



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

**FACULDADE DE ENGENHARIA – CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**MARCELO FERNANDO PEREIRA SOUZA**

**MODOS DE APLICAÇÃO DE MANGANÊS E ZINCO EM DOIS  
CULTIVARES DE SOJA**

Ilha Solteira  
2015



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE ENGENHARIA – CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MARCELO FERNANDO PEREIRA SOUZA

**MODOS DE APLICAÇÃO DE MANGANÊS E ZINCO EM DOIS  
CULTIVARES DE SOJA**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia – UNESP – Campus de Ilha Solteira, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

**Orientador:** Prof. Dr. Salatiér Buzetti

**Co-Orientador:** Prof. Dr. Flávio Carlos Dalchiavon

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S729m Souza, Marcelo Fernando Pereira.  
Modos de aplicação de manganês e zinco em dois cultivares de soja /  
Marcelo Fernando Pereira Souza. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2015  
114 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia  
de Ilha Solteira. Especialidade: Especialidade: Sistemas de Produção, 2015

Orientador: Salatiér Buzetti  
Co-orientador: Flávio Carlos Dalchiavon  
Inclui bibliografia

1. Glycine max L. 2. Merrill. 3. Micronutrientes. 4. Adubação foliar. 5.  
Latossolo. 6. Cerrado.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Modos de aplicação de manganês e zinco em dois cultivares de soja

AUTOR: MARCELO FERNANDO PEREIRA SOUZA

ORIENTADOR: Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. FLAVIO CARLOS DALCHIAVON

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA,  
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. EDSON LAZARINI

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. HELDER BARBOSA PAULINO

Campus Avançado de Jataí / Universidade Federal de Goiás



Prof. Dr. EDSON CABRAL DA SILVA

Departamento de Divisão de Produtividade Agroindustrial e Alimentos / Usp/ Cerna- Centro de Energia Nuclear Na Agricultura

Data da realização: 09 de setembro de 2015.

## DEDICATÓRIA

À minha mãe Maria Ivone Pereira Souza e ao meu pai Valdemir Soares de Souza, que me deram a vida e ensinaram-me a vivê-la com dignidade. À minha mãe que iluminou os caminhos por onde caminhei, com afeto e dedicação, para que eu o trilhasse sem medo e com esperanças. Ao meu pai, que se doou para que eu pudesse realizar os meus sonhos. A vocês, que me viram nascer, crescer e caminharam comigo até hoje. Que dedicaram cada gota de suor em meu futuro, sempre com muita esperança. Que não se deixaram vencer pelo cansaço para me dar força e que mesmo quando distantes estiveram sempre presentes; que me guiaram até este momento único em minha vida, me protegem, e me abençoam todos os dias, é para vocês e por vocês que cheguei até aqui, para dizer que tudo o que tenho e o que sou, devo a vocês e a Deus.

Aos meus pais, pelo apoio incondicional, apesar de todas as dificuldades,  
**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado força, sabedoria e principalmente saúde para buscar esse sonho. Obrigado senhor por sua presença em todos os momentos de minha vida, sejam eles de angústia, sofrimento e de alegria. Obrigado pelos ensinamentos recebidos ao longo da vida, pela família e amigos que tenho e continuarão comigo a cada instante, fortalecendo ainda mais a caminhada em busca deste sonho. Obrigado meu senhor e meu Deus por estar comigo em cada segundo de minha vida, em cada passo dado e por não me deixar desanimar e desistir frente às dificuldades.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP, por ter me proporcionado a oportunidade da realização da obtenção do título de Doutor em Agronomia e por proporcionar uma boa formação profissional.

Ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Campus Campo Novo do Parecis, por ter permitido realizar essa pesquisa em sua área experimental, concedendo toda sua estrutura para a realização desse trabalho.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Salatiér Buzetti e Flávio Carlos Dalchiavon, pelo apoio e pela amizade construída. Sou totalmente grato por terem me proporcionado conhecimento. Obrigado pela confiança e crédito à mim depositados, pelos ensinamentos científicos e filosóficos, pela orientação e por ter contribuído fundamentalmente para a realização deste trabalho e concretização de mais essa etapa de minha vida. Obrigado a vocês por toda a disponibilidade e todos os esclarecimentos.

À Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela concessão da bolsa de estudos, garantindo a realização da presente pesquisa.

À minha querida irmã, Ana Paula Pereira Souza pelo apoio e ajuda nas horas em que mais precisei. E a toda minha família pelo imenso apoio.

Aos meus queridos amigos e companheiros de trabalho Allan Hisashi Nakao, Ariani Garcia, Gabriela Christal Catalani e Lourdes Dickmann pelo grandioso auxílio e dedicação na hora em que mais precisei de ajuda para a condução e realização deste estudo. Obrigado por me ensinar o real valor do trabalho em equipe. Só tenho que agradecer a vocês, pois este estudo somente foi possível graças ao empenho de vocês todos. Além disso, gostaria de compartilhar com vocês este momento especial e dizer que espero que a nossa amizade construída ao longo desses anos perdure para sempre.

Aos amigos pessoais, Edjair Dal Bem, Nubia Facchini, Ana Paula Rossi, Hugo Rodrigo Macedo, Diego Gonçalves Feitosa, Vinicius Martins, Paula Koga, Isabel de Campos, Darci Barbieri, Nayane Cristina Pires Bomfim e Murilo de Paula.

À grande amiga, Aparecida Rangel e toda sua família pelo apoio e auxílio em todos os momentos em que precisei.

À família do Allan H. Nakao e da Gabriela C. Catalani pela recepção e carinho com que me trataram em suas residências. Foi um prazer conhecer todos vocês.

A todos os professores do curso de Pós-Graduação em Sistemas de Produção que contribuíram para minha formação profissional, em especial ao professor Dr. Marco Eustáquio de Sá, por permitir o uso do Laboratório de Sementes para a realização dos trabalhos de qualidade fisiológica de sementes, bem como, pelos ensinamentos e momentos de descontração.

À professora, Dra. Liliane Camargos pelo auxílio e dedicação durante as análises das características bioquímicas inseridas na proposta inicial da pesquisa.

A todos os funcionários da UNESP que de alguma forma ajudaram na realização deste trabalho. O meu agradecimento especial ao técnico Marcelo Rinaldi pela ajuda, apoio e amizade durante esses dois anos de estudo, onde procurou sempre me auxiliar da melhor forma possível, contribuindo imensamente para a realização deste trabalho.

A todos os colegas de sala.

Enfim, a todos que, de algum modo contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Pesquisas têm sido desenvolvidas na busca de identificar o melhor manejo da aplicação de manganês e zinco para a soja, contudo, não há ainda concordância nos resultados, pois a dinâmica destes nutrientes no solo é influenciada também pelo modo de aplicação. O objetivo deste estudo foi verificar a influência dos modos de aplicação de Mn e Zn sobre as características nutricionais (folhas, raízes e grãos), características produtivas (componentes de produção e produtividades de grãos), bioquímicas (fitato, aminoácidos livres e proteínas totais) e qualidade fisiológica das sementes de dois cultivares de soja, em um Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso de Cerrado. O estudo foi realizado no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Campus Campo Novo do Parecis, nos anos agrícolas 2013/14 e 2014/15. O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial 2 x 10. Os tratamentos foram compostos por dois cultivares de soja (TMG 1179RR e TMG 4182) e 10 diferentes modos de aplicação de Mn e Zn. As fontes de Mn e de Zn foram o sulfato de Mn e o sulfato de Zn, com recomendação para 5 kg ha<sup>-1</sup> dos nutrientes, quando aplicado ao solo e de 0,5% do produto em solução, quando aplicado via foliar, sendo: T1: sem aplicação de Mn e Zn; T2: aplicação de Mn no solo; T3: aplicação de Zn no solo; T4: 1 aplicação de Mn via foliar; T5: 1 aplicação de Zn via foliar; T6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; T7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; T8: T2 + T3; T9: T4 + T5; T10: T6 + T7. Foram avaliados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Zn, Fe e Cu nos tecidos foliares, radiculares e nos grãos de soja, além do número de vagens planta<sup>-1</sup>, número de grãos vagem<sup>-1</sup>, número de grãos planta<sup>-1</sup>, massa de grãos planta<sup>-1</sup>, massa de 100 grãos, produtividade de grãos, teor de fitato, aminoácidos livres, proteína total e qualidade fisiológica das sementes de soja. As características nutricionais, os componentes de produção e produtividade de grãos, além das características bioquímicas e qualidade de sementes foram afetados pela utilização dos cultivares, pelos modos de aplicação de Mn e Zn, bem como de sua interação. A aplicação de Zn via solo incrementou a produtividade de grãos do cultivar convencional TMG 4182 somente no primeiro ano agrícola. A absorção e o transporte de Mn não são afetados pela utilização do cultivar TMG 1179RR. A aplicação via solo de Mn e Zn se mostrou mais eficiente que a prática da adubação foliar para massa de 100 e produtividade de grãos da soja. Os teores de Zn nos grãos da soja não são afetados pela utilização dos cultivares estudados. Já as concentrações de Mn são maiores nos grãos produzidos pelo cultivar transgênico. O cultivar convencional é mais eficiente que o cultivar transgênico quanto a



formação e armazenamento de fitato em seus grãos. O modo pelo qual o Mn e Zn são fornecidos às plantas altera o teor de fitato somente para os grãos produzidos no cultivar transgênico.

Palavras-chaves: *Glycine max* L. Merrill. Micronutrientes. Adubação foliar. Latossolo. Cerrado.

## ABSTRACT

Research has been developed trying to identify the best management of the application of manganese and zinc for soybean; however, there is still no agreement on the results, because the dynamics of these nutrients in the soil is also influenced by the application method. The objective of this study was to verify in a clayey red Oxisol (Rhodic Hapludox) Cerrado phase, the influence of the application modes of Mn and Zn on nutritional characteristics (leaves, roots and grains), productive characteristics (production components and grain yield), biochemical (phytate, free amino acids and total protein) and physiological quality of two soybean cultivars. The study was conducted at the Federal Institute of Science and Technology of Mato Grosso - Campo Novo do Parecis, Brazil, in the years 2013/14 and 2014/15 growing season. The experimental design was a randomized block design, with four replications in a 2 X 10 factorial scheme. The treatments consisted of: two soybean cultivars (GMT 1179RR and 4182 GMT) and 10 different application methods of Mn and Zn. The sources of Mn and Zn were Mn sulfate and Zn sulfate with recommendation of 5 kg ha<sup>-1</sup> of the nutrient when applied to soil and 0.5% of the product solution, when applied to leaves as follow. T1: without application of Mn and Zn; T2: Mn soil application; T3: Zn soil application; T4: Mn foliar application; T5: Zn foliar application; T6: Mn soil application + Mn foliar application; T7: Zn soil application + Zn foliar application; T8: T2 + T3; T9: T4 + T5; T10: T6 + T7. We evaluated the concentrations of N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Zn, Fe and Cu in the leaves, root and grains, and the number of pods plant<sup>-1</sup>, number of grains pod<sup>-1</sup>, number of plant<sup>-1</sup> grain, grain mass plant<sup>-1</sup>, weight of 100 grains, grain yield, phytate content, free amino acids, protein and physiological quality of soybean seeds. Nutritional characteristics, yield components and grain yield, in addition to biochemical characteristics and quality of seeds were affected by the use of cultivars, by way of application of Mn and Zn as well as their interaction. The application of Zn in the soil increased the grain yield on TMG 4182 only in the first growing season. Absorption and Mn transport are not affected by the use of the cultivar TMG 1179RR. The application via soil of Mn and Zn was more efficient than the practice of leaf fertilization for 100 grain mass and soybean grain yield. Zn contents in the soybean are not affected by the use of the studied cultivars. Already the Mn concentrations are higher in grains produced by transgenic cultivar. Conventional cultivar is more efficient than the transgenic cultivar as phytate storage on their grains. The way in which Mn and Zn are supplied alters the plant phytate only for the grains produced in the transgenic cultivar.

Keywords: *Glycine max* L. Merrill. Micronutrients. Leaf fertilization. Oxisol. Cerrado.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Dados diários de temperatura mínima, máxima e média (°C) e precipitação média (mm) de 20/10/2013 a 20/02/2014, coletados na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - Campus Campo Novo do Parecis, safra 2013/14, Campo Novo do Parecis **31**
- Figura 2** - Dados diários de temperatura mínima, máxima e média (°C) e precipitação média (mm) de 15/10/2014 a 15/02/2015, coletados na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - Campus Campo Novo do Parecis, safra 2014/15, Campo Novo do Parecis **32**

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 -</b>	Caracterização inicial dos atributos químicos do solo na profundidade de 0,0-0,20 m, Campo Novo do Parecis – MT, 2013	<b>32</b>
<b>Tabela 2 -</b>	Teores de Mn e Zn na camada de solo de 0-0,20 m, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT	<b>44</b>
<b>Tabela 3 -</b>	Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para os teores de Zn e Mn na camada de solo de 0-0,20 m verificados nas safras 2013/14 e 2014/15, respectivamente, Campo Novo do Parecis – MT	<b>48</b>
<b>Tabela 4 -</b>	Teores de N, P, K, Ca, Mg e S nos tecidos foliares de dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT	<b>49</b>
<b>Tabela 5 -</b>	Teores de Mn, Zn, Fe e Cu nos tecidos foliares de dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT	<b>52</b>
<b>Tabela 6 -</b>	Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para os teores de K, Zn, Mn, Fe e Cu nos tecidos foliares de soja, safra 2013/2014, Campo Novo do Parecis – MT	<b>55</b>
<b>Tabela 7 -</b>	Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para os teores foliares de Zn, Mn e Fe, safra 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT	<b>60</b>
<b>Tabela 8 -</b>	Teores de N, P, K, Ca, Mg e S nos tecidos radiculares de dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT	<b>61</b>
<b>Tabela 9 -</b>	Teores de Mn, Zn, Fe e Cu nos tecidos radiculares de dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT	<b>64</b>
<b>Tabela 10 -</b>	Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para os teores de Zn, Mn, Fe e Cu nas raízes de soja, safra 2013/2014, Campo Novo do Parecis – MT	<b>68</b>
<b>Tabela 11 -</b>	Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para os teores de N, Mn, Fe e Cu nas raízes de soja, safra 2014/2015, Campo Novo do Parecis – MT	<b>72</b>
<b>Tabela 12 -</b>	Teores de N, P, K, Ca, Mg e S nos grãos de dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT	<b>74</b>
<b>Tabela 13 -</b>	Teores de Zn, Mn, Fe e Cu nos grãos de dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT	<b>76</b>

<b>Tabela 14</b> - Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para o teor de P e Fe nos grãos de dois cultivares de soja, safra 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT	<b>77</b>
<b>Tabela 15</b> - Número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e número de grãos por planta (NGP) de dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT	<b>79</b>
<b>Tabela 16</b> - Massa de 100 grãos (M100), massa de grãos por planta (MGP) e produtividade de grãos (PROD) de dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT	<b>80</b>
<b>Tabela 17</b> - Interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para número de grãos por planta (NGP), massa de 100 grãos (M100), massa de grãos por planta (MGP) e produtividade de grãos (PROD) da soja, safra 2013/2014, Campo Novo do Parecis – MT	<b>81</b>
<b>Tabela 18</b> - Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para número de grãos por vagem (NGV) e número de grãos por planta (NGP) de dois cultivares de soja, safra 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT	<b>83</b>
<b>Tabela 19</b> - Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para massa de 100 grãos (M100), massa de grãos por planta (MGP) e produtividade de grãos (PROD) da soja, safra 2014/2015, Campo Novo do Parecis – MT	<b>84</b>
<b>Tabela 20</b> - Quantificação do teor de fitato, aminoácidos livres e proteína livre nos grãos de dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT	<b>86</b>
<b>Tabela 21</b> - Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para teor de fitato, aminoácidos livres e proteína nos grãos da soja, safra 2013/2014, Campo Novo do Parecis – MT	<b>87</b>
<b>Tabela 22</b> - Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para teor de aminoácidos livres e proteína nos grãos da soja, safra 2014/2015, Campo Novo do Parecis – MT	<b>90</b>
<b>Tabela 23</b> - Valores médios obtidos para primeira contagem de germinação de sementes (PC), germinação (GERM) e índice de velocidade da germinação (IVG) para dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT	<b>92</b>
<b>Tabela 24</b> - Valores médios obtidos para envelhecimento acelerado (ENV) e condutividade elétrica (COND) para dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT	<b>93</b>

<b>Tabela 25 -</b>	Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para primeira contagem de germinação (PC), germinação (GERM) e índice de velocidade de germinação (IVG), safra 2013/2014, Campo Novo do Parecis – MT	<b>94</b>
<b>Tabela 26 -</b>	Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para primeira contagem de germinação (PC), germinação (GERM) e índice de velocidade de germinação (IVG), safra 2014/2015, Campo Novo do Parecis – MT	<b>95</b>
<b>Tabela 27 -</b>	Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para envelhecimento acelerado (ENV) e condutividade elétrica (COND), safra 2013/2014, Campo Novo do Parecis – MT	<b>96</b>
<b>Tabela 28 -</b>	Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para envelhecimento acelerado (ENV) e condutividade elétrica (COND), safra 2014/2015, Campo Novo do Parecis – MT	<b>98</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Importância e considerações da cultura da soja no Brasil</b>	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<b>Micronutrientes na agricultura</b>	<b>20</b>
<b>2.3</b>	<b>O manganês na cultura da soja</b>	<b>20</b>
<b>2.4</b>	<b>O zinco na cultura da soja</b>	<b>23</b>
<b>2.5</b>	<b>Soja RR (Roundup Ready)</b>	<b>25</b>
<b>2.6</b>	<b>Fitato em grãos de soja</b>	<b>26</b>
<b>2.7</b>	<b>Germinação e vigor das sementes de soja</b>	<b>29</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>31</b>
<b>3.1</b>	<b>Área experimental</b>	<b>31</b>
<b>3.2</b>	<b>Caracterização química da área experimental</b>	<b>32</b>
<b>3.3</b>	<b>Delineamento experimental</b>	<b>33</b>
<b>3.4</b>	<b>Preparo de solo</b>	<b>33</b>
<b>3.5</b>	<b>Descrição dos Cultivares Utilizados</b>	<b>34</b>
<b>3.6</b>	<b>Semeadura (Soja), primeira e segunda safra</b>	<b>34</b>
<b>3.7</b>	<b>Aplicação de Mn e Zn via solo e foliar</b>	<b>35</b>
<b>3.8</b>	<b>Tratos culturais</b>	<b>35</b>
<b>3.9</b>	<b>Avaliações realizadas</b>	<b>36</b>
<b>3.10</b>	<b>Caracterização dos teores de Mn e Zn no solo</b>	<b>36</b>
<b>3.11</b>	<b>Avaliação do estado nutricional da soja</b>	<b>37</b>
<b>3.12</b>	<b>Avaliações fitotécnicas e colheita da soja</b>	<b>38</b>
<b>3.12.1</b>	<i>Produtividade de grãos obtida (PGO)</i>	<b>38</b>
<b>3.12.2</b>	<i>Produtividade de grãos calculada (PGC)</i>	<b>38</b>
<b>3.12.3</b>	<i>Número de vagens por planta (NVP)</i>	<b>38</b>
<b>3.12.4</b>	<i>Número de grãos por vagem (NGV)</i>	<b>39</b>
<b>3.12.5</b>	<i>Número de grãos por planta (NGP)</i>	<b>39</b>
<b>3.12.6</b>	<i>Massa de 100 grãos (M100)</i>	<b>39</b>
<b>3.12.7</b>	<i>Massa de grãos por planta (MGP)</i>	<b>39</b>
<b>3.13</b>	<b>Teor de Fitato nos grãos de soja</b>	<b>39</b>
<b>3.14</b>	<b>Germinação e vigor das sementes de soja produzidas pelos cultivares transgênico e convencional</b>	<b>40</b>

3.14.1	<i>Primeira contagem</i>	40
3.14.2	<i>Teste de Germinação</i>	40
3.14.3	<i>Índice de velocidade de germinação</i>	41
3.14.4	<i>Envelhecimento Acelerado</i>	41
3.14.5	<i>Condutividade Elétrica</i>	41
3.14.6	<i>Massa de 100 Sementes</i>	41
3.14.7	<i>Teor de proteína nos grãos de soja</i>	42
3.14.8	<i>Quantificação de aminoácidos solúveis totais</i>	42
3.15	<b>Análise dos resultados</b>	42
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	43
4.1	<b>Estado nutricional das folhas da soja</b>	43
4.2	<b>Estado nutricional das raízes</b>	54
4.3	<b>Estado nutricional dos grãos</b>	67
4.4	<b>Componentes de produção e produtividade de grãos da soja</b>	75
4.5	<b>Teores de Zn e Mn no solo</b>	82
4.6	<b>Atributos bioquímicos dos grãos de soja</b>	85
4.7	<b>Qualidade fisiológica das sementes de soja</b>	91
5	<b>CONCLUSÕES</b>	101
	<b>REFERENCIAS</b>	102



## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira passa por uma fase em que a produtividade, a eficiência, a lucratividade e a sustentabilidade dos processos produtivos são extremamente relevantes. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, com uma produção total de 93,26 milhões de toneladas de grãos na safra 2014/2015 (CONAB, 2015).

Dentre os aspectos responsáveis pelas baixas produtividades da cultura da soja no Brasil destacam-se a adubação e nutrição de plantas. Por sua vez, o aumento da produtividade e do retorno econômico da cultura depende também do sistema de manejo utilizado pelo produtor.

As áreas de cerrado, por suas condições topográficas e seu clima favorável, ocupam posição de destaque no cenário nacional, destacando o estado de Mato Grosso como o maior produtor de soja no país, com produção de 27,0 milhões de toneladas de grãos. O excelente desempenho da cultura nessa região deve-se ao uso pelos agricultores de novas tecnologias, relacionadas ao fator cultivar e ao manejo da cultura, dentre os quais se destacam o uso e modos de aplicação de macro e micronutrientes, o que supera as limitações de fertilidade impostas pelo solo dessas áreas. Neste contexto, a adoção de um sistema que possibilite melhorar as condições do solo, associada ao fornecimento adequado de micronutrientes como Mn e Zn, pode ser de suma importância para o aumento da produtividade da cultura da soja.

Alguns trabalhos apontam que uma das limitações para altas produtividades da cultura nos solos de cerrado são os baixos teores disponíveis de micronutrientes, dentre eles Mn e Zn. De acordo com Ceretta et al. (2005), respostas a micronutrientes, dentre eles Mn e Zn ocorrem mais frequentemente nas regiões de cerrado em comparação com outras regiões do país, sendo demonstrado aumentos de até 360 kg ha<sup>-1</sup> de grãos de soja, com a aplicação desses micronutrientes.

Os sintomas de deficiência de Mn e Zn ocorrem em situações de cultivo em solos com baixa fertilidade, entretanto, são maximizadas sem função das técnicas agrícolas empregadas, o qual pode promover elevadas retiradas destes nutrientes sem, no entanto, ocorrer a reposição destes micronutrientes na mesma proporção. Outro fator que influencia deficiência destes micronutrientes é a aplicação excessiva de calcário comum nas áreas agrícolas do Cerrado brasileiro. Isto favorece a baixa solubilidade destes nutrientes, a ponto de se tornarem indisponíveis (MANN et al., 2002). A deficiência com Zn é mais comum quando comparada

com o Mn e os demais micronutrientes nessa região, sendo verificada principalmente em solos mais arenosos e, influenciada pelo excesso da aplicação de fertilizantes fosfatados.

Outro problema relatado nos campos agrícolas produtores de soja da região do Cerrado é a redução da absorção do Mn pela soja transgênica (Soja RR – Roundup Ready). Na soja transgênica, o glifosato é aplicado em pós-emergência da cultura e há relatos que as plantas de soja RR são menos eficientes na absorção e no acúmulo de Mn que os cultivares convencionais, o que exigiria uma adição suplementar desse micronutriente (GORDON, 2007). Entretanto, mesmo sendo resistente ao glifosato, a ação do herbicida na soja RR reduz o teor de clorofila, o que promove o desenvolvimento de plantas cloróticas, o que pode ser confundido com a deficiência de manganês, além de ser perceptível o surgimento de certo amarelecimento da soja tolerante ao glifosato após a aplicação do herbicida (BASSO et al., 2011), o que faz com que muitos agricultores e técnicos confundam o sintoma visual à deficiência de Mn.

Além disso, devido ao efeito antinutriente do fitato, torna-se importante estudar esse composto e verificar seus teores nos grãos de soja, já que, o ácido fítico está relacionado com a quantidade de P fornecido durante o desenvolvimento do grão e com o nível de P inorgânico nas folhas. Os fitatos representam uma classe complexa de compostos de ocorrência natural sintetizados durante a maturação de sementes e grãos de cereais (TORRE et al., 1991). Nas sementes de leguminosas, aproximadamente 70% do fosfato compõe o ácido fítico, associados com proteínas e minerais na forma de complexos (ZHOU; ERDMAN, 1995).

O fitato é depositado nas sementes de leguminosas como a soja dentro de organelas de armazenamento de membrana única, denominada como corpos proteicos. Nestas regiões, os fitatos são complexados principalmente com minerais (K, Mg, Ca, Fe e Zn) e são denominados como fitina (REDDY et al., 1989). Este potencial de complexação confere ao fitato sua notória propriedade antinutricional, que são particularmente fundamentais para os seres humanos e não ruminantes, tais como aves, suínos e equinos que não conseguem hidrolisar a enzima fitase em seu trato digestivo e excretar uma grande fração desses sais (CHERYAN, 1980). Contudo, muitas informações assim como os mecanismos de síntese do fitato ainda não foram elucidadas, o que demanda estudos sobre o potencial antinutricional do fitato em soja.

Já em relação à qualidade fisiológica das sementes de soja, esta é fundamental para se conseguir elevadas produtividades. Entretanto, as alterações bioquímicas e fisiológicas consequentes da deterioração destas sementes podem reduzir o período de viabilidade, a capacidade de germinação e o vigor das sementes produzidas (CARVALHO, 1994). Deste modo, a nutrição das plantas progenitoras pode afetar a qualidade fisiológica das sementes, pois o aumento na disponibilidade de nutrientes afeta a formação do embrião e o teor dos

componentes de reserva das sementes. Nesse contexto, os nutrientes exercem papel fundamental durante as fases de formação, desenvolvimento e maturação das sementes, já que influenciam principalmente, a constituição das membranas e o acúmulo de carboidratos e proteínas (SÁ, 1994).

Os micronutrientes têm sido estudados em função dos benefícios que promovem a qualidade fisiológicas das sementes, contudo, não tem sido observada resposta à aplicação desses nutrientes sobre o vigor e germinação das sementes obtidas nas áreas agrícolas. Assim, o fornecimento de micronutrientes merece atenção, pois, os nutrientes desempenham papel fundamental durante as fases de formação e maturação das sementes, e, mesmo exigidos em pequenas quantidades, a falta destes pode resultar na redução significativa da qualidade das sementes, além de afetar negativamente a produtividade da cultura.

Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo verificar a influência dos modos de aplicação de Mn e Zn sobre as características nutricionais das folhas, raízes e grãos; características produtivas (componentes de produção e produtividades de grãos), bioquímicas (fitato, aminoácidos livres e proteínas totais) e qualidade fisiológica das sementes de dois cultivares de soja, cultivadas em Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso de Cerrado.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Importância e considerações da cultura da soja no Brasil

A soja cultivada (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta herbácea, geralmente de porte ereto, com folhas trifoliadas alternadas, anual classificada em grupos de maturação, determinados pelo ciclo de vida que pode variar de 70 a 180 dias, contados da emergência até a maturação (SEDIYAMA et al., 1999).

Segundo Neto et al. (2009), as características da espécie possibilitaram uma grande expansão, como: grande adaptação ao solo, inclusive aos de baixa fertilidade, melhorando com o passar dos anos, possibilidade de mecanização total da cultura, boa adaptação ao sistema plantio direto, grande perspectiva do uso direto da soja na alimentação humana.

Altas produtividades da cultura são conseguidas pela interação entre a planta, o ambiente e o manejo ao qual se aplica. Assim, altos rendimentos somente são conseguidos quando as condições ambientais são favoráveis em todos os estágios de desenvolvimento, aliado ao bom manejo fornecido à cultura (GILIOLI et al., 1995; MARTINS et al., 1999).

Isso se torna fundamental, pois, a cultura apresenta potencial para exercer múltiplas funções em sistemas de produção, gerando produto de elevado valor biológico, como o alto teor de proteína nos grãos, estimado em cerca de 40 % (HUNGRIA et al., 1994). Assim, a soja se destaca entre as principais oleaginosas cultivadas no mundo, participando com pouco mais de 50% da produção total. Com o aumento da população mundial, o consumo de soja e seus subprodutos deverá incrementar a participação desta no mercado internacional (EMBRAPA SOJA, 2013).

Desde sua introdução no Brasil, a soja tem se constituído em *commodity* de grande importância para a balança comercial brasileira. De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento (2015), a produção nacional, na safra 2014/2015, totalizou 93,26 milhões de toneladas, um acréscimo de aproximadamente 4,8% na produção verificada na safra anterior, sendo que a região Centro-Sul participou com aproximadamente 90,0% desta, ou seja, 83,94 milhões de toneladas. A área plantada com a leguminosa ocupou 31,62 milhões de hectares, com produtividade média estimada em 3.057 kg ha<sup>-1</sup>.

