Project. **Field Crops Research**. Amsterdam, v. 60, n. 1-2, p. 175 - 188, Jan. 1999.

CASTRO, E. M. de et al. **Qualidade de grãos em arroz**. Embrapa Arroz e Feijão, 1999.

CHAVES, J. S. et al. Eficiência da inoculação na cultura do arroz (*Oryza Sativa* L.) no sul do estado de Roraima. **Revista Eletrônica Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, v. 9, n. 2, 2016.

CLARK, S. F. Iron deficiency anemia. **Nutrition in Clinical Practice**, v. 23, n. 2, p. 128-141, 2008.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. Editora Manole, 2012.

ELLIS, D. R.; SALT, D. E. Plants, selenium and human health. **Current opinion in plant biology**, v. 6, n. 3, p. 273-279, 2003.



FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS AND WORLD HEALTH ORGANIZATION – FAO/WHO. **Preliminary report on recommended nutrient intakes**. Rome: FAO, p. 215, 2000.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO); INTERNATIONAL FUND FOR AGRICULTURAL DEVELOPMENT (IFAD); WORLD FOOD PROGRAMME (WFP). **The state of food insecurity in the world 2014: strengthening the enabling environment for food security and nutrition**. Rome, FAO, 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Statistical Pocketbook World food and agriculture**, 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4691e.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2017.

FRAIGE, K.; CRESPILO, F. N.; REZENDE, M. O. O. Determinação de zinco em solo utilizando colorimetria. **Química Nova**. São Paulo, v. 30, n. 3, p. 588 - 591, maio/jun. 2007.

FERREIRA, K. S. et al. Concentrações de selênio em alimentos consumidos no Brasil. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 11, n. 3, p. 172-177, 2002.

GRAHAM, R. D.; WELCH, R. M. Breeding for staple-food crops with high micronutrient density. **International Food Policy Institute**. Washington, p. 96, 1996.

GURZAU, E. S.; NEAGU, C.; GURZAU, A. E. Essential metals—case study on iron. **Ecotoxicology and Environmental safety**, v. 56, n. 1, p. 190-200, 2003.

HEMALATHA, S.; PLATEL, K.; SRINIVASAN, K. Zinc and iron contents and their bioaccessibility in cereals and pulses consumed in India. **Food Chemistry**, v. 102, n. 4, p. 1328-1336, 2007.

HOTZ, C.; BROWN, K. H. Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. **Food and Nutrition**. Tokyo, v. 25, n. 1, p. 91 - 204, 2004.

HURRELL, R. F. Bioavailability of iron. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 51, n. 1, p. S4, 1997.

KALAYCI, M. et al. Grain yield, zinc efficiency and zinc concentration of wheat cultivars grown in a zinc-deficient calcareous soil in field and greenhouse. **Field Crops Research**. Amsterdam, v. 63, n. 1, p. 87 - 98, jul. 1999.

KENNEDY, G.; BURLINGAME, B. Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. **Food Chemistry**, v. 80, n. 4, p. 589-596, 2003.

LEÓN, A. E.; ROSELL, C. M. De tales harinas, tales panes. **Baéz ediciones. Argentina**, 2007.

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

MANZANARES, W. et al. High-dose selenium for critically ill patients with systemic inflammation: pharmacokinetics and pharmacodynamics of selenious acid: a pilot study. **Nutrition**, v. 26, n. 6, p. 634-640, 2010.

MINGUITA, A. P. da S. et al. Produção e caracterização de massas alimentícias a base de alimentos biofortificados: trigo, arroz polido e feijão carioca com casca. **Ciência Rural**, v. 45, n. 10, p. 1895-1901, 2015.

MORAES, M. F. Relação entre nutrição de plantas, qualidade de produtos agrícolas e saúde humana. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 123, p. 21-23, set. 2008.

NUTTI, M. R.; DE CARVALHO, J. L. V.; WATNABE, E. **A biofortificação como ferramenta para combater as deficiências em micronutrientes**. CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2006.

OSENDARP, S. J. M.; WEST, C. E.; BLACK, R. E. The need for maternal zinc supplementation in developing countries: an unresolved issue. **Journal of Nutrition**, v. 133, p. 817S - 827S, 2003.

PAPPAS, A. C. et al. Selenoproteins and maternal nutrition. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v. 151, n. 4, p. 361-372, 2008.

SARMENTO, R. Revisões sistemáticas em terapia intensiva-suplementação de selênio. **Rio de Janeiro: Sociedade de Anestesiologia do Estado do Rio de Janeiro**, 2006.

SHARMA, A. et al. Zinc—an indispensable micronutrient. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 19, n. 1, p. 11-20, 2013.

SHETTY, P. Incorporating nutritional considerations when addressing food insecurity. **Food Security**, v. 1, n. 4, p. 431-440, 2009.

SOARES A.A., et al. BRSMG Caravera: cultivar de arroz para terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 937-940, 2008.

TULYATHAN, V.; PRUNGLUMPU, S. Iodine-fortified rice and its absorption. **Journal of food biochemistry**, v. 33, n. 2, p. 176-183, 2009.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). **Terra de Arroz**. Disponível em: <[http://www.ufrgs.br/alimentus1/terradearroz/grao/gr\\_divisao.htm](http://www.ufrgs.br/alimentus1/terradearroz/grao/gr_divisao.htm)>. Acesso em: 12 fev. 2018.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA); FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE (FAS). **Grain: world markets and trade**. Jan. 2017. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2017.

VERGÜTZ, L. et al. Biofortificação de alimentos: saúde ao alcance de todos. **Boletim da SBBS**. A biofortificação em debate, vol. 42, n. 2, 2016.

VIARO, R. S.; VIARO, M. S.; FLECK, J. A Importância Bioquímica do Selênio Para o Organismo Humano. **Disciplinarum Scientia| Saúde**, v. 2, n. 1, p. 17-21, 2016.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. de. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, 2008.

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

WHITTAKER, P. Iron and zinc interactions in human. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 68, p. 442S - 446S, 1998.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Assessing the iron status of populations. **Geneva: World Health Organization**, 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. **A guide for programme managers**, Geneva, 3rd ed., 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Iron deficiency anaemia: assessment, prevention and control. **A guide for programme managers**. 2001.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **The world health report 2002: reducing risks, promoting healthy life**. World Health Organization, 2002.

ZENG, H. Selenium as an essential micronutrient: roles in cell cycle and apoptosis. **Molecules**, v.14, n.3, p. 1263-1278, 2009.

ZHOU, Z. et al. Composition and functional properties of rice. **International Journal of Food Science and Technology**, v.37, p.849-868, 2002.

## **CAPÍTULO 2 – Beneficiamento do arroz biofortificado da cultivar BRSMG Caravera**

## RESUMO

O arroz é um dos grãos com maior produção mundial, e o Brasil destaca-se como um grande produtor e consumidor. Para que ele chegue à mesa dos consumidores, é necessário seu beneficiamento. Grãos sem defeitos e inteiros atingem melhor valor de mercado. O processo de beneficiamento pode afetar a estrutura dos grãos de arroz, causando quebras durante seu processo. Sendo assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência da biofortificação agrônômica no arroz BRSMG Caravera no beneficiamento pela análise da renda do benefício (%) e rendimento do grão (%). As amostras analisadas receberam os seguintes tratamentos: A (controle, aplicação no solo de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK)), B (NPK + adubação no solo com fonte  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), C (NPK + duas adubações foliares com fonte  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), D (NPK + duas adubações foliares com fonte ATP Releaf), E (NPK + duas adubações foliares com fonte  $\text{KIO}_3$ ), F (NPK + duas adubações foliares com fonte  $\text{KIO}_3 + \text{KNO}_3$ ), G (NPK + duas adubações foliares com fonte ADOB-ZnIDHA), H (NPK + duas adubações foliares com fonte ADOB-Basfoliar), I (adubação foliar com fonte Kali-EPSo-Zn em conjunto com ureia), J (NPK + adubação foliar com fonte Zn), K (NPK + duas adubações foliares com fonte Bayer Antracol-Zn), L e M (NPK + adubação foliar com fonte Coquetel foliar de micro spray : I e II, respectivamente), N e O (NPK + adubação no solo com fonte Ca + Mg, diferenciando-se entre si apenas na concentração de Mg (gesso)) e P (NPK + adubação foliar com fonte Quimofol Znitro). Os resultados obtidos mostraram que os tratamentos de biofortificação B, E, F, I, K, L, N e O apresentaram melhores resultados, ao se comparar com a amostra controle, para os valores de renda do benefício (%). Já para o parâmetro rendimento do grão (%), apenas as amostras com os tratamentos B e K apresentaram melhores valores em relação à amostra controle. Nas condições em que foi cultivado, o arroz da variedade BRSMG Caravera não apresenta boa classificação, pois, de acordo com o MAPA, apenas a amostra com o tratamento B se enquadrou como tipo 4, sendo as demais classificadas como fora de tipo.

**Palavras-chave:** Renda do benefício. Rendimento do grão. Biofortificação. IN N°6 de 16/02/2009 MAPA. BRSMG Caravera.

## ABSTRACT

Rice is one of the grains with the largest global production and Brazil stands out as a significant producer and consumer. It is necessary that the rice is processed before reaching the consumers' table. Grains with no defects and whole reach the market at a better value. The processing can affect the structure of the rice grains, causing breakages. Thus, we aimed at evaluating the influence of agronomic biofortification on BRSMG Caravera rice in during processing using the analysis of yield income (%) and grain yield (%). The analyzed samples received the following treatments: A (control, application of soil nitrogen, phosphorus, and potassium (NPK)); B (NPK + soil fertilization with a source of  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ); C (NPK + two leaf fertilizations with a source of  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ); D (NPK + two leaf fertilizations with a source of ATP Releaf); E (NPK + two leaf fertilizations with a source of  $\text{KIO}_3$ ); F (NPK + two leaf fertilizations with a source of  $\text{KIO}_3 + \text{KNO}_3$ ); G (NPK + two leaf fertilizations with a source of ADOB-ZnIDHA); H (NPK + two leaf fertilizations with a source of ADOB-Basfoliar); I (leaf fertilization with a source of Kali-EPSo-Zn and urea); J (NPK + leaf fertilization with a source of Zn); K (NPK + two leaf fertilizations with a source of Bayer Antracol-Zn); L and M (NPK + leaf fertilization with micro spray leaf cocktail I and II, respectively); N and O (NPK + soil fertilization with a source of Ca + Mg, differing only in the concentration of Mg (gypsum)), and P (NPK + leaf fertilization with a source of Quimofol Znitro). The results showed that the biofortification treatments B, E, F, I, K, L, N and O presented better results when compared with the control sample for the values of benefit income (%). For the grain yield parameter (%) only the samples from treatments B and K presented better values when compared to the control sample. Under the cultivating conditions of the experiment, the BRSMG Caravera rice variety does not present a good classification since according to the Ministry of Agriculture, Livestock, and Supply, only the sample from treatment B was classified as type 4, while the others were atypical.

**Keywords:** Benefit income. Grain yield. Biofortification. NI N°6 of 02/16/2009 MAPA. BRSMG Caravera.

## **1 INTRODUÇÃO**

Utilizado, em especial, para o consumo humano, o arroz é um dos grãos com maior produção mundial (LIMA et al., 2000). O Brasil destaca-se como um grande produtor e consumidor de arroz. Este grão ocupa um lugar considerável na mesa dos brasileiros e, para que possa chegar à mesa de todos os consumidores, é necessária sua produção em grandes quantidades e, em seguida, seu beneficiamento, após esta etapa, poderá então ser enviado ao comércio para a venda ao consumidor final (CAVALLERI, MENDONÇA JR, RODRIGUES, 2010).

O valor atingido de mercado em que o arroz é comercializado é influenciado diretamente pela qualidade industrial, pois produtos sem defeitos e com elevada quantidade de grãos inteiros alcançam as melhores cotações (CANELLAS et al., 19997). Os grãos quebrados (quirera), a casca e o farelo do arroz são os principais coprodutos do processo de beneficiamento e podem ser reaproveitados, como, por exemplo, as quireras podem ser usadas na produção de amidos pré-cozidos e farinhas, o farelo, para a produção de óleo ou ração e a casca ser utilizada como fonte energética ou até mesmo para a produção de papéis (AMATO, 2002, citado por LORENZETT, NEUHAUS e SCHWAB, 2012).

A totalidade do arroz comercializado, para o consumo, na forma de grãos, deve ser classificada em tipos (1, 2, 3, 4 e 5) e esta classificação é definida pelo percentual de grãos quebrados, quirera e da ocorrência de defeitos. Já para os grãos que não atingem as exigências de enquadramento, de acordo com os tipos citados, são classificados como fora do padrão ou desclassificados (MAPA, 2009).

Decorrente da escassez de trabalhos que relacionem a biofortificação com aspectos tecnológicos, assim como a importância do processo de beneficiamento para a posterior comercialização do arroz biofortificado, objetivou-se com esse trabalho avaliar a influência da biofortificação agrônômica no beneficiamento dos grãos de arroz da variedade BRSMG Caravera, analisando a renda do benefício e rendimento do grão; objetivou-se, também, realizar a classificação destas amostras de acordo com o MAPA.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi desenvolvido no Departamento de Agricultura e no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, Estado de Minas Gerais, Brasil.

## 2.1 Descrição das amostras

Neste trabalho, utilizaram-se amostras biofortificadas de arroz da terceira fase do programa HarvestPlus, da variedade BRSMG Caravera, cultivadas pela EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), na cidade de Lambari, Minas Gerais. Estas amostras incluem um tratamento controle, que não foi biofortificado e 15 diferentes tratamentos de biofortificação.

Os 16 tratamentos compreendem:

- A. Controle (NPK):** aplicação de doses de fertilizantes no solo: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K).
- B. NPK + aplicação no solo de  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ :** aplicação no solo de 50 kg de  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  por hectare.
- C. NPK + duas aplicações foliares de  $\text{ZnSO}_4$ :** 0,5% de  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  em 800 litros por hectare.
- D. NPK + pulverização ATP Releaf:** o ATP Releaf contém 5% de Zn puro e foi pulverizado por duas vezes.
- E. NPK + dois tratamentos foliares de iodato de potássio ( $\text{KIO}_3$ ):** a quantidade de iodo aplicada em cada pulverização foi de 0,05% de  $\text{KIO}_3$  em 800 litros para cada hectare (que é equivalente a 400g de  $\text{KIO}_3$  por hectare).
- F. NPK + dois tratamentos foliares de iodato de potássio ( $\text{KIO}_3$ ) em conjunto com 2% de nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ):** a aplicação foi exatamente igual ao descrito para o tratamento E, mas na preparação de 0,05% de  $\text{KIO}_3$  foi usada água contendo 2% de  $\text{KNO}_3$ .
- G. NPK + duas aplicações foliares de ADOB-ZnIDHA:** o ZnIDHA contém 10% de Zn. A mesma quantidade de Zn aplicado com  $\text{ZnSO}_4$  foi aplicado com ZnIDHA em cada pulverização foliar como no tratamento C.
- H. NPK + duas aplicações foliares de ADOB-Basfoliar:** neste tratamento, 2% de Basfoliar foram aplicados como no tratamento C.
- I. NPK + Kali-EPZO-Zn em conjunto com ureia:** a solução foliar de EPZO-Zn contém 0,4% de ureia.
- J. NPK + solução VALAGRO 52304:** esta solução contém 1,4% de Zn puro.
- K. NPK + Bayer Antracol-Zn:** Antracol é um fungicida contendo Zn e a pulverização de 3 kg de Antracol fornece cerca de 471g de Zn por hectare. Três (3) kg de Antracol em 800 litros foram pulverizados por duas vezes.



**L. NPK + Coquetel foliar de micro spray: I (Zn + Fe + I + Se)**

**M. NPK + Coquetel foliar de micro spray: II (Zn + Fe + I + Se)**

**N. 1,5 kg de Mg(gesso):** Sulfato misto de Ca e Mg.

**O. 3,0 kg de Mg(gesso):** Sulfato misto de Ca e Mg.

**P. Terrena – Quimofol Z nitro:** composto nutricional para a aplicação foliar, com o objetivo de fornecer e equilibrar a cultura em relação ao micronutriente Zinco.

