



## CARACTERIZAÇÃO DOS TEORES DE SELÊNIO EM ARROZ CULTIVADOS NA BACIA DO RIO FORMOSO EM FORMOSO DO ARAGUAIA – TOCANTINS

Carla Elisa Alves Bastos<sup>1</sup>, Manoel Delintro de Castro Neto<sup>2</sup>, Douglas José Daronch<sup>3</sup>, Vitor L. Nascimento<sup>4</sup>

<sup>1</sup>PEBTT do IFTO Campus Avançado Formoso do Araguaia. e-mail <[carla.bastos@ifto.edu.br](mailto:carla.bastos@ifto.edu.br)>

<sup>2</sup>PEBTT do IFTO Campus Avançado Formoso do Araguaia. e-mail <[manoel.neto@ifto.edu.br](mailto:manoel.neto@ifto.edu.br)>

<sup>3</sup>PEBTT do IFTO Campus Avançado Formoso do Araguaia. e-mail <[douglas.daronch@ifto.edu.br](mailto:douglas.daronch@ifto.edu.br)>

<sup>4</sup>Pesquisador da UFT Campus Gurupi. e-mail: <[vitorlnasc@gmail.com](mailto:vitorlnasc@gmail.com)>

**Resumo:** A agricultura deve exercer o papel de fornecer à população alimentos básicos em quantidade e qualidade suficiente para garantir o bem-estar humano e suprir a carência nutricional da população. Neste sentido, medidas de biofortificação têm sido adotadas para incorporar nos alimentos elementos essenciais à saúde humana em quantidades adequadas na industrialização, manejo dos sistemas agrícolas ou biotecnologia, sendo os dois últimos considerados mais promissores e seguros. A biofortificação de alimentos com selênio (Se) já ocorre em alguns países e acredita-se suprir adequadamente o elemento na dieta humana, considerada de baixa ingestão na maioria do país. Diante disto, este projeto objetivou quantificar os teores de Se nos grãos e solos e relacionar as quantidades de Se nos solos de várzea do Projeto Rio Formoso, onde se cultiva arroz em Formoso do Araguaia. Os resultados apontaram 218,5  $\mu\text{g kg}^{-1}$  como a média dos níveis de Se no solo e 50,049  $\mu\text{g kg}^{-1}$  nos grãos, valor que justifica a necessidade de biofortificação agrônômica. Não foi encontrada correlação entre as variáveis, demonstrando que a planta de arroz exporta pouco o elemento para os grãos.

**Palavras-chave:** biofortificação; elemento benéfico; *Oryza sativa*

### 1 INTRODUÇÃO

Os produtos agrícolas constituem a fonte primária de nutrientes para a população mundial, seja diretamente por meio dos organismos vegetais, ou por meio indireto, através da ingestão de alimentos de origem animal. Em razão do aumento da densidade populacional, a demanda mundial de alimentos tem apresentando mesmo ritmo de crescimento e grandes méritos deste aumento na produção devem-se aos avanços tecnológicos na agricultura, como o melhoramento genético, utilização de fertilizantes nas áreas de produção e métodos de manejo do solo que permitem conciliar intensificação de produção com diminuição do desperdício e do impacto ambiental.

Embora a produção de alimentos tenha acompanhado o crescimento populacional, o problema de deficiência nutricional tem afetado grande parte da população. As causas das carências nutricionais estão relacionadas com a ingestão de alimentos básicos de baixo valor nutricional, com perdas na qualidade nutricional dos alimentos durante o processo de industrialização e com o melhoramento de plantas que durante muito tempo buscou alta produtividade sem observar a densidade de elementos essenciais aos animais nas partes comestíveis das plantas.

Segundo a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), a segurança alimentar deve ser entendida como a situação na qual as pessoas têm acesso irrestrito a alimentos em



quantidade e qualidade suficientes para satisfazer as necessidades nutricionais e preferências alimentares para manter uma vida saudável (FAO, 2011). Levando em consideração esta concepção, para combater a desnutrição e garantir o fornecimento de alimentos nutritivos, iniciativas vêm sendo tomadas no intuito de fornecer suplementos vitamínicos e minerais aos alimentos.