O estado de Mato Grosso é o maior produtor do país (27,0 milhões toneladas), seguido pelo Paraná (16,6 milhões toneladas). Assim, evidencia-se a importância econômica do complexo agroindustrial da soja no país, já que a soja tem aproximadamente 7% de participação no PIB brasileiro e cerca de 30% de participação no PIB agrícola (EMBRAPA, 2013).

Além disso, a soja é a cultura que mais cresceu nos últimos 30 anos, representando nos dias atuais aproximadamente 49% da área destinada a produção de grãos do país. O aumento da produtividade e consequentemente da produtividade se deve ao desenvolvimento e estruturação do comércio de produtos relacionados a cultura. Assim, pode-se dizer que a produção da cultura como importante fonte de alimento, para consumo direto ou indireto, para atender as crescentes demandas dos setores relacionados à produção de alimentos tanto de origem vegetal quanto animal e, o suporte tecnológico que viabilizam a expansão da cultura para diversas regiões é uma realidade consolidada no Brasil e no mundo (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2010).

Este avanço se deve, principalmente, pela implantação de programas de melhoramento de soja no Brasil, que possibilitou a expansão da cultura nas diversas regiões do país, incluindo as regiões de baixa latitude, por meio de cultivares adaptados a essas condições (FREITAS, 2011). Ainda de acordo com o autor, avanços científicos no manejo de solos, correção da acidez dos solos, inoculação das sementes com bactérias fixadoras de nitrogênio e o fornecimento de macro e micronutrientes de forma balanceada, possibilitaram a cultura expressar sua potencialidade em diferentes condições edafoclimáticas do Brasil.

Não há indicativos de que a produção da cultura no Brasil irá diminuir, haja vista que, a demanda mundial por este alimento é crescente e os maiores concorrentes do país, como os EUA não apresentam as mesmas facilidades para incrementar sua produção, muito por conta da ausência de áreas produtivas, o que limita a expansão da cultura nesse país (REETZ et al., 2012). Desta maneira, a soja tem se apresentado como um dos principais produtos de exportação brasileira e uma das principais commodities do mundo.

De acordo com Rezende e Carvalho (2007), a soja foi a responsável pela formação de uma complexa estrutura de produção, armazenamento, processamento e de comercialização em todos os países onde é cultivada em larga escala. Sua grande demanda no mercado internacional proporcionou rápida expansão dessa cultura por todo o Brasil, ocorrendo pela tomada de áreas cultivadas com outras culturas e, principalmente, da conquista de novas fronteiras agrícolas.

Nesse sentido, Brum et al. (2005) afirmam que a soja foi uma das principais responsáveis pela introdução do conceito de agronegócio no país, não só pelo volume físico e financeiro, mas também pela necessidade empresarial de administração da atividade por parte dos produtores, fornecedores de insumos e processadores da matéria-prima.

## 2.2 Micronutrientes na agricultura

A demanda de micronutrientes na agricultura tem sido mais frequente nos últimos dias. Os principais motivos da aplicação de fertilizantes a base de micronutrientes estão relacionados ao surgimento de variedades com elevado potencial produtivo, além das perdas de solo devido aos fenômenos da erosão e a exploração de maiores regiões onde os solos apresentam baixa fertilidade natural, com consequentes teores reduzidos em micronutrientes, tais como Zn e Mn (LOPES; SOUZA, 2001).

Nesse sentido, os micronutrientes podem ser aplicados diretamente no solo, por meio da adubação convencional no sulco de semeadura (CHENG, 1985), ou na parte aérea das plantas, por meio da aplicação via foliar dos nutrientes (PESSOA, 1998), bem como, no solo, por meio da prática da fertirrigação e do tratamento das sementes (CHENG, 1985).

Os fertilizantes foliares são compostos por nutrientes na forma sólida com alta capacidade de solubilidade na forma líquida. Estes insumos tem como objetivo fornecer às plantas nutrientes de absorção rápida, em complemento à adubação via solo, além de fornecer os nutrientes quando as plantas necessitam deles, corrigindo possíveis deficiências nutricionais (CAMARGO, 1970).

Os micronutrientes mesmo requeridos em pequenas quantidades pelas plantas, são nutrientes essenciais para o desenvolvimento pleno do ciclo vegetativo da planta e, assim, não podem estar ausentes durante o processo de nutrição das plantas, como é o caso do Mn e Zn (LUCHESE et al., 2002).

## 2.3 O manganês na cultura da soja

O Mn é imprescindível na síntese de clorofila e sua principal função está associada à ativação de enzimas nas plantas (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). Além disso, o Mn desempenha papel importante nos processos redox, como o transporte de elétrons na fotossíntese (RAYCHAUDHURI, 2000). No entanto, a principal função do Mn nas plantas é a quebra da molécula de água e do sistema de evolução de O<sub>2</sub> na fotossíntese, que ocorre no lúmen do cloroplasto (MARSCHNER, 1995). Além disso, segundo Malavolta et al. (1997), o Mn apresenta papel fundamental na elongação celular e, em caso de deficiência pode haver inibição da síntese de lipídeos e do ácido giberélico.

A deficiência deste micronutriente pode ainda reduzir a atividade metabólica devido à demanda em processos fisiológicos, como componentes de enzimas essenciais e também

comprometer a manutenção estrutural e a integridade funcional das membranas (RÖMHELD e MARSCHNER, 1991). O Mn desempenha ainda, importante papel nos processos redox, como o transporte de elétrons na fotossíntese e na desintoxicação de radicais livres de oxigênio (RAYCHAUDHURI, 2000).

Além disso, o Mn atua diretamente na fotossíntese e de forma indireta na síntese de carboidratos. Assim, a redução dos teores do nutriente na planta afeta diretamente a fotossíntese, além de diminuir a quantidade de carboidratos solúveis (KIRKBY; RÖMHELD, 2007). Ainda de acordo com o autor, se a deficiência de Mn for severa, ocasionará ruptura irreversível da estrutura do cloroplasto.

Devido ao papel fundamental do Mn na cadeia de transporte de elétrons durante a fotossíntese, a deficiência deste nutriente afeta diretamente a fase de clara da fotossíntese e assim, todas as outras reações relacionadas com o transporte de eletros são prejudicadas (KIRKBY; RÖMHELD, 2007). O Mn também funciona como co-fator para diversas enzimas importantes na biossíntese dos metabólitos secundários da planta associados com a via do ácido chiquimato (BURNELL, 1988).

O Mn apresentar várias outras funções consideradas secundárias, entretanto, não menos importantes que sua função na fotossíntese, dentre estas, cita-se: a absorção iônica, respiração, controle hormonal, metabolismo do nitrogênio e síntese de proteínas (MALAVOLTA, 2006).

O Mn está associado à síntese de lignina (MARSCHNER, 1995), que, por sua vez, é uma das substâncias presentes na parede celular, à qual confere menor permeabilidade à água e sais minerais (MCDOUGALL et al., 1996). Desta maneira, pode alterar a velocidade de absorção de água através do tegumento e na quantidade de lixiviados liberados para o meio externo durante a fase de embebição do processo de germinação das sementes. De acordo com Malavolta (2006), as reações de lignificação são influenciadas pelo Mn, pois o micronutriente ativa a síntese de desoxi-D-arabino heptulosanato-7-P, que está associado a via do ácido chiquímico, resultando na síntese de lignina.

O Mn é absorvido em maior proporção por difusão, no entanto, para solos com maiores teores dos nutrientes a absorção por fluxo de massa tem participação maior (MALAVOLTA, 2006). De acordo com Moore (1972), a absorção do Mn pelo tecido das plantas apresenta um processo de suas fases, sendo uma inicial rápida, controlada pelo mecanismo passivo e uma lenta, sustentada pelo mecanismo ativo.

O Mn é transportado do xilema das raízes até os órgãos e tecidos superiores, mesmo os localizados nas extremidades da planta (HORST, 1976), entretanto, sua redistribuição via floema é reduzida, particularmente para o nutriente aplicado via foliar (EL-BAZ et al., 1990).

Além disso, transloca-se facilmente na corrente transpiratória e, quando sua concentração é adequada, acumula-se nas raízes, caules e folhas sendo por isso, classificado como imóvel no floema. Contudo, se deslocam para os grãos em desenvolvimento, mas, não para as raízes (MALAVOLTA, 2006).

Melarato et al. (2002), avaliando a influência de fontes e modos de aplicação de Mn, com duas aplicações dos tratamentos via foliar nos estádios V<sub>4</sub> e R<sub>1</sub>, sobre o potencial fisiológico das sementes de soja e da massa de mil sementes, relataram que o fornecimento de Mn afetou positivamente a massa das sementes de soja e que o estado nutricional das plantas de soja, em relação ao Mn, não afetou o potencial fisiológico das sementes.

Os teores de Mn nas regiões de cerrado são considerados baixos e é apontado como uma das principais limitações da fertilidade impostas pelo solo dessas áreas (PEREIRA et al., 2001). Sintomas de deficiência de Mn ocorrem em situações de cultivo em solos com baixa fertilidade. Também, devido a utilização de técnicas agrícolas intensivas que promove a retirada crescente de micronutrientes sem a reposição dos mesmos, bem como de casos onde ocorre aplicação excessiva de calcário, o que deixa o nutriente pouco solúvel, consequentemente indisponível (MANN et al., 2002).

O teor de 5 mg dm<sup>-3</sup> de Mn (extrator Mehlich<sup>-1</sup>) em solo cujo pH (H<sub>2</sub>O) seja de 6,0 é considerado como nível crítico (SANZONOWICZ, 1995). Ainda de acordo com o autor, pelo menos 1/3 dos solos da região de cerrado sofrem com a deficiência desse nutriente, nos estados de Goiás e Mato Grosso.

Estratégias são utilizadas para a prevenção ou correção das deficiências de manganês nas plantas, estas buscam superar a imobilização do nutriente aplicado, proporcionando um maior contato do elemento com as raízes e aumentando sua redistribuição na planta. No entanto, o manganês não é facilmente redistribuído na planta, ocorrendo sintomas de deficiência em folhas novas quando há restrição na disponibilidade do nutriente durante o desenvolvimento da planta, mesmo que as folhas mais velhas contenham concentrações elevadas de Mn (LONERAGAN, 1988). Característica que pode ser explicada pela baixa mobilidade do elemento no floema das plantas, dando suporte à base fisiológica para a falta de sucesso na adubação foliar com Mn (REUTER et al., 1988).

Essa deficiência em soja caracteriza-se pelo desenvolvimento de clorose internerval em folhas novas, com teores do nutriente variando entre 10 e 20 mg kg<sup>-1</sup> (MALAVOLTA et al., 2000). De acordo com Pereira et al. (2001), aproximadamente 10% das áreas cultivadas com grãos nos solos brasileiros apresentam deficiência em Mn, com teores nutricionais nos tecidos vegetais abaixo da faixa considerada como adequada para diversas culturas.



## 2.4 O zinco na cultura da soja

O Zn é um fundamental para o desenvolvimento das plantas, porém, sua dinâmica na planta não está totalmente esclarecida, havendo divergências quanto a sua capacidade de mobilidade. Muito provavelmente, o Zn é absorvido preferencialmente na forma de bivalente e, ou, de quelato (MARSCHNER, 1995). Ferradon e Chamel (1988) constataram que o micronutriente foi melhor distribuído nos tecidos vegetais quando este foi aplicado na forma de Zn-EDTA, o qual se comportou como um quelato natural.

Possivelmente, a baixa mobilidade e conseqüentemente sua baixa atividade no floema seja reduzida por causa do pH alcalino e da alta concentração de íons fosfato. Desta maneira, ocorreria a síntese de compostos de baixa solubilidade na forma de fosfatos e hidróxidos, reduzindo a redistribuição do Zn para as áreas de crescimento meristemático (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O Zn é fundamental para diversos processos fisiológicos e nutrição mineral das plantas, pois, o elemento atua como ativador enzimático ou componente estrutura de várias enzimas, além de participar da fotossíntese nas plantas C4, por meio da enzima carboxilase pirúvica; é necessário para a produção de triptofano, aminoácido precursor do ácido indol acético, hormônio vegetal de crescimento, além de estar relacionado ao metabolismo do nitrogênio e fundamental na manutenção da integridade das biomembranas (MALAVOLTA, 2006).

Deste modo, os sintomas de deficiência do Zn nas plantas são: redução da altura de plantas, internódios, folhas e produtividade de grãos da cultura. Nas folhas é característico o surgimento de um clorose do limbo foliar, mas, com as nervuras de coloração verde (FAQUIN, 2005). Além disso, as plantas de soja deficientes em Zn apresentam como características, folhas de cor amarelo-amarronzado-claras, cujos sintomas se agravam nas épocas frias e úmidas e desaparecem quando há aumento na temperatura. Além disso, a maturação das plantas é atrasada e há redução no número de vagens e grãos nas plantas (NELSON; BARBER, 1964).

A dinâmica do Zn no solo é extremamente complexa, sendo baixas as perdas do nutriente por lixiviação, muito em função de sua alta afinidade pelos colóides minerais do solo (VALLADARES et al., 2009), o que confere efeito residual prolongado às adubações feitas com nutriente (HAN et al., 2011).

O Zn é um dos micronutrientes mais importantes do ponto de vista nutricional, pois, além de essencial as plantas, este é imprescindível na nutrição humana (MARENCO, 2005). Além disso, sua deficiência é a que mais tem limitado a produção das culturas no Brasil (GALRÃO, 1994). Porém, o fornecimento de pequenas quantidades do micronutriente tem sido

suficiente para suprir a exigência nutricional da planta e promover efeito residual (BARBOSA FILHO et al., 1990). Nesse contexto, estima-se que a maioria dos solos em região de cerrado seja deficiente neste nutriente, o que reflete nas produções obtidas (MALAVOLTA, 2006), já que, de acordo com Galvão (2004), o nível crítico de Zn nos solos é de  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  (extrator Mehlich<sup>-1</sup>).

A deficiência com Zn é a mais comum entre os outros micronutrientes e ocorre principalmente em solos mais arenosos (GONÇALVES JÚNIOR et al., 2010). Isso ocorre muito em função dos baixos teores naturais nos solos, além do uso de elevadas quantidades de calcário para a correção da acidez, bem como da utilização de fertilizantes fosfatados (BORKERT et al., 1994; FAGERIA, 2000).

Martens e Westermann (1991) relataram que o Zn é fundamental no metabolismo dos carboidratos e proteínas, afirmando ser a exportação desse micronutriente do solo pelos grãos o principal responsável pelos baixos teores do elemento no solo. As deficiências de Zn ocorrem em uma ampla variedade de solos em todo o mundo, o que torna o problema ainda mais grave em regiões com cultivo intensivo do solo (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2007).

De acordo com Ceretta et al. (2005), respostas a micronutrientes ocorrem mais frequentemente nas condições de cerrado em comparação com outras regiões do país. Nesse sentido, Broch e Fernandes (1999) demonstraram que com o uso de micronutrientes, dentre eles o Zn aplicado via semente, é possível conseguir um ganho de até  $360 \text{ kg ha}^{-1}$  na produtividade da soja.

Nos dias atuais, muitos técnicos recomendam aos produtores que continuem a aplicar Zn mesmo na situação em que os valores da análise de solo apresentam teores elevados, acima do nível crítico (INOCÊNCIO et al., 2012). Este fato pode ser justificado pela consolidação do sistema de semeadura direta e o contínuo incremento da produtividade das culturas (BRANDT et al., 2006; SANTOS et al., 2009).

Nesse contexto, é provável que os níveis críticos relatados na literatura estejam subestimados para a agricultura brasileira atual (INOCÊNCIO et al., 2012). Portanto, o efeito residual da aplicação de Zn nos solos que, conforme Galvão (1986) era suficiente para quatro colheitas, provavelmente não seja mais válido para atualidade da agricultura em sistemas de cultivo intensivos, demonstrando a necessidade de estudos sobre as recomendações de manejo da adubação com Zn, principalmente em solos da região de cerrado.

Outro fator que deve ser levado em consideração é a grande quantidade de produtos contendo Zn que são lançados anualmente e a diversidade de fertilizantes disponíveis contendo o micronutriente, podem ser indicativos de que sua eficiência agrônômica seja afetada por

outros componentes além do Zn, já que muitos destes insumos apresentam compostos com função hormonal (OLIVEIRA et al., 2003).

Além disso, para a adequada nutrição com Zn os modos de aplicação são extremamente importantes, pois alteram a absorção e redistribuição do nutriente pela planta e, conseqüentemente sua assimilação pelos tecidos vegetais. Deste modo, tem sido recomendado aos agricultores aplicação de Zn via solo, seja no sulco de semeadura ou a lanço, bem como via adubação foliar ou ainda por meio do tratamento de sementes, sem, no entanto, ter conhecimento da melhor maneira de fornecer Zn às culturas (GALRÃO, 1994).

## **2.5 Soja RR (Roundup Ready)**

O advento da biotecnologia na agricultura proporcionou o desenvolvimento de cultivares de soja resistente ao herbicida glifosato, proporcionando o uso deste herbicida na cultura em pós-emergência (DVORANEN et al., 2008). Esta tecnologia contribuiu para a redução das despesas com tratos culturais e reduziu os impactos ambientais, devido à baixa toxicidade do produto (BERTAGNOLLI et al., 2006).

A soja transgênica entrou no Brasil pelo Rio Grande do Sul em meados de 1995 por meio do contrabando de sementes provenientes da Argentina, tendo o seu cultivo sido legalizado a partir do ano de 2003, por meio da Medida Provisória nº 131 (SEAGRI, 2013). Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor de soja transgênica no mundo, atrás somente dos Estados Unidos. Estimativas demonstram que o plantio de soja RR no Brasil cresce anualmente 10% e, que a área cultivada com soja transgênica no país foi de 91,8%, representando 27,4 milhões de hectares cultivados com os cultivares geneticamente modificados no Brasil na safra 2013/2014 (ISAAA, 2009).

Como nesses cultivares de soja o glifosato é aplicado em pós-emergência, assim, o herbicida pode ser exsudado na rizosfera das plantas alvos, sendo, o mesmo em parte absorvido pela planta não alvo havendo a possibilidade de prejuízo no desenvolvimento da cultura (KREMER et al., 2005; NEUMANN et al., 2006). Além disso, é atribuída ao uso de glifosato a diminuição na absorção e transporte do Mn na soja RR, situação verificada mesmo quando o herbicida entra em contato com a planta por via foliar (RÖMHELD et al., 2005).

Há relatos que as plantas de soja RR são menos eficientes no acúmulo de manganês que as convencionais, o que exigiria uma adição suplementar desse micronutriente, evitando possíveis deficiências e perdas na produtividade da soja (GORDON, 2007). No entanto, poucos

trabalhos têm sido desenvolvidos utilizando-se plantas resistentes ao glifosato, o que deixa a dúvida quanto aos efeitos do herbicida sobre essas plantas (ROSOLEM et al., 2010).

Mesmo sendo resistente ao glifosato, à ação do herbicida na soja RR reduz o teor de clorofila, a biomassa de nódulos e o conteúdo de legmoglobina (REDDY et al., 2003), no entanto, a maioria dos trabalhos realizados demonstra ausência de efeito significativo desses fatores sobre a produtividade de grãos em soja RR (CORREIA et al., 2008).

A redução do conteúdo de clorofila resulta no desenvolvimento de plantas cloróticas, o que pode ser confundido com a deficiência de manganês. No campo, é perceptível o surgimento de certo amarelecimento da soja tolerante ao glifosato após a aplicação desse herbicida, o que faz com que muitos agricultores e técnicos associem o sintoma visual com uma possível deficiência desse micronutriente (BASSO et al., 2011).

## **2.6 Fitato em grãos de soja**

Ácido fítico, hexafosfato de mio-inositol ou Ins (1,2,3,4,5,6) P<sub>6</sub> são alguns dos muitos nomes utilizados para referir-se a molécula de fitato (ALMEIDA et al., 2003). De acordo com Selle e Ravindram (2009), o termo fitato refere-se quimicamente ao sal de ácido fítico com apenas um tipo de mineral como, por exemplo, fitato de sódio.

Os fitatos representam uma classe complexa de compostos de ocorrência natural sintetizados durante a maturação de sementes e grãos de cereais (TORRE et al., 1991), sendo a principal forma de armazenamento de fósforo durante o desenvolvimento de grãos (LEI; PORRES, 2003). Nas sementes de leguminosas, aproximadamente 70% do fosfato compõe o ácido fítico, associados com proteínas e minerais na forma de complexos (ZHOU; ERDMAN, 1995), além de estar combinado com fibras solúveis presentes nas sementes (TORRE et al., 1991).

O fitato é depositado nas sementes de leguminosas como a soja dentro de organelas de armazenamento de membrana única, denominadas como corpos proteicos. Nestas regiões, os fitatos são complexados principalmente com minerais (K, Mg, Ca, Fe e Zn) e são denominados como fitina (REDDY et al., 1989).

Alguns fatores como pH e concentração de outros minerais podem influenciar a ligação de minerais ao fitato (WYATT; TRIANA-TEJAS, 1994). Em condições normais, o ácido fítico encontra-se carregado negativamente, o que lhe confere alta capacidade para se complexar a moléculas positivas e proteínas (CHERYAN, 1980). De acordo com Quirrenbach et al. (2009) pode ter 12 cargas negativas, sendo duas cargas para cada grupamento fosfato, sendo este o

principal motivo para sua grande capacidade de complexar outros minerais. Este potencial de complexão confere ao fitato sua notória propriedade anti-nutricional, que são particularmente fundamentais para os seres humanos e não ruminantes, tais como aves, suínos e equinos que não conseguem hidrolisar a enzima fitase em seu trato digestivo e excretar uma grande fração desses sais (CHERYAN, 1980).

Nesse contexto, a presença de compostos antinutricionais como o fitato (mio-inositol-hexaquisfosfato) pode afetar diretamente o aproveitamento dos nutrientes, além da digestibilidade de proteínas e inibir a atividade de enzimas (REDDY et al., 1989), como é encontrado no milho em que o teor de ácido fítico situa-se entre 6,7 a 9,3% (FUKUJI et al., 2008), e, em sementes de feijão, entre 0,7 a 1,5% (COELHO et al., 2002), sendo considerado um antinutriente nos grãos dessas plantas devido sua grande interação com proteínas e sais minerais.

Raboy e Dickinson (1993) afirmam que devido ao efeito antinutriente do fitato, torna-se importante estudar alternativas para diminuir o teor nos grãos, já que, o teor de fitato nos grãos está fortemente correlacionado com o suprimento de fósforo à planta e com o nível de fósforo inorgânico nas folhas. Esta situação pode ser agravada considerando-se que os fertilizantes solúveis são aplicados ao solo geralmente na forma de sais, que reagem rapidamente na solução do solo, tornando-se prontamente disponíveis para serem absorvidos pelas plantas, assim, pode-se supor que esta forma de fornecimento favorece ainda mais o processo de absorção e o teor de fitato nos grãos (COELHO et al., 2007b).

Heaney et al. (1991) estudaram a absorção de  $^{45}\text{Ca}$  marcado proveniente de soja com alto e baixos teores de fitato, sendo (2.445 e 352 mg, respectivamente) em 16 mulheres normais. Os autores observaram que 15 mulheres apresentaram menor absorção de cálcio quando tiveram dieta com alto teor de fitato. Isso pode ser em função da alta interação entre o cálcio, fitato e proteína da soja que são afetadas pelo pH do meio e pela concentração dos três componentes (GRYNSPAN; CHERYAN, 1989).

Zhou et al. (1992) avaliaram o efeito inibitório do ácido fítico em produtos de soja sobre a biodisponibilidade de zinco em ratos e encontraram correlação linear negativa entre as porcentagens de ácido fítico na farinha de soja e a concentração de zinco na tíbia dos ratos. Nesse contexto, Hurrell et al. (1992) afirmam que a redução do fitato componentes proteicos de soja abaixo de  $1,0 \text{ mg g}^{-1}$  pode assegurar um aumento significativo na absorção de ferro em humanos.

Além de suas propriedades antinutricionais, o fitato pode ser considerado muito estável ao calor (DESHPANDE; DAMODARAN, 1990). No entanto, Kon e Sanshuck (1981),

estudando a qualidade de feijões cozidos, constataram uma correlação inversa entre o tempo de cozimento e teor de fitato nos grãos de feijão, concluindo que quanto menor o teor de fitato nos grãos maior será o tempo de cozimento. Essas informações são corroboradas por Coelho et al. (2007a), os quais afirmam que a quantidade de fitato que é quebrado durante o período de armazenamento do feijão parece ser a característica mais importante quanto ao de cozimento.

Por outro lado, o fitato é considerado uma fundamental fonte de nutrientes durante a germinação de sementes de feijão, pois fornece fosfato inorgânico, além de minerais e mio-inositol, importantes para o desenvolvimento das plântulas (RABOY et al., 2001). Além disso, alguns trabalhos têm apontado para um papel positivo e benéfico dos fitatos com relação à saúde humana, pois, acredita-se que os ácidos fítics desempenham papéis como antioxidante e anticarcinogen (ZHOU e ERDMAN, 1995; GRASES et al., 1996).

Para Messina (1991) isso ocorre em função da grande capacidade do fitato em ligar-se a metais, principalmente o ferro. Assim, o fitato se torna um poderoso inibidor da produção de radicais hidroxilas (-OH) mediada pelo ferro, devido ao seu potencial de formador de quelato com os íons de ferro, inativando-os, já que, ocorre alteração no potencial redox do ferro, que se mantém sob a forma férrica ( $Fe^{+3}$ ) (EMPSON et al., 1991).

Estudos experimentais têm demonstrado que a associação entre ferro e câncer de cólon em estudos epidemiológicos com humanos e animais ainda é limitada, embora tenha sido sugerido que o efeito quelante do ácido fítico presente nas fibras da dieta sobre o ferro possam atenuar e até mesmo inibir a ocorrência do câncer de cólon (NELSON, 1992). Nesse sentido, Pretlow et al. (1992) relataram redução do volume e número de tumores no cólon de ratos tratados com azoximetano que receberam 2% de fitato de sódio na água, quando comparados com ratos que não receberam o fitato sódio.

Outros estudos em sementes de leguminosas como feijão foram conduzidos com o fitato visando reduzir as taxas de InsP6 nas sementes, com o objetivo de proporcionar maior disponibilidade de ferro e zinco em alimentos (LUCCA et al., 2001). Entretanto, não se sabem exatamente o que proporcionaria esse fenômeno, já que, vários pontos desta via metabólica não são ainda bem esclarecidos, muito em função das múltiplas vias que levam a síntese do ácido fítico (SHI et al., 2003). Além disso, diversos estudos apontam que a acumulação de fitato esteja relacionada também a quantidade do fósforo fornecido durante o desenvolvimento da semente (COELHO et al., 2002). Contudo, algumas hipóteses e informações não foram totalmente elucidadas e apresentam demanda de estudos mais específicos sobre o assunto, na busca por esclarecer algumas informações fundamentais sobre a capacidade do ácido fítico quanto ao seu potencial antinutricional e ou nutricional.

## 2.7 Germinação e vigor das sementes de soja

A qualidade da semente compreende muitas características como viabilidade, vigor, teor de água, maturidade, danificação mecânica, infecções por patógenos, tamanho, aparência e longevidade (POPINIGIS, 1985). Portanto, a interação dos componentes genético, físico, sanitário e fisiológico é que expressam a qualidade da semente. Segundo Vieira et al. (1993), o componente fisiológico pode ser influenciado pelo ambiente em que as sementes são produzidas.

Durante o processo de produção de sementes, todas as etapas são igualmente importantes para a obtenção de sementes com alta qualidade. As áreas agrícolas cultivadas com sementes de soja com alto vigor tendem a apresentar maiores produtividades (KOLCHINSKI et al., 2005).

O uso de sementes com elevada qualidade fisiológica favorece a obtenção de estandes mais uniformes, principalmente quando se utilizam de práticas culturais adequadas, o que contribui no estabelecimento de lavouras com melhor potencial produtivo e conseqüentemente alto rendimento de grãos (LIMA et al., 2006; JORNADA et al., 2008). Nesse sentido, evoluções de técnicas e difusão de novos conhecimentos associados à demanda crescente por alimentos e da necessidade de atender as exigências do mercado consumidor, proporcionaram aumentos na procura por sementes de qualidade diferenciada (MARCOS FILHO, 2005).

A utilização de sementes de boa qualidade é imprescindível para o sucesso no estabelecimento da cultura a campo, o que resulta em maiores produtividades. Contudo, muitos fatores podem afetar a qualidade das sementes, dentre os quais, a adubação. Segundo Conde e Garcia (1988) a qualidade, bem como a quantidade de sementes estão, em grande parte, relacionadas com fornecimento adequado de nutrientes às plantas. Assim, a obtenção de sementes com boa formação do embrião e órgão de reserva é influenciado pelo fornecimento de nutrientes para a planta-mãe (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Os nutrientes desempenham papel fundamental durante as fases de formação e maturação das sementes, atuação primordial na constituição das membranas e no acúmulo de carboidratos e proteínas (SÁ, 1994). Dentre os nutrientes, destacam-se o Mn e o Zn por estarem relacionados a diversas funções metabólicas essenciais às plantas.