## 2.2 Delineamento Experimental

O cultivo das amostras ocorreu em Delineamento de Blocos Casualizados (DBC) sendo analisados 15 tratamentos e o controle com quatro repetições cada totalizando 64 amostras.

## 2.3 Beneficiamento do arroz

O beneficiamento do arroz foi realizado, em um engenho de provas da marca Suzuki, na Unidade de Beneficiamento de Sementes do Departamento de Agricultura da UFLA. Foram beneficiados 400g de arroz em casca de cada parcela. As amostras foram submetidas ao descascamento por meio dos rolos descascadores do equipamento, o procedimento de passar as amostras de arroz com casca nos rolos foi repetido por três vezes. Em seguida, separaram-se manualmente os grãos de arroz descascados dos marinheiros (grãos de arroz que continuaram com casca, mesmo após passarem pelos rolos descascadores por três vezes). Na sequência, os grãos de arroz descascados foram brunidos por um minuto, desta forma, o farelo juntamente com o gérmen foi separado dos grãos de arroz. Por fim, foi feita a classificação dos grãos, de acordo com seus tamanhos, por meio dos classificadores rotativos “*trieurs*”. Primeiramente colocaram-se os grãos brunidos no *trieur* de alvéolos número 2, o qual ficou girando por um minuto, neste *trieur*, separaram-se os grãos de arroz inteiros; na sequência, os grãos restantes foram colocados no *trieur* de alvéolos número 1 para a separação dos grãos de arroz de tamanho  $\frac{3}{4}$ ; novamente os grãos que sobraram foram colocados no *trieur* de alvéolos número 0, para a separação dos grãos de tamanho  $\frac{1}{2}$  e, por fim, os grãos de arroz que sobraram foram os de tamanho  $\frac{1}{4}$  e a quirera. Após todos esses procedimentos, pesaram-se todas as porções separadas, sendo estas: casca, marinheiro, farelo juntamente com o gérmen, grãos inteiros, grãos de tamanho  $\frac{3}{4}$ , grãos de tamanho  $\frac{1}{2}$  e grãos de tamanho  $\frac{1}{4}$  com a quirera.

### **2.3.1 Renda do benefício**

A renda do benefício é uma referência de qualidade que mede a quantidade de grãos polidos (inteiros,  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$  com a quirera) em relação ao peso do arroz em casca, o qual foi expresso em percentagem.

### **2.3.2 Rendimento do grão**

O rendimento do grão é uma referência de qualidade que mede a fração dos grãos inteiros entre as frações dos grãos quebrados e inteiros, o qual foi expresso em percentagem.

## **2.4 Classificação do arroz**

Classificaram-se as amostras de arroz biofortificadas de acordo com a Instrução Normativa nº 6, de 16 de fevereiro de 2009 publicada pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) (BRASIL, 2009).

## **2.5 Análise estatística**

Realizou-se análise de variância pelo Teste F. A comparação das médias obtidas, nos diferentes tratamentos, foi analisada, segundo o teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Para isso, utilizou-se o software Sisvar Versão 5.6 (FERREIRA, 2014).

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

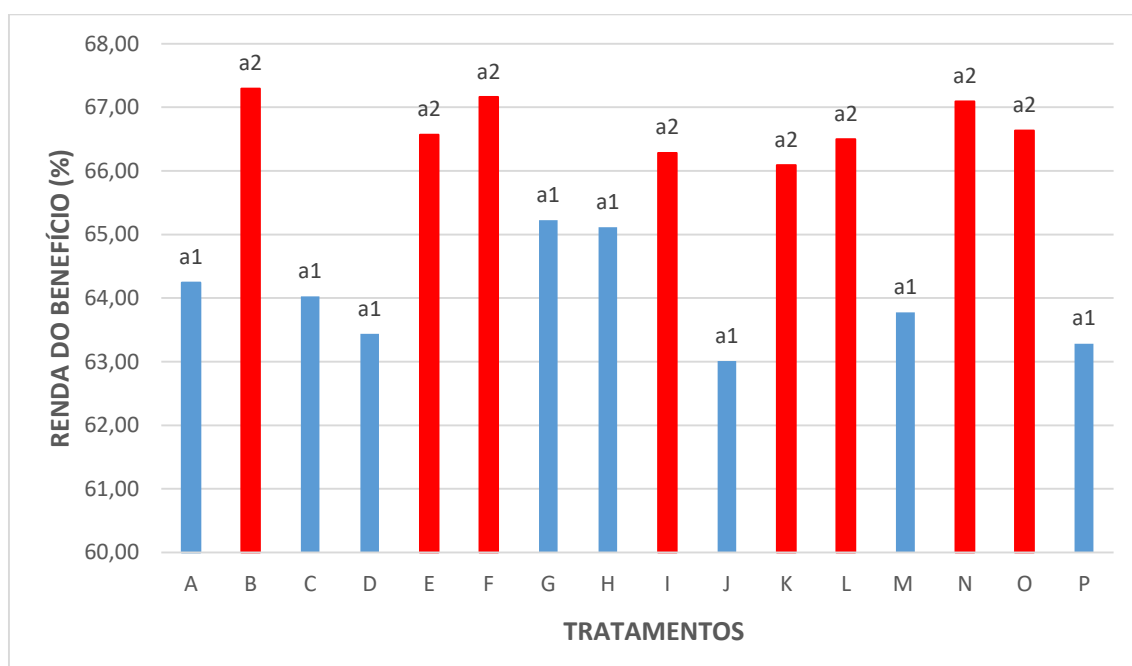
### **3.1 Beneficiamento das amostras**

Inúmeros fatores contribuem para a quebra do arroz, durante o polimento, sendo eles: fissuras ocorridas antes da colheita, grãos imaturos e gessados, secagem muito rápida e distribuição da umidade nos grãos (LUZ et al., 2005).

### 3.1.1 Renda do benefício

Realizando-se uma análise dos resultados para o parâmetro de qualidade renda do benefício, por meio do gráfico na Figura 2, observa-se que alguns tratamentos de biofortificação aumentaram a quantidade de grãos beneficiados, em relação ao peso do arroz em casca, ou seja, houve uma melhora da renda do benefício (%) para alguns tratamentos em relação ao controle.

Figura 2 – Valores médios para renda do benefício (%) para os diferentes tratamentos de biofortificação realizados nos grãos de arroz da cultivar BRSMG Caravera.



Fonte: Do autor (2018).

A partir da realização de análises estatísticas, observou-se que houve efeito significativo de tratamentos e blocos a 1% de probabilidade para o teste F. Ao aplicar-se o Teste Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade, foi possível constatar que se distinguiram do controle os tratamentos B, E, F, I, K, L, N e O sendo destacados como a2 no gráfico da Figura 2. Estes apresentaram um valor médio de 66,7% e possuem maiores valores de renda do benefício, em relação ao tratamento controle (64,24%), de forma que tais resultados demonstraram-se satisfatórios.

No solo, a aplicação de  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (tratamento B) apresentou melhor resultado, ao se comparar com sua aplicação foliar (tratamento C), quando considerada a renda do benefício. A aplicação foliar de iodato de potássio ( $\text{KIO}_3$ ) (tratamentos E e F) resultou em dados significativamente positivos e estatisticamente iguais, embora, no tratamento F, houvesse a

aplicação foliar de  $\text{KIO}_3$  em conjunto com 2% de nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ). O tratamento I contém Zn e ureia, também, foi foliar e apresentou bons resultados, assim como nas duas aplicações foliares do fungicida Bayer Antracol-Zn (tratamento K). O tratamento L, formado pelo coquetel de minerais Zn, Fe, I e Se com aplicação foliar, também, mostrou resultados positivos. Por fim, os tratamentos N e O se diferenciam apenas pela diferença de concentrações de Mg(gesso) aplicado no solo, também, mostraram efeitos positivos e estatisticamente iguais.

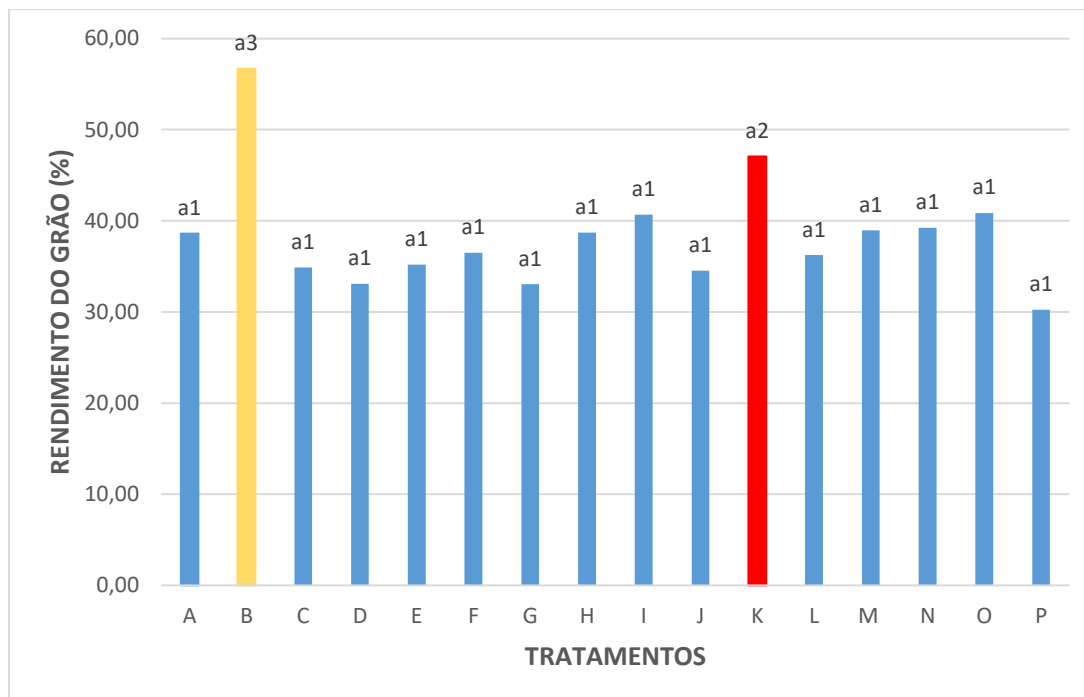
Boêno, Ascheri e Bassinelo (2011) avaliaram a renda do benefício de amostras de arroz vermelho e encontraram valores que foram de 71,1% a 74,7%. Farinelli et al. (2004) avaliaram a renda do benefício de amostras de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica e encontraram valores que foram de 71,4% a 72,3%.

De uma forma geral, as amostras apresentam muita quebra, que pode ser resultado de vários fatores como condições climáticas, fissuras ocorridas antes da colheita, secagem muito rápida, grãos imaturos, entre outros. A partir do melhor resultado de renda do benefício encontrado nas amostras de arroz biofortificado, observa-se uma melhora de, aproximadamente, 3% da quantidade de grãos polidos (inteiros,  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$  com a quirera) em relação ao peso do arroz em casca quando comparado ao controle.

### **3.1.2 Rendimento do grão**

Para o parâmetro de qualidade rendimento do grão, constatou-se que apenas duas amostras se diferenciaram da controle, sendo esta diferenciação para melhor, pois ocorreu um aumento dos grãos inteiros, em relação aos grãos beneficiados (quebrados e inteiros), como pode ser observado no gráfico da Figura 3.

Figura 3 – Valores médios para o rendimento do grão (%) para os diferentes tratamentos de biofortificação realizados nos grãos de arroz da cultivar BRSMG Caravera.



Fonte: Do autor (2018).

De acordo com a análise estatística, houve efeito significativo de tratamentos e blocos a 1% de probabilidade para o teste F e, ao aplicar-se o Teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, diferenciaram-se do controle as amostras com os tratamentos B o qual consistiu na aplicação no solo de  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  e K que consistiu na aplicação foliar do fungicida Bayer Antracol-Zn; estas amostras, além de se distinguirem da controle, diferenciam entre si. Estes mesmos tratamentos apresentaram maiores rendimento do grão (%) com 56,67% e 47,08%, respectivamente. A análise deste parâmetro possui um papel importante ao produtor, pois, quanto maior o rendimento do grão, menores serão as perdas e, conseqüentemente, maior será seu lucro, pois grãos inteiros apresentam maiores valores de mercado. Estas mesmas amostras mostraram também bons resultados ao se analisar renda do benefício (%).

Boêno, Ascheri e Bassinelo (2011) avaliaram o rendimento do grão de amostras de arroz vermelho e encontraram valores que foram de 62,8% a 65,4%. Farinelli et al. (2004) avaliaram o rendimento do grão de amostras de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica e encontraram valores que foram de 43,4% a 46,7%. Ao comparar os resultados do presente trabalho com os encontrados na literatura, nota-se que, de uma forma geral, os valores para rendimento do grão foram baixos, apresentando-se em uma média de 36,48%, com exceção dos tratamentos B e K.

De forma geral, consumidores de arroz preferem um produto uniforme, com teores reduzidos de grãos danificados e quebrados. Logo produtores e cerealistas almejam atingir uma performance adequada, durante o beneficiamento, para que, assim obtenham bons rendimentos de grãos inteiros. O valor deste produto no mercado apresenta variações, de acordo com o índice de quebra obtido, durante o processamento dos grãos. Tal fator é fundamental também na determinação da aceitação de novas cultivares (CASTRO et al., 1999).

Os tratamentos utilizados na biofortificação não prejudicaram o arroz da variedade BRSMG Caravera quanto ao percentual de grãos inteiros obtidos a partir dos grãos polidos.

### **3.2 Classificação do arroz**

Conforme a metodologia citada no item 2.6, as amostras de arroz foram classificadas e obteve-se como resultados: amostra com o tratamento B, a qual consiste na aplicação de Zn no solo na forma de  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , foi classificada como tipo 4 e as demais amostras como fora de tipo.

A totalidade dos grãos de arroz, que são destinados para o consumo, devem ser classificados em tipos e expressos numericamente (tipo 1, 2, 3, 4 e 5) e esta classificação é definida, de acordo com o total de grãos quebrados e quirera e, também, com o percentual de ocorrência de defeitos, como matérias estranhas, impurezas, grãos mofados, ardidados, picados, manchados, gessados, verdes, rajados e amarelos.

Com o resultado encontrado, pode-se observar que as amostras de arroz apresentaram muita quebra, durante o beneficiamento, porém elas não apresentaram os demais defeitos considerados para a classificação. Com exceção das amostras com os tratamentos B e K, todas as demais apresentaram percentual de quebrados e quirera superior a 45%, o que as classificam como fora de tipo. A amostra com o tratamento B apresentou percentual de total de quebrados e quirera de 33,47% e percentual de quirera máximo de 2,88% permitindo sua classificação como tipo 4. A amostra com o tratamento K apresentou percentual de total de quebrados e quirera de 40,84% o que a classificaria como tipo 5, porém apresentou percentual de quirera máximo de 5,39% o que também a tornou como fora de tipo. O total de quebrados de todas as amostras pode ser observado na Tabela 1. Caso as amostras não tivessem apresentado muita quebra, teriam boa classificação, pois os outros defeitos não apareceram.

Conforme sua importância e consequência no produto, os defeitos são tidos como gerais ou graves. Em produtos considerados de boa qualidade, o percentual de defeitos deve ser reduzido ao máximo, principalmente, os defeitos considerados graves, que correspondem a

resultados de contaminação do produto por matérias estranhas, grãos mofados e ardidos. Grãos rajados, amarelos, manchados, picados e gessados são referentes aos defeitos gerais. São considerados como desclassificados ou fora de tipo as amostras de arroz que não atendem as exigências de enquadramento em tipo comercial. A comercialização dos produtos desclassificados é proibida, tanto para o consumo humano quanto para o consumo animal, pois apresentam-se em mau estado de conservação. Já os produtos classificados como fora de tipo podem ser comercializados, com a condição de estarem perfeitamente indicados na embalagem, ou também podem ser rebeneficiados, desdobrados e recompostos para se enquadrarem em tipos (BRASIL, 2009; CASTRO et al., 1999).