Produtos agrícolas biofortificados podem ser uma alternativa viável no combate à fome e desnutrição no Brasil. Basicamente, a biofortificação consiste em adotar técnicas que aumentam a concentração de elementos-traços essenciais aos humanos e animais nos alimentos, o que pode ocorrer por duas formas: (i) através adoção de técnicas de melhoramento convencional e de modificação genética que forneçam variedades ou cultivares de plantas que apresentam maiores conteúdos de nutrientes e vitaminas, ou (ii) através de técnicas de manejo que contribuem para aumentar o teor de nutrientes, como adubações foliares, via solo ou por tratamento de sementes, ao que se denomina biofortificação agrônômica (WELCH, 2008). Estas alternativas, além de serem sustentáveis, revelam-se efetivas em termos de custo, pois os investimentos em plantas nutricionalmente melhoradas em pouco tempo tornam os custos da biofortificação mais baratos.

Especificamente no caso do selênio, por ele ainda não ser considerado um elemento essencial às plantas, mas apenas benéfico, a legislação brasileira impede que ele seja adicionado a fertilizantes. Além do fornecimento de selênio via adubação, a variação genotípica e outros fatores como características edafoclimáticas podem influenciar na concentração do elemento nos produtos agrícolas. Neste sentido, compreender a relação entre cultivares e os fatores de produção locais podem ajudar a selecionar genótipos mais eficientes quanto ao acúmulo de selênio nas partes comestíveis, o que ajudaria na melhoria da segurança alimentar regional.

No Brasil não há nenhum levantamento completo disponível da ocorrência de deficiência de selênio na população, mas alguns estudos realizados indicam que estados como São Paulo e Mato Grosso apresentam baixa ingestão deste micronutriente (GONZAGA et al., 2007). Moraes et al. (2009), realizaram um estudo sobre as evidências de deficiência de selênio no Brasil a partir do solo para a nutrição humana e relataram que embora existam evidências conclusivas da deficiência de selênio, pouca atenção foi dada quanto à biofortificação com este elemento, sendo necessário, de acordo com os mesmos autores, a promoção de mais pesquisas sobre os níveis de Se no solo e nos produtos agrícolas em todos os estados brasileiros.

Os teores de selênio nas plantas, animais e seres humanos frequentemente refletem as concentrações encontradas no solo e a introdução do elemento na cadeia alimentar está diretamente



relacionado à eficiência de absorção do elemento pelas plantas, o que varia conforme a concentração e a forma de Se predominante (DHILLON & DHILLON, 2003). A relação entre Se e disponibilidade para as plantas é função das características físico-químicas do solo, como pH, teor de argila e concentração de enxofre (FARIA & KARP, 2014).

O estado de Tocantins apresenta grande parte de seu território dominado pelo bioma Cerrado, nos quais predominam solos com acidez elevada, baixa fertilidade natural e presença de alumínio em níveis prejudiciais ao crescimento das plantas. Estudos com solos de Cerrado indicam deficiência de selênio (CARVALHO et al., 2019). Na região da bacia do Rio Formoso as condições de clima, solo e drenagem são bastante peculiares, o que pode alterar a dinâmica de distribuição de Se no solo e conseqüentemente a disponibilização do elemento às plantas. As áreas cultiváveis com arroz da região ocorrem sobre plintossolo, caracterizados também pela baixa fertilidade natural e drenagem pouco eficiente, todos atributos que dificultam a disponibilização de selênio para as plantas. Até o momento não foram levantados os teores de Se nestes solos sob irrigação por inundação e, conseqüentemente os teores do elemento no produto. Portanto, caracterizar as concentrações do Se neste solo podem contribuir para estudos futuros sobre biofortificação, fornecendo subsídios para a viabilização ou não da aplicação de tecnologias de biofortificação na melhoria da qualidade do produto.

## 2 METODOLOGIA

As amostras de solos utilizadas neste estudo foram coletadas de áreas agricultáveis, cultivadas no sistema sucessão arroz irrigado e soja, localizadas no Projeto Rio Formoso, Formoso do Araguaia, estado do Tocantins. A amostragem de solo foi realizada em dezembro de 2018, durante o período de cultivo de arroz em sistema de subirrigação. Foram colhidas amostras compostas de 0 a 10 cm em zigue-zague em dez pontos das parcelas representativas da área. Os solos da área são hidromórficos, com a presença de horizonte glei, característicos de regiões de várzea. As amostras compostas foram processadas em amostras simples e acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados com o nome da parcela para serem encaminhados para o Laboratório de Solos da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.