Os micronutrientes são essenciais para o desenvolvimento das plântulas e das plantas e são exigidos em pequenas quantidades (MORTVEDT, 1991). Embora sejam exigidos em pequena quantidade, a falta de qualquer um deles pode resultar em perdas significativas quanto a produção, pois, cada micronutriente exerce papel fundamental com função diferente nas

plantas. O Zn ao lado do boro é considerado o micronutriente mais limitante à produção de soja nos campos agrícolas do Brasil (GONÇALVES JÚNIOR et al., 2010). Suas principais funções na planta são relacionadas ao metabolismo dos carboidratos, proteínas, fosfatos, além de participar na formação de auxinas, RNA e de ribossomos (BORKET, 1989). Já o Mn participa das ligações energéticas formadas entre o ATP e o complexo enzimático, além de ser importante na fotossíntese e na fotólise da água.

Com relação à qualidade fisiológica das sementes, respostas positivas têm sido obtidas para a utilização de micronutrientes via tratamento das sementes. Contudo, essas respostas são obtidas apenas para as sementes avaliadas imediatamente após os tratamentos com micronutrientes e não posterior a sua produção, como relatados nos estudos realizados por Ribeiro et al. (1994) na avaliação da germinação e no vigor das sementes de milho, por Cícero (1999), em feijão e por Santos e Estefanel (1986), em soja. Assim, o fornecimento de micronutrientes por meio da utilização de adubos que visam suprir as necessidades destes na cultura merece atenção e demanda de estudos sobre o efeito desses nutrientes na qualidade fisiológica dos grãos que poderão ser comercializados como sementes.



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

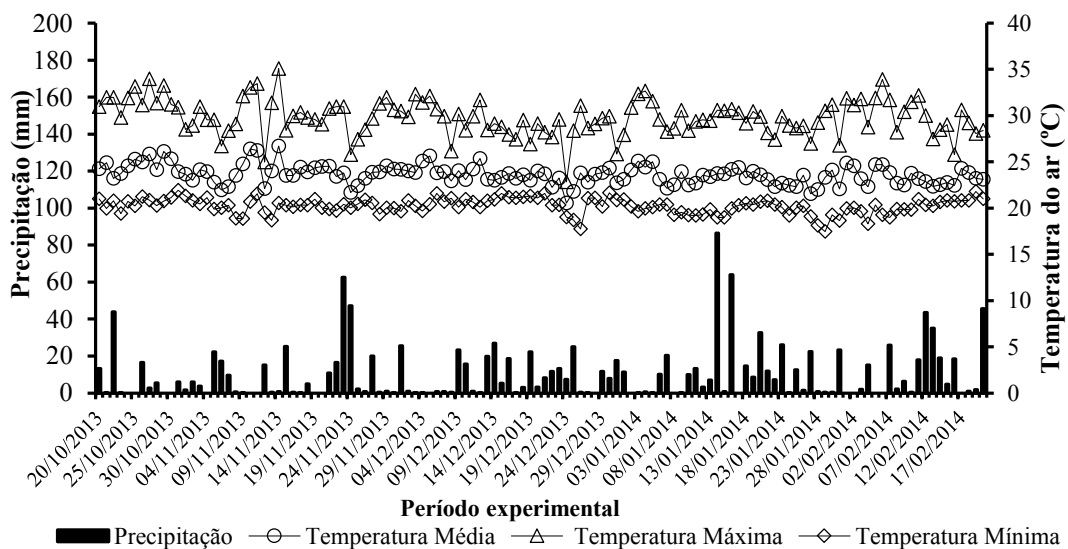
#### 3.1 Área experimental

O estudo foi conduzido em área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - Campus Campo Novo do Parecis, MT 235 Km 12, durante as safras 2013/14 (Experimento I) e 2014/15 (Experimento II). O local apresenta, como coordenadas geográficas 13° 40' 31" de latitude Sul e 57° 53' 31" de longitude Oeste de Greenwich, com altitude de 572 m.

O estudo constou de dois experimentos (Exp. I e Exp. II), conduzidos, respectivamente, nas safras 2013/14 e 2014/15, cujas parcelas e tratamentos foram alocadas no mesmo local.

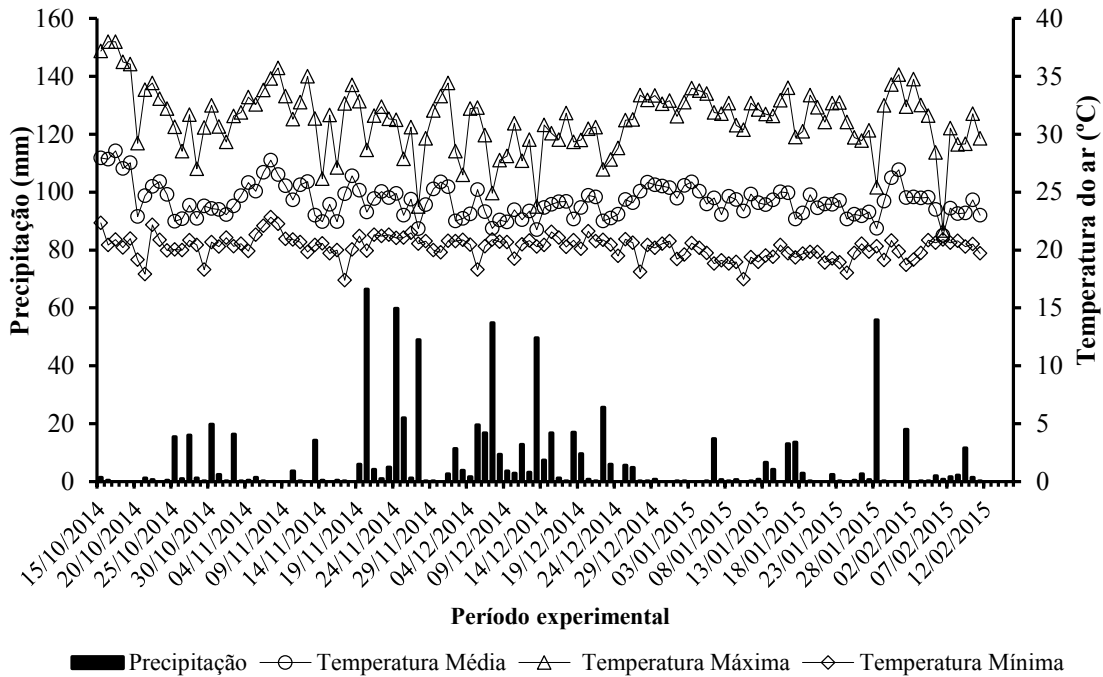
A classificação climática da região de acordo com Koppen, é do tipo Aw, definido como Equatorial e tropical quente úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A precipitação pluvial e a temperatura média anual são de 2.150 mm e 24 °C, respectivamente, com umidade relativa do ar entre 80 e 90%. Os dados climáticos durante a condução do experimento estão apresentados nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 - Dados diários de temperatura mínima, máxima e média (°C) e precipitação média (mm) de 20/10/2013 a 20/02/2014, coletados na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - Campus Campo Novo do Parecis, safra 2013/14, Campo Novo do Parecis.



Fonte: Próprio autor.

Figura 2 - Dados diários de temperatura mínima, máxima e média (°C) e precipitação média (mm) de 15/10/2014 a 15/02/2015, coletados na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - Campus Campo Novo do Parecis, safra 2014/15, Campo Novo do Parecis.



Fonte: Próprio autor

O relevo é caracterizado como plano, suavemente ondulado e o solo da área experimental segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso, o qual foi originalmente ocupado por vegetação do tipo Cerrado e matas, além disso, os solos da área experimental são cultivados com culturas anuais sob sistema de preparo convencional do solo há mais de 15 anos e, em constante rotação de culturas, com destaque para soja, milho e girassol.

### 3.2 Caracterização química da área experimental

Antes do preparo da área experimental, foi realizada a caracterização química do solo. Para isso, em 2013 uma amostra composta por 20 amostras simples de solo foi coletada na camada de 0,0-0,20 m. As análises químicas foram realizadas de acordo com metodologia proposta por Raij et al. (2001), cujos resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1. Com base nos resultados dos atributos químicos do solo e seguindo recomendação de Raij et al.

(2001) foi aplicado 1,4 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico em área total, antes da semeadura da soja, na safra 2013/14, visando corrigir a saturação por bases para 60%.

Tabela 1 - Caracterização inicial dos atributos químicos do solo na profundidade de 0,0-0,20 m, Campo Novo do Parecis – MT, 2013.

Profundidade (m)	P <sub>(resina)</sub> <sup>(1)</sup> mg dm <sup>-3</sup>	MO g dm <sup>-3</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	
				-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----								%
0,0-0,20	15	26	5,1	1,0	15	9	38	2	25,0	63,0	40	
Micronutrientes		Mn (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(1)</sup>				Zn (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(1)</sup>						
0,0-0,20		0,7				0,9						

<sup>(1)</sup> Método Mehlich

Fonte: Próprio autor

### 3.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 10, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por dois cultivares de soja (TMG 1179RR e TMG 4182) e 10 tratamentos com diferentes modos de aplicação de Mn e Zn com recomendação de 5 kg ha<sup>-1</sup> dos nutrientes, na aplicação via solo e em solução de 0,5% do produto quando aplicado via foliar, sendo: T1: sem aplicação de Mn e Zn; T2: aplicação de Mn no solo; T3: aplicação de Zn no solo; T4: aplicação de Mn via foliar; T5: aplicação de Zn via foliar; T6: aplicação de Mn no solo + aplicação de Mn via foliar; T7: aplicação de Zn no solo + aplicação de Zn via foliar; T8: T2 + T3; T9: T4 + T5; T10: T6 + T7.

Cada unidade experimental foi constituída por sete linhas de cinco metros, com espaçamento de 0,45 m entre si, com área total de 20 m<sup>2</sup> e área útil de 12,5 m<sup>2</sup>. A primeira, segunda, sexta e a sétima linhas constituíram as bordaduras. Para avaliar a produtividade da cultura foram utilizadas as três linhas centrais de cada parcela, definindo a área útil de 6,75 m<sup>2</sup>. As unidades experimentais foram alocadas no mesmo local em ambos os anos agrícolas.

### 3.4 Preparo de solo

Antes da semeadura da soja e com base nos resultados dos atributos químicos do solo foi realizado o preparo convencional do solo no período de agosto a outubro de 2013 e outubro de 2014 para o cultivo da cultura nas safras 2013/14 e 2014/15, respectivamente. Ao final de agosto de 2013, aproximadamente dois meses antes da semeadura da soja e seguindo

recomendação de Raij et al. (2001), realizou-se a aplicação de 1,4 t ha<sup>-1</sup> calcário dolomítico (PRNT 90%) em área total visando elevar a saturação por bases para 60%, manejo não repetido no ano subsequente.

Posterior a aplicação do insumo, este foi incorporado ao solo a uma profundidade aproximada de 0,20 m por meio da utilização de uma grade pesada, com o objetivo de promover o máximo contato do corretivo com o solo no sentido vertical, visando obter máxima reação do produto e neutralização do Al<sup>3+</sup> trocável do solo da área experimental.

Imediatamente anterior a semeadura da cultura da soja, comum aos dois anos agrícolas, realizou-se uma gradagem “leve” com o objetivo de controlar as plantas daninhas e nivelar o solo da área experimental para receber as sementes.

Após a colheita da soja, realizada em 14/02/2014, a área utilizada para o ensaio experimental foi cultivada com milho safrinha.

### **3.5 Descrição dos Cultivares Utilizados**

O cultivar TMG 1179RR pertence ao grupo de maturação tardia, altura média de plantas de 40 - 60 cm, hábito de crescimento determinado, alta adaptação à fertilidade do solo, resistente ao acamamento, população ideal de plantas de 340.000 – 360.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Possui flor roxa, hilo marrom claro e pubescência cinza. É resistente ao cancro da haste, a mancha olho-de-rã e a pústula bacteriana; moderadamente resistente ao nematoide de galhas e ao *Pratylenchus brachyurus*, e é suscetível a mancha alvo.

Já o cultivar TMG 4182 é convencional, mas também pertence ao grupo de maturação tardia, altura média de plantas de 90-100 cm, hábito de crescimento determinado, alta adaptação à fertilidade do solo, moderadamente resistente ao acamamento, população ideal de plantas de 289.000-340.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Possui flor branca, hilo marrom claro e pubescência marrom, resistente ao cancro da haste e a mancha olho-de-rã, e moderadamente resistente à nematoide das lesões radiculares *Pratylenchus brachyurus*.

### **3.6 Semeadura (Soja), primeira e segunda safra**

A semeadura dos cultivares de soja (TMG 4182 e TMG 1179 RR) foi realizada de forma mecanizada em 22/10/2013 e 18/10/2014, com semeadora para o sistema convencional, distribuindo-se 17 e 20 sementes por metro de sulco para o cultivar convencional e transgênico, respectivamente, a uma profundidade de 0,04 m, com espaçamento de 0,45 m entrelinhas,

visando uma população final de 15 plantas por metro e densidade populacional de 330.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

As sementes foram inoculadas de forma padrão, utilizando-se produto comercial com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* na dose de aproximadamente 1,2 milhão de células bacterianas por semente de soja. Além da inoculação, as sementes foram tratadas com fungicida carboxin + thiram – cerca de 600 mg kg<sup>-1</sup> do ingrediente ativo (i.a.) carboxin mais 600 mg kg<sup>-1</sup> do (i.a.) thiram.

Com base nos atributos químicos do solo e seguindo recomendação de Raij et al. (2001) realizou-se adubação de semeadura comum a todos os tratamentos, com a aplicação de 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 05-25-25 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, respectivamente) para ambos os anos agrícolas. Realizou-se também adubação potássica de cobertura com a aplicação de 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio), aos 30 dias após a semeadura.

### **3.7 Aplicação de Mn e Zn via solo e foliar**

A aplicação de Mn e Zn via solo foi realizada de forma manual e imediatamente posterior a semeadura da cultura, ao lado da linha de semeadura. A recomendação adotada para o fornecimento dos micronutrientes foi de 5 kg ha<sup>-1</sup> do nutriente, utilizando-se como fontes o sulfato de Mn e o sulfato de Zn.

Já a aplicação de Mn e Zn via foliar foi realizada aos 45 e 50 dias após a emergência das plantas transgênicas e convencionais, respectivamente, quando estas se encontravam-se no estágio reprodutivo R1 (início do florescimento). Para a aplicação foliar foi adicionado água suficiente para a obtenção de calda com 0,5% do produto em solução.

A aplicação foi realizada no período da manhã, por meio da utilização de pulverizador costal de pressão constante (CO<sub>2</sub>) com ponta de jato cone vazio e vazão de 200 L ha<sup>-1</sup>.

### **3.8 Tratos culturais**

Durante o período de desenvolvimento das plantas, foram realizadas práticas fitotécnicas, de acordo com a necessidade da cultura, de controle de plantas daninhas, doenças e insetos pragas. Para isso, foram utilizados produtos específicos para cada caso, com o objetivo de se obter o melhor desenvolvimento da cultura.

O controle de plantas daninhas na área cultivada com o cultivar transgênico foi realizado por meio da aplicação de 960 g ha<sup>-1</sup> (e.a.), por meio da utilização de produto composto por sal de isopropilamina, aplicado aos 25 dias após a emergência das plantas.

Já o controle de plantas daninhas no cultivar convencional fez-se por meio da utilização do herbicida bentazon na dose de 1.200 g ha<sup>-1</sup> (e.a.), aplicado em pós-emergência para o controle de folhas largas quando as plantas daninhas apresentavam seis folhas. Também do fenoxaprop-p-ethyl na dose de 100 g ha<sup>-1</sup> (e.a.) para o controle de gramíneas, aplicado aos 22 dias após a emergência da cultura da soja.

A pulverização foi feita com pulverizador costal, à pressão constante (CO<sub>2</sub>) de 23 lb pol<sup>2</sup>, equipado com barra de quatro pontas de pulverização do tipo “leque” XR 110.02 VS, espaçadas de 0,5 m, e volume da calda correspondente a 200 L ha<sup>-1</sup>, em pós-emergência da cultura da soja. Na calda foi adicionado óleo mineral visando otimizar a adesão, penetração e absorção do herbicida pelas folhas.

Também, realizaram-se pulverizações com fungicidas e inseticidas, comum a todos os tratamentos em ambos cultivares, quando se fez necessário para o controle de doenças e insetos pragas. Para o controle de insetos pragas foram utilizados três produtos distintos a base de cipermetrina, cujas doses variaram de 50 a 250 g ha<sup>-1</sup> (e.a.), conforme recomendação do produto comercial. Já para o controle de doenças fúngicas utilizou-se um produto a base de trifloxistrobina + proclonazol com recomendação de 70 + 60 g ha<sup>-1</sup> (e.a.), conforme recomendação do produto comercial.

### **3.9 Avaliações realizadas**

Foram avaliados os teores de Mn e Zn no solo da área experimental, os teores nutricionais dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e dos micronutrientes (Fe, Cu, Mn e Zn) nos tecidos da planta de soja, por meio de análise foliar, radicular e dos grãos para determinar as concentrações destes nutrientes nos tecidos vegetais. Também avaliaram-se os teores de fitato nos grãos de soja, bem como, teor de proteína, quantificação dos aminoácidos solúveis, qualidade fisiológica das sementes e características fitotécnicas da cultura.

### **3.10 Caracterização dos teores de Mn e Zn no solo**

Após a colheita da soja, foi realizada a coleta de amostras para a caracterização química do solo da área experimental e para a determinação dos teores de Mn e Zn disponível nos solos

submetidos aos diferentes modos de aplicação desses micronutrientes. Para isso, foram coletadas amostras em cinco pontos distintos dentro de cada parcela experimental na profundidade de 0,0-0,20 m, com auxílio de um trado de rosca.

Estas amostras foram imediatamente acondicionadas em sacos plásticos e posteriormente transportadas para o Laboratório de Fertilidade do Solo da UNESP, Campus de Ilha solteira - SP, onde foram realizadas as análises de acordo com a metodologia proposta por Raij et al. (2001).

### **3.11 Avaliação do estado nutricional da soja**

No período de florescimento pleno (estádio R<sub>2</sub>) nos dois anos agrícolas e de ambos os cultivares foram realizadas as coletas de folha e raízes para a análise nutricional dos teores de macro e micronutrientes nos tecidos vegetais dos cultivares. Assim, para a determinação do estado nutricional da planta de soja, foi coletado o terceiro trifólio com pecíolo, conforme recomendação da Embrapa (2008) de 20 plantas na área útil de cada parcela, sendo estes acondicionados, preparados e enviados para análise laboratorial.

Já para a análise nutricional dos tecidos radiculares, foram coletadas aleatoriamente quatro plantas por parcela quando as plantas se encontravam no estágio R<sub>2</sub> (pleno florescimento). Estas foram retiradas com o auxílio de implementos agrícolas de uso manual (enxada, facão e enxada). As plantas coletadas, tiveram seu sistema radicular cortado na altura do colo da planta, cujas raízes foram lavadas em água corrente e secas a sombra, sendo posteriormente acondicionadas em sacos de papel, preparadas e assim como as folhas enviadas para a análise nutricional.

Os grãos de soja utilizados para a determinação do estado nutricional dos cultivares utilizados no ensaio experimental foram obtidos após a coleta das 10 plantas utilizadas para a caracterização dos componentes de produção, sendo estes colhidos somente ao final do ciclo de desenvolvimento da cultura.

As folhas, raízes e os grãos obtidos das plantas de soja foram submetidos a secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 65°C, até atingir massa constante, e posteriormente moídas em moinho tipo Wiley para a determinação dos teores dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) e dos micronutrientes (Mn, Zn, Fe e Cu), conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

As determinações das concentrações dos nutrientes presentes nos tecidos foliares, radiculares e grãos da soja foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas do

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da Faculdade de Engenharia-FE/UNESP/Campus de Ilha Solteira, entre o período de março a abril de 2014, e fevereiro a março de 2015.

### **3.12 Avaliações fitotécnicas e colheita da soja**

A avaliação da produtividade, bem como dos seus componentes de produção foi realizada em 14/02/2014 e 19/02/2015, período este, em que as plantas se encontravam no estágio R<sub>7</sub> (sementes totalmente formadas, 50% das vagens amarelas). Para a avaliação dos componentes de produção foram coletadas 10 plantas, de modo aleatório e dentro da área útil de cada unidade experimental. Destas plantas coletadas foram determinados o número de vagens planta<sup>-1</sup>, número de grãos vagem<sup>-1</sup>, número de grãos planta<sup>-1</sup>, massa de grãos planta<sup>-1</sup> e massa de 100 grãos (13% de base úmida).

A colheita da soja foi realizada manualmente, posterior a dessecação realizada em R<sub>7</sub> com aplicador costal a CO<sub>2</sub> com vazão de 200 L ha<sup>-1</sup>, utilizando-se o herbicida dessecante paraquat na dose de 300 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

A produtividade de grãos da cultura foi obtida por meio da colheita manual das três linhas centrais de cada parcela. As plantas colhidas foram submetidas à trilha manual, sendo a massa dos grãos corrigida para 13% de umidade (base úmida), cujos dados foram transformados para kg ha<sup>-1</sup>.

Os componentes estudados foram determinados de acordo com o que se segue:

#### **3.12.1 Produtividade de grãos obtida (PGO)**

Em kg ha<sup>-1</sup>, teve como área útil três linhas de semeadura por dois metros de comprimento, onde as plantas foram colhidas e, após secagem, submetidas a trilha manual e, em seguida, foi determinada a massa destes grãos, sendo os dados transformados em kg ha<sup>-1</sup> (13% base úmida).

#### **3.12.2 Produtividade de grãos calculada (PGC)**

Em kg ha<sup>-1</sup>, foi obtido por meio do resultado entre a massa de grãos por planta em gramas (MGP) multiplicados pela população de plantas (POP) dividida por 1.000.

#### **3.12.3 Número de vagens por planta (NVP)**

Foi determinado por meio da divisão do número total de vagens amostradas pelo número total de plantas da área útil.



#### **3.12.4 Número de grãos por vagem (NGV)**

Determinado pela divisão do número total de grãos em relação ao número total de vagens.

#### **3.12.5 Número de grãos por planta (NGP)**

Número total de grãos dividido pelo número total de plantas amostradas na área útil avaliada.

#### **3.12.6 Massa de 100 grãos (M100)**

Foi determinada em gramas, mediante a coleta ao acaso de 8 amostras de 100 grãos, com posterior pesagem destes, obtendo-se uma média final da massa para cada unidade experimental, com umidade corrigida para 13% (base úmida).

#### **3.12.7 Massa de grãos por planta (MGP)**

Também determinada em gramas, mediante a multiplicação do número de grãos por planta pela massa de mil grãos, com o resultado posteriormente dividido por 1.000.

### **3.13 Teor de Fitato nos grãos de soja**

O teor de fitato foi determinado pelo método proposto por Latta e Eskin (1980), o qual se baseia na formação de um composto ferro-ácido-sulfossalicílico de coloração escura. Na presença de fitato, o ferro é deslocado, reduzindo-se a intensidade da coloração, procedendo-se a leitura por colorimetria.

Para a determinação do ácido fítico, foram utilizados 250 mg de amostra provenientes do macerado obtido dos grãos de soja colhidos na parcela útil do ensaio experimental. A extração do fitato foi realizada a partir da utilização de 10 mL de HCl a 2,4% (0,65 N), sob agitação durante 3 horas à temperatura ambiente sobre mesa agitadora de 200 rpm, tempo considerado ideal para ocorrer a extração e solubilização do fitato contido nos grãos da soja.

O extrato obtido foi centrifugado a 6.000 rpm durante 20 minutos a temperatura ambiente e o sobrenadante resultante do processo de centrifugação foi filtrado em papel filtro Whatman número 1. Uma parte do sobrenadante foi guardada no freezer e a outra foi utilizada para a quantificação do teor do fitato.

Uma alíquota do filtrado foi diluída para 8 mL de água destilada e, na amostra diluída foi acrescentada aproximadamente 3 mL de resina trocadora de ânions AG1-X8 tratada com

malha de 200 a 400, tomando o cuidado de não acrescentar mais que 1 g de resina tratada ao extrato obtido. O fósforo inorgânico e outras impurezas contidas no extrato foram retiradas por meio da adição de NaCl com 0,07 M, em seguida, acrescentou solução de NaCl a 0,7 M para a extração do fitato.

O fitato foi determinado colorimetricamente com base na coloração rósea formada por meio do reagente de Wade, fenômeno obtido a partir da reação do íon férrico e ácido sulfossalicílico. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro em absorvância, com comprimento de onda a 500 nm, cujo aparelho foi calibrado com água destilada. O teor de fitato determinado por espectrofotometria teve seus valores expressos em  $\text{mg g}^{-1}$  de massa de grãos de soja.

### **3.14 Germinação e vigor das sementes de soja produzidas pelos cultivares transgênico e convencional**

As sementes de soja colhidas foram embaladas adequadamente e armazenadas até o transporte para o Campus da UNESP de ilha solteira, SP. Após o transporte, as sementes foram armazenadas em câmara seca para manter sua capacidade de germinação e vigor. Em Abril de 2014 e 2015, após curto período de armazenamento das sementes, estas foram submetidas ao teste de germinação (teste padrão) e testes de vigor, realizados aproximadamente 2 meses após a colheita das sementes dos respectivos anos agrícolas 2013/14 e 2014/15. Os testes de vigor empregados foram: primeira contagem, germinação e índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e massa de 100 sementes.

#### ***3.14.1 Primeira contagem***

Foi realizado juntamente com o teste de germinação e constou do registro da percentagem de plântulas normais verificadas no quarto dia após a instalação do teste (BRASIL, 2009), em técnica semelhante à descrita por Nakagawa (1999).

#### ***3.14.2 Teste de Germinação***

Foi realizado com quatro sub-amostras de 50 sementes em rolo de papel toalha apropriado (Germitest) a  $25^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ), mantendo-se a temperatura constante. O papel foi umedecido com água deionizada numa quantidade equivalente a 2,5 vezes peso do papel, de forma a uniformizar o teste. As contagens de plântulas normais foram realizadas aos 5 e 8 dias após colocadas no germinador, de acordo com os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

### **3.14.3 Índice de velocidade de germinação**

Foi realizado em conjunto com o teste de germinação, onde o índice de velocidade para cada tratamento foi calculado segundo a fórmula proposta por Maguire (1962), apresentada a seguir:

$$IVG = N_1/D_1 + N_2/D_2$$

Onde:

IVG= índice de velocidade de germinação

$N_1$  e  $N_2$  = número de plântulas normais contadas na primeira contagem (cinco dias) e na última contagem (oito dias), respectivamente;

$D_1$  e  $D_2$  = número de dias da semente à primeira (cinco dias) e à última contagem (oito dias), respectivamente.

### **3.14.4 Envelhecimento Acelerado**

Foi realizado segundo a metodologia descrita por Marcos Filho (1999), utilizando-se quatro sub-amostras de 50 sementes para cada tratamento, pelo método de gerbox, onde 200 sementes foram colocadas sobre a tela de inox de uma caixa plástica (gerbox), contendo 40 ml de água destilada. Após a colocação da tampa, as caixas foram levadas ao germinador regulado à temperatura de 41°C, onde permaneceram por 96 horas. Transcorrido esse período, as sementes foram colocadas para germinar conforme descrição para o teste de germinação (BRASIL, 2009) e a avaliação das plântulas normais foi realizada 4 dias após a instalação do teste.

### **3.14.5 Condutividade Elétrica**

Foi realizado pelo sistema do béquer (“Bulk System”). Quatro repetições de 25 sementes foram pesadas, postas em vidros com 75 mL de água deionizada e mantidas em germinador, com temperatura constante de 25°C, por 24 horas. A condutividade elétrica foi determinada em um condutivímetro marca Digimed CD-21. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de semente.

### **3.14.6 Massa de 100 Sementes**

Foi determinada em gramas, mediante a coleta ao acaso de oito amostras de 100 grãos, com posterior pesagem destes, obtendo-se uma média final da massa para cada unidade

experimental, com umidade corrigida para 13% (base úmida). As pesagens foram feitas em balanças de precisão de 0,1g.

#### ***3.14.7 Teor de proteína nos grãos de soja***

O teor de proteína total foi determinado pelo conteúdo de N total da amostra, em que % Proteína = N (%) x 6,25 de acordo com Kjeldahl (AOAC, 1990). A extração da proteína solúvel foi realizada utilizando-se solução de NaCl 0,5 M, pH 2,4 e posterior quantificação das proteínas por meio da comparação com uma curva-padrão de BSA (fração 5 – soro de albumina bovino) de acordo com o método de Bradford (1976).

#### ***3.14.8 Quantificação de aminoácidos solúveis totais***

A quantificação dos aminoácidos solúveis totais nos grãos de soja foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Yemm e Cocking (1955). A extração dos aminoácidos solúveis foi realizada utilizando-se solução de NaCl 0,5 M, pH 2,4 e posterior quantificação dos aminoácidos por meio da comparação com uma curva-padrão de Leucina.