Tabela 1 - Total de quebra e classificação das amostras de arroz biofortificadas da cultivar BRSMG Caravera.

| Somatório grãos<br>inteiros = (grãos<br>inteiros(g) + 3/4 dos<br>grãos(g)) |               | 1/2 do<br>grão (g) | 1/4 dos<br>Grãos +<br>Quirera<br>(g) | Somatório de<br>Quebrados e<br>quirera (g) =<br>1/2 do grão(g)<br>+ 1/4 dos grãos<br>+ quirera(g) | Somatório<br>grãos<br>beneficiados<br>e polidos (g) | Quebrados e<br>quirera em<br>relação total<br>beneficiado e<br>polido (%) | Peso<br>quirera<br>(g) | % de quirera<br>em relação<br>total<br>beneficiado e<br>polido | CLASSIFICAÇÃO |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------|
| Tratamento                                                                 | Peso (g)      |                    |                                      |                                                                                                   |                                                     |                                                                           |                        |                                                                |               |
| A                                                                          | 532,66        | 66,89              | 428,74                               | 495,64                                                                                            | 1028,29                                             | 48,20                                                                     | -                      | -                                                              | FORA DE TIPO  |
| <b>B</b>                                                                   | <b>719,07</b> | <b>55,54</b>       | <b>306,13</b>                        | <b>361,67</b>                                                                                     | <b>1080,73</b>                                      | <b>33,47</b>                                                              | <b>31,21</b>           | <b>2,89</b>                                                    | <b>TIPO 4</b> |
| C                                                                          | 563,16        | 66,53              | 454,60                               | 521,13                                                                                            | 1025,43                                             | 50,82                                                                     | -                      | -                                                              | FORA DE TIPO  |
| D                                                                          | 490,52        | 71,51              | 461,33                               | 532,84                                                                                            | 1023,36                                             | 52,07                                                                     | -                      | -                                                              | FORA DE TIPO  |
| E                                                                          | 535,89        | 79,66              | 451,30                               | 530,96                                                                                            | 1066,86                                             | 49,77                                                                     | -                      | -                                                              | FORA DE TIPO  |
| F                                                                          | 555,93        | 60,44              | 461,21                               | 521,66                                                                                            | 1077,58                                             | 48,41                                                                     | -                      | -                                                              | FORA DE TIPO  |
| G                                                                          | 501,02        | 80,78              | 472,72                               | 553,51                                                                                            | 1054,53                                             | 52,49                                                                     | -                      | -                                                              | FORA DE TIPO  |
| H                                                                          | 546,11        | 64,08              | 434,70                               | 498,78                                                                                            | 1044,89                                             | 47,74                                                                     | -                      | -                                                              | FORA DE TIPO  |
| I                                                                          | 573,56        | 77,43              | 419,32                               | 496,75                                                                                            | 1070,31                                             | 46,41                                                                     | -                      | -                                                              | FORA DE TIPO  |
| J                                                                          | 492,04        | 63,06              | 460,76                               | 523,83                                                                                            | 1015,86                                             | 51,56                                                                     | -                      | -                                                              | FORA DE TIPO  |
| <b>K</b>                                                                   | <b>629,15</b> | <b>61,00</b>       | <b>373,31</b>                        | <b>434,31</b>                                                                                     | <b>1063,46</b>                                      | <b>40,84</b>                                                              | <b>57,38</b>           | <b>5,40</b>                                                    | FORA DE TIPO  |
| L                                                                          | 535,06        | 74,25              | 461,30                               | 535,55                                                                                            | 1070,61                                             | 50,02                                                                     | -                      | -                                                              | FORA DE TIPO  |
| M                                                                          | 533,43        | 54,73              | 434,23                               | 488,96                                                                                            | 1022,39                                             | 47,83                                                                     | -                      | -                                                              | FORA DE TIPO  |
| N                                                                          | 575,99        | 63,65              | 442,76                               | 506,41                                                                                            | 1082,41                                             | 46,79                                                                     | -                      | -                                                              | FORA DE TIPO  |
| O                                                                          | 571,66        | 71,64              | 426,18                               | 497,82                                                                                            | 1069,48                                             | 46,55                                                                     | -                      | -                                                              | FORA DE TIPO  |
| P                                                                          | 458,34        | 78,72              | 478,45                               | 557,17                                                                                            | 1015,51                                             | 54,87                                                                     | -                      | -                                                              | FORA DE TIPO  |

Fonte: Do autor (2017).



## 4 CONCLUSÕES

Ao analisar os resultados deste trabalho, pode-se concluir que a biofortificação melhora os parâmetros de qualidade tecnológica do arroz como renda do benefício (%) e rendimento do grão (%), pois alguns tratamentos apresentam resultados melhores ao compará-los com o tratamento controle. O tratamento B melhora a renda do benefício em 3% e o rendimento do grão em 18% quando comparada à amostra controle.

Contudo as amostras de arroz não apresentam boa classificação. De acordo com o MAPA, elas são classificadas como fora de tipo, com exceção da amostra com tratamento B, que se enquadra como tipo 4. Embora as amostras não apresentem defeitos como matérias estranhas, impurezas, grãos mofados, ardidos, picados, manchados, gessados, verdes, rajados e amarelos, tal classificação é decorrente da grande quantidade de grãos quebrados apresentados.

Ao considerar todos os parâmetros analisados neste capítulo, a amostra, que recebeu o tratamento B, que consiste na aplicação no solo de  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , destacou-se apresentando os melhores resultados.

## REFERÊNCIAS

Brasil, 2009. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimentos (MAPA). Instrução Normativa Nº 6, 16 de fevereiro de 2009 publicada no DOU de 17/02/2009.

BOÊNO, J. A.; ASCHERI, D. P. R.; BASSINELLO, P. Z. Qualidade Tecnológica de grãos de quatro genótipos de arroz vermelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 7, p. 718–723, 2011.

CANELLAS, L. P. Efeito de práticas de manejo sobre o rendimento de grãos. **Ciência Rural**, v. 27, n. 3, 1997.

CASTRO, E.M. et al. Qualidade de grãos em arroz. **Embrapa Arroz e Feijão**, Santo Antônio de Goiás, 1999.

CAVALLERI, A.; MENDONÇA JR, M. de S.; RODRIGUES, E. N. L. Thrips species (Thysanoptera, Terebrantia) inhabiting irrigated rice and surrounding habitats in Cachoeirinha, state of Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 3, p. 501-504, 2010.

FARINELLI, R. et al. Características agrônômicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v. 28, p. 447-454, 2004.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. Agrotec**, vol. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

LIMA, G. J. M. M. et al. Composição química e valores de energia de subprodutos do beneficiamento de arroz. **Concórdia: Embrapa Suínos e Aves**, 2000.

LORENZETT, D. B.; NEUHAUS, M.; SCHWAB, N. T. Gestão de resíduos e a indústria de beneficiamento de arroz. **Revista Gestão Industrial**, v. 8, n. 1, 2012.

LUZ, C. A. S. et al. Relações granulométricas no processo de brunimento de arroz. **Engenharia Agrícola**, v.25, p. 214-221, 2005.

PRESTES, D. N. et al. Avaliação do brunimento em relação à dimensão de grãos de arroz. In: **VI Conferência Brasileira de pós-colheita**. Maringá, 2014. Anais. Maringá: Associação Brasileira de Pós-Colheita, 2014.

**CAPÍTULO 3 – Teste de Cocção, Análise Instrumental da Cor, Cinzas e Proteínas em grãos de arroz da cultivar BRSMG Caravera biofortificados**

## RESUMO

O arroz é responsável por ser uma das principais fontes de energia consumida pela população brasileira. O consumidor, em geral, tem preferência por grãos de qualidade com rápido preparo, bom rendimento de panela, grãos secos e soltos, com endosperma translúcido, entre outros. Os objetivos deste estudo foram analisar a influência da biofortificação agrônômica sobre a qualidade tecnológica dos grãos de arroz quanto ao tempo de cocção, índice de expansão do volume, perda de sólidos solúveis e índice de absorção de água; objetivou-se, também, determinar os teores de proteínas, cinzas e análise instrumental da cor nos grãos. As amostras analisadas receberam os seguintes tratamentos: A (controle, aplicação no solo de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK)), B (NPK + adubação no solo com fonte  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), C (NPK + duas adubações foliares com fonte  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), D (NPK + duas adubações foliares com fonte ATP Releaf), E (NPK + duas adubações foliares com fonte  $\text{KIO}_3$ ), F (NPK + duas adubações foliares com fonte  $\text{KIO}_3 + \text{KNO}_3$ ), G (NPK + duas adubações foliares com fonte ADOB-ZnIDHA), H (NPK + duas adubações foliares com fonte ADOB-Basfoliar), I (adubação foliar com fonte Kali-EPSo-Zn em conjunto com ureia), J (NPK + adubação foliar com fonte Zn), K (NPK + duas adubações foliares com fonte Bayer Antracol-Zn), L e M (NPK + adubação foliar com fonte Coquetel foliar de micro spray : I e II, respectivamente), N e O (NPK + adubação no solo com fonte Ca + Mg, diferenciando-se entre si apenas na concentração de Mg(gesso)) e P (NPK + adubação foliar com fonte Quimofol Znitro). Os resultados obtidos no teste de cocção mostraram que a biofortificação alterou de forma positiva as amostras com os tratamentos C, M e N, pois reduziram-se nelas seus tempos de cocção e mantiveram-se os demais parâmetros analisados. Com relação à análise instrumental da cor, nota-se que as amostras com os tratamentos C, D, H, J, K, M, P não se diferenciaram da controle e juntas apresentam melhores resultados entre as demais, mostrando-se como as amostras com maior claridade, cores neutras e saturação amarelada, tendendo à preferência do consumidor. Os resultados, para a análise de cinzas, mostraram-se satisfatórios para alguns tratamentos de biofortificação, destacando-se, entre eles, as amostras com os tratamentos I e L que apresentaram as maiores concentrações de resíduo mineral fixo. Por fim, ao se analisar o teor de proteína, as amostras com os tratamentos E, F, H, I, J, L, M, N e O apresentaram-se com os melhores resultados, em que se destaca a amostra com o tratamento F.

**Palavras-chave:** Tempo de cozimento. Expansão de volume. Perda de sólidos. Absorção de água. Minerais. Proteínas. Colorímetro de Minolta. BRSMG Caravera.

## ABSTRACT

Rice is one of the main sources of energy consumed by the Brazilian population. The consumer generally has a preference for quality grains with fast preparation, good pan yield, dry and loose grains, with translucent endosperm, among others. The objectives of this study were to analyze the influence of the agronomic biofortification on the technological quality of the rice grains regarding the cooking time, volume expansion index, loss of soluble solids, and water absorption index. We also aimed at determining the protein and ash contents and conduct the instrumental color analysis. The analyzed samples received the following treatments: A - control, application of soil nitrogen, phosphorus, and potassium (NPK); B - NPK + soil fertilization with a source of  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; C - NPK + two leaf fertilizations with a source of  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; D - NPK + two leaf fertilizations with a source of ATP Releaf; E - NPK + two leaf fertilizations with a source of  $\text{KIO}_3$ ; F - NPK + two leaf fertilizations with a source of  $\text{KIO}_3$  +  $\text{KNO}_3$ ; G - NPK + two leaf fertilizations with a source of ADOB-ZnIDHA; H - NPK + two leaf fertilizations with a source of ADOB-Basfoliar; I - leaf fertilization with a source of Kali-EPISO-Zn and urea; J - NPK + leaf fertilization with a source of Zn; K - NPK + two leaf fertilizations with a source of Bayer Antracol-Zn; L and M - NPK + leaf fertilization with micro spray leaf cocktail I and II, respectively; N and O - NPK + soil fertilization with a source of Ca + Mg, differing only in the concentration of Mg (gypsum), and P - NPK + leaf fertilization with a source of Quimofol Znitro. The results obtained from the cooking test showed that the biofortification positively changed the samples from treatments C, M and N by reducing their cooking times and maintaining the other analyzed parameters. Regarding the instrumental color analysis, we note that the samples in the treatments C, D, H, J, K, M, and P did not differ from the control and, together, they presented better results among the others, presenting higher clarity, neutral colors, and yellowish saturation. The results for the ash analysis were satisfactory in some biofortification treatments, with the samples of treatments I and L presenting the highest concentrations of fixed mineral residue. Finally, when analyzing the protein content, the samples from the treatments E, F, H, I, J, L, M, N, and O presented the best results, highlighting the sample from treatment F.

**Keywords:** Cooking time. Volume expansion. Loss of solids. Water absorption. Minerals. Proteins. Minolta colorimeter. BRSMG Caravera.

## 1 INTRODUÇÃO

Considerado um dos principais alimentos por grande parte da população brasileira, o arroz é responsável por ser uma das suas principais fontes de energia consumidas (CASTRO et al., 1999). Diversos fatores influenciam na preferência do consumidor como se podem citar propriedades físicas, químicas, aroma, sabor, consistência e aspectos que interferem na aparência do produto, após seu cozimento, como tempo de cocção, rendimento de panela (expansão do volume), grãos secos, soltos e se permanecem macios ao serem requeentados (FERREIRA, SOUSA e VILLAR, 2005).

A qualidade do grão de arroz é definida, a partir do instante em que o produtor realiza a escolha da cultivar e do manejo (CASTRO et al., 1999). Diversos aspectos determinam a excelência do produto, em relação à qualidade de panela e ao rendimento industrial, como se podem citar: variedade escolhida, cuidados no cultivo, cuidados na pós-colheita, no armazenamento e secagem. Portanto a classe e o tipo do arroz são determinados por meio de propriedades físicas, químicas e cuidados no cultivo e beneficiamento (FERREIRA, SOUSA e VILLAR, 2005).

As propriedades que determinam a qualidade dos grãos de arroz interferem diretamente na aceitação do produto pelo consumidor e também no seu valor de mercado (CASTRO et al., 1999). Um dos critérios de qualidade muito usado por indústrias de beneficiamento e programas de melhoramento é o teste de cocção em arroz, por meio do qual se avalia o comportamento culinário das cultivares lançadas e também de novas linhagens em estudo (BASSINELLO, ROCHA e COBUCCI, 2004).

De acordo com Zanão et al. (2009), a cor trata-se de um parâmetro essencial, para se determinar a qualidade do arroz, uma vez que o consumidor tem preferência por amostras mais brancas e maior rejeição por amostras que apresentam coloração amarelada. Em grande parte dos alimentos, a cor de amostras de arroz possui grande influência com relação aos atributos sensoriais, pelo fato de causar o primeiro impacto ao consumidor (AMATO et al., 1990).

Composto essencialmente por amido, o arroz apresenta também cinzas, proteínas, lipídios e fibras, os quais aparecem em quantidades reduzidas. Porém a composição do grão e de suas frações está submetida a variações ambientais, de armazenamento, de processamento, de manejo e a diferenças varietais, o que gera grãos com características nutricionais diferentes (WALTER, MARCHEZAN, AVILA, 2008; ZHOU et al., 2002). O arroz possui, em média, 7% de proteína, o que é considerado baixo. Contudo tem-se uma variação na concentração desse nutriente, pois ele é afetado por adubação nitrogenada, temperatura no decorrer do

desenvolvimento do grão, características genotípicas e radiação solar (JULIANO; BECHTEL, 1985).

Objetivou-se com esse trabalho analisar a influência da biofortificação agrônômica sobre a qualidade tecnológica dos grãos de arroz, por meio do teste de cocção, que compreende uma análise de fatores como tempo de cocção, coeficiente de expansão do volume, perda de sólidos solúveis e índice de absorção de água; objetivou-se, também, determinar a percentagem de proteínas presente nos grãos, teor de cinzas e teste instrumental de cor.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos, localizado no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, Estado de Minas Gerais, Brasil.

### 2.1 Descrição das amostras

Neste trabalho, utilizaram-se amostras biofortificadas de arroz da terceira fase do programa HarvestPlus, da variedade BRSMG Caravera, cultivadas pela EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), na cidade de Lambari, Minas Gerais. Estas amostras incluem um tratamento controle, que não foi biofortificado e 15 diferentes tratamentos de biofortificação.