No laboratório, seguiu-se protocolo para quantificação do teor de selênio, seguindo metodologia já adaptada. Em resumo, os solos foram secos e separada a fração menor do que 2 mm para a quantificação do Se, que foi determinado via digestão ácida com posterior leitura em espectrômetro de absorção atômica. Detalhes sobre a metodologia podem ser verificadas em Carvalho et al., 2019.

Após o período de cultivo do arroz na região, foram coletadas dos mesmos pontos das amostras de solo as amostras de grãos de arroz com casca para determinação do teor de selênio no material. As amostras de arroz coletadas foram enviadas ao Laboratório de Solos da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, onde foram processadas em moinho do tipo Willey para fragmentação do material. Feita a fragmentação do material, procedeu-se a digestão ácido e posterior leitura em forno de grafite, já que as concentrações de Se nas amostras estavam fora do limite mínimo de leitura do espectrômetro de absorção atômica (Carvalho et al., 2019).

Os resultados da concentração de Se nos solos e grãos foram relacionados entre si pelo coeficiente de Pearson para verificar o grau de correlação entre ambas as variáveis e descritos qualitativamente com comparações a informações já conhecidas na literatura disponível.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das concentrações de Se no solo e nos grãos amostrados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Concentrações de Se no solo e grãos de arroz cultivados na Bacia do Rio Formoso

Concentração de Se no solo	Concentração de Se nos grãos
$\mu\text{g kg}^{-1}$ (ppb)	
189,85	111,07
163,59	47,65
196,19	57,23
260,82	28,18
238,81	41,9
348,31	49,67
250,49	29,48
214,01	39,05
107,35	44,91
215,36	51,25
218,478	50,039

Fonte: Dados obtidos pela autora

A recomendação de ingestão diária de selênio é de 50 a 55  $\mu\text{g}$  por dia, sendo valores abaixo de 40  $\mu\text{g}$  diários insuficientes para que o elemento desempenhe suas funções benéficas no organismo e acima de 400  $\mu\text{g}$  diários quantidade considerada tóxica (MATOS et al., 2017). A média da concentração de Se em grãos de arroz observada neste estudo aponta 50 ppb ou  $\mu\text{g}$  por kg de material, ou seja, considerando-se o arroz como única fonte de Se diária, deveria haver o consumo de 1 kg do produto para garantir o suprimento mínimo recomendado. Considerando-se o consumo per capita de

180 g de arroz por dia (FAO, 2011), o arroz produzido no Projeto Rio Formoso contribuiria com cerca de 9 mg de Se.

Resultados da literatura para a concentração de Se em grãos de arroz de diversas cultivares, em diversos tipos de solo e condições de cultivo, evidenciam que os valores encontrados para o arroz cultivado no Projeto Rio Formoso encontram-se dentro do esperado, sendo superior ao encontrado em grãos cultivados em sequeiro e semelhantes aos cultivados em ambiente inundado (Tabela 2). De fato, a solubilidade de Se na solução do solo é aumentada em condições de inundação, contribuindo para que este seja absorvida e acumulado pelas estruturas vegetais (LI et al., 2010).

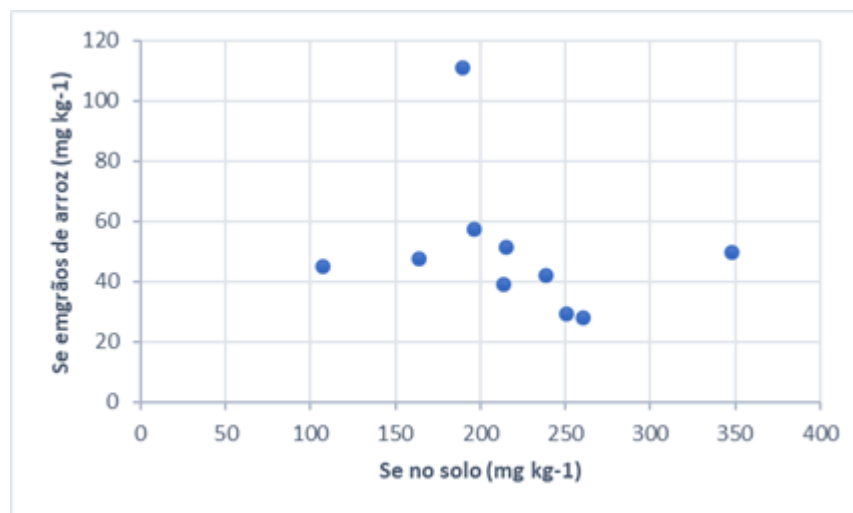
Tabela 2- Variações das concentrações de Se em grãos de arroz na literatura