### **3.15 Análise dos resultados**

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $P < 0,05$ ) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ambas a 5% de probabilidade, por meio do programa estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2003).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Estado nutricional das folhas da soja

O teor de N nos tecidos foliares foi semelhante entre os cultivares, nos dois anos de cultivo agrícola (Tabela 2), com os maiores valores obtidos em 2014/15. Ambos os cultivares cultivados na safra 2013/14 apresentaram resultados inferiores aos valores considerados como adequados ao bom desenvolvimento da cultura (45-55 g kg<sup>-1</sup>) (EMBRAPA, 2008).

Em relação aos modos de aplicação (Tabela 2), o teor de N nos tecidos foliares foi maior nas plantas que receberam 5 kg ha<sup>-1</sup> de Zn e Mn via solo em 2013/14 e apenas nas plantas que receberam Zn via solo em 2014/15. Semelhante aos resultados observados entre cultivares, o teor de N nas folhas de soja em 2013/14, decorrente dos modos de aplicação de Mn e Zn ficaram abaixo da faixa considerada como adequada pela Embrapa (2008). Para as plantas testemunhas (M1), os valores de N obtidos são considerados muito baixo ou deficiente (EMBRAPA, 2008), mesmo não sendo constatados sintomas visuais da deficiência deste nutriente em campo.

Os maiores valores de N nos tecidos foliares observados no segundo ano agrícola, para os modos de aplicação (Tabela 2), podem estar relacionados à maior presença de microrganismos simbióticos no solo, os quais são responsáveis pela maior parte do N assimilado pelas plantas, o que pode ser sustentado no fato de que, a área foi, anteriormente à safra 2013/14, cultivada com milho e girassol, culturas que não se caracterizam pela inoculação de organismos fixadores de N<sub>2</sub> e quando o fazem, no caso do milho, são com organismos diazotróficos, não utilizados para a soja. Desta maneira, é possível que o solo da área cultivada no ano agrícola 2013/14 apresentava reduzida população de organismos fixadores de N<sub>2</sub> ou que estes não eram eficientes fixadores. Além disso, a inoculação das sementes no segundo ano de cultivo contribuiu para o aumentar ainda mais a população destes microrganismos no solo.

Houve diferença no teor de P entre os cultivares utilizados nos dois anos agrícolas, com teores médios de P superiores nas plantas transgênicas em relação às convencionais em ambos os anos agrícolas (Tabela 2). Os modos de aplicação de Mn e Zn não influenciaram nos teores de P nas folhas. Semelhante aos teores de N, os teores de P foram maiores na safra 2014/15, independente do cultivar e dos tratamentos adotados. Além disso, os teores obtidos ficaram dentro da faixa considerada satisfatória (2,5 a 5,0 g kg<sup>-1</sup>) para o ótimo desenvolvimento da cultura (EMBRAPA, 2008).

Tabela 2 - Teores de N, P, K, Ca, Mg e S nos tecidos foliares de dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	Teor de N (g kg <sup>-1</sup> )		Teor de P (g kg <sup>-1</sup> )		Teor de K (g kg <sup>-1</sup> )	
	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15
Cultivares - C						
TMG 1179RR	37,1a	48,01a	2,8a	5,5a	16,4	28,6a
TMG 4182	36,8a	48,70a	2,5b	4,7b	18,2	29,0a
Teste F - C	0,51 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	6,28*	31,32**	14,02**	0,54 <sup>ns</sup>
DMS	2,31	3,55	0,19	0,28	0,95	1,27
Modos de aplicação – M						
M1	32,4b	49,8ab	2,6a	5,1a	16,7	30,6a
M2	36,0ab	48,1ab	2,5a	5,2a	16,4	27,2a
M3	36,7ab	51,4a	2,9a	5,2a	18,7	29,1a
M4	36,8ab	49,2ab	2,7a	5,0a	17,9	29,8a
M5	36,4ab	48,6ab	2,5a	5,2a	17,3	28,8a
M6	37,3ab	37,9b	2,8a	4,6a	19,2	27,1a
M7	35,7ab	48,5ab	2,6a	5,3a	17,7	29,1a
M8	41,9a	50,1ab	2,6a	5,1a	15,9	29,7a
M9	35,7ab	50,5ab	2,7a	5,1a	16,6	29,1a
M10	40,6ab	49,4ab	3,0a	5,0a	16,4	27,8a
Teste F – M	2,1*	1,83*	1,10 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	2,02 <sup>ns</sup>	1,27 <sup>ns</sup>
CV (%)	13,99	16,42	16,01	12,18	12,40	9,90
DMS	8,50	13,07	0,71	1,02	3,52	4,69
Teste F – C x M	1,62 <sup>ns</sup>	1,72 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	1,43 <sup>ns</sup>	2,18*	1,20 <sup>ns</sup>
Tratamentos	Ca (g kg <sup>-1</sup> )		Mg (g kg <sup>-1</sup> )		S (g kg <sup>-1</sup> )	
	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15
Cultivares - C						
TMG 1179RR	8,4b	6,7b	4,1b	4,7b	3,0a	2,1a
TMG 4182	10,3a	7,7a	4,7a	4,8a	3,0a	2,1a
Teste F - C	33,51**	51,73**	35,72**	4,44*	0,02 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>
DMS	0,66	0,29	0,20	0,10	0,21	0,10
Modos de aplicação – M						
M1	10,8a	7,4a	4,8a	4,8ab	2,6b	2,1a
M2	10,2ab	7,1a	4,6a	4,7ab	2,7b	2,1a
M3	8,9abc	6,8a	4,3a	4,5b	2,9ab	2,2a
M4	9,1abc	7,1a	4,3a	4,8ab	3,6a	2,1a
M5	9,6abc	7,2a	4,2a	4,6ab	3,0ab	2,0a
M6	8,3bc	7,3a	4,2a	5,0a	3,0ab	2,3a
M7	9,8ab	7,1a	4,5a	4,6ab	2,7ab	2,1a
M8	9,6abc	7,5a	4,5a	4,9ab	3,0ab	2,2a
M9	9,5abc	7,2a	4,5a	4,8ab	3,2ab	2,1a
M10	7,4c	7,1a	4,1a	4,7ab	3,4ab	2,1a
Teste F – M	3,48**	0,72 <sup>ns</sup>	1,62 <sup>ns</sup>	2,21*	3,08**	0,85 <sup>ns</sup>
CV (%)	15,91	9,05	10,33	5,83	16,04	8,74
DMS	2,43	1,07	0,74	0,45	0,79	0,31
Teste F – C x M	1,64 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>	1,90 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	1,81 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* e \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste de F, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação; M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5 e M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

Contudo, Urano et al. (2007) destacaram que a faixa adequada para a nutrição mineral deste nutriente na cultura da soja é de 2,6 a 3,2 g kg<sup>-1</sup>, de acordo com o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS). Sendo assim, valores inferiores e superiores de P nos tecidos, poderiam ocasionar sintomas de deficiências e toxidez, respectivamente, nas plantas, fato não constatado em campo, nas plantas que apresentaram teores elevados de P nas folhas.

O aumento nos níveis de P nos tecidos foliares verificados nas plantas do segundo ano agrícola (Tabela 2) pode estar associado ao efeito residual das adubações fosfatadas realizadas, o que pode ter favorecido o aumento dos níveis de P disponível e prontamente assimilável pelas plantas, sendo muito importante do ponto de vista da fertilidade, haja vista que, a maioria dos solos cultivados com soja no estado apresenta baixo nível do nutriente.

Semelhante ao teor de P, os modos de aplicação de Mn e Zn não afetaram os teores de K no tecido foliar das plantas no ano agrícola de 2014/15 (Tabela 2). A concentração média de K nas folhas dos cultivares de soja ficaram acima da faixa considerada como ideal pela Embrapa (2008), sendo consideradas como “altas”. Esse teor foliar pode estar diretamente associado ao efeito chamado de “consumo de luxo”, em que quantidades expressivas do nutriente são estocadas nos vacúolos celulares em situações em que há disponibilidade à planta (EPSTEIN; BLOOM, 2005). Certamente a ausência de diferenças estatísticas nos teores de P e K nas folhas de soja, está relacionada ao fornecimento adequado desses nutrientes às plantas pela adubação de base, via solo no sulco de semeadura. Desta maneira, alcançou-se um equilíbrio satisfatório entre os nutrientes no solo, favorecendo uma absorção adequada às plantas de soja. Assim, pode-se afirmar que o equilíbrio nutricional das plantas é fator primordial e interfere diretamente no desenvolvimento da cultura (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Os tratamentos com aplicação de 5 kg ha<sup>-1</sup> de Mn e Zn via solo (M8) e a combinação da aplicação de Mn e Zn via solo e foliar (T10) proporcionaram maior teor de K nas folhas do cultivar convencional (17,9 e 18,4 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente) em relação ao transgênico na safra 2013/14 (Tabela 4). Contudo, estes tratamentos não diferiram significativamente entre si e nem em relação aos demais modos de aplicação de Mn e Zn no cultivar convencional.

As plantas transgênicas que receberam aplicação de Mn via solo e foliar (M6) apresentaram teores de K superiores aos obtidos das plantas submetidas aos modos 7, 8 e 10 (Tabela 4). Esse comportamento pode estar relacionado com a presença do Zn nos tratamentos que apresentaram menores teores de K, já que a literatura aponta uma inibição competitiva do K com o Zn pelos mesmos sítios de absorção (FERNANDES et al., 2007). No entanto, este fato não se confirmou com a aplicação de Zn via solo (M3), indicando que a forma de aplicação desse micronutriente pode influenciar diretamente na nutrição mineral da soja.

Mesmo com a adubação de  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  na semeadura combinada com a aplicação de  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  aos 30 dias após a semeadura, constataram-se teores médios de K no cultivar transgênico, abaixo da faixa adequada ( $17,0$  a  $25,0 \text{ g kg}^{-1}$ ) para a cultura (EMBRAPA, 2008), exceto para os modos 3 e 6. Isto pode estar associado a menor absorção e/ou assimilação do cátion pelas plantas transgênicas, no entanto, é pouco conclusivo qualquer hipótese, já que, esses resultados não se confirmaram no segundo ano de cultivo.

Em ambos os anos agrícolas foram constatadas diferenças significativas para os teores de Ca entre os cultivares de soja adotados (Tabela 2). Em ambos os anos agrícolas, o cultivar convencional apresentou teores de Ca superior ao cultivar transgênico. Contudo, apesar dos resultados inferiores do nutriente constatados no cultivar transgênico, estes, se encontram dentro da faixa considerada como suficiente para o bom desenvolvimento da cultura que é de  $3,6$  a  $20 \text{ g kg}^{-1}$  (EMBRAPA, 2008).

Os modos de aplicação de Mn e Zn afetaram os teores de Ca somente no primeiro ano agrícola de cultivo da cultura (Tabela 2). Nesse sentido, M1 (testemunha) apresentou concentração de Ca nos tecidos foliares superior às concentrações obtidas em M6 e M10. Além disso, verificou-se redução na concentração do nutriente nas folhas de soja independentemente do cultivar e/ou dos modos de aplicação de Mn e Zn. A redução do teor do Ca em 2014/15 pode ser devido à ausência da calagem no referido ano agrícola, já que, os solos da região na qual realizou-se o estudo são caracterizados por apresentar valores de saturação por bases abaixo de 50%. Esse fato associado ao uso intensivo dos solos, faz com que, as medidas paliativas adotadas para a neutralização da acidez potencial, perca sua eficácia num curto período de tempo, demonstrando assim, a importância de se realizar um monitoramento anual da fertilidade dos solos cultivados com soja nessas regiões.

Semelhante ao ocorrido nas concentrações de Ca, os cultivares de soja apresentaram diferenças no teor de Mg em ambos os anos agrícolas (Tabela 2). Nos dois anos agrícolas, maiores teores de Mg foram exibidos pelo cultivar convencional. Os resultados obtidos dos teores de Mg para ambos os cultivares encontram-se dentro da faixa adequada para o pleno desenvolvimento da soja, que segundo a Embrapa (2008) é de  $2,6$  a  $10 \text{ g kg}^{-1}$ .

Em 2014/15, os teores de Mg foram afetados pelos modos de aplicação de Mn e Zn (Tabela 2), assim, maior resultado foi verificado em M6 ( $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  de Mg), sendo superior ao valor obtido no M3. Diferentemente do que ocorreu com o Ca, em geral, no ano agrícola 2014/15, houve aumento na concentração do Mg nos tecidos foliares da soja, independentemente do modo de aplicação ou do cultivar adotado no presente estudo.



Os teores de S observados para ambos os cultivares e decorrentes dos diferentes modos de aplicação de Mn e Zn (Tabela 2), se adequaram dentro da faixa de suficiência do nutriente (2,1 a 4,0 g kg<sup>-1</sup>) para a cultura (EMBRAPA, 2008), com exceção feita ao M5 no ano agrícola 2014/15. Entretanto, vale ressaltar que no referido tratamento o valor obtido do nutriente foi bem próximo do valor inferior da faixa de suficiência proposta para o S, não comprometendo o desenvolvimento satisfatório da cultura.

Porém, há que se destacar que houve redução nos teores do S nas folhas da soja observados no segundo ano agrícola. Esta redução pode ser consequência do aumento nos teores de P na solução solo decorrentes das adubações fosfatadas de base, requeridas para alcançar altas produtividades da cultura. Este fato associado a não reposição via adubação de S nestes solos favorece o desequilíbrio entre os íons fosfatos e sulfatos que competem pelo mesmo sítio de adsorção nos colóides do solo. Além disso, é sabido que nos locais de troca os ânions fosfatos tem preferência sobre os sulfatos, o que pode ter influenciado na redução da absorção do S pelas plantas de soja, resultando em menores concentrações do nutriente dentro dos tecidos foliares.

Os modos de aplicação de Mn e Zn afetaram os teores de S somente no ano agrícola de 2013/14 (Tabela 2), com destaque para M4 que apresentou o maior valor para o nutriente, sendo significativamente superior aos resultados obtidos em M1 e M2. Esses resultados demonstram que mesmo os modos 2 e 4 serem fornecedores de Mn para a cultura, as plantas que receberam o suprimento do micronutriente via solo apresentaram maiores níveis de S em suas folhas quando comparadas com as plantas que receberam o nutriente via foliar.

Os teores foliares de Zn excederam o limite superior da faixa de suficiência (50 mg kg<sup>-1</sup>), conforme a Embrapa (2008), em ambos os anos agrícolas, para os dois cultivares, exceto nos modos 1 e 2 em 2013/14, conforme a Tabela 3. Os elevados teores verificados para os modos 5, 7, 9 e 10, principalmente em 2013/14, são resultados dos tratamentos que tiveram maiores aportes do nutriente por meio de aplicações foliares combinadas, ou não, à aplicação via solo. Associado a isso, a baixa mobilidade do Zn nos tecidos foliares (TAIZ; ZEIGER, 2004) pode ter influenciado para os maiores teores constatados, uma vez que, a atividade iônica do Zn no floema é baixa.

No desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn, houve diferenças no teor de Zn entre os cultivares, verificado em 2013/14 para os modos 5, 9 e 10 (Tabela 4), sendo que, somente em T10 as plantas transgênicas exibiram teores de Zn superiores as convencionais. Já em 2014/15, houve diferenças entre os cultivares para os modos 4, 5, 6 e 9 (Tabela 5), com as plantas transgênicas apresentando teores superiores do micronutriente quando submetidas aos modos 4 e 6 maiores resultados de Zn.

Tabela 3 - Teores de Mn, Zn, Fe e Cu nos tecidos foliares de dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	Teor de Zn (mg kg <sup>-1</sup> )		Teor de Mn (mg kg <sup>-1</sup> )		Teor de Fe (mg kg <sup>-1</sup> )		Teor de Cu (mg kg <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>	
	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15
Cultivares - C								
TMG 1179RR	154	96	195	35	141	72	9	17a
TMG 4182	171	99	213	42	118	48	15	8b
Teste F - C	3,91 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>	1,53 <sup>ns</sup>	40,31 <sup>**</sup>	27,94 <sup>**</sup>	201,79 <sup>**</sup>	21,13 <sup>**</sup>	23,98 <sup>**</sup>
DMS	24,05	5,15	43,00	2,16	8,70	3,38	2,62	3,60
Modos de aplicação – M								
M1	47	83	35	31	139	63	13,0	11a
M2	47	81	35	33	128	53	11,0	14a
M3	52	90	31	29	131	56	13,0	14a
M4	55	95	775	54	145	66	10,0	16a
M5	376	127	57	31	126	56	13,0	12a
M6	60	90	384	39	117	69	6,0	12a
M7	306	104	44	30	121	66	10,0	13a
M8	57	86	33	32	114	60	23,0	10a
M9	364	115	415	62	146	52	11,0	11a
M10	262	103	230	42	124	56	14,0	12a
Teste F – M	184 <sup>**</sup>	13,50 <sup>**</sup>	217,31 <sup>**</sup>	43,94 <sup>**</sup>	2,68 <sup>*</sup>	5,07 <sup>**</sup>	4,65 <sup>**</sup>	0,35 <sup>ns</sup>
CV (%)	21,68	11,83	26,12	12,60	15,06	12,67	23,21	26,24
DMS	88,43	18,97	157,00	7,94	32,00	12,45	6,64	13,26
Teste F – C x M	5,54 <sup>**</sup>	7,70 <sup>**</sup>	2,92 <sup>**</sup>	33,79 <sup>**</sup>	3,01 <sup>**</sup>	4,11 <sup>**</sup>	2,82 <sup>**</sup>	1,64 <sup>ns</sup>

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* e \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste de F, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação; M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5 e M10: M6 + M7.

<sup>(1)</sup> Dados transformados por raiz de  $x + 1$ , em ambos os anos agrícolas

Fonte: Próprio autor.

As plantas convencionais cultivadas em 2013/14 e submetidas aos modos 5 e 9 apresentaram teores de Zn superiores aos obtidos nas plantas transgênicas (Tabela 4). Entretanto, situação inversa foi verificada para o modo 10, ao passo que, em 2014/15, maiores teores de Zn nas plantas convencionais foram observados nos modos 5 e 9. Em contrapartida, as plantas transgênicas que receberam aplicação de Mn foliar e a combinação desta com aplicação via solo deste micronutriente (M4 e M6, respectivamente) exibiram teores superiores de Zn em seus tecidos foliares (Tabela 4). Esses resultados podem estar relacionados à maior disponibilidade do micronutriente no solo dessas unidades experimentais. Essa hipótese pode ser reforçada pelo fato de que mesmo as plantas cultivadas nas áreas testemunhas (T1) exibiram elevados teores de Zn nos seus tecidos foliares em 2014/15.

No geral, os teores de Zn nas folhas de soja foram menores em 2013/14, independentemente do cultivar, salvo exceção nos modos 5, 7, 9 e 10 (Tabelas 3). A maior concentração de Zn obtida nestes tratamentos pode ser justificada pela menor intensidade de chuva no período posterior à aplicação do nutriente via foliar. Contudo, mesmo nas plantas com elevados teores de Zn em 2013/14, não foram observados sintomas de toxidez.

Tabela 4. Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para os teores de K, Zn, Mn, Fe e Cu nos tecidos foliares de soja, safra 2013/2014, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	K (g kg <sup>-1</sup> )		Zn (mg kg <sup>-1</sup> )		Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	
	TMG 1179RR	TMG 4182	TMG 1179RR	TMG 4182	TMG 1179RR	TMG 4182
M1	16,4 abA	17,0 aA	43 bA	51 dA	35 cA	35 dA
M2	15,9 abA	16,9 aA	40 bA	54 dA	28 cA	41 dA
M3	18,6 abA	18,8 aA	52 bA	52 dA	36 cA	26 dA
M4	16,8 abA	19,0 aA	57 bA	53 dA	773 aA	777 aA
M5	16,2 abA	18,4 aA	330 aB	421 aA	37 cA	78 dA
M6	20,6 aA	17,9 aA	71 bA	50 dA	356 bA	412 bA
M7	15,1 bB	20,3 aA	290 aA	321 bA	41 cA	47 dA
M8	14,0 bB	17,9 aA	56 bA	58 dA	26 cA	39 dA
M9	15,8 abA	17,6 aA	308 aB	420 aA	336 bB	493 bA
M10	14,5 bB	18,4 aA	293 aA	230 cB	277 bA	183 cA

Tratamentos	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )		Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	
	TMG 1179RR	TMG 4182	TMG 1179RR	TMG 4182
M1	148 abA	131 abA	10 aA	16 bcA
M2	136 abA	120 abA	6 aB	15 bcA
M3	141 abA	121 abA	10 aA	16 bcA
M4	176 aA	114 abB	5 aB	15 bcA
M5	118 bA	134 abA	15 aA	11 bcA
M6	138 abA	96 bB	7 aA	6 cA
M7	135 abA	106 abB	11 aA	9 cA
M8	121 bA	106 abA	16 aB	31 aA
M9	144 abA	148 aA	8 aA	13 bcA
M10	149 abA	99 bB	6 aB	23 abA

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, dentro do mesmo ano agrícola, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5; M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

Associado a isso, verificou-se que houve incremento de Zn nos tecidos foliares das plantas em 2014/15 (Tabela 5) decorrentes da aplicação do nutriente via solo em relação ao ano anterior (Tabela 3). A menor concentração do Zn nos tecidos foliares dessas plantas no primeiro ano de cultivo pode ser devido a calagem efetuada na área anterior a semeadura da cultura no primeiro ano agrícola, que pode ter favorecido a formação de sais de baixa solubilidade com o Zn, ocasionando deficiências de Zn, mesmo quando seus teores no solo são considerados adequado (CARNEIRO et al., 2008).

Observou-se, ainda, que os tratamentos com aplicação de Zn foliar no cultivar transgênico não diferiram entre si (Tabelas 4 e 5), demonstrando que, em se tratando de adubação foliar, a aplicação de metade da dose recomendada é suficiente para atender à exigência nutricional da soja, quando combinado com bons níveis do nutriente no solo ou o fornecimento de parte do Zn via solo.

Por sua vez, o cultivar convencional em 2013/14 exibiu teores de Zn superiores dos modos 5 e 9 em relação aos demais tratamentos (Tabela 3), o que pode ser confirmado também em 2014/15. Teixeira et al. (2008), em seu estudo com fontes e doses de Zn no feijoeiro cultivado em diferentes épocas, relataram aumento no teor foliar de Zn em função do fornecimento deste via foliar, não constatando diferenças entre as fontes utilizadas.

O maior teor de Zn constatado nos tratamentos com aplicações foliares (Tabela 3) pode estar relacionado com sua maior eficiência decorrente da maior concentração e disponibilidade imediata do nutriente. Nesse sentido, é pertinente a possibilidade de adubações foliares corretivas ou complementares utilizando-se a metade da dose recomendada para a cultura, já que aumentou o teor de Zn na folha, possibilitando a nutrição das plantas e não promovendo toxicidade das mesmas. Assim, a importância dessa prática se acentua em solos de texturas argilosas, onde é maior a adsorção do micronutriente.

No ano agrícola de 2013/14, os teores de Mn foram semelhantes entre os cultivares, exceto para os modos 9 e 10 (Tabela 4). A aplicação de 5 kg ha<sup>-1</sup> de Mn e de Zn (M9) promoveu aumento no teor de Mn nas plantas convencionais. Provavelmente a combinação destes micronutrientes contribuiu para tais resultados, já que esse aspecto não se confirmou com a aplicação isolada do Mn (T5), mesmo sendo o tratamento que resultou nos maiores teores de Mn no tecido foliar. Os teores verificados nas folhas das plantas que receberam aplicação foliar de Mn ficaram muito acima dos valores considerados como suficientes para a cultura da soja, que estão entre 20 e 100 mg kg<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2008), o que promoveu o surgimento de sintomas visuais nas plantas, indicando possível toxidez pelo excesso do nutriente na planta.

Contudo, este fato permitiu afirmar que a absorção do Mn no cultivar transgênico é equivalente a do cultivar convencional, semelhante ao que foi constatado por Andrade e Rosolem (2011). No entanto, salienta-se que os sintomas iniciais de toxidez ocasionados pela aplicação do Mn via foliar foram evidentes apenas no cultivar convencional, não sendo verificados no cultivar transgênico. Nesse sentido, Zobiolo et al. (2010) reportaram que a recomendação de adubação para os cultivares de soja transgênicos deveria considerar a redução de eficiência promovida pelo uso do glifosate, pois, o efeito do herbicida não foi generalizado para todos os cultivares e solos.

Semelhante ao ocorrido em 2013/14, no ano de 2014/15, a concentração de Mn nos tecidos foliares dos cultivares foi diferente somente nos tratamentos que forneceram o micronutriente via foliar (M4, M6, M9 e M10), conforme a Tabela 5. Mesmo assim, para o ano em questão, os níveis deste micronutriente no tecido foliar se adequaram na faixa considerada como ideal ao desenvolvimento da cultura. Contudo, no M4 o cultivar transgênico exibiu valor de Mn ( $70 \text{ mg kg}^{-1}$ ) superior ao convencional, que teve como maior valor  $87 \text{ mg kg}^{-1}$ , em M9.

Os teores de Mn equivalentes entre os cultivares nos modos 3 e 8, e superior do cultivar transgênico em M4 (Tabela 5), são indicativos de que não houve redução na absorção e ou transporte do Mn nas plantas transgênicas em relação às convencionais, divergindo dos relatos de Neumann et al. (2006), que verificaram redução na absorção e transporte de Mn em plantas de soja com o gene RR, assim como, Huber et al. (2004), que também verificaram menor eficiência dos genótipos de soja RR na absorção de Mn, pois estes apresentaram menor concentração de Mn no tecido foliar.

Por outro lado, Stefanello et al. (2011), trabalhando com a ausência e a aplicação de doses de glifosato em soja RR combinadas às doses de Mn via foliar, constataram que a aplicação de glifosato na soja RR não apresentou efeito nos teores foliares de nutrientes, sobretudo na absorção de Mn. Em estudo similar, Basso et al. (2011) concluíram que a aplicação de glifosato na cultura da soja não afetou a absorção e os teores foliares de Mn e que em solos com níveis de Mn acima da faixa adequada o uso do herbicida não requer o fornecimento suplementar de Mn foliar em soja RR. Também Rosolem et al. (2010), em estudos sobre a interação entre glifosato e Mn em condições controladas, não encontraram efeitos negativos do glifosato na absorção, no teor e transporte do Mn em soja RR e na resposta da planta em relação a este nutriente.

Os menores valores de Mn observados em M4, M6, M9 e M10 nas plantas de soja em 2014/15 em comparação com o ano anterior pode ser explicado pela maior intensidade de chuva posterior ao fornecimento do Mn via foliar, pois, com o atraso do início do período chuvoso na região, este se acentuou, concentrando nos meses de dezembro e janeiro, sendo que, no mês de dezembro foi realizada a aplicação dos tratamentos foliares.

Em ambos os anos agrícolas, os teores de Fe observados no cultivar transgênico foram superiores aos resultados observados para o convencional (Tabela 3). No desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para ano agrícola 2013/14 (Tabela 4), verificou-se que M4 (aplicação de Mn via foliar) apresentou o maior teor médio de Fe nos tecidos foliares, sendo este, superior aos modos 5 e 8. Contudo, estes resultados foram semelhantes aos observados para o tratamento testemunha (M1), o que nos permite dizer que,

os diferentes tratamentos com Mn e Zn não influenciam sobre os teores de Fe constatados nos tecidos foliares desta cultura.

Tabela 5 - Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para os teores foliares de Zn, Mn e Fe, safra 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )		Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	
	TMG 1179RR	TMG 4182	TMG 1179RR	TMG 4182
M1	87 bA	79 dA	30 bA	33 cdA
M2	83 bA	78 dA	30 bA	36 cdA
M3	94 abA	87 bcdA	27 bA	30 dA
M4	107 abA	83 cdB	70 aA	38 cdB
M5	116 aB	139 aA	29 bA	34 cdA
M6	101 abA	79 dB	34 bB	44 bcA
M7	99 abA	109 bcA	29 bA	31 dA
M8	89 bA	84 bcdA	30 bA	35 cdA
M9	90 abB	141 aA	37 bB	87 aA
M10	96 abA	111 bA	34 bB	50 Ba

Tratamentos	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	
	TMG 1179RR	TMG 4182
M1	76 abA	50 abB
M2	75 abA	31 cB
M3	69 abA	43 bcB
M4	76 abA	56 abB
M5	67 abA	45 bcB
M6	82 aA	56 abB
M7	67 abA	66 aA
M8	71 abA	50 abB
M9	63 bA	41 bcB
M10	73 abA	40 bcB

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, dentro do mesmo ano agrícola, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5; M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

Resultados semelhantes foram verificados para o cultivar convencional em 2013/14 (Tabela 4), sobre o qual observou maior teor médio de Fe por meio da aplicação de Mn e Zn via foliar (M9), que por sua vez, diferiu dos modos 6 e 10, sem no entanto, diferir da testemunha.