Os 16 tratamentos compreendem:

- A. Controle (NPK):** aplicação de doses de fertilizantes no solo: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K).
- B. NPK + aplicação no solo de  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ :** aplicação no solo de 50 kg de  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  por hectare.
- C. NPK + duas aplicações foliares de  $\text{ZnSO}_4$ :** 0,5% de  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  em 800 litros por hectare.
- D. NPK + pulverização ATP Releaf:** o ATP Releaf contém 5% de Zn puro e foi pulverizado por duas vezes.
- E. NPK + dois tratamentos foliares de iodato de potássio ( $\text{KIO}_3$ ):** a quantidade de iodo aplicada em cada pulverização foi de 0,05% de  $\text{KIO}_3$  em 800 litros para cada hectare (que é equivalente a 400g de  $\text{KIO}_3$  por hectare).

- F. NPK + dois tratamentos foliares de iodato de potássio ( $\text{KIO}_3$ ) em conjunto com 2% de nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ):** a aplicação foi exatamente igual ao descrito para o tratamento E, mas na preparação de 0,05% de  $\text{KIO}_3$  foi usada água contendo 2% de  $\text{KNO}_3$ .
- G. NPK + duas aplicações foliares de ADOB-ZnIDHA:** o ZnIDHA contém 10% de Zn. A mesma quantidade de Zn aplicado com  $\text{ZnSO}_4$  foi aplicado com ZnIDHA em cada pulverização foliar como no tratamento C.
- H. NPK + duas aplicações foliares de ADOB-Basfoliar:** neste tratamento, 2% de Basfoliar foram aplicados como no tratamento C.
- I. NPK + Kali-EPSO-Zn em conjunto com ureia:** a solução foliar de EPSO-Zn contém 0,4% de ureia.
- J. NPK + solução VALAGRO 52304:** esta solução contém 1,4% de Zn puro.
- K. NPK + Bayer Antracol-Zn:** Antracol é um fungicida contendo Zn e a pulverização de 3 kg de Antracol fornece cerca de 471g de Zn por hectare. Três (3) kg de Antracol em 800 litros foram pulverizados por duas vezes.
- L. NPK + Coquetel foliar de micro spray: I (Zn + Fe + I + Se)**
- M. NPK + Coquetel foliar de micro spray: II (Zn + Fe + I + Se)**
- N. 1,5 kg de Mg(gesso):** Sulfato misto de Ca e Mg.
- O. 3,0 kg de Mg(gesso):** Sulfato misto de Ca e Mg.
- P. Terrena – Quimofol Z nitro:** composto nutricional para aplicação foliar, com o objetivo de fornecer e equilibrar a cultura em relação ao micronutriente Zinco.

## 2.2 Delineamento Experimental

O cultivo das amostras ocorreu em Delineamento de Blocos Casualizados (DBC), sendo analisados 15 tratamentos e o controle, com quatro repetições cada, totalizando 64 amostras.

### 2.1 Teste de cocção

Compreende vários testes que são geralmente realizados, para se ter ideia do comportamento do arroz, no processo de cozimento. Estes testes, também, são de rotina no estudo e lançamento de novas variedades. Os testes que compreendem o teste de cocção são: tempo de cozimento, índice de absorção de água, coeficiente de expansão do volume e perda de sólidos solúveis.



### 2.1.1 Tempo de cozimento

Primeiramente pesaram-se 10 g de arroz inteiro que foram adicionados em 500 mL de água destilada em ebulição. Após 15 minutos, tomaram-se três grãos entre duas lâminas de vidro e os comprimiu e este procedimento foi repetido em determinados intervalos de tempo (aproximadamente, de 1 minuto) até que o arroz se apresentasse cozido, ou seja, até a completa gelatinização do amido e, ao comprimir os grãos, não se viram mais partes brancas. Quando isto ocorreu, soube-se o tempo ótimo de cozimento do grão (CIACCO e CHANG, 1986; HUMMEL, 1966).

### 2.1.2 Índice de absorção de água

Este parâmetro é determinado pelo aumento de peso das amostras durante a cocção. Desta forma, foram cozidos 10 g de arroz inteiro em 500 mL de água destilada pelo tempo ótimo de cozimento pré-determinado de acordo com o item 2.1.1. Em sequência, o arroz foi drenado em escurador e deixado, durante cinco minutos em papel absorvente, para que a água presente na superfície dos grãos fosse eliminada. Posteriormente, pesaram-se os grãos cozidos, e o coeficiente de absorção de água foi dado pela relação (1) (DONNELLY, 1979; HUMMEL, 1966):

$$\text{Índice de absorção de água} = \frac{\text{Peso do arroz cozido}}{\text{Peso do arroz cru}} \quad (1)$$

### 2.1.3 Coeficiente de expansão do volume

Mediu-se em uma proveta graduada o volume de 100 mL de querosene e, em seguida, pesaram-se e colocaram-se 10 g de arroz cru dentro dela, para que fosse verificado o volume deslocado pelo arroz. Este procedimento foi repetido, porém com os 10 g de arroz cozido em seu tempo ótimo. O cálculo do coeficiente de expansão do volume foi feito pela relação (2) (CIACCO, CHANG, 1986; DONNELLY, 1979):

$$\text{Coeficiente de expansão do volume} = \frac{\text{volume deslocado pelo arroz cozido}}{\text{volume deslocado pelo arroz cru}} \quad (2)$$

### 2.1.4 Perda de sólidos solúveis

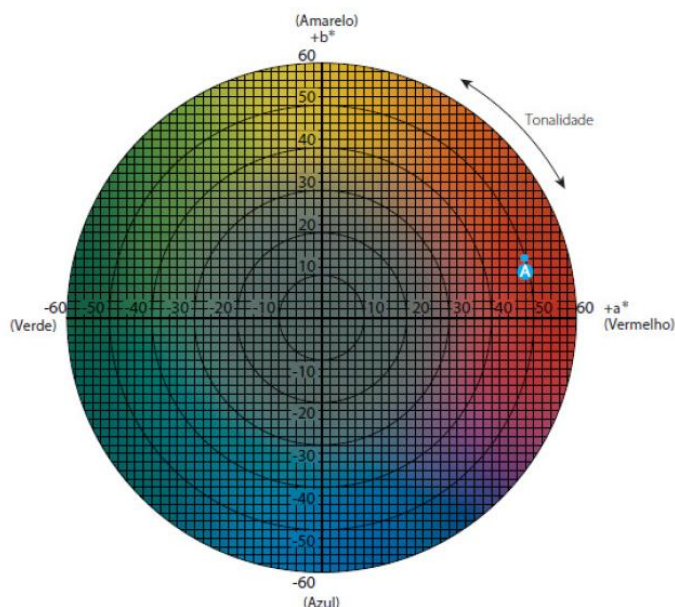
Cozinharam-se 10 g de arroz em 500 mL de água pelo tempo ótimo de cozimento, em seguida, mediu-se em uma proveta o volume da água de cozimento. Após a medição, coletou-se uma alíquota de 10 mL desta água e colocada em uma placa de Petri previamente tarada. Levou-se esta placa para a estufa a 95°C durante cinco horas. Posteriormente, a placa foi resfriada em dessecador por 30 minutos e, na sequência, foi pesada. Obteve-se o resíduo seco presente na água de cozimento pela diferença entre as duas pesagens da placa Petri. Já a porcentagem da perda de sólidos solúveis foi dada pela relação (3) (CIACCO, CHANG, 1986; MARADINI FILHO, 1983):

$$\text{Perda de sólidos solúveis} = \frac{\frac{(\text{Volume de água} \times \text{Resíduo seco} \times 100)}{\text{Alíquota}}}{\text{Peso do arroz cru}} \quad (3)$$

### 2.2 Análise instrumental da cor

Para avaliar a cor das amostras de arroz, utilizou-se um espectrofotômetro CM-5 da marca Konica Minolta. Os resultados são expressos pelo valor L, que é referente à claridade da amostra e varia do negro (L = 0) ao branco (L = 100), do valor a\* que representa a coloração que vai à região do (+ a) que é referente ao vermelho, até a região do (- a) referente ao verde e do valor de b\* que indica a coloração que vai à região do (+ b) referente à cor amarela, à região do (- b) que é referente à cor azul. A saturação da cor da amostra é dada com a relação dos valores de a\* e b\* e é referida como croma. Já a cor real do objeto é dada pelo ângulo formado entre a\* e b\* e é referido como ângulo Hue, o qual se inicia no eixo do croma a\*, e é expresso em graus, em que (+ a, vermelho) é 0°, (- a, verde) é 180°, (+ b, amarelo) é 90° e (-b, azul) é 270° (MINOLTA, 2003).

Figura 4 - Diagrama de cromaticidade  $L^*a^*b^*$ .



Fonte: Konica Minolta (2017).

### 2.3 Análise do teor de cinzas

Determinaram-se as cinzas por incineração do material, em mufla a 550°C, de acordo com a metodologia da AOAC, método 923.03. O teor de cinzas representa o teor total de substâncias inorgânicas presentes na amostra.

### 2.4 Análise do teor de proteínas

O teor de nitrogênio total da amostra foi determinado pelo Método de Micro Kjeldahl tradicional, segundo a metodologia da AACC, método 46-13. Para o cálculo da proteína bruta, multiplicou-se o fator nitrogênio (N) por 5,95.

### 2.5 Análise estatística

Realizou-se análise de variância pelo Teste F. A comparação das médias obtidas, nos diferentes tratamentos, foi analisada, segundo o teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Para isso, utilizou-se o software Sisvar Versão 5.6 (FERREIRA, 2014).

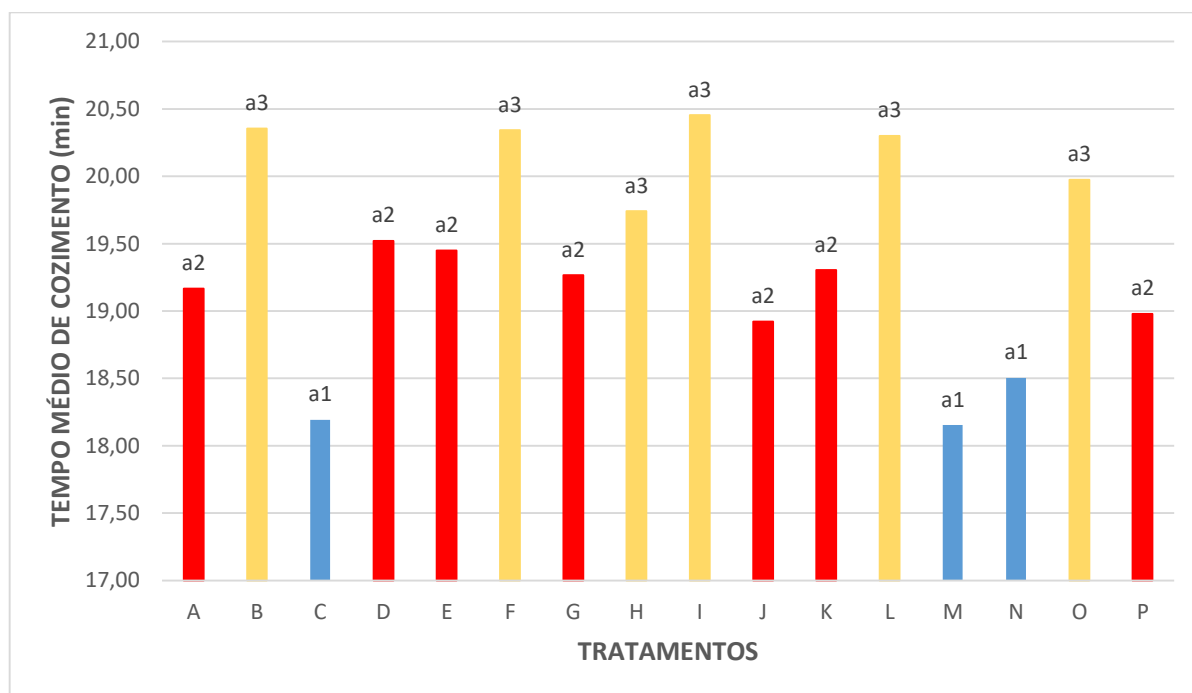
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Teste de cocção

##### 3.1.1 Tempo de cozimento

O tempo de cozimento consiste no tempo necessário, para o cozimento do amido, ou seja, o tempo requerido para sua total gelatinização nos grãos de arroz. Neste trabalho, determinou-se o tempo de cozimento, para cada tratamento, como pode ser analisado a partir da Figura 5.

Figura 5 - Tempo médio de cozimento, em minutos, das amostras de arroz da cultivar BRSMG Caravera biofortificadas com diferentes fontes minerais.



Fonte: Do autor (2018).

Ao analisar os resultados, observou-se que houve efeito significativo somente para os tratamentos pelo teste F a 1% de probabilidade. Para o teste Scott Knott a 5% de probabilidade, diferenciaram-se da amostra controle os tratamentos B, C, F, H, I, L, M, N e O. As amostras com os tratamentos B, F, H, I, L e O apresentaram maior tempo de cozimento com um valor médio de 20 minutos e 12 segundos, em relação à amostra controle, que se encontra com o valor de 19 minutos e 10 segundos. Já as amostras com os tratamentos C, M e N apresentaram tempo

de cozimento médio de 18 minutos e 17 segundos, sendo estes com os menores tempos, o que é visto como vantagem em relação aos outros tratamentos, pois o consumidor, geralmente, tende a preferir alimentos com um menor tempo de preparo. Os tratamentos C e M consistem em aplicações foliares. O primeiro é composto por duas aplicações de  $\text{ZnSO}_4$  e o segundo tratamento na aplicação de um coquetel de micro spray contendo Zn, Fe, I e Se. Já o tratamento N é composto por 1,5 kg de Mg(gesso).

Pereira et al. (2009) analisaram, em seu trabalho, o tempo de cocção de onze variedades de arroz branco e obtiveram como resultado valor médio de cozimento de 22 minutos. Bassinello, Rocha e Cobucci (2004) avaliaram o tempo de cocção para amostras de arroz de terras altas de três cultivares distintas e encontraram valor médio de 21 minutos e 39 segundos. Guimarães et al. (2013) encontraram média de tempo de cozimento para as amostras de arroz branco polido de 17 minutos e 23 segundos. Observa-se, então, que os valores encontrados, para o parâmetro tempo de cozimento, enquadram-se na faixa de tempo de cocção obtida pela literatura.

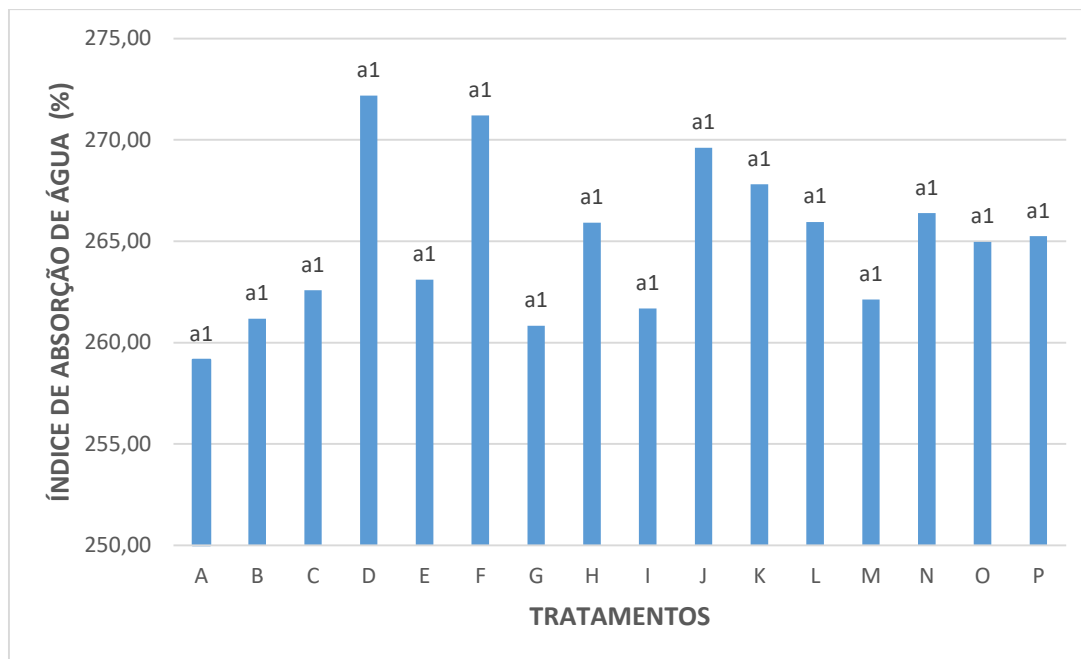
### **3.1.2 Índice de absorção de água**

De acordo com Silva et al. (2008), o índice de absorção de água indica a quantidade de água que é absorvida, por meio de grânulos de amido de uma amostra submetida ao tratamento térmico. Este relaciona-se com a disponibilidade de grupos hidrofílicos (-OH), ao ligar-se às moléculas de água, assim como a capacidade de formação de gel das moléculas de amido (CARVALHO, ASCHERI e VIDAL, 2002).