Concentração de Se em grãos de arroz $\mu\text{g kg}^{-1}$ (ppb)	Tipo de cultivo	Local	Referência
52	Inundado	Portugal	Lidon et al. (2018)
40	Sequeiro	Inglaterra	Li et al., (2010)
70	inundado	Inglaterra	Li et al., (2010)
1 a 13	sem informação	RS e MG	Ferreira et al. (2002)

Fonte: Lidon et al., (2018); Li et al., (2010); Ferreira et al. (2002)

A maior fonte de Se para a alimentação humana e animal é o solo, que fornece para as plantas o elemento que, após absorvido, se acumula nos diferentes órgãos do vegetal. Considerando-se que no país não há regulamentação para venda de Se como fertilizante, estima-se haver uma correlação entre o conteúdo encontrado nos solos e nas partes vegetais das plantas nele cultivadas. Para verificar se há correlação entre os níveis de Se no solo e em grãos calculou-se o coeficiente de Pearson ( $r = -0,22$ ), o qual informou não haver correlação entre as variáveis analisadas (Figura 1). Apesar deste estudo não ter investigado a concentração de Se nos demais órgãos aéreos da planta de arroz além dos grãos, Boldrin et al. (2013) relacionaram que pouco Se é exportado pela cultura, mesmo após suplementação foliar e via solo, indicando que a biofortificação deve ser bem planejada e vir acompanhada do melhoramento genético para acúmulo de elementos benéficos nos grãos. Além disto, há de se considerar que o elemento presente no solo possa não estar disponível para as plantas.

Figura 1 - Relação entre concentrações de Se em grãos e no solo



Fonte: Dados obtidos pela autora

Em relação aos níveis de Se encontrados nos solos, a concentração média varia entre 10 e 2000  $\mu\text{g kg}^{-1}$ , com média global de 400  $\mu\text{g kg}^{-1}$ , salvo solos seleníferos nos quais a concentração do elemento pode alcançar  $5 \times 10^6 \mu\text{g kg}^{-1}$  (MATOS et al., 2017). Em solos do Cerrado brasileiro foram realizados levantamentos das concentrações de Se, os quais apontaram concentrações de 22 a 72  $\mu\text{g kg}^{-1}$  em regiões do Goiás, e do noroeste e triângulo de Minas Gerais (CARVALHO et al., 2019) e em gleissolos da região do Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais, as concentrações de Se identificadas estiveram abaixo do nível de quantificação utilizado experimento (MATOS et al., 2017). No entanto, em ambos os estudos as amostras de solo foram coletadas de solos em condição natural e sabe-se que a ação humana pode aumentar a concentração de Se (CARVALHO et al., 2019; EL-RAMADY et al., 2014).

Segundo El-Ramady et al. (2014), a ação antrópica contribui com o aumento da concentração de Se em solos de áreas agricultáveis através da presença em quantidade traços do elemento em fertilizantes comerciais, cal e defensivos agrícolas, água de irrigação e deposição atmosférica. Como a área de coleta dos materiais apresenta prática da agricultura intensiva há pelo menos dez anos, esta pode ser uma justificativa para as altas concentrações encontradas no solo de estudo.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS



Os resultados apresentados por este trabalho sugerem que a biofortificação é necessária para assegurar incremento na concentração de Se nos grãos, porém, como o solo não apresenta níveis tão baixos do elemento, não há necessidade de se fornecer uma quantidade tão elevada do mesmo. Também, concluímos que houve baixa exportação do nutriente, fazendo com que sejam necessários estudos de como os restos culturais do arroz podem devolver Se ao solo via decomposição da palhada e em quais tecidos há maior acúmulo do elemento.

Considerando a dinâmica de elementos minerais no solo (sorção, dessorção, lixiviação, absorção), especialmente em condição de redução, o estudo de biofortificação de Se via adubação para a cultura na condição de subirrigação deve ser executada a fim de verificar se o método é seguro para aumentar os níveis do elemento em grãos de arroz.