Além disso, o modo de aplicação dos micronutrientes influenciou na concentração de Fe dos tecidos foliares dos cultivares de soja utilizados (Tabela 4). Desta maneira, a utilização dos modos 4, 6, 7 e 10 reduziu os teores de Fe no cultivar convencional quando comparados aos valores obtidos para o cultivar transgênico. No entanto, mesmo havendo redução dos teores desse micronutriente, os resultados obtidos para ambos os tratamentos e cultivares se

adequaram dentro da faixa de suficiência considerada como ideal para o bom desenvolvimento da cultura que é de 51 a 350 mg kg<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2008).

Semelhante aos resultados obtidos em 2013/14, os teores de Fe obtidos no cultivar transgênico em 2014/15 (Tabela 5) não foram incrementados pelos modos de aplicação de Mn e Zn, já que, não houve diferença entre os tratamentos com Mn e Zn e a testemunha. Contudo, maior teor médio de Fe foi observado em M6 (82 mg kg<sup>-1</sup>), o qual, diferiu do resultado exibido em T9. Já para o cultivar convencional no referido ano agrícola, houve redução no teor de Fe decorrente da aplicação de Mn via solo na dose recomendada de 5 kg ha<sup>-1</sup> (M2), conforme Tabela 8. Além disso, a aplicação de metade da dose recomendada de Zn via solo com o complemento via adubação foliar (M7) resultou no maior teor médio de Fe observado (66 mg kg<sup>-1</sup>), sem, no entanto, diferir do teor observado para as plantas testemunhas.

Vale ressaltar também que, com exceção das plantas de soja que receberam Zn via solo mais complemento via foliar (M7), todas as demais plantas convencionais tratadas com Mn e Zn sob diferentes modos, incluindo a testemunha, apresentaram teores de Fe inferiores aos verificados para as plantas transgênicas. Além disso, exceção feita ao modo7, os teores de Fe observados nas plantas convencionais cultivadas no segundo ano agrícola ficaram abaixo do valor mínimo (51 mg kg<sup>-1</sup>) considerado como suficiente para o desenvolvimento da cultura (EMBRAPA, 2008).

Em geral, os teores de Fe diminuíram no segundo ano agrícola. Isso pode ser devido a calagem que, mesmo com a aplicação do calcário realizada no primeiro ano agrícola, este, não tenha reagido totalmente durante o ciclo da cultura no primeiro ano agrícola, diminuindo seu efeito sobre esse micronutriente metálico tão presente nos solos da região e conseqüentemente da área experimental. Outra hipótese, seria uma competição entre os micronutrientes metálicos no segundo ano agrícola, devido ao aumento na concentração de Mn e Zn no solo em função do efeito acumulativo destes micronutrientes, resultado das aplicações de Mn e Zn via solo ou foliar nos anos agrícolas 2013/14 e 2014/15.

Em 2013/14, as plantas convencionais apresentaram teores de Cu superiores as plantas transgênicas (Tabela 3). Contudo, no ano agrícola seguinte esses resultados não se mantiveram, tendo observado teores de Cu superiores nos tecidos foliares das plantas transgênicas. Outro ponto a ser mencionado é o fato dos teores mais elevados de Cu para as plantas convencionais e transgênicas em 2013/14 e 2014/15, respectivamente, se apresentar acima do valor considerado como suficiente para a cultura que é de 14 mg kg<sup>-1</sup> de acordo com a Embrapa (2008), e não manterem o mesmo comportamento durante os dois anos agrícolas de estudo. Este comportamento, no entanto, pode estar mais relacionado a maior variabilidade na

determinação do micronutriente entre amostras de solo que receberam o mesmo tratamento, ou seja, as repetições do ensaio experimental, do que propriamente dita com a característica de absorção e assimilação dos cultivares por parte desse micronutriente.

No desdobramento da interação para os teores de Cu obtidos no ano agrícola 2013/14 (Tabela 4), constatou-se influência dos tratamentos sobre os teores do micronutriente apenas para o cultivar convencional. Desta maneira, a aplicação de Mn e Zn via solo na dose recomendada de 5 kg ha<sup>-1</sup> para cada (M8), incrementou o teor de Cu nos tecidos foliares da soja convencional, resultando no maior teor obtido. Em contrapartida, a aplicação de Mn e Zn dividida em dois modos, metade via solo e sua complementação via foliar (M6 e M7), exibiram as menores concentrações do micronutriente analisado. Contudo, mesmo apresentando os menores valores médios de Cu, as plantas de soja cultivadas nessas áreas apresentaram níveis para o micronutriente considerados como ideais (6 a 14 mg kg<sup>-1</sup>) para o desenvolvimento da cultura.

Entretanto, os teores constatados nos modos 8 e 10 (Tabela 4) se apresentaram muito acima do valor limite considerado como suficiente, e são de acordo com classificação da Embrapa (2008), considerado como excessivos para a cultura, podendo ocasionar toxidez na cultura. Todavia, as plantas de soja convencional cultivadas nessas áreas não apresentaram qualquer sintoma visual de toxidez provocada pelo excesso de Cu.

#### **4.2 Estado nutricional das raízes**

Em ambos os anos agrícolas, o cultivar convencional apresentou em seus tecidos radiculares, teores de N superiores aos verificados para o cultivar transgênico (Tabela 6). Tais resultados, sugerem haver maior translocação do N no cultivar transgênico, já que, os teores desse nutriente nos tecidos foliares foram semelhantes entre os cultivares estudados (Tabela 2).

A maior concentração do N verificado nas raízes do cultivar convencional não está relacionada ao efeito concentração, já que, o cultivar caracteriza-se por apresentar porte superior, porém, com sistema radicular semelhante ao cultivar transgênico quanto ao comprimento e volume. Nesse sentido, a hipótese de maior exploração do solo em volume por parte do cultivar convencional para explicar tais resultados foi descartada, demonstrando que, o teor de N verificado está mais associado ao fator fisiológico e nutricional do cultivar do que propriamente com sua característica morfológica.



Tabela 6 - Teores de N, P, K, Ca, Mg e S nos tecidos radiculares de dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	Teor de N (g kg <sup>-1</sup> )		Teor de P (g kg <sup>-1</sup> )		Teor de K (g kg <sup>-1</sup> )	
	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15
Cultivares - C						
TMG 1179RR	8,7b	7,8	1,2a	1,3b	7,2a	11,9a
TMG 4182	11,9a	9,2	0,9b	1,4a	7,7a	11,5a
Teste F - C	39,87**	32,82**	23,56**	5,77*	3,50 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>
DMS	1,03	0,46	0,13	0,09	0,53	0,98
Modos de aplicação – M						
M1	10,8a	9,0	1,0a	1,2b	7,3a	11,1a
M2	11,4a	8,6	1,0a	1,3b	7,6a	11,9a
M3	10,2a	9,6	0,9a	1,4ab	7,6a	12,3a
M4	9,5a	8,2	1,1a	1,3b	7,7a	12,2a
M5	10,6a	8,7	1,1a	1,2b	7,6a	10,5a
M6	10,2a	8,5	1,1a	1,6a	7,6a	12,1a
M7	10,0a	7,9	1,2a	1,3b	7,3a	12,6a
M8	9,9a	7,6	1,0a	1,2b	7,0a	12,2a
M9	9,9a	8,1	1,1a	1,3b	8,0a	11,9a
M10	10,4a	8,9	1,1a	1,3b	7,1a	10,6a
Teste F – M	0,43 <sup>ns</sup>	2,56*	0,59 <sup>ns</sup>	3,21**	0,51 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>
CV (%)	22,54	12,13	28,66	14,97	15,98	18,71
DMS	3,82	1,69	0,49	0,30	1,96	3,61
Teste F – C x M	0,90 <sup>ns</sup>	2,18*	0,46 <sup>ns</sup>	1,24 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	1,51 <sup>ns</sup>
Tratamentos	Ca (g kg <sup>-1</sup> )		Mg (g kg <sup>-1</sup> )		S (g kg <sup>-1</sup> )	
	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15
Cultivares - C						
TMG 1179RR	0,9a	2,3a	1,4a	1,7a	1,5a	1,7a
TMG 4182	1,0a	1,8b	1,4a	1,5b	1,6a	1,5b
Teste F - C	0,13 <sup>ns</sup>	57,43**	2,67 <sup>ns</sup>	12,86**	0,33 <sup>ns</sup>	14,58**
DMS	0,10	0,12	0,10	0,10	0,16	0,08
Modos de aplicação – M						
M1	0,8a	2,1a	1,3a	1,7a	1,2b	1,6a
M2	0,9a	2,1a	1,4a	1,7a	1,3b	1,6a
M3	0,7a	2,0a	1,4a	1,5a	1,4b	1,5a
M4	1,0a	2,1a	1,4a	1,6a	1,5ab	1,6a
M5	1,0a	2,0a	1,4a	1,6a	1,6ab	1,6a
M6	0,9a	2,2a	1,3a	1,8a	2,0a	1,7a
M7	1,0a	2,1a	1,5a	1,6a	1,7ab	1,6a
M8	0,8a	2,1a	1,4a	1,7a	1,7ab	1,5a
M9	0,9a	2,0a	1,4a	1,5a	1,4ab	1,6a
M10	0,8a	1,9a	1,4a	1,6a	1,7ab	1,5a
Teste F – M	1,12 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>	3,33**	0,83 <sup>ns</sup>
CV (%)	27,76	12,86	16,05	13,92	23,32	11,12
DMS	0,40	0,43	0,36	0,37	0,59	0,29
Teste F – C x M	1,76 <sup>ns</sup>	1,18 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	1,59 <sup>ns</sup>

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* e \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste de F, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação; M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5 e M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor

Quanto ao fornecimento de Mn e Zn sob diferentes modos a cultura da soja, não se verificou efeito destes tratamentos sobre os teores de N obtidos nas raízes da soja cultivada no ano agrícola de 2013/14 (Tabela 6).

No desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para os teores de N das raízes obtidos em 2014/15 (Tabela 9), constatou-se que a aplicação de 5 kg ha<sup>-1</sup> Zn via solo (M3) na semeadura da soja exibiu o maior valor médio (9,1 g kg<sup>-1</sup>) de N nas raízes do cultivar transgênico.

No entanto, o fornecimento de Zn não elevou os teores de N nas raízes dessas plantas, já que, esses valores foram semelhantes aos obtidos pelas plantas testemunhas. Contudo, é possível afirmar que o fornecimento de Mn e Zn via solo (M8) reduziu os teores de N nas raízes das plantas transgênicas, conforme a Tabela 8.

Já para o cultivar convencional, este, não apresentou alterações nos teores de N radicular em função dos modos de aplicação de Mn e Zn (Tabela 10). Contudo, há que se destacar os teores do nutriente exibidos em M5, M7 e M8, que foram superiores aos teores obtidos no cultivar transgênico.

Os cultivares de soja se comportaram de modo distinto quanto aos teores de P em suas raízes nos dois anos agrícolas de estudo (Tabela 6), com maiores teores do nutriente obtidos no cultivar transgênico em 2013/14 (1,2 g kg<sup>-1</sup>), e para o cultivar convencional em 2014/15 (1,4 g kg<sup>-1</sup>).

Diferentemente do que ocorreu para a concentração de N que, apresentou diferenças no teor do nutriente nas raízes e semelhança dos teores nas folhas dos cultivares, as diferenças dos teores de P observados nas raízes se mantiveram para os resultados constatados para os tecidos foliares.

Mesmo havendo variações nas concentrações do nutriente em função dos anos agrícolas, é possível dizer que as plantas transgênicas possuem maior capacidade de absorver o P do solo e assimilar este em seus tecidos radiculares. Além disso, o cultivar transgênico demonstrou maior capacidade de translocar o nutriente das raízes para os tecidos foliares, haja vista que, os teores de P observados nos tecidos foliares das plantas transgênicas foram superiores as plantas convencionais (Tabela 2).

Os modos de aplicação de Mn e Zn não afetaram os teores de P em 2013/14 (Tabela 6), no entanto, em 2014/15 verificaram-se alterações nos níveis de P decorrentes do modo de fornecimento desses micronutrientes. Assim, a aplicação de Mn no solo mais o fornecimento complementar do micronutriente via foliar (M6) elevou os teores de P nos tecidos radiculares da soja, diferindo dos demais tratamentos com exceção de M3 (aplicação de Zn via solo).

De acordo com os resultados, apenas o parcelamento da adubação com Mn em modos distintos é capaz de promover o incremento de P nos tecidos radiculares, já que, não houve respostas semelhantes a aplicação de Mn via solo e/ou via foliar na dose recomendada. Além disso, o incremento no teor do P nas raízes da cultura pode ser devido a um efeito sinérgico entre o Mn e o P, pois é sabido que a falta de P induz a deficiência de Mn. Desta maneira, o fornecimento de metade da dose de Mn recomendada via solo pode ter favorecido no aumento da absorção de P pelas raízes, contudo, os resultados não são conclusivos, necessitando de mais estudos a cerca dessa interação entre P e Mn.

Os cultivares, bem como, os modos de aplicação de Mn e Zn não alteraram os teores de K, obtidos nos tecidos radiculares das plantas nos dois anos de estudo (Tabela 6). Além disso, não houve interação significativa entre cultivares de modos de aplicação de Mn e Zn para a concentração deste nutriente.

Os resultados obtidos em 2013/14 apontam para uma menor capacidade das plantas transgênicas em translocar o K absorvido, das raízes para as folhas no referido ano agrícola, haja vista que, as plantas convencionais exibiram para o mesmo ano agrícola, teores superiores do nutriente nos seus tecidos foliares (Tabela 2). Contudo, esses resultados não se confirmaram no segundo ano agrícola, não sendo conclusivo uma possível inferioridade das plantas transgênicas, em relação as convencionais quanto, a translocação do K das raízes para as folhas.

Os teores de Ca observados em 2013/14 não foram alterados pelo uso dos cultivares utilizados (Tabela 6), nem mesmo pelo fornecimento de Mn e Zn sob diferentes modos. Entretanto, o teor de Ca nas raízes das plantas convencionais pode estar diretamente associado ao fato destas plantas translocar maiores quantidades do nutriente para as folhas, já que, o Ca é um importante componente da parede celular da célula vegetal. Nesse sentido, é compreensível o fato das plantas convencionais apresentarem maiores concentrações de Ca nos seus tecidos foliares quando comparadas as transgênicas (Tabela 2).

Já em 2014/15 verificaram-se diferenças entre os cultivares quanto aos teores de Ca obtidos nas raízes da soja (Tabela 6), com valores superiores do nutriente ( $2,3 \text{ g kg}^{-1}$ ) exibidos pelas plantas transgênicas. Assim como em 2013/14, no segundo ano agrícola não houve influência dos modos de aplicação de Mn e Zn sobre os teores de Ca nas raízes das plantas.

Diferentemente dos resultados obtidos no primeiro ano agrícola, em 2014/15, os teores de Ca do cultivar convencional foi inferior ao cultivar transgênico. Esses resultados reforçam a hipótese de que a soja convencional é mais eficiente no processo de translocação do Ca das raízes para as folhas, pois, os teores deste nutriente nos tecidos foliares em 2014/15 assim como no primeiro ano agrícola (Tabela 2) foram superiores aos resultados obtidos pelo cultivar

transgênico. Além do mais, o fator diluição como justificativa para explicar a maior concentração de Ca nas raízes do cultivar transgênico não pode ser utilizado, haja vista que, mesmo o cultivar convencional apresentando um porte ligeiramente superior ao transgênico, estes se assemelhavam quanto ao volume e comprimento radicular.

Os cultivares adotados no ano agrícola 2013/14 exibiram resultados semelhantes quanto aos teores de Mg (Tabela 6), além disso, a aplicação de Mn e Zn sob diferentes modos não alteraram os teores de Mg obtidos a partir dos tecidos radiculares da soja. Já em 2014/15 verificou-se alterações nos teores de Mg em função da adoção dos cultivares de soja, com maior teor médio do nutriente ( $1,7 \text{ g kg}^{-1}$ ) constatado no cultivar transgênico. Do mesmo modo, como em 2013/14, no segundo ano agrícola não houve alterações nos teores de Mg das raízes de soja em consequência dos modos de aplicação de Mn e Zn.

Semelhantemente ao ocorrido para o Ca, os teores de Mg do cultivar convencional apresentaram-se semelhante e inferior aos teores do nutriente observados nas raízes das plantas transgênicas em 2013/14 e 2014/15, respectivamente. Desta maneira, e de acordo com o presente estudo, pode-se dizer que as menores concentrações observadas para o cultivar convencional são resultados de sua maior eficiência na translocação do Mg das raízes para as folhas da cultura. Pois, as concentrações de Mg nos tecidos foliares em ambos os anos agrícolas (Tabela 2) foram superiores aos teores observados para o cultivar transgênico.

Contudo, a ausência de trabalhos científicos relacionados ao estado nutricional das raízes de diferentes plantas, em especial da soja, dificulta na elucidação sobre a eficiência dos mecanismos de redistribuição e translocação desse e de outros nutrientes das raízes, para outras regiões da planta de soja.

Além disso, o grande número de cultivares que são disponibilizados a cada ano no mercado, dificulta ainda mais a busca por essas respostas, além de, não favorecer a elaboração de tabelas indicadoras dos níveis críticos de suficiência dos nutrientes para os tecidos radiculares desta cultura. Pois, um cultivar poderá apresentar menor teor de nutrientes nas raízes e maior teor destes nas folhas, devido a maior taxa de translocação deste em relação a outro cultivar.

No entanto, os diferentes teores absorvidos, assimilados e redistribuídos em ambos, podem estar dentro dos níveis exigidos para cada cultivar para suprir suas necessidades, não havendo prejuízo de seu estado nutricional. Nesse sentido, pode-se dizer que, a ocorrência de maior ou menor translocação de um determinado nutriente das raízes para as folhas não seja, propriamente devido a uma superioridade ou inferioridade, respectivamente, de um cultivar em

relação ao outro, mas sim, sobre uma condição intrínseca do cultivar em relação a sua nutrição mineral.

A utilização dos cultivares em 2013/14 não alteraram os teores de S nas raízes de soja (Tabela 6), porém, os modos de aplicação de Mn e Zn influenciaram nas concentrações desse nutriente nos tecidos radiculares dessas plantas. Nesse sentido, o fornecimento de Mn para as plantas de soja em duas etapas, com dois modos distintos (M6) incrementou o teor de S nas raízes das plantas, sendo este, superior aos modos de aplicação 1, 2 e 3.

Os resultados verificados para o S, se assemelham ao comportamento constatado para os teores de P obtidos nas raízes de soja do presente estudo, haja vista que, o fornecimento de Mn unicamente via solo ou via foliar não alterou as concentrações do S nas raízes da soja. Assim, apenas o fornecimento de parte do Mn recomendado para a cultura favoreceu o aumento da incorporação de P pelas raízes. No entanto, esses resultados não se repetiram no segundo ano agrícola de estudo (Tabela 6), para o qual não foi observado diferenças entre os tratamentos utilizados com modos de aplicação do Mn e Zn.

Entretanto, para o ano agrícola de 2014/15 (Tabela 6), verificou-se que as plantas transgênicas exibiram maiores teores de S, comportamento distinto ao constatado no ano anterior. Uma das hipóteses para esses resultados é de que o cultivar transgênico caracteriza-se por incorporar maiores quantidades do nutriente nos seus tecidos radiculares. Outra hipótese é de que o cultivar convencional seja mais eficiente no transporte do S das suas raízes para as folhas, já que, mesmo apresentando teores do nutriente inferiores nas raízes, seus teores nos tecidos foliares foram semelhantes aos observados para o cultivar transgênico (Tabela 2) para o mesmo período de estudo.

A média dos teores de Zn obtidos dos tecidos radiculares foram semelhantes entre os cultivares para ambos os anos agrícolas estudados (Tabela 7). Contudo, interações significativas entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn foram observadas somente em 2013/14 (Tabela 8).

Deste modo, o fornecimento de Zn via foliar (M5) para as plantas transgênicas incrementou os teores do micronutriente nas raízes destas plantas (Tabela 10), diferindo-o dos teores verificados para as plantas testemunhas (M1) e das plantas tratadas com o fornecimento de Mn via foliar (M4), sem no entanto, diferir dos demais tratamentos caracterizados pelo suprimento de Zn via solo.

Diante disso, para o ano agrícola 2013/14 (Tabela 8) evidenciou-se que o fornecimento de Zn independentemente do modo de aplicação do nutriente resultou em teores semelhantes do micronutriente nos tecidos radiculares das plantas transgênicas. Além disso, os bons

resultados obtidos para os tratamentos cuja aplicação foi realizada via foliar deve-se em parte, ao fato de que parte da calda aplicada sobre a folha não tenha sido absorvida, tendo, escorrido pelas folhas até o solo, o que elevou os níveis de Zn no solo, fornecendo maiores quantidades do nutriente e favorecendo a nutrição destas plantas via absorção radicular.

Tabela 7. Teores de Mn, Zn, Fe e Cu nos tecidos radiculares de dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	Teor de Zn (mg kg <sup>-1</sup> )		Teor de Mn (mg kg <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>		Teor de Fe (mg kg <sup>-1</sup> )		Teor de Cu (mg kg <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>	
	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15
Cultivares - C								
TMG 1179RR	15	46a	8	11	472	561	12	14
TMG 4182	14	46a	9	19	491	435	15	8
Teste F - C	0,74 <sup>ns</sup>	1,33 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	19,97 <sup>**</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	14,39 <sup>**</sup>	6,05 <sup>*</sup>	25,67 <sup>**</sup>
DMS	1,56	1,25	1,29	3,02	61,99	66,72	2,42	2,59
Modos de aplicação – M								
M1	9	44a	3	7	490	507	13	12
M2	12	45a	6	10	363	528	11	17
M3	13	46a	4	7	475	417	11	11
M4	11	45a	12	17	378	415	17	11
M5	19	48a	4	7	431	476	13	7
M6	12	46a	19	28	732	677	17	8
M7	17	46a	4	7	462	588	13	15
M8	12	47a	8	11	689	489	14	8
M9	21	46a	16	45	444	422	16	7
M10	18	47a	8	8	350	459	12	13
Teste F – M	11,36 <sup>**</sup>	1,39 <sup>ns</sup>	27,48 <sup>**</sup>	37,25 <sup>**</sup>	7,06 <sup>**</sup>	2,51 <sup>*</sup>	1,45 <sup>ns</sup>	2,51 <sup>*</sup>
CV (%)	24,25	6,11	14,30	25,27	28,76	29,94	16,21	21,88
DMS	5,74	4,62	4,77	11,10	227,92	245,31	8,89	9,50
Teste F – C x M	4,14 <sup>**</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	2,67 <sup>*</sup>	29,25 <sup>**</sup>	8,84 <sup>**</sup>	5,17 <sup>**</sup>	2,14 <sup>*</sup>	2,50 <sup>*</sup>

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>\*\*</sup> e <sup>\*</sup>: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste de F, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação; M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5 e M10: M6 + M7.

<sup>(1)</sup> Dados transformados por raiz de  $x + 1$ , para ambos os anos agrícolas.

Fonte: Próprio autor.

Já o cultivar convencional apresentou maiores teores de Zn (28 mg kg<sup>-1</sup>) em suas raízes devido o fornecimento de Zn e Mn via foliar (M9), conforme a Tabela 8. Neste caso, descartou-se um provável sinergismo entre os micronutrientes para tal resultado, já que, o fornecimento de ambos numa mesma unidade experimental via solo (M8) resultou em teores inferiores aos obtidos em M9 e, semelhantes aos observados nas plantas testemunhas (M1).

Assim como ocorreu para as plantas transgênicas, os maiores teores de Zn constatados para o tratamento, pode estar relacionado ao aumento no teor do micronutriente no solo

decorrente do fornecimento deste via foliar. Pois, parte da calda aplicada, não foi prontamente absorvida pelas folhas das plantas, sendo esta, depositada ao solo e, posteriormente absorvida e incorporada as raízes da cultura.

Tabela 8 - Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para os teores de Zn, Mn, Fe e Cu nas raízes de soja, safra 2013/2014, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )		Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	
	TMG 1179RR	TMG 1179RR	TMG 1179RR	TMG 1179RR
M1	9 cA	9 cA	3 dA	4 dA
M2	13 abcA	11 bcA	6 cdA	7 cdA
M3	15 abcA	12 bcA	5 cdA	4 dA
M4	11 bcA	11 bcA	13 bA	11 bcA
M5	19 aA	19 bA	4 cdA	5 cdA
M6	13 abcA	10 cA	21 aA	18 abA
M7	17 abA	17 bA	4 cdA	5 cdA
M8	15 abcA	9 cB	10 bcA	7 cdA
M9	15 abcB	28 aA	12 bB	20 aA
M10	20 aA	16 bA	10 bcA	6 cdB

Tratamentos	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )		Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	
	TMG 1179RR	TMG 1179RR	TMG 1179RR	TMG 1179RR
M1	388 bB	592 aA	8 aB	19 abA
M2	323 bA	404 aA	11 aA	11 abA
M3	437 bA	514 aA	12 aA	9 bA
M4	316 bA	440 aA	12 aB	22 aA
M5	369 bA	493 aA	16 aA	11 abA
M6	838 aA	626 aB	12 aB	22 aA
M7	405 bA	518 aA	13 aA	13 abA
M8	1.036 aA	343 aB	13 aA	16 abA
M9	255 bB	632 aA	14 aA	18 abA
M10	352 bA	348 aA	11 aA	13 abA

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, dentro do mesmo ano agrícola, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5; M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

Os teores de Mn das raízes de soja obtidos em 2013/14 foram semelhantes entre os cultivares adotados no presente estudo (Tabela 7), no entanto, diferiram em 2014/15, com teores do micronutriente superiores verificados para o cultivar convencional em comparação ao transgênico.

No desdobramento da interação para o ano agrícola 2013/14 (Tabela 8), as plantas transgênicas apresentaram maiores teores de Mn (21 mg kg<sup>-1</sup>) quando cultivadas nas áreas que receberam parte do Mn recomendado para a cultura via solo e, sua complementação via foliar

(M6). Nesse sentido, o aumento do teor de Mn nas raízes somente foi possível quando o nutriente foi fornecido via adubação foliar, não sendo constatado incremento de Mn quando de sua aplicação via solo durante a semeadura da cultura, já que, os resultados observados para as plantas testemunhas foram semelhantes aos verificados em M2 (aplicação de Mn via solo).

Por sua vez, o cultivar convencional exibiu teores superiores de Mn nos seus tecidos radiculares quando, combinado com o fornecimento de Mn e Zn via adubação foliar (Tabela 8). Porém, este não foi superior estatisticamente ao tratamento 6, que forneceu o Mn as plantas em dois modos. Semelhante ao comportamento observado no cultivar transgênico, os teores de Mn exibidos nas raízes das plantas convencionais não foram elevados em função da aplicação de Mn via solo, haja vista, os resultados semelhantes obtidos em M1 (testemunha) e em M2 (aplicação de Mn via solo) e M8 (aplicação de Mn e Zn via solo).

De acordo com Malavolta (2006), o Mn transloca-se livremente na corrente transpiratória e, quando o suprimento é adequado, se acumula nas raízes, caule e folhas sendo classificado como imóvel no floema, contudo, move-se para os grãos em desenvolvimento, mas, não para as raízes.

Desta maneira, uma das hipóteses para explicar os bons resultados exibidos nos tratamentos que se fizeram utilização do fornecimento do Mn via foliar está no fato de que a aplicação foliar de Mn elevou significativamente os teores de Mn nos tecidos foliares (Tabela 3). Além disso, uma quantidade razoável da calda aplicada sobre a cultura não foi absorvida, sendo depositadas ao solo, numa região muito próxima aos sistemas radiculares das plantas, o que favoreceu a absorção deste micronutriente pelas raízes. Assim, como os níveis do micronutriente contido nas folhas atingiram valores elevados e considerados adequados para a cultura, o nutriente absorvido via raízes acumulou-se nessa região.

Além disso, a ausência de respostas semelhantes dos tratamentos cuja aplicação de Mn foi via solo pode ser devido a maior adsorção do micronutriente decorrente da característica mais argilosa do solo da área experimental. Associado a esse fato, a aplicação de calcário em 2013/14 pode ter contribuído para a não ocorrência de respostas positivas ao incremento de Mn via adubação de solo, já que, a elevação do pH dos solos diminui a disponibilidade deste micronutriente metálico.

Deste modo, os teores superiores de Mn obtidos nas raízes das plantas tratadas com o fornecimento do nutriente via foliar podem ser explicados pelo período decorrido entre a calagem e a aplicação do micronutriente em meados de dezembro de 2013. Assim, pode ter ocorrido uma redução no efeito da calagem nestes solos, devido sua característica química, o



que favoreceu uma maior absorção de Mn pelas raízes, já que, este nutriente tem sua disponibilidade elevada em condições em que, os solos se apresentam mais ácidos.

Com exceção do fornecimento de Mn e Zn parcelado e aplicado via solo e foliar (M10), os cultivares apresentaram resultados semelhantes quanto aos teores de Mn nos tecidos radiculares das plantas (Tabela 8). Desta maneira, é possível afirmar que as plantas transgênicas possuem capacidade semelhante as plantas convencionais em absorver e incorporar Mn nas raízes.