Aplicando-se calor durante o processamento ocorre aumento da capacidade de absorção de água do material amiláceo cru. Em temperatura ambiente e sem tratamento térmico, o amido absorve somente 30% do seu volume em água. Esta capacidade de absorção é drasticamente elevada, conforme o aumento da temperatura do sistema até a temperatura de gelatinização de determinado amido. Este índice apresenta grande importância, pois retrata a capacidade de aumento de peso do produto e, em consequência, seu rendimento (SILVA et al., 2008).

Neste trabalho, determinou-se o índice de absorção de água, para todos os tratamentos, como pode ser observado no gráfico da Figura 6.

Figura 6 - Valores médios do índice de absorção de água, em percentagem, das amostras de arroz da cultivar BRSMG Caravera biofortificadas com diferentes fontes minerais.



Fonte: Do autor (2018).

Ao analisar os resultados, nota-se que não houve diferença significativa pelo teste F para blocos nem para tratamentos. Todos os tratamentos apresentaram índice de absorção de água na mesma faixa, apresentando valor médio de 265%.

Bassinello, Rocha e Cobucci (2004) analisaram o índice de absorção de água das amostras de arroz de terras altas de três cultivares distintas e encontraram valores variando de 202% a 275%. Boêno, Ascheri e Bassinello (2011) analisaram o índice de absorção de água das amostras de quatro genótipos de arroz vermelho e encontraram valores variando de 182,8% a 228,2%.

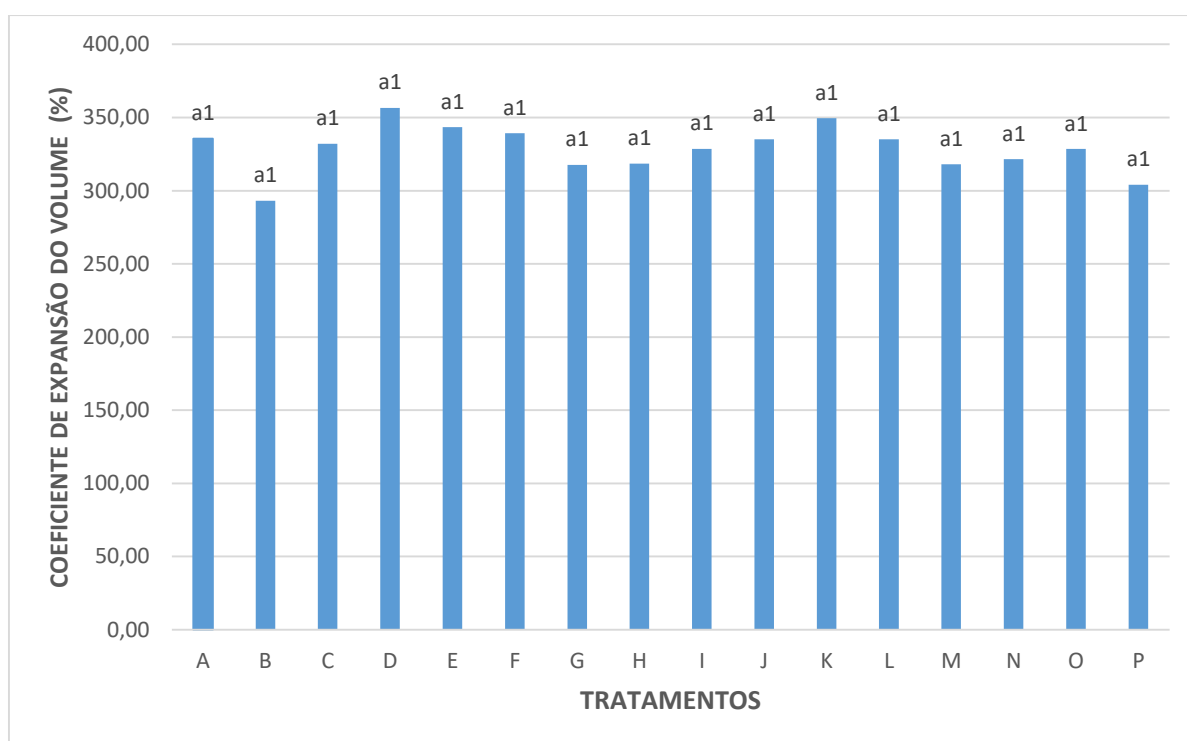
Guimarães et al. (2013), também, avaliaram o índice de absorção de água em amostras de arroz branco polido submetido à irradiação gama ( $\text{Co}^{60}$ ) e encontraram valores que variaram de 260,42% a 277,54%. Pereira (1996) encontrou valores variando de 204,52% a 211,4% para distintas cultivares de arroz. Desta forma, ambos os resultados encontrados na literatura apresentaram faixas de valores próximas aos resultados obtidos para o parâmetro índice de absorção de água.

Portanto os minerais adicionados à adubação dos grãos de arroz BRSMG Caravera não alteram sua capacidade de absorção de água durante o cozimento.

### 3.1.3 Coeficiente de expansão do volume

A expansão de volume trata-se de um parâmetro que fornece informações a respeito do rendimento do arroz (Boêno, Ascheri e Bassinello, 2011). No presente trabalho, calcularam-se os coeficientes de expansão do volume para cada tratamento, como se pode observar no gráfico da Figura 7.

Figura 7 - Valores médios do coeficiente de expansão do volume, em percentagem, das amostras de arroz da cultivar BRSMG Caravera biofortificadas com diferentes fontes minerais.



Fonte: Do autor (2018).

De acordo com as análises estatísticas, para o teste F a 5% de probabilidade, houve efeito significativo somente para tratamentos. Ao se aplicar o teste Scott Knott a 5% de probabilidade, nenhum tratamento se diferenciou da amostra controle. Todos os tratamentos apresentaram coeficiente de expansão do volume, na mesma faixa, apresentando valor médio de 328,56%.

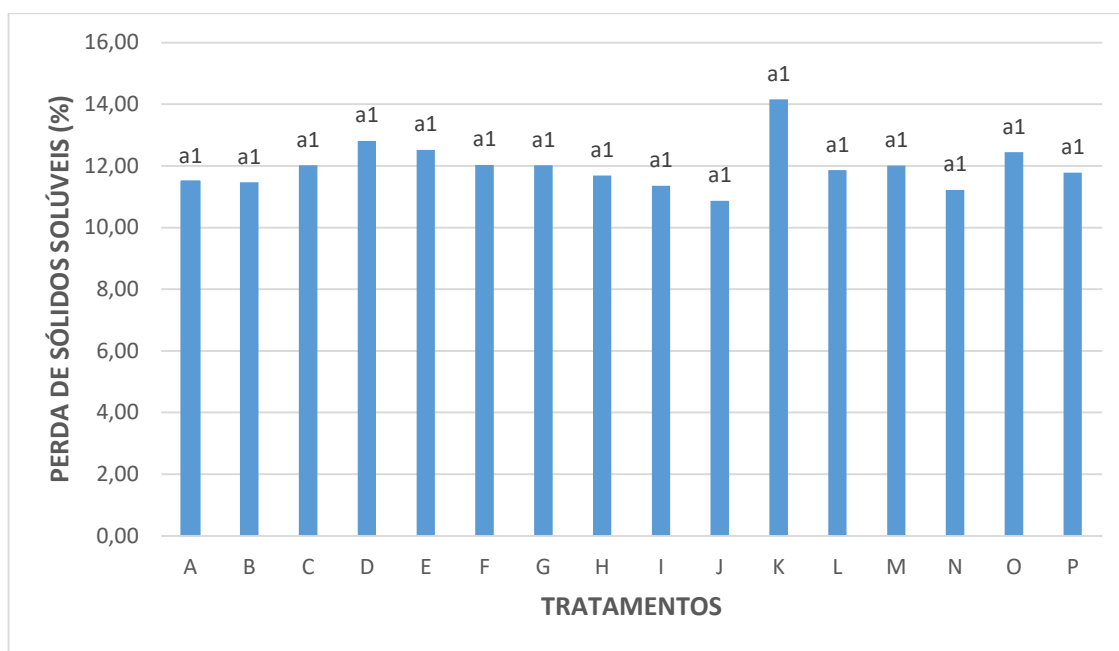
Guimarães et al. (2013) analisaram, em seu trabalho, o coeficiente de expansão de volume de amostras de arroz branco polido submetido à irradiação gama ( $Co^{60}$ ) e encontraram como resultados valores que foram de 321,17% a 365,65%, o que está próximo do encontrado

no presente estudo. Pereira, 1996; Singh et al., 2005; Guimarães et. al., 2006, também, analisaram a expansão do volume do arroz e encontraram valores de 263,3% a 354,73%, o que também está muito próximo do encontrado. Pode-se afirmar, então, que os valores encontrados no presente trabalho estão muito próximos aos valores da literatura e que a biofortificação não alterou de forma significativa o parâmetro coeficiente de expansão do volume.

### 3.1.4 Perda de sólidos solúveis

No gráfico da Figura 8, são demonstrados os valores encontrados para a perda de sólidos solúveis das amostras de arroz BRSMG Caravera biofortificadas.

Figura 8- Valores médios de perda de sólidos solúveis, em percentagem, das amostras de arroz da cultivar BRSMG Caravera biofortificadas com diferentes fontes minerais.



Fonte: Do autor (2018).

Ao realizar as análises estatísticas, pontuou-se que não houve efeito significativo nem para blocos nem para tratamentos para o teste F. Todas as amostras encontraram-se dentro de uma média, com valor de 11,98% para a perda de sólidos solúveis, o que nos mostra que a biofortificação não alterou de forma significativa este parâmetro.

Guimarães et al. (2013) avaliaram a perda de sólidos solúveis para amostras de arroz e encontraram valores que foram de 10,35% a 18,32%. Logo nota-se que o valor encontrado no presente trabalho não apresenta grande distância dos valores encontrados na literatura e, ainda,



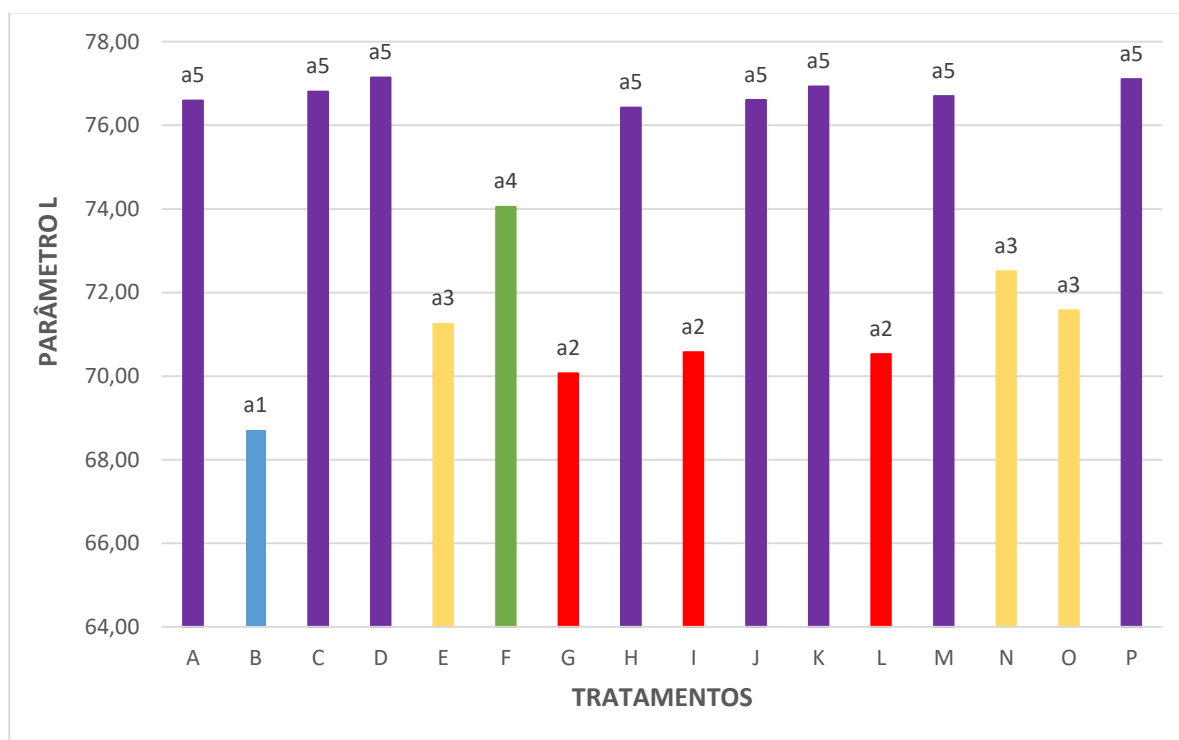
mostra-nos uma vantagem de que a biofortificação não aumentou a perda de sólidos solúveis nos grãos.

### 3.2 Análise instrumental da cor

Ao escolher o arroz que irá comprar, o consumidor leva em consideração a aparência dos grãos, a qual está ligada à ausência de imperfeições causadas por doenças, por picadas de insetos, a ausência de manchas e áreas opacas, ou seja, características que valorizam os grãos (FERREIRA; VILLAR; ALMEIDA, 2005).

Nos gráficos presentes nas Figuras 9, 10 e 11, é possível observar os valores encontrados, respectivamente, para a luminosidade (L), croma (c\*) e Hue (H°) para as amostras de arroz biofortificadas polidas na forma crua.

Figura 9 - Valores médios de luminosidade encontrados para as amostras de arroz da cultivar BRSMG Caravera biofortificadas com diferentes fontes minerais.



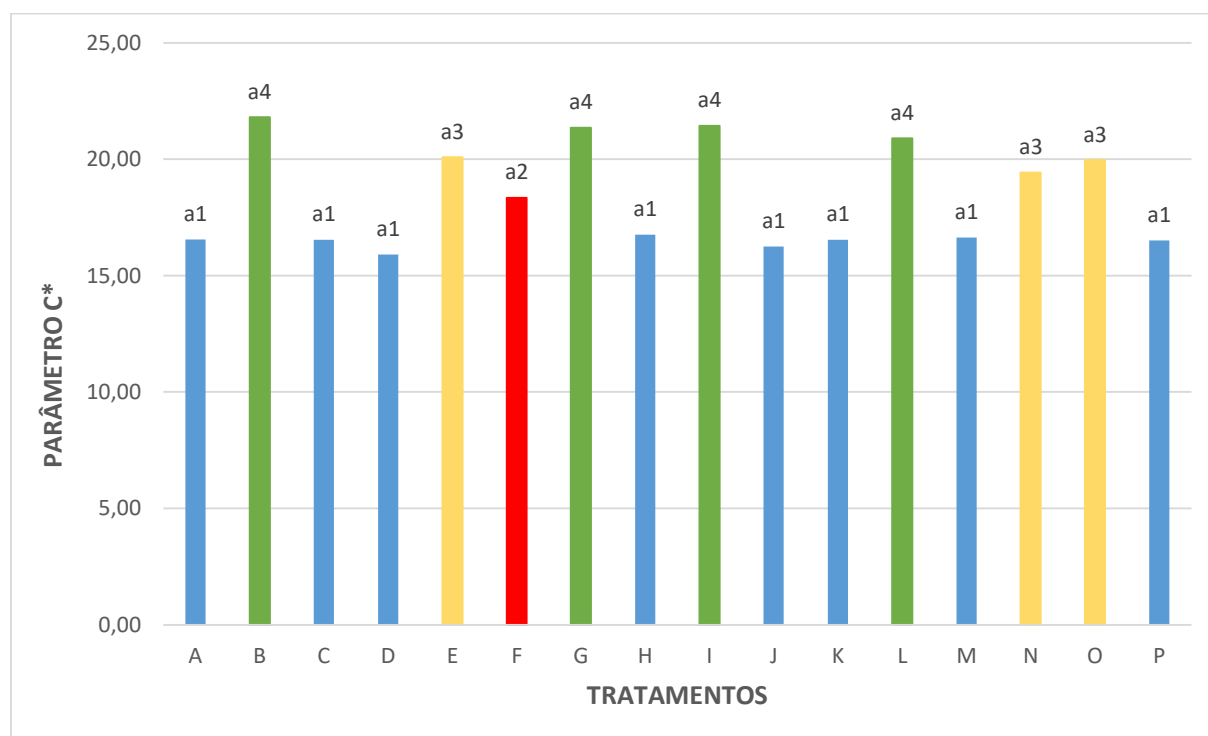
Fonte: Do autor (2018).