## REFERÊNCIAS

- BOLDRIN, P.F.; FAQUIN, V.; RAMOS, S.J.; BOLDRIN, K.V.F.; ÁVILA, F.W.; GUILHERME, L.R.G. Soil and foliar application of selenium in rice biofortification. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 31, p. 238-244, 2013.
- CARVALHO, G.S.; OLIVEIRA, J.R.; CURI, N.; SCHULZE, D.G.; MARQUES, J.J. Selenium and mercury in Brazilian Cerrado soils and their relationships with physical and chemical soil characteristics. **Chemosphere**, v. 218, p. 412-415, 2019.
- CORBO, J.Z.F. **Biofortificação do feijão e do milho com selênio**. Dissertação de Mestrado (Agricultura Tropical e Subtropical) do Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2014. 52p.
- DHILLON, K.S.; DHILLON, S.K. Distribution and management of seleniferous soils. **Advances in Agronomy**, v. 79, n. 1, p. 119-184, 2003.
- EL-RAMADY, H.R.; DOMOKOS-SZABOLCSY, E.; ABDALLA, N.A. Selenium and nano-selenium in agroecosystems. **Environmental Chemistry Letters**, v. 12, p. 495-510, 2014.
- FARIA, L.A.; KARP, F.H.S. **Selênio, um elemento essencial para o homem e os animais e benéfico às plantas**. Piracicaba: IPNI, 2015 (informativo técnico (internet)).
- FERREIRA, K.S.; GOMES, J.C.; BELLATO, C.R.; JORDÃO, C.P. Concentrações de selênio em alimentos consumidos no Brasil. **Revista Panamericana de Salud Publica**, v. 11, p.172-177, 2002.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION); WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). **Food safety risk analysis. A guide for national food safety authorities**. Rome: FAO; 2011.
- GONZAGA, I.B.; MARTENS, A.; COZZOLINO, S.M.F. **Selênio**. In: COZZOLINO, S.M.F. (Ed). Biodisponibilidade de nutrientes, Manole. Barueri, p. 575-613. 2007.



HAVLIN, J.L.; BEATON, J.D.; TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. **Micronutrientes**. In: \_\_\_\_\_. Soil fertility and Fertilizers: An introduction to Nutrient Management. New Jersey: Pearson, 2005, chap. 8, p. 244 – 297.

LI, H., LOMBI, E.; STROUD, J.L.; MCGRATH, S.P.; ZHAO, F.J. Selenium speciation in soil and rice: Influence of water management and Se fertilization. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p.11837-11843, 2010.

LIDON, F.C.; OLIVEIRA, K.; GALHANO, C.; GUERRA, M.; RIBEIRO, M.M.; PELICA, J.; PATACO, I.; RAMALHO, J.C.; LEITÃO, A.E.; ALMEIDA, A.S.; CAMPOS, P.S.; RIBEIRO-BARROS, A.I.; PAIS, I.P.; SILVA, M.M.; CARVALHO, M.L.; SANTOS, J.P.; PESSOA, M.F.; REBOREDO, F.H. **Selenium Biofortification of Rice through foliar application with selenite and selenite**. Cambridge University Press, v. 55, p. 528-542, 2018.

MALAVOLTA, E. **Selênio**. In: \_\_\_\_\_. Elementos de nutrição mineral de plantas. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1980. p. 211-212.

MATOS, R.P.; LIMA, V.M.P.; WINDMOLLER, C.C.; NASCENTES, C. Correlation between the natural levels of selenium and soil physicochemical characteristics from the Jequitinhonha Valley (MG) Brazil. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 172, p. 195-202, 2017.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. **Elements with more toxic effects**. In: \_\_\_\_\_. Principles of plant nutrition. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 2001. Chapt. 20, p. 658-673.

MORAES, M.F.; WELCH, R.M.; NUTTI, M.R.; CARVALHO, J.L.V.; WATANABE, E. **Evidences of selenium deficiency in Brazil: from soil to human nutrition**. In: BANUELOS, G.R.; LIN, Z.G.; YIN, X.B. (Eds). First International Conference on Selenium in the Environment and Human Health, 2009, Suzhou. Selenium: deficiency, toxicity and biofortification for human health. 116 p. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2009, p. 73-74.

REIS, A.R.; FURLANI JÚNIOR, E.; MORAES, M.F.; MELO, S.P. Biofortificação agronômica com selênio no Brasil como estratégia para aumentar a qualidade dos produtos agrícolas. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 8, p. 128-138, 2014.

WELCH, R.M. **Linkages between trace elements in food crops and human health**. In: ALLOWAY, B. J. (Ed). Micronutrient deficiencies in global crop production, New York: Springer. p. 287-309. 2008.