Diferentemente dos resultados obtidos no primeiro ano agrícola, em 2014/15, os teores de Mn observados nas raízes das plantas transgênicas não foram incrementados pelos modos de aplicação de Mn e Zn (Tabela 9), pois, os resultados exibidos para os tratamentos testemunhas foram semelhantes aos demais tratamentos responsáveis pelo fornecimento dos micronutrientes sob diferentes modos. Contudo, o fornecimento de Mn via adubação foliar em uma única vez (M4) exibiu o maior valor médio de Mn ( $23 \text{ mg kg}^{-1}$ ) dos tecidos radiculares, sendo superior aos resultados obtidos das plantas que receberam Zn via solo na dose recomendada de  $5 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Os resultados obtidos para o cultivar convencional no primeiro ano agrícola se confirmaram em 2014/15 (Tabela 9), com aumento nos teores de Mn nas raízes das plantas em consequência do fornecimento de Mn e Zn via foliar, quando as plantas se encontravam no estágio R<sub>1</sub>. Entretanto, diferentemente dos resultados obtidos ano anterior, o M6, que refere-se as plantas tratadas com o fornecimento de Mn em dois modos de aplicação exibiu elevados teores de Mn, incrementando-os nas raízes das plantas, já que, seus teores foram superiores aos verificados para a testemunha, porém, inferior aos resultados obtidos em M9.

Os reduzidos teores de Mn obtidos nas raízes das plantas convencionais cultivadas nas áreas que receberam a aplicação de Mn via solo pode ser explicados pela característica argilosa do solo da área experimental, o qual, favoreceu uma maior adsorção do micronutriente pelos colóides do solo, tornando-os indisponíveis para as raízes destas plantas. Além disso, o aumento de P na solução do solo decorrente do efeito acumulativo das adubações fosfatadas requeridas a cada ano, para se obter uma boa produtividade pode ter influenciado nos resultados obtidos, já que, o aumento na disponibilidade de P pode reduzir a absorção de Mn pelas plantas.

Os modos 6 e 9 proporcionaram aumento nas concentrações de Mn das plantas convencionais em relação as transgênicas (Tabela 9). Entretanto, quando os cultivares receberam a aplicação de Mn em duas etapas, com modos distintos de fornecimento, teores superiores do micronutriente foram verificados nas plantas transgênicas. Além disso, os

cultivares não apresentaram alterações nas concentrações de Mn em função dos modos 2 e 8, os quais, disponibilizaram o micronutriente via adubação de solo na semeadura da cultura.

Tabela 9 - Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para os teores de N, Mn, Fe e Cu nas raízes de soja, safra 2014/2015, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	N (g kg <sup>-1</sup> )		Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	
	TMG 1179RR	TMG 1179RR	TMG 1179RR	TMG 1179RR
M1	8,6 abA	9,4 aA	8 abA	6 cA
M2	7,9 abcA	9,4 aA	11 abA	9 cA
M3	9,1 aA	10,1 aA	7 bA	8 cA
M4	7,8 abcA	8,7 aA	23 aA	12 cB
M5	7,9 abcB	9,5 aA	8 abA	7 cA
M6	8,5 abA	8,4 aA	15 abB	41 bA
M7	6,6 bcB	9,2 aA	9 abA	5 cA
M8	5,8 cB	9,4 aA	8 abA	14 cA
M9	7,7 abcA	8,5 aA	10 abB	80 aA
M10	8,5 abA	9,3 aA	12 abA	5 cA

Tratamentos	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )		Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	
	TMG 1179RR	TMG 1179RR	TMG 1179RR	TMG 1179RR
M1	503 bcA	512 aA	17 abA	6 aB
M2	605 abcA	452 aA	26 aA	7 aB
M3	505 bcA	328 aA	15 abA	7 aB
M4	406 cA	424 aA	15 abA	8 aA
M5	611 abcA	341 aB	9 bA	5 aA
M6	771 abA	583 aA	9 bA	8 aA
M7	894 aA	283 aB	14 abA	16 aA
M8	383 cB	595 aA	10 bA	7 aA
M9	341 cA	502 aA	9 bA	6 aA
M10	593 abcA	326 aB	19 abA	7 aB

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5; M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

Desta maneira, os resultados obtidos indicam que, em condições normais de cultivo a campo, os cultivares transgênicos apresentam níveis de Mn equivalentes aos teores de Mn encontrados nos tecidos radiculares das plantas convencionais. Deste modo, os resultados divergem dos relatados por Neumann et al. (2006), que observaram redução na absorção e translocação do Mn em soja transgênica.

Os teores de Fe das raízes do cultivar transgênico foram afetados pelos modos de aplicação de Mn e Zn em 2013/14 (Tabela 8), com maiores resultados (838 e 1.036 mg kg<sup>-1</sup>) obtidos nos tratamentos 6 e 8, respectivamente, que por sua vez, diferiram dos demais tratamentos, sem no entanto, diferiram entre si. De acordo com os resultados, apenas a aplicação

conjunta de Mn e Zn via solo (M8), favoreceu o incremento de Fe nas raízes das plantas transgênicas, pois, os resultados obtidos para os tratamentos com Mn e Zn, ou seja, M2 e M3, respectivamente, aplicados de forma independente um do outro foram inferiores aos valores exibidos em M8. Provavelmente, o fornecimento de Mn e Zn, dois micronutrientes metálicos proporcionaram uma condição favorável, a qual elevou a disponibilidade de Fe, favorecendo sua absorção via raízes pelas plantas transgênicas.

No desdobramento da interação do cultivar convencional cultivado em 2013/14 (Tabela 8), verificou-se que os modos de aplicação de Mn e Zn não alteraram as concentrações de Fe nas raízes destas plantas. Também, constatou-se que os cultivares exibiram concentrações de Fe diferentes, entre si, somente quando submetidas aos modos 6 e 8, com teores superiores de Fe observados no cultivar transgênico.

Assim como em 2013/14, os modos de aplicação de Mn e Zn alteraram as concentrações de Fe contidos nos tecidos radiculares e, exibidos pelas plantas transgênicas em 2014/15 (Tabela 9). Entretanto, diferentemente do ano anterior, o incremento na concentração de Fe nos tecidos radiculares das plantas, foi resultado da aplicação de Zn no solo mais a aplicação de Zn via foliar (M7). Ainda nesse sentido, a elevada concentração de Fe exibida pelo modo 8 em 2013/14 (Tabela 8) não se confirmou em 2014/15, tendo este tratamento, exibido para o segundo ano de cultivo uma das menores concentrações de Fe, embora, seja semelhante aos resultados constatados nas plantas testemunhas.

No desdobramento da interação do cultivar convencional para o ano agrícola 2014/15 (Tabela 9), verificou-se que, os resultados obtidos no ano anterior (Tabela 8), se confirmaram no segundo ano de estudo, não sendo constatadas alterações nas concentrações de Fe nas raízes das plantas convencionais. Além disso, as plantas convencionais exibiram teores do micronutriente inferiores as plantas transgênicas, quando estas receberam os modos 5, 7 e 10. Contudo, o fornecimento conjunto de Mn e Zn via solo (M8) reduziu significativamente os níveis de Fe nas raízes do cultivar transgênico frente ao convencional.

Muito provavelmente, a grande variabilidade nos valores registrado para o Fe são consequências das características químicas do solo associado as condições edafoclimáticas da região sobre a qual realizou-se o estudo, além das características intrínsecas dos cultivares envolvidos no ensaio experimental. Assim, a reduzida quantidade de trabalhos científicos relacionados ao estado nutricional das raízes de soja, torna-se um entrave para a elucidação da dinâmica deste e de outros nutrientes contidos nos tecidos radiculares destas plantas, além de que, a falta de parâmetros, como as faixas de adequação dos nutrientes nas raízes, dificulta a compreensão dos resultados.

Contudo, há que se ressaltar que, mesmo havendo grande variação nos teores de Fe nas raízes, que, em algumas situações exibiram concentrações elevadas, que poderia ocasionar toxidez destes tecidos. No entanto, não foi constatado nenhuma alteração morfológica no sistema radicular destas plantas, independente do cultivar utilizado.

Os diferentes modos de aplicação de Mn e Zn não alteraram os teores de Cu observados nos tecidos radiculares das plantas transgênicas cultivadas em 2013/14 (Tabela 8). Contudo, as plantas convencionais cultivadas no mesmo período apresentaram alterações nas concentrações de Cu decorrentes dos modos de aplicação de Mn e Zn às plantas. Porém, os tratamentos com diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, não incrementaram os teores do micronutriente nas raízes destas plantas, pois, mesmo os maiores valores exibidos nos tratamentos 4 e 6 (22 mg kg<sup>-1</sup>), não foram superiores as concentrações de Cu verificadas nas raízes das plantas transgênicas. No entanto, vale ressaltar que, o fornecimento de Zn na dose de 5 kg ha<sup>-1</sup> (M3) via solo exibiu a menor concentração de Cu, sem no entanto, diferir dos resultados observados para as testemunhas.

Comparando as concentrações de Cu das raízes dos cultivares estudados em 2013/14 (Tabela 9), verificaram-se maiores teores do micronutriente nas plantas convencionais em comparação com as transgênicas, com destaque para os tratamentos 4 e 6. Entretanto, não se pode dizer que esses resultados são consequências dos tratamentos que forneceram Mn de modos distintos ao cultivar convencional, haja vista que, os teores de Cu nas raízes das plantas testemunha do cultivar convencional também apresentaram concentrações superiores.

Deste modo, os resultados verificados estão mais relacionados a característica genotípica do cultivar, do que, propriamente com o modo de aplicação de Mn e Zn. Isto pode ocorrer devido sua capacidade em absorver maiores quantidades de Cu disponível no solo e/ou por incorporar o Cu em suas raízes, por estarem estas plantas, com níveis adequados do micronutriente em seus tecidos vegetais.

Já em 2014/15 (Tabela 9), comportamento diferente ao observado em 2013/14 foi verificado para as plantas transgênicas, sobre as quais, houve alterações nos teores de Cu decorrentes da aplicação de Mn e Zn. Entretanto, nenhum tratamento que forneceu Mn e Zn as plantas elevou as concentrações de Cu nas raízes da soja transgênica, já que, teores equivalentes do micronutriente foram observados nas plantas testemunhas. Semelhante aos resultados observados para o cultivar transgênico, os modos de aplicação de Mn e Zn não incrementaram os teores de Cu nas raízes.

Além disso, diferentemente do ocorrido no ano anterior, em 2014/15 (Tabela 9), as raízes das plantas transgênicas exibiram maiores teores de Cu em comparação às convencionais,

sobretudo, nos modos 2, 3 e 10, além da testemunha (M1). Deste modo, a hipótese de que, os resultados obtidos no primeiro ano não foram em decorrência do modo de fornecimento de Mn e Zn às plantas, se confirmaram neste segundo ano de estudo, haja vista que, as plantas transgênicas que em 2013/14 exibiram concentrações inferiores, se destacaram no ano seguinte com níveis elevados de Cu frente as plantas convencionais, sobretudo em relação a comparação da testemunha de ambos os cultivares.

#### **4.3 Estado nutricional dos grãos**

Os cultivares de soja adotados no ensaio experimental apresentaram comportamento semelhante para o teor de N constatado durante os anos agrícolas em que se baseou a pesquisa (Tabela 10), sempre com teores de N superiores nos grãos de soja do cultivar convencional. Além disso, os diferentes modos de aplicação de Mn e Zn não afetaram os teores de N obtidos dos grãos de soja nos dois anos agrícolas.

A ocorrência de alterações no teor de N apenas entre os cultivares está relacionada ao processo de translocação, que é distinto entre os cultivares, com maior capacidade das plantas convencionais em translocar o macronutriente de outras regiões da planta, principalmente das folhas para os grãos e formação, já que, este é imprescindível na síntese de aminoácidos e proteínas.

Por outro lado, a ausência de variações nas concentrações do N em função das formas de aplicação de Mn e Zn, indicam que o fornecimento do nutriente via fixação biológica foi suficiente para o desenvolvimento das plantas e posterior formação dos grãos, independente do cultivar utilizado, já que, os teores de N dos grãos das plantas testemunhas foram semelhantes aos teores obtidos nos demais tratamentos, em ambos os anos agrícolas.

Estes resultados se assemelham aos relatados por Inocêncio (2010), que estudando respostas da soja a diferentes alternativas de adubação de restituição de Zn o em solo de cerrado, não verificou alterações nos teores de N em consequência da utilização de fontes e aplicação de diferentes formas de Zn à cultura da soja. Também corroboram os relatos de Souza et al. (2009), que estudando tratamento de sementes associado a aplicação de micronutrientes, dentre eles Zn e Mn em soja, não constataram efeitos destes tratamentos sobre as concentrações de N nos grãos da soja.

Tabela 10 - Teores de N, P, K, Ca, Mg e S nos grãos de dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	Teor de N (g kg <sup>-1</sup> )		Teor de P (g kg <sup>-1</sup> )		Teor de K (g kg <sup>-1</sup> )	
	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15
Cultivares - C						
TMG 1179RR	60,3b	54,4b	7,0a	5,2	13,1b	16,4b
TMG 4182	63,5a	57,4a	6,5b	4,8	14,1a	17,1a
Teste F - C	14,07**	19,49**	10,12**	28,86**	19,30**	12,49**
DMS	1,69	1,37	0,30	0,17	0,45	0,42
Modos de aplicação – M						
M1	61,2a	54,9a	6,5a	4,9	13,4ab	16,6a
M2	61,2a	54,4a	6,7a	4,9	13,8ab	16,3a
M3	57,8a	53,9a	6,5a	4,8	13,1ab	16,3a
M4	62,1a	54,4a	6,7a	5,1	12,8b	16,5a
M5	62,2a	55,9a	6,7a	5,1	13,8ab	16,9a
M6	63,7a	57,1a	6,9a	5,1	14,7a	17,1a
M7	61,6a	58,3a	7,0a	5,1	13,4ab	17,1a
M8	62,3a	56,0a	6,8a	5,2	13,4ab	16,9a
M9	63,8a	57,0a	6,9a	5,0	13,8ab	16,3a
M10	62,8a	56,8a	6,6a	5,0	13,4ab	17,4a
Teste F – M	1,57 <sup>ns</sup>	1,74 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	1,03 <sup>ns</sup>	1,87*	1,48 <sup>ns</sup>
CV (%)	6,13	5,47	10,06	7,49	7,51	5,57
DMS	6,24	5,03	1,11	0,62	1,67	1,54
Teste F – C x M	0,42 <sup>ns</sup>	1,92 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	2,19*	1,37 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>
Tratamentos	Ca (g kg <sup>-1</sup> )		Mg (g kg <sup>-1</sup> )		S (g kg <sup>-1</sup> )	
	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15
Cultivares - C						
TMG 1179RR	1,7a	2,7b	2,3a	2,5b	3,1a	2,1b
TMG 4182	1,8a	2,9a	2,1b	2,7a	2,5b	2,7a
Teste F - C	1,57 <sup>ns</sup>	13,10**	12,40**	6,95*	44,26**	77,57**
DMS	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4
Modos de aplicação – M						
M1	1,8a	3,0a	2,2a	2,6a	2,8a	2,3a
M2	1,7a	2,8a	2,3a	2,6a	2,8a	2,5a
M3	1,7a	2,8a	2,1a	2,4a	2,8a	2,4a
M4	1,8a	2,6a	2,2a	2,5a	2,7a	2,3a
M5	1,8a	2,9a	2,1a	2,7a	2,8a	2,5a
M6	1,6a	3,0a	2,1a	2,7a	3,0a	2,3a
M7	1,8a	2,7a	2,3a	2,7a	2,9a	2,5a
M8	1,8a	2,7a	2,3a	2,6a	2,8a	2,4a
M9	2,0a	2,8a	2,3a	2,6a	2,9a	2,2a
M10	1,7a	2,7a	2,2a	2,6a	2,6a	2,4a
Teste F – M	0,86 <sup>ns</sup>	1,74 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	2,11 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>
CV (%)	18,97	11,94	12,45	8,00	13,67	13,05
DMS	0,55	0,55	0,45	0,34	0,63	0,51
Teste F – C x M	1,37 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>	1,93 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* e \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste de F, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação; M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5 e M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

Vale lembrar também que, independentemente do cultivar, bem como, dos modos de aplicação de Mn e Zn, em ambos os anos agrícolas, as concentrações de N observadas ficaram acima de  $51 \text{ g kg}^{-1}$ , teor este, indicado como suficiente para uma boa produtividade de grãos da cultura de acordo com Embrapa (1996).

O teor de P nos grãos do cultivar transgênico foi superior ao convencional em 2013/14 (Tabela 10), tendência esta que se confirmou em 2014/15. Contudo, os teores inferiores de P obtidos para o cultivar convencional nos dois anos agrícolas ficaram acima em 2013/14 e bem próximo em 2014/15 de  $5 \text{ g kg}^{-1}$  de P, valor sugerido como ideal para se obter altas produtividades de grãos (EMBRAPA, 1996).

As formas de adubação de Mn e Zn em 2013/14 não proporcionaram alterações nos teores de P observadas nos grãos da cultura, entretanto, as concentrações verificadas para os referidos tratamentos se adequaram numa faixa considerada satisfatória para obtenção de altas produtividades da cultura. Além disso, os teores médios de P constatados estão em conformidade com os relatados por Sfredo et al. (1997) em seu estudo com micronutriente e inoculante via semente realizado na cultura da soja.

Em 2014/15, os cultivares se comportaram diferentemente em relação aos modos de aplicação de Mn e Zn (Tabela 12). As diferentes formas de fornecimento de Mn e Zn não incrementaram, tão pouco, alteraram os teores de P nos grãos obtidos do cultivar transgênico. Os resultados obtidos para esse cultivar se assemelharam aos constatados por Souza et al. (2009), que não observaram alterações nos teores de P em seu estudo com tratamento de sementes e aplicação de micronutrientes em soja.

No entanto, esse comportamento não se confirmou para o cultivar convencional, que por sua vez, exibiu maiores teores de P devido ao fornecimento de Mn e Zn via solo (M8), e aplicação de Mn no solo mais complementação via foliar (M6). Contudo, mesmo exibindo maiores teores de P, esses tratamentos não elevaram os teores de P nos grãos das plantas por eles tratadas, haja vista que, seus níveis são equivalentes aos verificados nas plantas testemunhas.

Os menores teores de P (Tabela 12) verificados pela aplicação de Zn via solo (M3) no cultivar convencional pode ser devido a interações antagônicas do Zn com o P, como as constatações feitas por Araújo e Machado (2006) e Oliveira et al. (2003) que apontam existir efeito antagônico entre esses nutrientes, com possível redução nos teores de um nutriente em resposta ao aumento na disponibilidade do outro. De acordo Vitti e Luz (1998), plantas originadas de grãos com menor conteúdo de P não atendem à demanda metabólica inicial das plantas e, assim, é esperado menor desenvolvimento inicial das plantas em campo.

Nesse sentido, e de acordo com os resultados obtidos no cultivar transgênico (Tabela 12), a ausência desse efeito antagônico entre os nutrientes se deu em função do maior suprimento de P nas plantas transgênicas, pois, em geral, os níveis de P nos grãos do cultivar transgênico foram superiores aos constatados para o cultivar convencional. Nesse contexto, a aplicação de Zn, principalmente via solo, em situações em que estes solos contenham teores adequados de P, provavelmente não reduziriam as concentrações deste macronutriente nos grãos de soja.

Entretanto, este comportamento pode estar associado as características fisiológicas e bioquímicas dos cultivares decorrentes de sua diferenciação genotípica. Além disso, a menor massa verificada nos grãos do cultivar transgênico pode ter contribuído para tais resultados, pois, se considerar uma absorção equivalente de P entre os cultivares, provavelmente, a concentração de P por unidade de massa tende a ser maior nos grãos transgênicos, já que, estes possuem massa de grãos inferior (Tabela 14) aos dos obtidos no cultivar convencional. Contudo, esta tendência não foi observada no primeiro ano agrícola, e nem se confirmou para os demais macronutrientes (Tabelas 10).

Quanto aos teores de K, maiores teores do nutriente foram verificados nos grãos do cultivar convencional frente ao transgênico em 2013/14 (Tabela 10), e esta tendência se confirmou em 2014/15. Além disso, somente as concentrações de K observadas em 2014/15 nos grãos do cultivar convencional se adequaram ao valor sugerido de  $17,0 \text{ g kg}^{-1}$ , considerado ideal para se obterem ótimas produtividades (EMBRAPA, 1996). Entretanto, em 2013/14 verificaram-se boas produtividades média de grãos em ambos os cultivares, tendo estas ficado acima do valor médio ( $3.000 \text{ kg ha}^{-1}$ ) registrado para o estado de Mato Grosso no referido ano agrícola (CONAB, 2015).

Além disso, a adubação potássica de base associada ao fornecimento suplementar do nutriente via cobertura aos 30 dias após a emergência das plantas não foi suficiente para elevar os teores do nutriente a níveis próximos dos valores sugeridos pela Embrapa (1996). Isto pode ter ocorrido devido à perda de parte do nutriente fornecido às plantas em decorrência da lixiviação, ocasionada pelas intensas chuvas muito comum no período compreendido entre outubro e janeiro, ou, porque estas concentrações observadas nos grãos são suficientes para a formação e desenvolvimento dos grãos destes cultivares. Assim, pode-se dizer que não há um padrão mínimo de exigência entre os cultivares quanto aos teores de K nos grãos de soja, como indicativo de altas produtividades. Pois, cada cultivar possuem níveis específicos de exigência do nutriente, para suprir suas necessidades e, assim, exibir bons rendimentos de grãos.



Os modos de aplicação de Mn e Zn promoveram alterações nos teores de K dos grãos de soja em 2013/14 (Tabela 10), porém, não houve incremento do nutriente devido aos tratamentos adotados, já que, a testemunha apresentou concentrações equivalentes de K em relação aos demais tratamentos. O que houve foi redução dos teores de K quando da aplicação de Mn via foliar (M4) em relação as concentrações do macronutriente obtidas das plantas que receberam Mn em formas distintas (M6).

Os teores de Ca constatados nos grãos de soja dos cultivares estudados tanto em 2013/14, quanto em 2014/15 (Tabela 10), ficaram abaixo do valor sugerido pela Embrapa (1996) como suficiente para a obtenção de altas produtividades. Além disso, não constataram-se alterações nos teores de Ca entre os cultivares em 2013/14, comportamento este que não se confirmou em 2014/15, já que, observaram-se maiores concentrações de Ca nos grãos obtidos das plantas convencionais.

Diferentemente do verificado para os teores de Ca, os teores de Mg e S sofreram alterações em função do tipo de cultivar utilizado nos dois anos de cultivo (Tabela 10). Além disso, Mg e S se comportaram de modo semelhante durante o período de estudo, com concentrações superiores e inferiores destes macronutrientes em 2013/14 e 2014/15, respectivamente, constatadas nos grãos colhidos das plantas transgênicas em comparação ao cultivar convencional.

Também, vale destacar que os teores obtidos para o Mg e S em ambos os anos agrícolas ficaram acima e abaixo, respectivamente, dos teores indicados como suficiente para a obtenção de altas produtividades da cultura, que, de acordo com a Embrapa (1996) é de 2,0 e 5,4 g kg<sup>-1</sup> para Mg e S, respectivamente.

Quanto aos modos de aplicação de Mn e Zn, estes não alteraram os teores Ca, Mg e S verificados nos grãos de soja. Também observados por Souza et al. (2009) e Inocêncio (2010), de que a aplicação de micronutrientes, dentre os quais, Mn e Zn não afetam as concentrações desses macronutrientes nos grãos da cultura. Porém, os teores dos nutrientes estão abaixo dos obtidos por Yamada et al. (2003) que estudaram a composição química e o conteúdo de Fe solúvel na cultura da soja. Outros autores também relataram que a aplicação de doses de Mn e Zn não promoveram efeito significativo sobre os teores de Ca, Mg e S nos grãos de feijão (TEIXEIRA et al., 2005).

O fato de utilizar dois cultivares, sendo um transgênico e outro convencional não alterou os teores de Zn nos grãos de soja desses cultivares nos dois anos de cultivo (Tabela 11). Contudo, em ambos os cultivares, os teores de Zn verificados ficaram acima de 40 mg kg<sup>-1</sup>, valor exigido pela cultura para a obtenção de boas produtividades de grãos. Ainda nesse sentido,

os teores médios de Zn observados nos cultivares em 2013/14 apresentaram acréscimo de aproximadamente 120% do nutriente nos grãos colhidos em 2014/15.

Tabela 11. Teores de Zn, Mn, Fe e Cu nos grãos de dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	Teor de Zn (mg kg <sup>-1</sup> )		Teor de Mn (mg kg <sup>-1</sup> )		Teor de Fe (mg kg <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>		Teor de Cu (mg kg <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>	
	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15
Cultivares - C								
TMG 1179RR	47a	102a	20a	22a	177a	336	12a	14b
TMG 4182	48a	103a	15b	20b	112b	81	14a	29a
Teste F - C	0,41 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	146,42 <sup>**</sup>	32,59 <sup>**</sup>	40,63 <sup>**</sup>	230,77 <sup>**</sup>	2,70 <sup>ns</sup>	58,25 <sup>**</sup>
DMS	2,57	2,37	0,84	0,74	20,68	33,55	2,10	3,94
Modos de aplicação – M								
M1	40d	103a	16b	20a	144a	250	10d	27a
M2	40d	104a	17ab	21a	122a	304	11cd	25a
M3	44cd	103a	17ab	19a	147a	173	10d	17a
M4	42d	103a	19ab	20a	127a	153	18abc	17a
M5	56a	104a	17ab	21a	153a	195	9d	23a
M6	44cd	100a	19ab	21a	136a	215	11bcd	23a
M7	52abc	102a	17ab	20a	158a	194	10d	22a
M8	47bcd	104a	18ab	21a	147a	242	9d	16a
M9	55ab	103a	20a	21a	157a	187	19ab	18a
M10	52abc	102a	19ab	21a	155a	174	21a	29a
Teste F – M	9,61 <sup>**</sup>	042 <sup>ns</sup>	3,18 <sup>**</sup>	1,97 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	2,91 <sup>**</sup>	7,88 <sup>**</sup>	2,11 <sup>ns</sup>
CV (%)	12,20	5,17	10,56	7,98	14,60	14,76	16,54	17,39
DMS	9,47	8,72	3,10	2,71	76,05	123,37	7,72	14,49
Teste F – C x M	0,41 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	1,25 <sup>ns</sup>	1,35 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	3,63 <sup>**</sup>	2,32 <sup>ns</sup>	1,32 <sup>ns</sup>

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* e \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste de F, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação; M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5 e M10: M6 + M7.

<sup>(1)</sup> Dados transformados por raiz de  $x + 1$ , para ambos os anos agrícolas.

Fonte: Próprio autor.

Os teores de Zn encontrados nos grãos de soja variaram somente em 2013/14 (Tabela 11). Desta maneira, o fornecimento de Zn isolado ou combinado com o Mn via foliar (M5 e M9, respectivamente) incrementaram os teores de Zn em aproximadamente 40% em relação aos grãos de soja das plantas testemunhas. Desta maneira, os resultados indicam que houve mobilidade do Zn, da folha para os grãos, contrariando as observações feitas por Yagi et al. (2006) e Inocêncio (2010), de que, mesmo existindo variações nos teores de Zn nas folhas, estas podem não ocorrer nos grãos, indicando a baixa mobilidade deste nutriente na planta.

Já a ausência de variação nos teores do micronutriente em 2014/15, provavelmente esteja relacionado ao aumento dos níveis de Zn no solo devido ao efeito acumulativo das

adubações com Zn realizadas em 2013/14 e 2014/15, fato este, que pode ter contribuído para a ausência de efeitos significativos dos tratamentos aplicados. Tais resultados podem indicar que a baixa mobilidade do micronutriente das folhas para os grãos de soja esteja associada aos níveis do Zn no solo.

Deste modo, a aplicação foliar de Zn em áreas com bons teores do micronutriente no solo, resultará numa mobilidade praticamente nula. Entretanto, pode ser que as plantas cultivadas em áreas com teores insuficientes de Zn e, supridas do micronutriente via adubação foliar, desenvolvam a capacidade de aumentar a mobilidade deste nutriente no floema por meio de mecanismos bioquímicos ainda desconhecidos. Contudo, são necessários mais estudos e a longo prazo para que possam confirmar as constatações do presente estudo, haja vista que, outros autores como Peruchi (2006) não relataram efeito significativo das aplicações foliares de Zn nas plantas de soja sobre o teor deste micronutriente nos grãos, presumindo serem os resultados consequência da baixa mobilidade do Zn no floema das plantas.

Em ambos os anos agrícolas, os grãos obtidos do cultivar transgênico apresentaram concentrações superiores de Mn em comparação aos do cultivar convencional (Tabela 11). Tais resultados podem ser devido a uma maior eficiência do cultivar transgênico em translocar esses nutrientes de outras regiões para os grãos. Como também podem ser consequência do efeito da concentração do nutriente nos grãos, pois, as plantas transgênicas apresentaram como características, a produção de grande quantidade de grãos, porém, de menor massa por unidade em relação aos grãos produzidos pelo cultivar convencional.