Ao realizar as análises estatísticas dos resultados apresentados na Figura 9, houve efeito significativo para blocos e para tratamentos pelo teste F a 1% de probabilidade. Ao se aplicar o teste Skott-Knott a 5% de probabilidade, diferenciaram-se da controle as amostras com os

tratamentos B, E, F, G, I, L, N e O. Dentre as amostras, as que apresentaram maiores valores de luminosidade são aquelas que não se diferenciaram da amostra controle (A) e receberam os tratamentos C, D, H, J, K, M e P, as quais apresentaram um valor médio para L de 76,79. Como dito anteriormente no item 2.2, o valor de L expressa claridade e varia de 0 a 100 e valores mais próximos de 100 representam amostras mais claras e quanto mais distantes de 100 amostras mais escuras. Sendo assim, observa-se que os tratamentos de biofortificação C, D, H, J, K, M e P se mostraram significativos, pois não escureceram as amostras em relação ao controle. Estes tratamentos possuem como características em comum sua aplicação via foliar e, também, a presença do mineral Zn em sua composição. O tratamento B foi o que mais escureceu a amostra, apresentando um valor para o L de 68,70, esse fator pode afetar a aceitação da amostra, visto que o consumidor tende a preferir amostras mais claras. Este tratamento, também, apresenta Zn em sua composição, entretanto sua aplicação é realizada no solo na forma de  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

Boliani (2012) analisou, em seu experimento, o valor L de amostras de arroz Zebu e Chorinho polido na forma crua e encontrou um valor médio de 78,095; logo observa-se que este resultado está próximo aos maiores valores obtidos no presente estudo.

Figura 10 - Valores médios de croma encontrados para as amostras de arroz da cultivar BRSMG Caravera biofortificadas com diferentes fontes minerais.

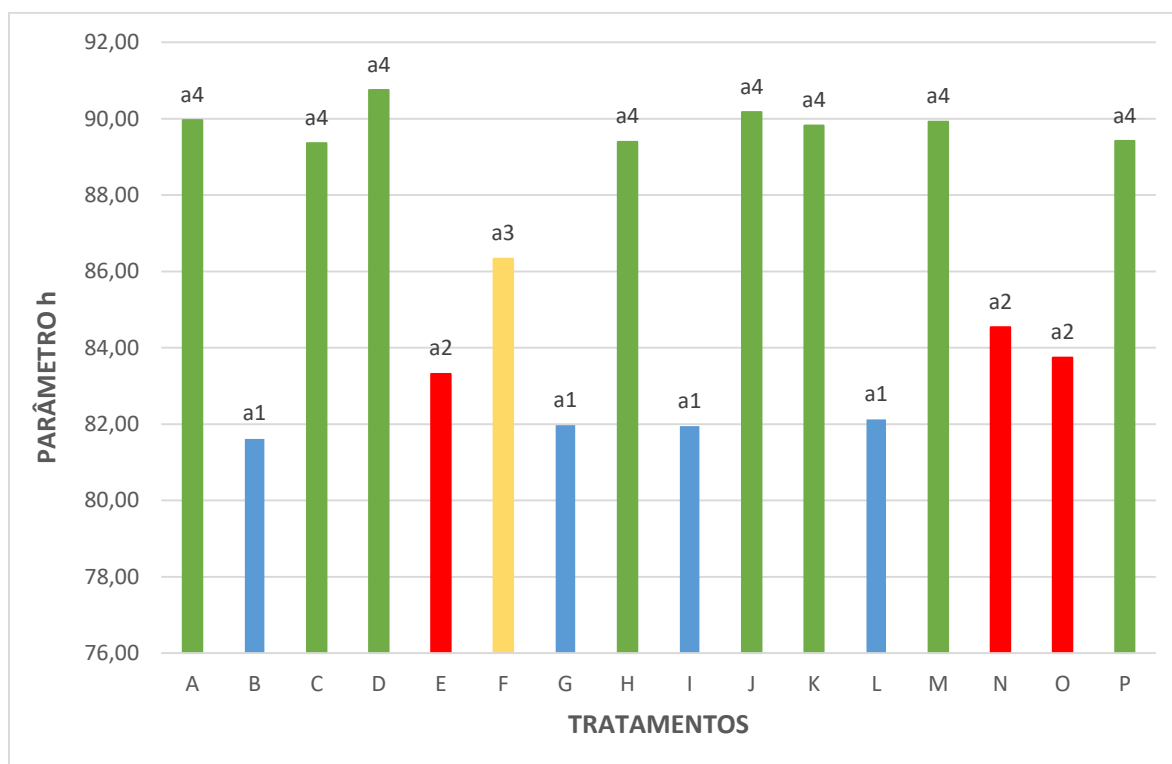


Fonte: Do autor (2018).

Define-se a intensidade da cor por meio do croma; valores menores, próximos a zero, são referentes a cores neutras e valores maiores, próximos a 60, são referentes às cores vivas, ou seja, cores com maior intensidade (McGUIRE, 1992).

Ao realizarem-se as análises estatísticas dos resultados apresentados na Figura 10, houve efeito significativo para blocos e para tratamentos pelo teste F a 1% de probabilidade. Ao se aplicar o teste Skott-Knott a 5% de probabilidade, diferenciaram-se do controle as amostras com os tratamentos B, E, F, G, I, L, N, e O. Dentre as amostras, as que apresentaram maiores valores para croma foram as que receberam os tratamentos B, G, I e L, apresentando um valor médio de 21,37. Já as amostras que apresentaram os menores valores são aquelas que não se diferenciaram da controle (A) e receberam os tratamentos C, D, H, J, K, M e P, com um valor médio de 16,47. Nota-se que estes tratamentos que apresentaram menor intensidade de cor também foram aqueles com maior claridade, como mencionado na análise do parâmetro L. Boliani (2012) analisou, em seu experimento, o valor croma de amostras de arroz Zebu e Chorinho polido na forma crua e encontrou um valor médio de 10,84. Assim, observa-se que o resultado encontrado na literatura contém valores inferiores aos encontrados no presente trabalho, o que demonstra maior intensidade de cor nas amostras estudadas.

Figura 11 - Valores de ângulo Hue encontrados para as amostras de arroz da cultivar BRSMG Caravera biofortificadas com diferentes fontes minerais.



Fonte: Do autor (2018).

Define-se o ângulo Hue como o ângulo formado entre  $a^*$  e  $b^*$ , referente à saturação da cor do objeto. Quanto mais distantes os valores encontrados forem de  $90^\circ$ , mais esverdeadas são as amostras e quanto mais próximos os valores encontrados forem de  $90^\circ$ , mais amareladas são as amostras (McGUIRE, 1992).

Ao realizar as análises estatísticas dos resultados apresentados na Figura 11, obteve-se efeito significativo para blocos a 5% de probabilidade e para tratamentos a 1% de probabilidade pelo teste F. Ao se aplicar o teste Skott-Knott a 5% de probabilidade, diferenciaram-se da controle as amostras com os tratamentos B, E, F, G, I, L, N, e O. Dentre as amostras, as que apresentaram maiores valores de ângulo Hue foram as que não se diferenciaram da amostra controle (A) e receberam os tratamentos C, D, H, J, K, M e P, apresentando um valor médio de 89,85. Assim como na análise dos parâmetros apresentados nas Figuras 9 e 10, destacam-se as amostras que receberam os mesmos tratamentos. Já as amostras que apresentaram os menores valores são as que receberam os tratamentos B, G, I e L com um valor médio de 81,92. Com estes resultados é possível notar que as amostras encontram-se com tonalidades amareladas.

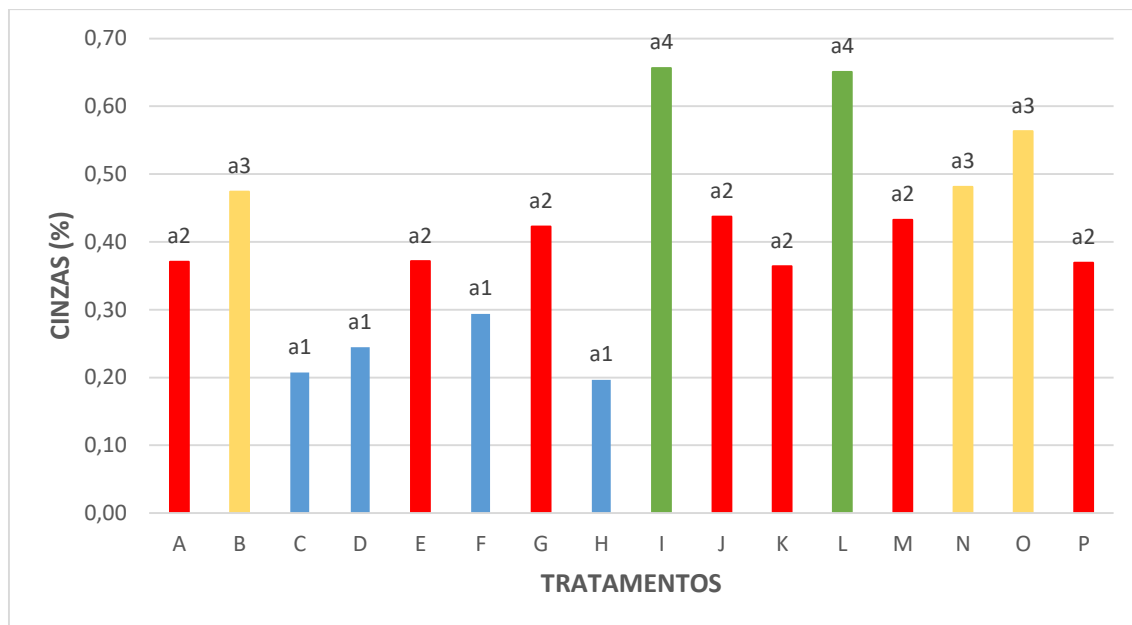
Boliani (2012) analisou, em seu experimento, o ângulo Hue de amostras de arroz Zebu e Chorinho polido na forma crua e encontrou um valor médio de 93,06. Zanão et al. (2009) analisaram, em seu experimento, o ângulo Hue de amostras de arroz polido cru, submetidos a diferentes doses de irradiação e encontraram valores que variaram de 95,17 a 96,53. Assim, observa-se que os resultados encontrados na literatura contêm valores próximos aos encontrados no presente trabalho, estando todas próximas de 90, o que lhes confere a cor amarelada.

### **3.3.3 Análise do teor de cinzas**

Define-se cinza de um alimento como o resíduo inorgânico que permanece após a queima da matéria orgânica, a qual se constitui, principalmente, de grandes quantidades de Mg, K, Ca e Na, pequenas quantidades de Zn, Al, Cu, Fe, e Mn, como também traços de F, I e outros elementos (CECCHI, 2003).

No presente estudo, encontraram-se teores de cinzas variando de 0,20% a 0,66%. No gráfico da Figura 12, são apresentados os valores dos teores de cinzas encontrados para as amostras de arroz biofortificadas.

Figura 12 – Teores médios de cinzas das amostras de arroz da cultivar BRSMG Caravera biofortificadas com diferentes fontes minerais.



Fonte: Do autor (2018).

Realizando-se as análises estatísticas, percebeu-se que houve efeito significativo de blocos e tratamentos para o teste F a 1% de probabilidade. No teste Skott-Knott a 5% de probabilidade, diferenciaram-se da controle as amostras com os tratamentos B, C, D, F, H, I, L, N e O. As amostras que apresentaram os maiores teores de cinzas receberam os tratamentos I e L, com valor médio de 0,65%, já as amostras que apresentaram os menores teores de cinzas receberam os tratamentos C, D, F e H com valor médio de 0,24%. A amostra controle apresentou valor de 0,37% e não teve diferença significativa das amostras com os tratamentos E, G, J, K, M e P. O tratamento I consiste na solução foliar de Kali-EPSo-Zn, contendo 0,4% de ureia e o tratamento L consiste no coquetel foliar de micro spray I, contendo Zn, Fe, I e Se. Com estes tratamentos, obteve-se um aumento no valor médio de minerais de 0,28% quando comparadas com a amostra controle. Com o tratamento B, no qual houve aplicação de Zn no solo e os tratamentos N e O os quais consistiram na aplicação de diferentes concentrações de Mg(gesso), teve-se um aumento no valor médio de minerais de 0,13% ao se comparar com a amostra controle.

Silva, Ascheri e Pereira (2007) e Storck (2004) avaliaram os teores de cinzas em amostras de arroz e encontraram um valor médio de 0,47% e 0,30%, respectivamente. Boliani (2012) encontrou valores de cinzas, para amostras de arroz polido cru biofortificados, variando 0,51% a 0,78%. De acordo com a Tabela TACO (UNICAMP, 2011), com Tabelas de composição de alimentos (IBGE, 1999) e com a Tabela brasileira de composição de alimentos

(USP, 2008), o teor de cinzas para o arroz polido cru é de 0,4%, 0,5% e 0,48%, respectivamente. Logo observa-se que os valores encontrados no presente estudo estão próximos aos valores encontrados na literatura, assim como se nota que alguns tratamentos de biofortificação proporcionaram o aumento de minerais nas amostras de arroz.

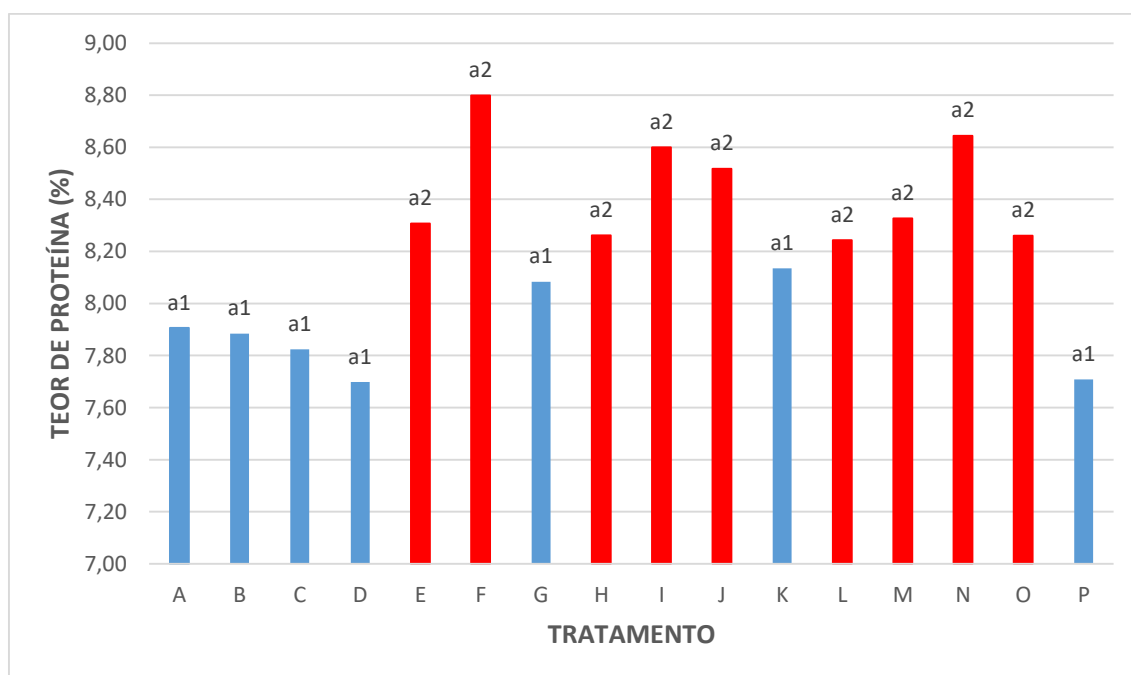
Destaca-se, também, que grãos de cultivares de arroz que possuem elevados teores de cinzas se apresentam com uma coloração mais escura (AMATO, CARVALHO e SILVEIRA FILHO, 2002). Isto pode ser observado, a partir das amostras com os tratamentos B, I, L, N e O, que se apresentaram com maiores teores de cinzas e menores valores para claridade.

### 3.3.4 Análise do teor de proteínas

Fatores como genótipo, teor de umidade dos grãos na colheita, tamanho dos grãos, adubação nitrogenada, adubação potássica, entre outros, podem afetar o teor de proteína dos grãos de arroz (FARINELLI et al., 2004).

Neste estudo, encontraram-se teores de proteínas variando de 7,70% a 8,80%. No gráfico da Figura 13, são apresentados os valores dos teores de proteínas encontrados para as amostras de arroz biofortificadas.

Figura 13 – Teores médios de proteína das amostras de arroz da cultivar BRSMG Caravera biofortificadas com diferentes fontes minerais.



Fonte: Do autor (2018).

Realizando-se as análises estatísticas, verificou-se que houve efeito significativo de blocos e tratamentos para o teste F a 1% de probabilidade. No teste Skott-Knott a 5% de probabilidade, diferenciaram-se da controle as amostras com os tratamentos E, F, H, I, J, L, M, N e O. Estas amostras apresentaram os maiores teores de proteínas, com um valor médio de 8,44%, as demais amostras não se diferenciaram da controle que apresentou um valor de 7,91%. Encontra-se na literatura que tratamentos com base em nitrogênio e potássio resultam em maiores valores de proteínas nos grãos (FARINELLI, et al. 2004). As amostras biofortificadas com os tratamentos E e F receberam duas aplicações foliares de iodato de potássio ( $KIO_3$ ); no tratamento F, essa aplicação foi em conjunto com 2% de nitrato de potássio ( $KNO_3$ ). Sendo assim, nota-se que o nitrato de potássio não interferiu significativamente no teor de proteína da amostra. O tratamento H consiste em duas aplicações foliares de ADOB-Basfoliar e também mostrou resultados satisfatórios. O tratamento I é um tratamento foliar que possui ureia em sua composição e mostrou resultados positivos, o que era esperado, uma vez que a ureia aumenta o teor de proteína no grão. O tratamento J contém Zn puro em sua composição e também mostrou resultados significativos. Os tratamentos L e M consistem em coquetéis foliares, contendo Zn, Fe, I e Se e, embora possuam concentrações diferentes desses minerais, as amostras apresentaram resultados estatisticamente iguais, ao se analisar proteína. O mesmo acontece com os tratamentos N e O que possuem diferentes concentrações de Mg(gesso), porém essa diferença de concentração não interferiu na quantidade de proteína presente nos grãos.

De acordo com a Tabela TACO (UNICAMP, 2011), com Tabelas de composição de alimentos (IBGE, 1999) e com a Tabela brasileira de composição de alimentos (USP, 2008), o teor de proteína para o arroz polido cru é de 7,2%, 7,2% e 6,73%, respectivamente. Boliani (2012) encontrou teores de proteínas para amostras de arroz polido cru biofortificadas variando 6,75% a 9,4%. Storck (2004) encontrou teores de 5,96% a 10,8% de proteínas para amostras de arroz polido cru. Sendo assim, observa-se que os valores do presente estudo encontram-se próximos aos valores disponibilizados na literatura.

#### **4. CONCLUSÃO**

Os adubos e as suas formas de aplicação nas plantas de arroz não interferem no índice de absorção de água, no coeficiente de expansão do volume e na perda de sólidos solúveis dos grãos de arroz da variedade BRSMG Caravera. Já, para o tempo de cozimento, os tratamentos C, M e N proporcionam menores valores. Sendo assim, conclui-se que as amostras biofortificadas que apresentam melhores resultados para o teste de cocção são aquelas com

menor tempo de cozimento e que receberam os tratamentos C (duas aplicações foliares de  $\text{ZnSO}_4$ ), M (coquetel foliar de micro spray II, contendo  $\text{Zn} + \text{Fe} + \text{I} + \text{Se}$ ) e N (1,5 kg de  $\text{Mg}(\text{gesso})$ ).

A partir da análise instrumental da cor, no que se diz respeito à claridade das amostras, aquelas com os tratamentos C (duas aplicações foliares de  $\text{ZnSO}_4$ ), D (pulverização ATP Releaf), H (duas aplicações foliares de ADOB-Basfoliar), J (solução VALAGRO 52304), K (Bayer Antracol-Zn), M (coquetel foliar de micro spray II, contendo  $\text{Zn} + \text{Fe} + \text{I} + \text{Se}$ ) e P (Terrena – Quimofol Z nitro) não se diferenciam da amostra-padrão. As amostras biofortificadas com os referidos tratamentos se apresentam com aspecto comumente encontrado no arroz branco polido.

Os grãos de arroz biofortificados com os tratamentos I (Kali-EPZO-Zn, em conjunto com ureia) e L (coquetel foliar de micro spray I, contendo  $\text{Zn} + \text{Fe} + \text{I} + \text{Se}$ ), apresentam os maiores valores de minerais seguidos dos tratamentos B (aplicação no solo de  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), N (1,5 kg de  $\text{Mg}(\text{gesso})$ ) e O (3,0 kg de  $\text{Mg}(\text{gesso})$ ), o que permite concluir que a biofortificação com esses adubos e formas de aplicação gerou melhores resultados, pois os valores obtidos foram consideravelmente superiores aos encontrados para a amostra controle.

Por fim, ao se analisar o teor de proteína dos grãos de arroz biofortificados da variedade BRSMG Caravera, os tratamentos E (duas aplicações foliares de iodato de potássio), F (duas aplicações foliares de iodato de potássio em conjunto com 2% de nitrato de potássio), H (duas aplicações foliares de ADOB-Basfoliar), I (Kali-EPZO-Zn em conjunto com ureia), J (solução VALAGRO 52304), L (coquetel foliar de micro spray I, contendo  $\text{Zn} + \text{Fe} + \text{I} + \text{Se}$ ), M (coquetel foliar de micro spray II, contendo  $\text{Zn} + \text{Fe} + \text{I} + \text{Se}$ ), N (1,5 kg de  $\text{Mg}(\text{gesso})$ ) e O (3,0 kg de  $\text{Mg}(\text{gesso})$ ) mostraram melhores resultados e maiores do que os encontrados na literatura com relação às amostras de arroz polido cru tradicional.

Encontra-se na literatura que grãos de cultivares de arroz com elevado teor de proteínas e cinzas apresentam-se com coloração mais escura. Isto pode ser observado nos tratamentos I, L, N e O, que possuem elevados teores de cinzas e proteínas e menores valores para a claridade ao se comparar com as demais amostras. Ao se buscar uma amostra com alto teor de cinzas e proteínas e menor tempo de cozimento, pode-se ressaltar aquela que recebeu o tratamento N como a melhor, porém, ao se analisar claridade, esta não apresentou os maiores valores.



## REFERÊNCIAS

AMATO, G. W.; CARVALHO, J. L. V.; SILVEIRA FILHO, S. **Arroz parboilizado:** Tecnologia limpa, produto nobre. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2002.

AMATO, G. W.; PINKOSKI, P. I.; OLIVERAS, L. Y.; PFINGSTAG, R.; GUNDANI, C. **Cor na parboilização do arroz.** Porto Alegre: CIENTEC, p. 39, 1990.

American Association of Cereal Chemists - AACC. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists.** 9. ed. St. Paul. v. 2, 1995.

Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Agriculture Chemists.** 17 ed. Washington. 2002.

BASSINELLO, P. Z.; ROCHA, M. S.; COBUCCI, R. M. A. Avaliação de diferentes métodos de cocção de arroz de terras altas para teste sensorial. Comunicado técnico. Santo Antônio de Goiás – GO: **Embrapa**, 2004.

BOLIANI, E. **Adubação e biofortificação: caracterização química e física do arroz (Oryza sativa L.).** 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

CARVALHO, R.V.; ASCHERI, J.L.R.; VIDAL, J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de pellets (3G) de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. *Ciênc. Agrotec.*, Lavras, v. 26, n. 5, p. 1006-1018, 2002.

CASTRO, E. M. et al. Qualidade de grãos em arroz. Santo Antônio de Goiás - GO: **Embrapa Arroz e Feijão**, 1999.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos.** 2.ed. Campinas, UNICAMP, 2003.

FARINELLI, R. et al. Características Agronômicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** 2004.

GUIMARÃES, C. O. G. et al. Qualidade de cocção dos grãos de arroz de diferentes cultivares. **Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica**, Curitiba. Anais, FAPEMIG/EPAMIG. p.100-104, 2006.

GUIMARÃES, I. C. O. et al. Qualidade tecnológica do arroz branco polido submetido à irradiação gama ( $Co^{60}$ ). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 6, p. 752-756, 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. agrotec.** v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FERREIRA, C. M.; VILLAR, P. M.; ALMEIDA, P. N. A. Qualidade e utilização das principais cultivares de arroz de terras altas. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP. p. 21-22, 1985.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Estudo Nacional da Despesa Familiar. **Tabelas de Composição de Alimentos**. 5. ed., Rio de Janeiro, 1999.

JULIANO, B. O.; BECHTEL, D. B. The rice grain and its gross composition. In: JULIANO, B. O. (Ed.). **Rice: chemistry and technology**. Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 1985.

KONICA MINOLTA. Sensing Americas. **Entendendo o espaço de cor L\*a\*b\***. Disponível em: <<http://sensing.konicaminolta.com.br/2013/11/entendendo-o-espaco-de-cor-lab/>>. Acesso em: 21 out. 2017.

McGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v. 21, p. 1254-1255, 1992.

PEREIRA J. **Alterações na qualidade tecnológica de grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) durante o armazenamento**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

PEREIRA, J. A. et al. Comparação entre características agronômicas, culinárias e nutricionais em variedades de arroz branco e vermelho. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 243 – 248, 2009.

**PRECISE COLOUR COMMUNICATION**: Color control from perception to instrumentation. Konica Minolta, 2003.

SILVA, E. M. M. et al. Efeito dos parâmetros de extrusão nas características de viscosidade de pasta e índice de absorção de água de macarrões pré-cozidos elaborados a partir de farinha mista de arroz integral e milho obtidos por extrusão. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**. Curitiba v. 26, n. 2, p. 239-254, 2008.

SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. R.; PEREIRA, R. G. F. A. Composição centesimal e perfil de aminoácidos de arroz e pó de café. **Alimentos Nutrição**, Araraquara - SP, v. 18, n. 3, p. 325 – 330. 2007.

SINGH, N. et al. Physicochemical, cooking and textural properties of milled rice from different Indian rice cultivars. **Food Chemistry**, 2005.

STORCK, C. R. **Variação na composição química em grãos de arroz submetidos a diferentes beneficiamentos**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

Universidade de Campinas (UNICAMP). **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO**. 4. ed., Campinas, 2011.

Universidade de São Paulo (USP). **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TBCA**. Versão 5.0. São Paulo, 2008.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, 2008.

ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, S.; BLANCHARD, C. Composition and functional properties of rice. **International Journal of Food Science and Technology**, Wagga Wagga, v. 37, 2002.

ZANÃO, C.F.P.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; SARMENTO, S.B.S.; ARTHUR, V. Efeito da irradiação gama nas características físico-químicas e sensoriais do arroz (*Oryza sativa* L.) e no desenvolvimento de *Sitophilus oryzae* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, p. 46-55, 2009.

## **CAPÍTULO 4 – Biofortificação com Zn em grãos de arroz BRSMG Caravera**

## RESUMO

A deficiência de zinco afeta grande parcela de pessoas no mundo todo, principalmente, em países em desenvolvimento, gerando problemas de saúde pública. A biofortificação mostra-se como alternativa mais viável para reduzir este problema e o arroz destaca-se como cultura com amplo potencial a ser biofortificada. Os objetivos deste estudo foram analisar a eficiência da biofortificação agrônômica sobre os grãos de arroz BRSMG Caravera e saber em qual parte do grão o Zn se concentra. As amostras analisadas receberam os seguintes tratamentos: A (controle, aplicação no solo de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK)), B (NPK + adubação no solo com fonte  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), C (NPK + duas adubações foliares com fonte  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ). Os resultados obtidos mostraram que a biofortificação não alterou de forma significativa a concentração de Zn no endosperma (grãos inteiros) e que as maiores concentrações de Zn, de forma geral, encontram-se no farelo, juntamente com o gérmen. O tratamento C, que consiste em duas aplicações foliares de  $\text{ZnSO}_4$ , apresenta-se com maior concentração de Zn na casca. Logo, para se ter um bom aproveitamento da biofortificação, indica-se consumir os grãos na sua forma integral ou aplicar sobre eles o tratamento de parboilização.

**Palavras-chave:** Biofortificação. Zinco. Arroz integral. Parboilização. BRSMG Caravera.

### ABSTRACT

Zinc deficiency affects many people worldwide and causes public health issues, especially in developing countries. Biofortification is considered the most viable alternative to reduce this problem and rice crops are a prominent potential for biofortification. The objectives of this study were to analyze the efficiency of the agronomic biofortification of BRSMG Caravera rice grains and to uncover in which part of the grain the Zn is concentrated. The samples analyzed received the following treatments: A - control, application of soil nitrogen, phosphorus, and potassium (NPK), B – NPK + soil fertilization with a source of  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , C - NPK + two leaf fertilizations with a source of  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . The results showed that the biofortification did not significantly alter the concentration of Zn in the endosperm (whole grains) and that the highest concentrations of Zn were, generally, found in the bran, along with the germ. Treatment C, which consisted of two leaf applications of  $\text{ZnSO}_4$ , presented higher concentrations of Zn in the peel. Therefore, to obtain an effective biofortification, we recommend the consumption of whole grains or the application of a parboiling treatment.

**Keywords:** Biofortification. Zinc. Integral rice. Parboiling. BRSMG Caravera.

## **1 INTRODUÇÃO**

Considerada uma preocupação crescente, a desnutrição humana por zinco (Zn) afeta grande parte da população mundial, sobretudo, em países em desenvolvimento cujos idosos, mulheres jovens, crianças e indivíduos com dieta restrita são suscetíveis a desenvolverem deficiência de Zn (MELLO e COELHO, 2011). Danos às funções do cérebro, ao crescimento físico e sistema imunológico são as principais consequências geradas pela deficiência de Zn ao organismo humano (CAKMAK, 2010). Mundialmente, o arroz representa um dos cereais mais relevantes do ponto de vista econômico e social (OLIVEIRA, 2017), entretanto apresenta baixas concentrações de Zn. Este é um dos alimentos principais da dieta dos brasileiros, o que a torna uma ótima opção para a realização da biofortificação agrônômica com Zn, sendo uma tática para aumentar os níveis deste mineral na população.

Fontes externas de Zn são necessárias ao organismo humano, pois este mineral não é produzido pelos seres humanos. O Zn é encontrado em grandes quantidades nos ovos, farinha de trigo integral, carnes bovinas, nozes, mariscos, peixes, feijão, aves, leite e derivados. Trata-se de um micronutriente essencial ao funcionamento de diversas enzimas, desta forma, possui relevante importância aos processos biológicos, considerando-se seres humanos, plantas e animais (EPAMIG, 2016). Dentre as funções desse elemento em seres humanos, evidencia-se seu papel na ativação e composição enzimática, na suavização dos efeitos do oxigênio ativo e na síntese proteica (CAKMAK, 2008).

Perante esse cenário, a biofortificação pode se tornar uma técnica propícia e eficiente, ao aumento do teor de nutrientes selecionados em alimentos considerados básicos, melhorando sua qualidade nutricional. A biofortificação agrônômica pode ser realizada mediante aplicação de fertilizantes via foliar ou solo.