Os modos de aplicação de Mn e Zn promoveram acréscimo em 2013/14 na concentração de Mn (Tabela 11) nos grãos obtidos das plantas que receberam o fornecimento de Mn e Zn via adubação foliar (M9). Contudo, os teores registrados para esse tratamento não diferiram dos demais tratamentos, com exceção da testemunha (M1). Além disso, os teores ficaram abaixo do valor de 30 mg kg<sup>-1</sup>, sugerido pela Embrapa (1996) como ideal para se obter boa produtividade, no entanto, foram semelhantes aos teores obtidos por Souza et al. (2009) e Inocêncio (2010). O Mn é o nutriente envolvido na fotossíntese, sendo fundamental nas reações que catalisam os estágios iniciais da produção de oxigênio. Desta maneira, plantas deficientes em Mn influenciam negativamente o teor de óleo, além de causar descoloração e desuniformidade do grão (MARSCHNER, 1995).

Mesmo ficando abaixo do valor sugerido como ideal para a obtenção de altas produtividades, os resultados de produtividade verificados para a cultura da soja indicam que os teores médios de Mn observados foram suficientes para suprir a exigência da cultura nos dois anos de estudo.

Além disso, os resultados sugerem que, nem mesmo o aumento da concentração de Mn nos tecidos foliares proporcionados por meio das aplicações foliares de Mn é capaz de elevar a mobilidade do nutriente via floema. De acordo com Taiz e Zeiger (2004), a mobilidade do Mn é reduzida quando a pouca disponibilidade do elemento para as plantas, reduzindo a translocação de Mn das folhas velhas para as novas. Porém, Caballero et al. (1996) relataram redistribuição dos órgãos vegetativos para os grãos somente no início da formação destes, indicando que aplicação foliar pode corrigir possíveis deficiências.

Diante disso, torna-se fundamental o fornecimento do nutriente em solos que apresentam deficiências ou até mesmo, níveis razoáveis de Mn, haja vista que, os manejos adotados para a produção da cultura como a prática da calagem podem reduzir a disponibilidade do micronutriente, afetando negativamente a nutrição da soja.

Tabela 12. Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para o teor de P e Fe nos grãos de dois cultivares de soja, safra 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	P (g kg <sup>-1</sup> )		Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	
	TMG 1179RR	TMG 4182	TMG 1179RR	TMG 4182
M1	4,9 aA	4,9 abA	398 abA	102 aB
M2	5,2 aA	4,7 abB	536 aA	73 aB
M3	5,3 aA	4,2 bB	251 bcA	95 aB
M4	5,5 aA	4,8 abB	203 cA	104 aA
M5	5,4 aA	4,8 abB	323 bcA	67 aB
M6	5,1 aA	5,1 aA	356 bcA	73 aB
M7	5,4 aA	4,7 abB	305 bcA	83 aB
M8	5,2 aA	5,2 aA	411 abA	72 aB
M9	5,0 aA	5,0 abA	304 bcA	69 aB
M10	5,3 aA	4,7 abB	272 bcA	75 aB

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5; M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

Em 2013/14, os teores de Fe nos grãos foram afetados somente pelo uso dos cultivares (Tabela 12). Nesse sentido, concentrações superiores de Fe (177 mg kg<sup>-1</sup>) foram obtidas nos grãos colhidos das plantas transgênicas, que, por sua vez, é aproximadamente 153% superior ao valor de 70 mg kg<sup>-1</sup> exigido para a cultura (EMBRAPA, 1996). Os altos teores de Fe são consequência da maior disponibilidade deste micronutriente nos solos da região, que em muitos casos tornam-se problemas, já que, sua alta concentração pode causar toxidez nestas plantas.

Os teores de Fe do cultivar transgênico em 2014/15 (Tabela 12) foram alterados pelos modos de aplicação de Mn e Zn, tendo as plantas de soja reduzido a concentração de Fe nos

grãos em função da aplicação de Mn via foliar (M4). Em contrapartida, maiores teores foram obtidos pela aplicação do Mn via solo, no entanto, os resultados indicam que não houve incremento de Fe. Esse comportamento se repetiu para o cultivar convencional, sobre o qual, não houve acréscimo de Fe em função dos tratamentos utilizados.

Com exceção feita ao tratamento 4, todos os demais tratamentos favoreceram o aumento nas concentrações de Fe encontradas nos grãos dos cultivares transgênicos. Desta maneira, os resultados podem sugerir que as plantas transgênicas sejam mais eficientes no transporte deste micronutriente de outras regiões da planta para os grãos em formação.

Diferença entre os cultivares quanto ao teor de Cu nos grãos de soja foi observada apenas em 2014/15 (Tabela 11), sendo que, o cultivar convencional apresentou valores superiores deste micronutriente em seus grãos.

Quanto aos modos de aplicação de Mn e Zn, estes alteraram os teores de Cu somente no primeiro ano de cultivo agrícola (Tabela 11). Nesse sentido, pode-se dizer que houve acréscimo nos teores de Cu nos grãos de soja ocasionado pela aplicação de Mn e Zn via foliar (M9) e pela aplicação dos micronutrientes divididos em duas formas de fornecimento para a cultura (M10). O aumento verificado nos níveis de Cu entre os tratamentos no segundo ano de cultivo, não foram suficientes para proporcionar alterações deste nos grãos colhidos. Além disso, os níveis encontrados para o micronutriente nos grãos de soja se encontram acima do valor considerado ideal para a cultura, segundo a Embrapa (1996).

#### **4.4 Componentes de produção e produtividade de grãos da soja**

As médias obtidas para os componentes de produção e a produtividade de grãos dos cultivares de soja nos dois anos agrícolas estão apresentadas nas Tabelas 13 e 14.

O número de vagens por planta e de grãos por vagem em ambos os anos foram superiores no cultivar transgênico (Tabela 13). Em seu estudo com cultivares de soja, Camozzato et al. (2009) relataram valor superior no NVP para o cultivar CD-214RR em relação aos cultivares convencionais estudados, contudo, não verificaram diferenças para o NGV. No presente estudo, os modos de aplicação de Mn e Zn não promoveram alterações nesses componentes de produção em ambos anos agrícolas, porém houve acréscimo tanto do NVP quanto do NGV em 2014/15.

No desdobramento da interação para NGV na safra 2014/15 (Tabela 16), o cultivar transgênico exibiu o maior valor quando combinado com o fornecimento de Mn via solo (M2), no entanto, este foi superior estatisticamente apenas em relação ao M6 (2,38). Mesmo

caracterizado por ser um cultivar de maior produção de grãos por vagem, o cultivar transgênico, com exceção do M7, não foi superior ao convencional, tendo, inclusive, resultado inferior no tratamento testemunha (M1).

Tabela 13 - Número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e número de grãos por planta (NGP) de dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	NVP		NGV		NGP	
	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15
<b>Cultivares - C</b>						
TMG 1179RR	38,50a	47,35a	2,56a	2,66	98,46	125,59
TMG 4182	26,96b	38,93b	2,38b	2,52	63,68	97,37
Teste F - C	228,14**	61,14**	23,37**	6,66*	54,27**	196,77**
DMS	1,52	2,15	0,07	0,11	2,95	4,03
<b>Modos de aplicação – M</b>						
M1	32,00a	43,18a	2,47a	2,74	79,10	116,33
M2	29,87a	44,13a	2,50a	2,75	75,41	122,97
M3	32,81a	41,85a	2,50a	2,61	85,47	109,06
M4	34,32a	41,11a	2,44a	2,51	84,23	104,19
M5	32,18a	43,58a	2,42a	2,65	78,30	115,97
M6	32,30a	43,54a	2,40a	2,43	77,52	105,56
M7	33,75a	45,80a	2,55a	2,59	85,28	118,48
M8	33,60a	42,14a	2,53a	2,60	85,46	107,82
M9	33,42a	42,88a	2,46a	2,44	81,31	104,22
M10	32,98a	43,18a	2,42a	2,56	78,63	110,16
Teste F – M	1,07 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	1,53 <sup>ns</sup>	2,62 <sup>ns</sup>	4,24**
CV (%)	10,44	11,16	6,60	9,71	8,15	8,07
DMS	5,62	7,93	0,26	0,41	10,87	14,81
Teste F – C x M	1,59 <sup>ns</sup>	1,12 <sup>ns</sup>	1,77 <sup>ns</sup>	3,00**	2,63*	2,40*

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* e \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste de F, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação; M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5 e M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

Tanto em 2013/14 (Tabela 15) quanto em 2014/15 (Tabela 16), o cultivar transgênico exibiu número de grãos por planta superior ao cultivar convencional. Em 2013/14, a combinação do cultivar transgênico com aplicação de Mn e Zn via foliar (M9) exibiu o maior valor para o NGP (106,2), o qual diferiu apenas do M6 (Tabela 15). Já o convencional apresentou melhor resultado pelo fornecimento de Zn no solo (M3), que por sua vez não diferiu dos demais tratamentos.

Em 2014/15, o maior NGP para o cultivar transgênico foi verificado quando da aplicação do Mn via solo (M2). Contudo, os modos de aplicação dos micronutrientes não

alteraram o número de grãos por planta (Tabela 16). Verificou-se também que ambos os cultivares apresentaram acréscimo nos valores de grãos por planta no segundo ano agrícola, com maior percentual de incremento no convencional (Tabelas 15 e 16).

Tabela 14 - Massa de 100 grãos (M100), massa de grãos por planta (MGP) e produtividade de grãos (PROD) de dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	M100 (g)		MGP (g)		PROD. (kg ha <sup>-1</sup> )	
	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15
Cultivares - C						
TMG 1179RR	12,02	11,53	11,82	14,46	3.713	4.180
TMG 4182	18,31	18,70	11,70	18,15	3.979	3.701
Teste F - C	556 <sup>**</sup>	748,75 <sup>**</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	124,13 <sup>**</sup>	29,44 <sup>**</sup>	49,02 <sup>**</sup>
DMS	0,90	0,70	1,00	1,20	155,0	220,0
Modos de aplicação – M						
M1	15,35	14,89	11,69	17,08	3.647	4.052
M2	15,22	14,91	10,90	17,53	3.865	4.182
M3	15,29	14,46	12,67	15,15	4.120	3.876
M4	15,42	15,23	12,61	15,47	3.821	3.969
M5	14,50	14,91	10,82	16,88	3.747	3.936
M6	15,70	15,44	11,76	15,98	3.879	3.688
M7	14,85	14,86	11,98	16,95	3.833	4.092
M8	16,00	15,43	12,95	16,06	4.041	3.883
M9	14,24	15,35	10,92	15,27	3.710	3.753
M10	15,11	15,66	11,23	16,71	3.800	3.973
Teste F – M	4,30 <sup>*</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	3,58 <sup>**</sup>	2,55 <sup>ns</sup>	3,42 <sup>**</sup>	1,92 <sup>ns</sup>
CV (%)	4,70	7,75	10,03	9,08	5,70	7,75
DMS	1,17	1,93	1,94	2,44	360,85	502,95
Teste F – C x M	1,78 <sup>*</sup>	1,37 <sup>*</sup>	2,40 <sup>*</sup>	2,21 <sup>*</sup>	2,10 <sup>*</sup>	1,54 <sup>*</sup>

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>\*\*</sup> e <sup>\*</sup>: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste de F, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação; M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5 e M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

Os resultados superiores das plantas transgênicas no quesito se explicam pelo fato de que estas apresentam maior quantidade de vagens, conforme mencionado anteriormente, mas que não necessariamente significará incremento de produtividade de grãos, devido ao tamanho e, conseqüentemente, menor massa desses grãos.

Uma das hipóteses para a ausência de respostas positivas do Mn e Zn aplicados na soja, nos dois anos agrícolas, em relação ao número de vagens por planta e grãos por vagem pode ser devido às características genótípicas dos cultivares pesquisados, ao manejo utilizado na cultura e das condições edafoclimáticas da região no período de estudo. Assim, a adubação

fosfatada nos dois anos agrícolas e calagem em 2013/14 podem ter reduzido o efeito dos micronutrientes aplicados via solo, com destaque para o Zn. Além disso, as chuvas mais intensas e concentradas nos períodos imediatamente posteriores à aplicação dos micronutrientes via foliar reduziu a expressão de eventuais respostas positivas nesses componentes.

Avaliando os componentes de produção do feijoeiro, Teixeira et al. (2008) não constataram efeito da aplicação do Zn sobre o NVP e o NGV, contudo os autores atribuíram a ausência de respostas ao teor adequado do micronutriente no solo. Em seu trabalho sobre o rendimento das plantas de trigo oriundas de sementes tratadas com Zn, Tunes et al. (2012) constataram aumento no número de espiguetas e de grãos por espiguetas de acordo com o incremento das doses de Zn nas sementes, constatando um aumento de até 200% no número de espiguetas por planta.

A massa de 100 grãos observada no cultivar convencional foi superior à obtida no cultivar transgênico nos dois anos agrícolas (Tabela 14) bem como em seus desdobramentos de interação, onde foi possível verificar que isso ocorreu independentemente do modo de aplicação de Mn e Zn (Tabelas 15 e 17). Contudo, esses resultados podem estar mais relacionados às características dos cultivares do que com os tratamentos aplicados, já que, o cultivar convencional apresentou menor quantidade de vagens e grãos, que foram compensadas pela maior massa por unidade desses grãos. Tais resultados corroboram os de Camozzato et al. (2009), que verificaram haver diferenças na massa de mil grãos entre cultivares convencionais e transgênicos de soja, entretanto, diferem dos relatados por Carvalho et al. (2015), que não constataram diferenças entre cultivar convencional e transgênico na massa de mil grãos em função da aplicação foliar de Mn.

Além disso, apenas em 2013/14 os modos de aplicação de Mn e Zn alteraram a massa de 100 grãos do cultivar convencional (Tabela 15), com maior valor médio (19,41 g) obtido com a aplicação de Mn e Zn via solo (M8), sendo este superior aos valores constatados em M5 e M9. O desempenho inferior dos modos 5 e 9, pode estar diretamente associado ao modo de aplicação de Mn e Zn, que foram via foliar, modo este que permite à planta absorver grandes quantidades dos nutrientes pelos tecidos foliares, no entanto, devido à baixa mobilidade destes, apenas um pequeno percentual é translocado da região de origem para outras no interior da planta, inclusive as responsáveis pela formação e enchimento de grãos. Contudo, não é possível afirmar que a adubação via solo com Mn e Zn aumentou a massa de grãos dos cultivares, haja vista que, em ambos os anos agrícolas, a massa de grãos obtida na testemunha foi semelhante aos outros tratamentos para os dois cultivares pesquisados (Tabelas 15 e 17).



O menor efeito dos tratamentos para esta característica pode estar relacionado ao maior controle genético da massa de grãos, específico por cultivar. Essas informações também corroboram com Camozzato et al. (2009) que concluíram que o número de vagens por planta é mais responsivo aos tratamentos com micronutrientes do que a massa de grãos, por esta estar mais relacionada ao fator genético do cultivar.

Tabela 15 - Interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para número de grãos por planta (NGP), massa de 100 grãos (M100), massa de grãos por planta (MGP) e produtividade de grãos (PROD) da soja, safra 2013/2014, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	NGP		M100 (g)	
	TMG 1179RR	TMG 4182	TMG 1179RR	TMG 4182
M1	94,1 abA	64,1 aB	11,83 aB	18,87 abA
M2	92,7 abA	58,1 aB	11,85 aB	18,60 abA
M3	99,8 abA	71,2 aB	12,44 aB	18,13 abcA
M4	97,6 abA	70,9 aB	12,15 aB	18,69 abA
M5	97,2 abA	54,8 aB	11,77 aB	17,23 bcA
M6	89,7 bA	65,4 aB	12,66 aB	18,70 abA
M7	105,0 abA	65,6 aB	11,36 aB	18,34 abcA
M8	104,0 abA	67,0 aB	12,56 aB	19,41 aA
M9	106,2 aA	56,5 aB	11,67 aB	16,80 cA
M10	98,5 abA	58,8 aB	11,88 aB	18,34 abA

Tratamentos	MGP (g)		PROD. (kg ha <sup>-1</sup> )	
	TMG 1179RR	TMG 4182	TMG 1179RR	TMG 4182
M1	11,18 aA	12,20 abcA	3.499 aA	3.795 bA
M2	11,00 aA	10,81 abcA	3.648 aB	4.082 abA
M3	12,43 aA	12,90 abA	3.776 aB	4.464 aA
M4	11,84 aA	13,38 aA	3.711 aA	3.931 bA
M5	11,41 aA	10,24 bcA	3.520 aB	3.974 abA
M6	11,29 aA	12,24 abA	3.759 aA	3.999 abA
M7	11,92 aA	12,05 abcA	3.817 aA	3.848 bA
M8	13,07 aA	12,83 abA	3.886 aB	4.197 abA
M9	12,37 aA	9,48 cB	3.691 aA	3.728 bA
M10	11,68 aA	10,79 bcA	3.826 aA	3.775 bA

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5; M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

Diferentemente do que ocorreu para massa de 100 grãos, a massa total de grãos por planta aumentou no segundo ano de cultivo agrícola (Tabela 14). Em 2013/14, os modos de aplicação utilizados não modificaram os valores médios desse componente entre os cultivares (Tabela 15). A massa de grãos por planta semelhante entre os cultivares se explica pelo fato do transgênico produzir maior número de grãos, com menor massa por unidade. Em contrapartida,

o cultivar convencional produziu grãos com maior massa, mas em quantidades inferiores estatisticamente. Verificou-se também que não houve efeitos positivos dos modos de aplicação sobre este componente de produção nos dois anos agrícolas avaliados (Tabelas 15 e 17), já que os resultados observados nas plantas testemunhas foram semelhantes aos constatados nos demais tratamentos.

Os modos de aplicação de Mn e Zn afetaram a produtividade de grãos no cultivar convencional em 2013/14 (Tabela 14), com diferenças de 11,5% entre a maior e menor produtividade de grãos obtida (4.120 e 3.647 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Além disso, os cultivares se comportaram diferentemente em cada ano agrícola, com maior produtividade em 2013/14, obtida com o cultivar convencional, e em 2014/15 com o cultivar transgênico.

Tabela 16 - Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para número de grãos por vagem (NGV) e número de grãos por planta (NGP) de dois cultivares de soja, safra 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	NGV		NGP	
	TMG 1179RR	TMG 4182	TMG 1179RR	TMG 4182
M1	2,55 abB	2,93 aA	124,5 abcA	108,1 aB
M2	3,08 aA	2,43 aB	144,9 aA	101,1 abB
M3	2,78 abA	2,45 aA	122,7 bcA	95,5 abB
M4	2,53 abA	2,50 aA	111,9 cA	96,5 abB
M5	2,83 abA	2,48 aA	128,2 abcA	103,7 abB
M6	2,38 bA	2,48 aA	115,1 cA	96,0 abB
M7	2,78 abA	2,40 aB	138,0 abA	99,0 abB
M8	2,50 abA	2,70 aA	124,4 abcA	91,3 abB
M9	2,53 abA	2,35 aA	123,0 bcA	85,5 bB
M10	2,68 abA	2,45 aA	123,4 bcA	97,0 abB

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5; M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

A maior produtividade constatada no segundo ano agrícola pode ser devido a menor incidência de doenças, dentre elas a ferrugem, e insetos pragas registrada nesse período, que por sua vez pode estar associado a menor precipitação pluviométrica ao longo da safra 2014/15. Isto, reduziu potencialmente o desenvolvimento de doenças importantes para a cultura, dentre elas a ferrugem. Além disso, o ataque de lagartas, em especial a “falsa medideira” (*Pseudoplusia includens*), não foi tão acentuado como no período de 2013/14, o que possivelmente contribuiu para os resultados mais expressivos de produtividades observados no segundo ano agrícola em relação a 2013/14.

Para a produtividade de grãos em 2013/14 foi possível observar que não houve influência dos modos de aplicação dos micronutrientes sobre a produtividade do cultivar transgênico (Tabela 15). No entanto, verificou-se efeito destes modos sobre o cultivar convencional. Nesse sentido, maior produtividade média (4.464 kg ha<sup>-1</sup>) foi obtida pela aplicação de 5 kg ha<sup>-1</sup> de Zn via solo (M3), com incremento de 669 kg ha<sup>-1</sup> de grãos ou 11,15 sacas por hectare em comparação à testemunha.

Tabela 17 - Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para massa de 100 grãos (M100), massa de grãos por planta (MGP) e produtividade de grãos (PROD) da soja, safra 2014/2015, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	M100 (g)		MGP (g)		PROD. (kg ha <sup>-1</sup> )	
	TMG	TMG	TMG	TMG	TMG	TMG
	1179RR	4182	1179RR	4182	1179RR	4182
M1	11,84 aB	17,95 aA	14,72 abB	19,44 aA	4.332 aA	3.773 aB
M2	11,14 aB	18,68 aA	16,22 aB	18,83 aA	4.667 aA	3.697 aB
M3	10,17 aB	18,77 aA	12,47 bcB	17,83 aA	3.970 aA	3.782 aA
M4	10,82 aB	19,64 aA	12,08 bB	18,87 aA	3.967 aA	3.971 aA
M5	11,77 aB	18,06 aA	15,07 abB	18,70 aA	4.204 aA	3.669 aB
M6	12,42 aB	18,47 aA	14,23 abB	17,73 aA	3.968 aA	3.409 aB
M7	11,40 aB	18,33 aA	15,75 abB	18,15 aA	4.439 aA	3.745 aB
M8	12,11 aB	18,74 aA	15,05 abA	17,07 aA	4.117 aA	3.650 aB
M9	11,63 aB	19,07 aA	14,25 abA	16,30 aA	4.003 aA	3.504 aB
M10	12,04 aB	19,29 aA	14,80 abB	18,62 aA	4.131 aA	3.814 aA

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5; M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

Esses resultados se assemelham aos de Ceretta et al. (2005), que afirmaram haver respostas positivas à aplicação de micronutrientes, na região de cerrado em comparação com outras regiões do país, com incremento de até 360 kg ha<sup>-1</sup> de grãos de soja. Porém, divergem dos relatados por Gonçalves Junior et al. (2010), que em seu estudo com diferentes fontes de Zn não constataram efeito do micronutriente sobre a produtividade da soja. Inocêncio et al. (2012) observaram respostas entre tratamentos com aplicação de Zn sob diferentes fontes e doses, no entanto, os autores ressaltaram que a resposta produtiva da soja não pode ser associada diretamente às quantidades de Zn aplicadas, bem como, dos níveis do micronutriente nos tecidos foliares.

Semelhante ao que ocorreu para o cultivar transgênico e diferentemente do convencional, a produtividade de grãos em 2014/15 não foi afetada significativamente pelos modos de aplicação de Mn e Zn (Tabela 17). Entretanto, diferenças entre os cultivares foram

constatadas para os tratamentos com micronutrientes. Nesse sentido, exceto para os modos 3, 4 e 10, o cultivar transgênico se mostrou mais produtivo no referido ano agrícola. É importante reportar que mesmo não havendo diferenças estatísticas entre os modos de aplicação no cultivar transgênico, a aplicação de Mn no solo (M2) exibiu o maior valor absoluto ( $4.667 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Carvalho et al. (2015) constataram aumento na produtividade de sementes de soja das cultivares Celeste e Baliza RR em função da aplicação foliar de Mn, em solo com teor de Mn abaixo do nível crítico. De acordo com os autores, a aplicação foliar de Mn realizada em R<sub>1</sub> resulta em maior produtividade de grãos em relação à R<sub>3</sub>, fato não confirmado pelos resultados do presente estudo.

#### **4.5 Teores de Zn e Mn no solo**

As análises de solo realizadas nos dois anos de cultivo agrícola (Tabela 18), imediatamente após a colheita da soja revelaram tendências semelhantes dos teores de Zn e Mn disponibilizados no solo ao longo do período de estudo. Em 2014/15 (Tabela 18), não houve alterações nos teores de Zn em função dos cultivares e nem dos modos de aplicação de Mn e Zn. O aumento dos teores do nutriente, bem como da ausência de respostas aos tratamentos podem estar associados ao efeito acumulativo do Zn em função das aplicações realizadas nos dois anos agrícolas. Além disso, a ausência de calagem no segundo ano agrícola pode ter contribuído na disponibilidade do Zn nos solos, pois, por ser um nutriente metálico, o Zn tem sua disponibilidade reduzida com a elevação do pH dos solos. Sendo assim, a não aplicação de calcário no solo pode ter sido um dos fatores que elevou a disponibilidade do nutriente às plantas em 2014/15.

Os cultivares utilizados em 2013/14 não alteraram os teores de Mn no solo (Tabela 18), entretanto, os modos de aplicação influenciaram na concentração deste micronutriente disponível nos solos, com maior absoluto para as áreas que receberam Mn e Zn via foliar (M9) e, menor valor para os solos tratados com Zn via foliar (M5) e testemunha (M1). Nesse sentido, pode-se dizer que houve acréscimo nas concentrações de Mn no solo em consequência dos modos de aplicação dos micronutrientes. Vale lembrar também, que o incremento de Mn nestes solos se deu apenas para os solos que receberam Mn e Zn via foliar, pois, a aplicação isola de Mn via foliar, bem como a combinação dos dois nutrientes via solo não alteraram as concentrações do Mn no solo.

Tabela 18 - Teores de Mn e Zn na camada de solo de 0-0,20 m, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	Zn (mg dm <sup>-3</sup> )		Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	
	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15
Cultivares - C				
TMG 1179RR	1,4	1,5a	0,9a	1,1
TMG 4182	1,0	1,6a	0,8a	1,1
Teste F	49,83**	1,00 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>
DMS	0,11	0,15	0,12	0,11
Modos de Aplicação - M				
M1	1,0	1,4a	0,7b	0,9
M2	0,9	1,6a	0,8ab	1,2
M3	1,2	1,6a	0,8ab	1,2
M4	1,3	1,7a	1,1ab	1,3
M5	1,1	1,6a	0,7b	1,1
M6	1,0	1,6a	1,0ab	1,4
M7	1,1	1,4a	0,8ab	1,1
M8	1,2	1,5a	0,9ab	1,2
M9	1,5	1,5a	1,2a	1,0
M10	1,4	1,4a	0,9ab	1,0
Teste F – M	4,41**	0,82 <sup>ns</sup>	2,53*	3,03**
CV (%)	21,23	22,68	31,51	20,88
DMS	0,40	0,56	0,44	0,39
Teste F – C x M	6,64**	1,66 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	3,48**

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* e \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste de F, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação; M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5 e M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

O desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Zn e Mn no ano agrícola 2013/14 demonstrou que somente as áreas cultivadas com plantas transgênicas exibiram alterações nos teores de Zn disponível no solo (Tabela 19). Assim, incrementos nos teores do micronutriente foram observados nas áreas que receberam o fornecimento de Zn e Mn via foliar (M9). Os resultados podem ser indicativos de que o fornecimento de Mn promove aumentos na disponibilidade do Zn nos solos, muito provavelmente ocasionado devido ao sinergismo entre dos dois micronutrientes. Contudo, esse possível efeito sinérgico somente foi observado quando o fornecimento de Mn se deu via foliar, pois, os tratamentos com Mn via solo apresentaram teores de Zn equivalentes aos constatados na testemunha, indicando que, apenas o fornecimento foliar de Mn foi capaz de incrementar os teores de Zn no solo.

Em geral as áreas cultivadas com plantas transgênicas e tratadas com Mn e Zn de diferentes formas apresentaram teores de Zn superiores as áreas cultivadas com plantas convencionais. No entanto, este fato não foi determinante na produtividade de grãos, haja vista

que, para o referido ano agrícola as plantas convencionais exibiram produtividade de grãos de 3.979 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 14), sendo superior a produtividade de grãos do cultivar transgênico. Os bons resultados da produtividade de grãos obtidos no cultivar convencional, muito provavelmente podem estar relacionados aos teores de Zn verificados nos solos das áreas destinadas ao seu cultivo, que mesmo sendo inferiores em determinados tratamentos, estes foram considerados como suficientes para suprir a necessidade nutricional da planta, garantindo altas produtividades.

Tabela 19 - Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para os teores de Zn e Mn na camada de solo de 0-0,20 m verificados nas safras 2013/14 e 2014/15, respectivamente, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	2013/14		2014/15	
	Zn (mg dm <sup>-3</sup> )		Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	
	TMG 1179RR	TMG 4182	TMG 1179RR	TMG 4182
T1	1,3 bcA	0,8 aB	1,0 abA	0,8 bA
T2	0,9 cA	0,9 aA	1,3 abA	1,1 abA
T3	1,4 bcA	1,0 aB	0,8 bB	1,5 aA
T4	1,8 abA	0,9 aB	1,2 abA	1,5 a
T5	1,4 bcA	0,9 aB	1,1 abA	1,1 abA
T6	1,1 cA	0,9 aA	1,5 aA	1,2 abA
T7	0,9 cA	1,2 aA	1,1 abA	1,1 abA
T8	1,3 bcA	1,1 aA	1,3 abA	1,1 abA
T9	2,1 aA	0,9 aB	1,0 abA	0,9 bA
T10	1,5 bcA	1,3 aA	0,9 bA	1,2 abA

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, dentro do mesmo ano agrícola, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5; M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

Já em 2014/15 (Tabela 19) os modos de aplicação de Mn e Zn influenciaram nos teores de Mn obtidos nas áreas cultivadas com plantas transgênicas. Para esse cultivar, maiores teores de Mn foram observados para as áreas que receberam o fornecimento de Mn parcelado em duas formas de aplicação (M6) e, menor valor para os solos tratados com Zn via solo (M3). Porém, diante dos resultados não é possível afirmar que houve acréscimo nas concentrações de Mn pelos modos de aplicação, pois, o solo da área testemunha apresentou concentrações equivalentes do micronutriente.