Objetivou-se com este trabalho analisar a eficiência da biofortificação agrônômica sobre os grãos de arroz da cultivar BRSMG Caravera. Desta forma, buscou-se, também, verificar o nível da concentração de zinco, nas diversas partes do grão, quais sejam: cascas, farelo + gérmen e no endosperma dos grãos inteiros.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Descrição das amostras**

Neste trabalho, utilizaram-se amostras biofortificadas de arroz da terceira fase do programa HarvestPlus, da variedade BRSMG Caravera, cultivadas pela EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), na cidade de Lambari, Minas Gerais. Estas amostras incluem um tratamento controle, que não foi biofortificado e 2 diferentes tratamentos de biofortificação.

Os 3 tratamentos compreendem:

- A. Controle (NPK):** aplicação de doses de fertilizantes no solo: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K).
- B. NPK + aplicação no solo de  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ :** aplicação no solo de 50 kg de  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  por hectare.
- C. NPK + duas aplicações foliares de  $\text{ZnSO}_4$ :** 0,5% de  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  em 800 litros por hectare.

## 2.2 Delineamento Experimental

O cultivo das amostras ocorreu em Delineamento de Blocos Casualizados (DBC) sendo analisados 2 tratamentos e o controle, com quatro repetições cada. Em cada amostra foram analisadas separadamente suas porções, sendo elas: casca, farelo + gérmen e endosperma.

## 2.3 Análise de Zn

A análise de Zn foi realizada no Laboratório de Análise Foliar, localizado no Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, Estado de Minas Gerais, Brasil. Para esta análise utilizou-se a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Escolheram-se, para analisar, três amostras de arroz BRSMG Caravera biofortificadas, sendo elas: controle (A), na qual foi feita apenas a correção do solo com nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), a amostra com o tratamento B, em que, além do NPK, fez-se também a aplicação no solo de  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  e, por fim, a amostra com o tratamento C, na qual, além do NPK, foram feitas também duas aplicações foliares de  $\text{ZnSO}_4$ .



## 2.4 Análise estatística

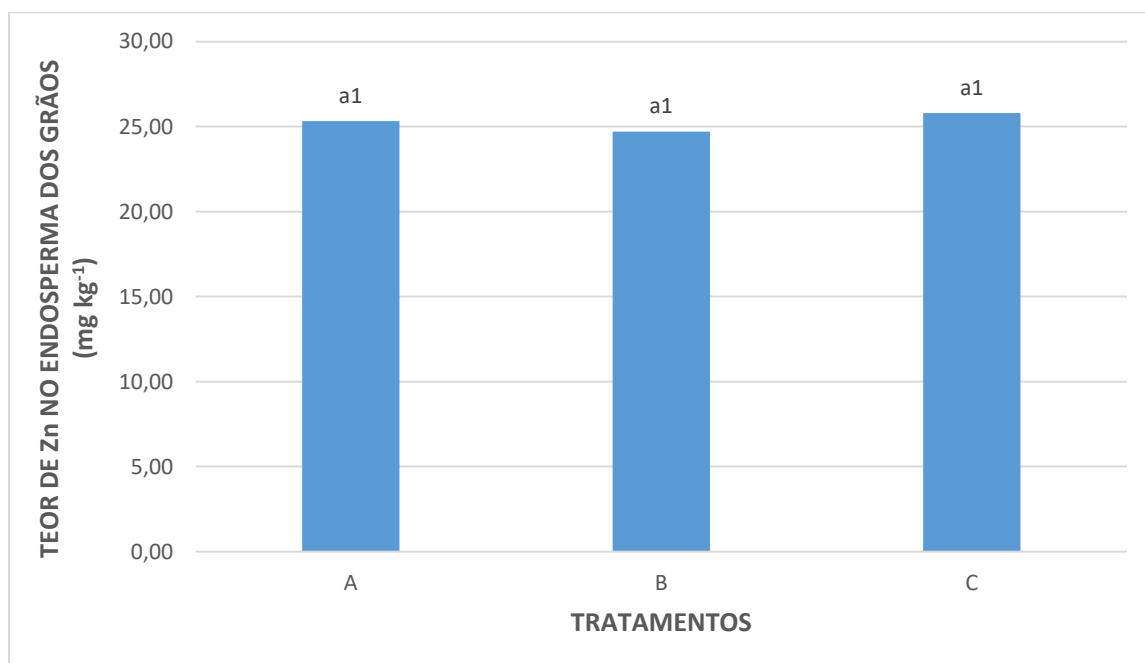
Realizou-se análise de variância pelo Teste F. A comparação das médias obtidas, nos diferentes tratamentos, foi analisada, segundo o teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Para isto, utilizou-se o software Sisvar Versão 5.6 (FERREIRA, 2014).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração de minerais muda nas diferentes partes do grão. O conteúdo mineral é influenciado pelas condições de cultivo (condições do solo e fertilização), assim como pelo processamento. Geralmente os minerais encontram-se em maior quantidade, nas camadas externas do grão, com valores aproximados de 72% no farelo e 28% no grão polido (JULIANO; BECHTEL, 1985 citado por MARCHEZAN; AVILA, 2008).

Avaliou-se, neste estudo, o teor de Zn nas diversas partes do grão de arroz. Na Figura 14, pode-se observar o teor de Zn no endosperma dos grãos de arroz biofortificados.

Figura 14 - Teores médios de Zn em  $\text{mg kg}^{-1}$  presente no endosperma dos grãos de arroz da cultivar BRSMG Caravera biofortificadas com diferentes fontes minerais.



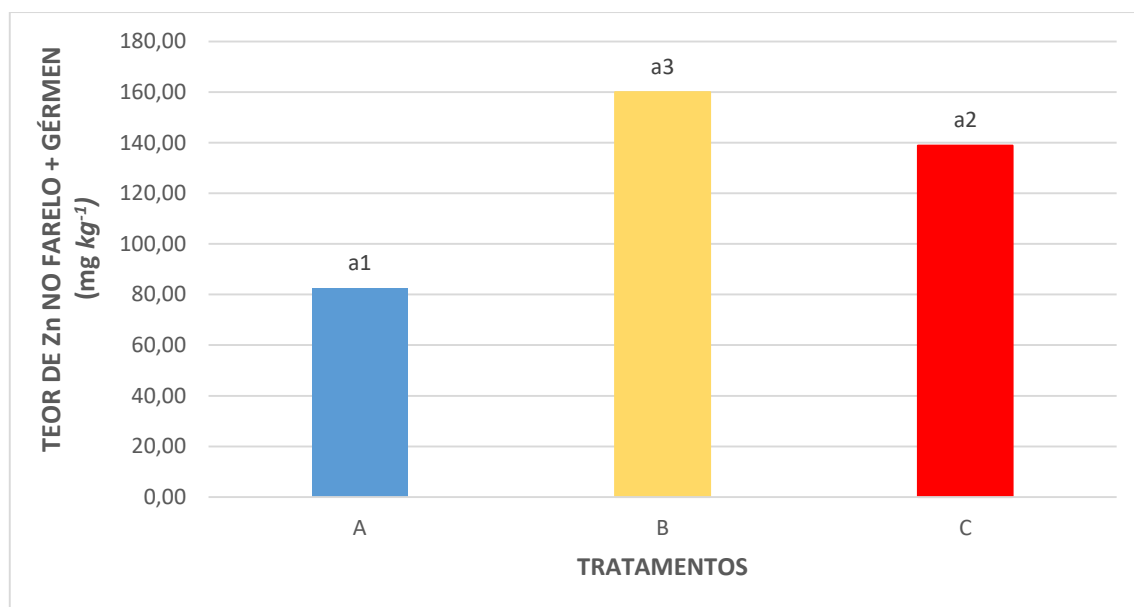
Fonte: Do autor (2018).

Ao realizar as análises estatísticas, observou-se que não houve efeito significativo nem para blocos nem para tratamentos para o teste F. Todas as amostras encontraram-se com valores próximos, apresentando um valor médio para teor de Zn de  $25,27 \text{ mg kg}^{-1}$ . Isso nos mostra que a biofortificação não alterou de forma significativa o teor de Zn presente nos grãos de arroz inteiros polidos na forma crua.

De acordo com a Tabela TACO (UNICAMP, 2011), o teor de Zn em amostras de arroz polido cru é de  $13 \text{ mg kg}^{-1}$ , o que nos permite observar que os valores encontrados no presente estudo estão consideravelmente acima desse valor. De acordo com Juliano; Bechtel (1985) citado por Marchezan; Avila (2008), existe uma grande variação de Zn entre os genótipos de arroz branco polido, variando de  $6 \text{ mg kg}^{-1}$  a  $23 \text{ mg kg}^{-1}$ . Desta forma, verifica-se que os resultados encontrados estão próximos dessa faixa de valores, visto que esta variação pode ter sido ocasionada por uma maior concentração de Zn no solo.

Na Figura 15, pode-se avaliar o teor de Zn presente nas amostras de farelo + gérmen originadas de amostras de arroz biofortificadas.

Figura 15 - Teores médios de Zn em  $\text{mg kg}^{-1}$  presente nas amostras de farelo + gérmen originado de amostras de arroz da cultivar BRSMG Caravera biofortificadas com diferentes fontes minerais.



Fonte: Do autor (2018).

Pela realização das análises estatísticas, apontou-se que houve efeito significativo somente para tratamentos pelo teste F a 1% de probabilidade. No teste Skott-Knott a 5% de probabilidade, diferenciaram-se da controle as amostras com os tratamentos B e C. A amostra

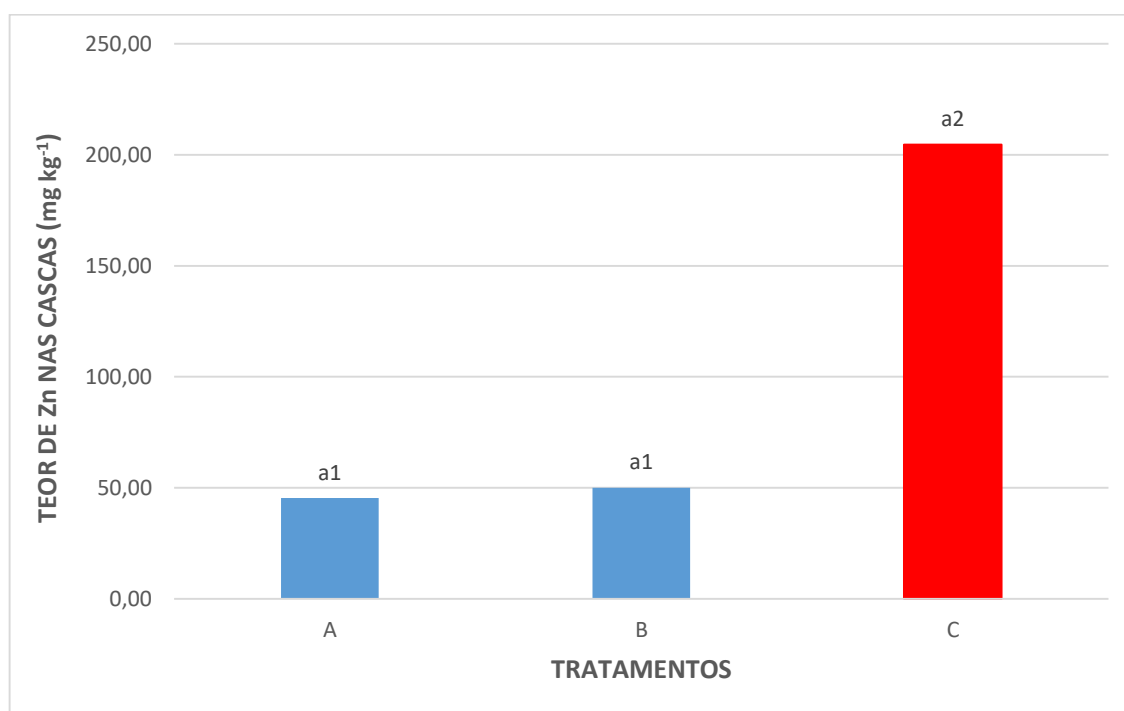
com o tratamento B apresentou maior concentração de Zn com  $159,93 \text{ mg kg}^{-1}$ , seguida da amostra com o tratamento C com uma concentração de  $138,86 \text{ mg kg}^{-1}$ .

Lacerda et al. (2010) analisaram a qualidade de farelos de arroz cru e identificaram um teor médio de Zn de  $61,8 \text{ mg kg}^{-1}$  em suas amostras, o que possibilitou observar que os valores do presente estudo, até mesmo da amostra controle  $82,5 \text{ mg kg}^{-1}$ , estão acima do valor encontrado na literatura.

Pode-se observar que a biofortificação aumentou de forma significativa o teor de Zn presente nas amostras referentes ao farelo + gérmen, pois a amostra controle apresentou uma concentração de  $82,5 \text{ mg kg}^{-1}$ , seguida das amostras C ( $138,86 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e B ( $159,93 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

Na Figura 16, pode-se avaliar o teor de Zn presente nas cascas originadas de amostras de arroz biofortificadas.

Figura 16 – Teores médios de Zn em  $\text{mg kg}^{-1}$  presente nas cascas de amostras de arroz da cultivar BRSMG Caravera biofortificadas com diferentes fontes minerais.



Fonte: Do autor (2018).

Por meio das análises estatísticas realizadas, apurou-se que houve efeito significativo somente para tratamentos pelo teste F a 1% de probabilidade. No teste Skott-Knott a 5% de probabilidade, diferenciou-se da controle somente a amostra com o tratamento C apresentando uma concentração de Zn de  $204,63 \text{ mg kg}^{-1}$ . A amostra controle e a amostra com o tratamento

B apresentaram concentrações de Zn de 45,45 mg kg<sup>-1</sup> e 50,07 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente, mostrando-se muito menores do que a amostra com o tratamento C.

#### 4 CONCLUSÃO

Neste capítulo, realizaram-se análises de Zn em amostras biofortificadas de endosperma, farelo + gérmen e cascas. Para o endosperma, não há diferença significativa entre os tratamentos, mostrando-se todas dentro de uma concentração média de 25,27 mg kg<sup>-1</sup> de Zn. Para as amostras de farelo + gérmen, a aplicação no solo de ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O mostra a concentração (159,93 mg kg<sup>-1</sup>), seguida pelo tratamento com duas aplicações foliares de ZnSO<sub>4</sub> (138,86 mg kg<sup>-1</sup>). Analisando as concentrações de Zn nas cascas, nota-se que apenas o tratamento com duas aplicações foliares de ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O mostra-se significativo com concentração de 204,63 mg kg<sup>-1</sup>. Desta forma, para melhor aproveitamento dos teores de Zn atingidos nas cascas e nos farelos, por meio da biofortificação, os grãos devem ser consumidos na sua forma integral (endosperma + farelo + gérmen) ou devem ser submetidos ao processo de parboilização, que consiste na imersão do arroz (em casca) em água aquecida em uma autoclave para absorção, no endosperma, das vitaminas e sais minerais retidos na casca, no farelo e no gérmen. Analisando a quantidade de Zn das amostras como um todo, nota-se que as aplicações foliares de ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O realizadas no tratamento C apresentam melhores resultados quando comparadas com as demais amostras.

## REFERÊNCIAS

CAKMAK, I. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? **Plant Soil**, v. 302, p. 1-17, 2008.

CAKMAK, I. et al. Biofortification and localization of zinc in wheat grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 58, n. 16, p. 9092-9102, Jul. 2010.

EPAMIG. **EPAMIG estuda biofortificação do arroz com zinco**. Disponível em: <<https://epamig.wordpress.com/2016/06/29/epamig-estuda-biofortificacao-do-arroz-com-zinco/>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. agrotec.** v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

LACERDA et al. Qualidade de farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 40, n. 4, p. 521-530, 2010.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 1997.

MARCHEZAN, M. W. E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, jul. 2008.

MELLO E. D.; COELHO J. C. Zinco: por que e quando suplementar? **International Journal of Nutrology**. v.4, n.2, p. 38-43, 2011.

OLIVEIRA, K. S. **Biofortificação de arroz (*Oryza sativa* L.) em selênio e implicações na composição nutricional**. 2017. Tese (Doutorado em Qualidade Alimentar) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2017.

Universidade de Campinas (UNICAMP). **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO**. 4. ed., Campinas, 2011.