Já nos solos cultivados com plantas convencionais (Tabela 19), maiores teores de Mn foram observados nas áreas que receberam a aplicação de Mn via foliar (M4) e Zn via solo (M3). Além disso, menor concentração de Mn foi verificada para as áreas testemunhas e que

receberam o modo 9. Deste modo, a utilização dos modos 3 e 4 propiciaram o aumento na disponibilidade do micronutriente.

Os maiores teores de Mn observados em M4 (Mn via foliar) pode ser devido ao fato de, parte da calda aplicada sobre a folha não tenha sido absorvida, tendo está escorrido pela planta até o solo, sendo posteriormente absorvida pelo mesmo, o que elevou a concentração do micronutriente a ser disponibilizado às plantas cultivadas nos solos que receberam esse tipo de tratamento.

Vale ressaltar ainda, que os teores de Mn verificados nos solos em ambos os anos agrícolas, independente do cultivar ou do modo de aplicação dos micronutrientes Zn e Mn, em geral se encontram na faixa de classificação como baixo ou insuficiente para o desenvolvimento da cultura de acordo com (GALRÃO, 2002; RAIJ et al., 2001). No entanto, os baixos teores de Mn não resultaram em menores produtividades, já que, as produtividades de grãos obtidas para a cultura ficaram acima da média registrada para o Estado de Mato Grosso em ambos os anos agrícolas.

#### **4.6 Atributos bioquímicos dos grãos de soja**

Em ambos os anos agrícolas houve diferenças entre os cultivares quanto aos teores de fitato presente nos grãos de soja (Tabela 20), além disso, em 2014/15, os grãos obtidos das plantas transgênicas exibiram concentrações de fitato inferiores aos teores verificados para os grãos produzidos pelas plantas convencionais.

Os fitatos representam uma classe completa de compostos de ocorrência natural formados durante o processo de maturação de sementes e grãos de cereais (TORRE et al., 1991). Nas sementes de leguminosas, o ácido fítico contém aproximadamente 70% do conteúdo de fosfato, sendo estruturalmente integrado com proteínas e minerais na forma de complexos (ZHOU; ERDMAN, 1995). Além do mais, aproximadamente 75% do fitato está associado a componentes da fibra solúvel presentes nos grãos (TORRE et al., 1991).

No desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn em 2013/14 (Tabela 21), verificaram-se que os modos de fornecimento de Mn e Zn não alteraram as concentrações de fitato nos grãos produzidos pelo cultivar convencional. Contudo, esses tratamentos promoveram variações nos valores de fitato constatados para os grãos obtidos das plantas transgênicas, com menor valor absoluto obtido pelo fornecimento de Mn via foliar (M4) às plantas transgênicas. Porém, não há como afirmar que os modos de aplicação dos

micronutrientes reduziram as concentrações de fitato nos grãos do cultivar, já que, os teores observados para a testemunha foram semelhantes aos constatados nos demais tratamentos.

Em geral, para o ano de 2013/14, os grãos de soja oriundos das plantas convencionais apresentaram maiores concentrações de fitato em função dos modos de fornecimento de Mn e Zn (Tabela 21). Tais resultados podem ser indicativos de que as plantas transgênicas sintetizaram menores quantidades de fitato nos grãos. Essa hipótese baseia-se no fato de estudos demonstrarem haver correlação positiva entre o teor de P e a síntese de moléculas de fitato, ou seja, o incremento do primeiro eleva o teor do segundo. Contudo, esta tendência não se confirmou para os grãos produzidos pelas plantas transgênicas em 2013/14, pois, os teores de P superiores nos grãos das plantas transgênicas (Tabela 12) não significou ter maior teor de fitato em seus grãos (Tabelas 20 e 21).

Tabela 20. Quantificação do teor de fitato, aminoácidos livres e proteína livre nos grãos de dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	Fitato (mg g <sup>-1</sup> )		Aminoácido (micromoles g <sup>-1</sup> MS)		Proteína (micromoles g <sup>-1</sup> MS)	
	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15
Cultivares - C						
TMG 1179RR	2,23	2,88b	58,16	22,53	57,86	31,36
TMG 4182	2,84	3,17a	55,09	15,92	65,45	44,94
Teste F - C	32,83**	5,94*	4,82*	54,38**	7,59**	60,70**
DMS	0,21	0,23	2,79	1,80	5,51	3,49
Modos de aplicação – M						
M1	2,52	3,21a	54,92	22,29	67,50	44,50
M2	2,62	3,16a	57,40	18,69	54,59	34,55
M3	2,07	2,82a	52,05	17,30	56,74	37,55
M4	2,25	2,84a	53,41	21,65	64,89	43,02
M5	2,43	3,29a	58,27	20,16	49,41	37,24
M6	2,87	2,77a	61,11	21,76	77,81	36,82
M7	2,45	3,06a	63,16	16,50	62,70	32,10
M8	2,53	2,84a	55,16	17,40	57,24	40,27
M9	2,59	2,91a	56,53	19,58	73,96	36,75
M10	3,02a	3,31a	54,21	16,93	51,71c	38,64
Teste F – M	2,71*	1,30 <sup>ns</sup>	2,46*	2,36*	4,70**	1,80 <sup>ns</sup>
CV (%)	18,50	17,26	11,03	20,85	19,96	20,45
DMS	0,77	0,86	10,28	5,60	20,25	12,84
Teste F – C x M	3,58**	1,15 <sup>ns</sup>	3,08**	5,36**	7,40**	3,32**

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* e \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste de F, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação; M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5 e M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.



De acordo com Lei e Porres (2003), o fitato é a principal forma de armazenamento de P durante o desenvolvimento de grãos e sementes, sendo sintetizado a partir da fosforilação completa do mio-inositol que, por sua vez, apresenta a glicose como precursora (ALMEIDA et al., 2003). Diante da constatação feita pelos autores, é possível dizer que as plantas convencionais possuem maior capacidade de armazenar o P ao longo do processo de maturação dos seus grãos.

Entretanto, diversos autores, dentre eles, Wyatt e Triana-Tejas (1994) afirmam que outros fatores, tais como, pH e concentrações de outros nutrientes podem influenciar na ligação dos nutrientes ao fitato. Além disso, a presença de cargas elétricas negativas na molécula do ácido fítico confere alto potencial de complexação com moléculas ou nutrientes carregados positivamente como cátions e proteínas (CHERYAN, 1980). Além do mais, quanto maior o grau de fosforilação do mio-inositol, maior é o seu poder de complexação, o que caracteriza o fitato como composto antinutricional.

Tabela 21 - Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para teor de fitato, aminoácidos livres e proteína nos grãos da soja, safra 2013/2014, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	Fitato (mg g <sup>-1</sup> )		Aminoácido (micromoles g <sup>-1</sup> MS)		Proteína (micromoles g <sup>-1</sup> MS)	
	TMG	TMG	TMG	TMG	TMG	TMG
	1179RR	4182	1179RR	4182	1179RR	4182
M1	2,05 abcB	2,98 aA	58,05 abA	51,79 aA	87,71 aA	41,29 bB
M2	2,25 abcB	3,00 aA	60,49 abA	54,31 aA	40,08 cB	69,09 abA
M3	1,69 bcA	2,46 aA	47,23 bB	56,86 aA	46,46 abB	67,03 aA
M4	1,51 cB	2,99 aA	55,77 abA	51,05 aA	69,34 abA	60,44 abA
M5	2,69 abA	2,16 aA	56,50 abA	60,03 aA	43,29 abA	55,52 bA
M6	2,49 abcB	3,25 aA	65,66 aA	56,57 aB	86,40 aA	69,22 abA
M7	1,78 abcB	3,13 aA	69,86 aA	56,45 aB	50,45 abB	74,94 aA
M8	2,31 abcA	2,74 aA	60,20 abA	50,13 aB	56,86 abA	57,63 abA
M9	2,69 abA	2,48 aA	57,54 abA	55,52 aA	63,07 abcB	84,85 aA
M10	2,87 aA	3,17 aA	50,25 bA	58,16 aA	34,97 cB	68,45 abA

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5; M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

Desta maneira, a maior quantidade de fitato observado nos grãos do cultivar convencional pode ser indicativo de que nestas plantas, maiores quantidades de nutrientes catiônicos como Ca, Mg e Zn são complexados pelo ácido fítico, indisponibilizando-os, o que

acarreta na redução da qualidade nutricional dos grãos produzidos e destinados para a alimentação humana e ou animal.

Em 2014/15 (Tabela 20), não foram constatadas alterações nas concentrações de fítico decorrentes dos modos de aplicação de Mn e Zn, contudo, assim como em 2013/14, no ano agrícola em questão, a tendência de maior presença do ácido fítico nos grãos transgênicos foi confirmada.

Os modos pelos quais os micronutrientes Mn e Zn foram fornecidos as plantas transgênicas em 2013/14 (Tabela 21) promoveram alterações nas concentrações de aminoácidos livres presentes nos grãos destas plantas. Menores valores absolutos de aminoácidos livres foram observados para os grãos produzidos pelas plantas tratadas com Zn via solo (M3) e com Mn e Zn parcelado em dois modos de aplicação, que por sua vez, foram inferiores aos resultados verificados em M6 e M7. Porém, os resultados permitem dizer que os modos de aplicação de Mn e Zn não reduzem, e tão pouco, elevam as concentrações de aminoácidos nos grãos transgênicos, pois, as concentrações verificadas na testemunha foram equivalentes às obtidas nos demais tratamentos.

Semelhante ao comportamento das plantas transgênicas, as concentrações de aminoácidos nos grãos convencionais em 2013/14 não foram afetadas pelas formas de fornecimento de Mn e Zn (Tabela 21). Além disso, os cultivares se comportaram de modo distinto quanto aos modos de aplicação de Mn e Zn, assim, o fornecimento de Zn via (M3) favoreceu o aumento no teor de aminoácidos livres totais nas plantas convencionais. No entanto, os grãos de soja convencionais apresentaram redução nos teores de aminoácidos em relação aos transgênicos em razão da utilização dos tratamentos 6, 7 e 8.

Para as plantas transgênicas cultivadas em 2014/15 (Tabela 22), o desdobramento da interação demonstrou que as concentrações de aminoácidos livres totais nos grãos obtidos destas plantas não foram afetadas pelos modos de aplicação de Mn e Zn. Também, verificou-se que houve redução nos valores absolutos dos aminoácidos livres de 2013/14 (Tabelas 20 e 21) para 2014/15 (Tabelas 20 e 22).

Mesmo comportamento foi observado nas plantas convencionais em 2014/15, com redução nas suas concentrações médias em relação ao ano anterior. Porém, diferente do que ocorreu para os grãos transgênicos, a aplicação de Zn via solo (M3) reduziu pela metade os teores de aminoácidos livres em comparação aos resultados obtidos para as plantas testemunhas. Ainda nesse contexto, as plantas transgênicas, em geral, responderam melhor aos tratamentos com Mn e Zn quanto à síntese e acúmulo de aminoácidos livres em seus grãos.

As maiores concentrações de aminoácidos livres nos tecidos em 2013/14, independente do cultivar utilizado, são indicativos de uma redução da síntese de ligações peptídicas e a consequente redução na formação de peptídeos de cadeias longas, os quais são fundamentais para a determinação das proteínas e de suas funções nos tecidos vegetais.

Outra hipótese para explicar a maior concentração de aminoácidos em 2013/14, baseia-se no fato de que, o aumento de aminoácidos livres nos tecidos esteja relacionado à estratégia de defesa e/ou tolerância induzida da planta, em função da sua boa nutrição, bem como, da maior incidência de insetos pragas e principalmente doenças em 2013/14, ou possivelmente, os aminoácidos tenham sido desviados para a síntese de poliaminas.

Os teores de proteína nos grãos do cultivar transgênico em 2013/14 (Tabela 21) foram alterados pelos modos de aplicação de Mn e Zn. De acordo com os resultados houve redução nas concentrações de proteínas dos grãos de soja obtidos das plantas tratadas com Mn via solo (M3) e Mn e Zn via solo e foliar (M10). Estes resultados podem ser indicativos da ocorrência de degradação de proteínas nesses grãos de soja, contudo, é mais comum essa degradação durante a germinação das sementes e a fase inicial de estabelecimento de plântula, já que, a degradação das proteínas por proteinases tem como função o transporte de moléculas menores para outras regiões da plântula (KIM et al., 2011). Por isso, existe a necessidade de estudos mais aprofundados sobre o metabolismo das proteínas em grãos de soja para a elucidação satisfatória dos resultados obtidos.

As concentrações superiores de proteína verificadas no cultivar convencional em alguns tratamentos podem ser explicadas pela correlação negativa entre aminoácidos e proteínas, ou seja, o aumento na concentração de uma molécula resulta na redução nos níveis da outra. Deste modo, as concentrações superiores de aminoácidos obtidas nos grãos de soja transgênicos, reduziram os níveis de proteínas livres neste cultivar, ocorrendo efeito inverso nos grãos de soja convencionais.

As proteínas são importantes fontes de reserva de sementes de leguminosas (TEIXEIRA et al., 1985; SASAKI, 2008), sendo importantes fontes de S e N, nutrientes fundamentais para a síntese de novas proteínas, ácidos nucleicos e compostos secundários necessários ao desenvolvimento das plantas (BUCKERIDGE et al., 2000).

Para o cultivar convencional, os resultados obtidos em 2013/14 (Tabela 21) demonstraram comportamento diferente ao verificado para os grãos de soja transgênicos. Assim, o aporte de Mn e Zn proporcionados pelos M7 e M9 incrementaram as concentrações de proteínas, pois, os resultados observados nestes tratamentos foram superiores aos do M1

(testemunha). No entanto, os aportes com Zn via foliar realizados sobre o cultivar convencional promoveram a redução nos teores de proteínas.

Tabela 22 - Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para teor de aminoácidos livres e proteína nos grãos da soja, safra 2014/2015, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	Aminoácido (micromoles g <sup>-1</sup> MS)		Proteína (micromoles g <sup>-1</sup> MS)	
	TMG 1179RR	TMG 4182	TMG 1179RR	TMG 4182
M1	21,59 aA	23,00 aA	29,94 aB	59,06 aA
M2	19,92 aA	17,47 abA	33,01 aA	36,10 bA
M3	24,48 aA	10,11 bB	21,03 aB	54,09 abA
M4	28,51 aA	14,78 abB	37,53 aA	48,52 abA
M5	22,67 aA	17,65 abA	35,00 aA	39,48 bA
M6	20,74 aA	22,80 aA	34,24 aA	39,41 bA
M7	20,61 aA	12,39 bB	27,34 aA	36,86 bA
M8	24,76 aA	10,04 bB	33,86 aB	46,69 abA
M9	19,93 aA	19,24 abA	29,84 aB	43,67 abA
M10	22,13 aA	11,73 bB	31,75 aB	45,54 abA

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5; M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

Além disso, os resultados verificados em ambos cultivares sugerem que as plantas convencionais são mais susceptíveis a alterações nas concentrações das proteínas livres promovidas pelo fornecimento de Mn e Zn, independente da forma de aplicação, haja vista que, somente no tratamento testemunha houve superioridade dos teores de proteínas verificados nos grãos transgênicos em comparação aos convencionais.

Em 2014/15 (Tabela 22), houve redução em relação ao ano anterior dos teores de proteína obtidos nos grãos de soja transgênicos. Também, diante dos resultados observados no segundo ano agrícola, não foi constatado efeito dos modos de aplicação de Mn e Zn para esse cultivar. Já para o cultivar convencional, o aporte de Mn e Zn em M2, M5, M6 e M7 reduziu as concentrações de proteína nos grãos de soja. Assim como no ano anterior, em 2014/15 as plantas convencionais foram mais sensíveis às alterações promovidas pelo fornecimento dos micronutrientes.

A redução nos teores de proteínas observados no segundo ano agrícola é indicativo de que, maior quantidade de proteínas neste ano foram degradadas com a finalidade de aumentar a concentração de S, N e aminoácidos livres nos grãos desses cultivares. Isto, pode ser uma estratégia de defesa da planta, ou um mecanismo utilizado pela planta para transferir e aumentar

a concentração de nutrientes no grão, aumentando suas reservas prontamente disponíveis, para fins de germinação.

#### **4.7 Qualidade fisiológica das sementes de soja**

Muitos estudos buscam associar os efeitos dos nutrientes fornecidos as plantas com a qualidade fisiológica das sementes. Vieira et al. (1999) concluíram que os micronutrientes, apesar das poucas pesquisas sobre seus efeitos na qualidade de sementes, parecem ser os nutrientes que mais promovem respostas sobre a qualidade das sementes.

Nesse sentido, os resultados obtidos por meio da avaliação da qualidade de fisiológica das sementes, decorrentes dos modos de aplicação de Mn e Zn nos dois cultivares de soja, bem como a interação entre eles, para primeira contagem (PC), germinação (GERM), índice de velocidade de germinação (IVG), envelhecimento acelerado (ENV) e condutividade elétrica (COND) estão apresentados nas Tabelas 23 e 24.

No desdobramento da interação da primeira contagem de germinação em 2013/14 (Tabela 25), os resultados obtidos indicaram que os valores percentuais oscilaram entre 67% (M2) a 90% (M6 e M9) para o cultivar transgênico, e de 65% (M3) a 96% (M9) no cultivar convencional.

Os resultados indicam efeito dos modos de aplicação de Mn e Zn somente para o cultivar transgênico (Tabela 25), já que, valores superiores da primeira contagem de germinação foram constatados em M3, M4, M6 e M9, que por sua vez diferiram da testemunha (M1). Os valores também demonstram que a aplicação de Mn via solo desfavorece tal característica fisiológica da semente do cultivar transgênico, sendo este tratamento, responsável pelo menor valor absoluto do atributo avaliado nas sementes oriundas das plantas transgênicas.

Por sua vez, o cultivar convencional foi afetado negativamente pela aplicação de Zn via solo (M3) e pelo fornecimento de Mn parcelado em dois modos de aplicação (M6) (Tabela 25). Além do mais, os demais tratamentos exibiram resultados equivalentes aos constatados para a testemunha. Diversos autores relataram ausência de efeitos positivos da aplicação de nutrientes às plantas na primeira contagem de germinação das sementes obtidas, dentre eles, destacam-se Mann et al. (2002) e Melarato et al. (2002), em soja, em função da aplicação de Mn e Teixeira et al. (2005) estudando o efeito de Mn e Zn na qualidade fisiológica das sementes do feijoeiro.

Tabela 23 - Valores médios obtidos para primeira contagem de germinação de sementes (PC), germinação (GERM) e índice de velocidade da germinação (IVG) para dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	PC (%)		GERM (%)		IVG	
	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15
Cultivares – C						
TMG 1179RR	81,8	81,5	90,6	81,5	8,7	8,1
TMG 4182	87,3	82,0	91,9	82,0	9,0	8,2
Teste F - C	17,68**	0,16 <sup>ns</sup>	2,43 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	8,21**	0,16 <sup>ns</sup>
DMS	2,6	2,5	1,7	2,5	0,2	0,25
Modos de aplicação – M						
M1	81,3	72,3	87,5	72,3	8,5	7,2
M2	79,5	84,8	87,3	84,8	8,4	8,5
M3	76,3	91,5	84,8	91,5	8,2	9,2
M4	89,9	79,3	96,0	79,3	9,4	8,0
M5	87,5	68,5	95,0	68,5	9,2	6,9
M6	82,5	80,3	90,3	80,3	8,7	8,0
M7	83,5	82,0	90,8	82,0	8,8	8,2
M8	86,3	89,8	93,5	89,8	9,1	9,0
M9	93,0	82,5	96,5	82,5	9,5	8,3
M10	85,5	86,3	90,8	86,3	8,9	8,6
Teste F – M	5,75**	12,98**	8,47**	12,98**	7,49**	12,98**
CV (%)	6,92	6,89	4,25	6,89	5,01	6,89
DMS	9,6	9,3	6,4	9,3	0,7	0,92
Teste F – C x M	12,55**	16,21**	15,17**	16,21**	14,44**	16,21**

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* e \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste de F, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação; M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5 e M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

Já em 2014/15, os valores médios obtidos para primeira contagem de germinação (Tabela 26) demonstram variação entre 71,5% (M4 e M6) e 91,5% (M1) para o cultivar transgênico, e de 53% (M1) a 92,5% (M3). O comportamento dos cultivares observado no segundo ano agrícola não seguiu a tendência dos resultados verificados no ano anterior. Deste modo, o efeito positivo dos tratamentos 3, 4, 6 e 9 sobre as sementes do cultivar transgênico observados em 2013/14 não foram confirmados em 2014/15. Por sua vez, as sementes produzidas pelo cultivar convencional em 2014/15 exibiram os menores valores absolutos, sendo inferiores aos demais tratamentos, com exceção aos valores percentuais obtidos em M5.

Além disso, as sementes produzidas pelas plantas testemunhas do cultivar transgênico em 2014/15 apresentaram melhor qualidade fisiológica para o atributo analisado em relação ao cultivar convencional, fato este, distinto do ocorrido no ano anterior. Os resultados inferiores

obtidos no cultivar transgênico podem ser devidos a danos mecânicos ocasionados durante o transporte das sementes da região de estudo em Campo Novo do Parecis - MT até o laboratório de sementes em Ilha Solteira – SP.

Tabela 24 - Valores médios obtidos para envelhecimento acelerado (ENV) e condutividade elétrica (COND) para dois cultivares de soja submetidos a diferentes modos de aplicação de Mn e Zn, safras 2013/14 e 2014/15, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	ENV (%)		COND ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ )	
	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15
<b>Cultivares – C</b>				
TMG 1179RR	77,2	63,1	81,1	90,8
TMG 4182	74,2	62,2	78,4	88,2
Teste F - C	8,83**	0,57 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>
DMS	2,0	2,4	4,5	5,3
<b>Modos de aplicação – M</b>				
M1	74,3	64,5	86,0	96,0
M2	77,9	65,6	68,4	78,7
M3	77,5	66,9	87,7	95,3
M4	81,0	69,5	77,0	86,9
M5	72,0	58,3	93,6	103,1
M6	71,6	51,1	69,6	79,5
M7	76,9	62,0	86,5	99,5
M8	76,3	66,0	67,1	77,0
M9	74,3	59,0	83,7	94,5
M10	75,3	63,1	73,0	84,4
Teste F – M	3,32**	7,78**	7,15**	4,99**
CV (%)	5,81	8,55	11,16	13,23
DMS	7,2	8,8	16,4	19,5
Teste F – C x M	4,01**	17,28**	6,55**	5,02**

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* e \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste de F, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação; M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5 e M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

Os valores percentuais da germinação das sementes produzidas pelo cultivar transgênico em 2013/14 (Tabela 25) foram incrementados pelos modos de aplicação de Mn e Zn, com destaque para os resultados exibidos em M4 (98%), sendo este, superior a germinação constatada nas plantas testemunhas, porém, semelhantes aos obtidos em M3, M5, M6, M9 e M10. Esta tendência, entretanto, não se confirmou no cultivar convencional, já que, as sementes produzidas pela testemunha (M1) exibiram germinação semelhante e até mesmo superior (M3) aos valores obtidos em função dos tratamentos com modos de aplicação de Mn e Zn.

Semelhante ao verificado para primeira contagem de germinação, em 2014/15 (Tabela 26), os valores médios de germinação apresentaram comportamento distinto dos resultados constatados em 2013/14 em ambos os cultivares. O comportamento semelhante entre esses atributos ocorreu pelo fato de que, em 2014/15, não houve germinação das sementes após a primeira contagem realizada ao quinto após o início do teste de germinação. Muito provavelmente, isso ocorreu devido o transporte da semente do local de produção até o local de análise da qualidade desta, já que, estas foram transportadas imediatamente após a colheita dos cultivares, o que pode ter ocasionado danos mecânicos e ou fisiológicas para a semente, com consequente redução nos valores absolutos de germinação de 2013/14 para 2014/15.

Além disso, a redução nos valores absolutos observados em ambos os cultivares em 2014/15 (Tabela 26) podem ter sido influenciados pelas altas temperaturas verificadas durante o ensaio experimental, principalmente no período de transferência de matéria seca da planta para a semente, afetando a qualidade fisiológica destas sementes. Nesse sentido, Marcos Filho (2005) afirmou que altas temperaturas são as principais responsáveis pela antecipação da maturação em soja, ocasionando a imediata translocação das reservas.

Tabela 25 - Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para primeira contagem de germinação (PC), germinação (GERM) e índice de velocidade de germinação (IVG), safra 2013/2014, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	PC (%)		GERM (%)		IVG	
	Transg.	Conv.	Transg.	Conv.	Transg.	Conv.
M1	73,5 bcB	89,0 aA	84,5 cdB	90,5 abA	8,1 cdB	9,0 abA
M2	67,0 cB	92,0 aA	77,5 dB	97,0 aA	7,4 dB	9,5 aA
M3	87,5 aA	65,0 cB	94,5 abA	75,0 cB	9,2 abA	7,2 c B
M4	89,0 aA	90,5 aA	98,0 aA	94,0 abA	9,5 aA	9,3 aA
M5	83,5 abA	91,5 aA	94,0 abA	96,0 aA	9,0 abcA	9,5 aA
M6	90,0 aA	75,0 bcB	94,5 abA	86,0 bB	9,3 abA	8,2 bB
M7	77,0 abcB	90,0 aA	87,5 bcB	94,0 abA	8,4 bcdB	9,3 aA
M8	77,0 abcB	95,5 aA	88,5 bcB	98,5 aA	8,5 abcB	9,7 aA
M9	90,0 aA	96,0 aA	95,0 abA	98,0 aA	9,3 abA	9,7 aA
M10	83,0 abA	88,0 abA	91,5 abcA	90,0 abA	8,9 abcA	8,9 abA

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5; M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

Os modos de aplicação de Mn e Zn alteraram os índices de velocidade de germinação (IVG) de ambos os cultivares em 2013/14 (Tabela 25). O maior valor médio do IVG no cultivar transgênico foi obtido pela aplicação de Mn via foliar (M4), que por sua vez, diferiu dos exibidos em M1, M2 e M7. Desta maneira, os resultados indicam que o modo pelo qual os



micronutrientes são fornecidos à cultura influenciam tanto positivamente, quanto negativamente a velocidade da germinação das sementes produzidas, afetando a uniformidade da emergência das plântulas a campo.

Comportamento diferente foi verificado no cultivar convencional (Tabela 25), haja vista que, as sementes das plantas testemunhas exibiram valores de IVG semelhantes aos demais tratamentos, com exceção feita aos tratamentos 3 e 6. Deste modo, pode-se dizer que, dentre os tratamentos que forneceram Mn e Zn, a aplicação de Zn no solo (M3), bem como, do Mn via solo e foliar (M6) reduziram a velocidade de germinação das sementes, fato comprovado por meio dos menores valores médios de IVG exibidos para esses tratamentos. Contudo, vale ressaltar que o valor do IVG obtido em M6 é semelhante ao constatado para a testemunha.

Nesse sentido, a rapidez na germinação e uniformidade da emergência das plântulas a campo são características fundamentais e favoráveis ao condicionamento da cultura. Assim, lotes de sementes com menor capacidade fisiológica em geral, apresentam germinação durante um período mais longo, ocasionando heterogeneidade de estande, o que favorece a competição com plantas invasoras, o que afeta o desenvolvimento das plantas e conseqüentemente a produção e qualidade de grãos.

Assim como em 2013/14, em 2014/15 (Tabela 26) os modos de aplicação de Mn e Zn afetaram o IVG de ambos os cultivares.

Tabela 26 - Desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para primeira contagem de germinação (PC), germinação (GERM) e índice de velocidade de germinação (IVG), safra 2014/2015, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	PC (%)		GERM (%)		IVG	
	Transg.	Conv.	Transg.	Conv.	Transg.	Conv.
M1	91,5 aA	53,0 bB	91,5 aA	53,0 bB	9,1 aA	5,3 bB
M2	86,0 abA	83,5 aA	86,0 abA	83,5 aA	8,6 abA	8,4 aA
M3	90,5 aA	92,5 aA	90,5 aA	92,5 aA	9,1 aA	9,3 aA
M4	71,5 cB	87,0 aA	71,5 cB	87,0 aA	7,2 cB	8,7 aA
M5	72,0 cA	65,0 bA	72,0 cA	65,0 bA	7,2 cA	6,5 bA
M6	71,5 cB	89,0 aA	71,5 cB	89,0 aA	7,2 cB	8,9 aA
M7	75,5 bcB	88,5 aA	75,5 bcB	88,5 aA	7,6 bcB	8,9 aA
M8	90,5 aA	89,0 aA	90,5 aA	89,0 aA	9,1 aA	8,9 aA
M9	83,0 abcA	82,0 aA	83,0 abcA	82,0 aA	8,3 abcA	8,2 aA
M10	82,5 abcA	90,0 aA	82,5 abcA	90,0 aA	8,3 abcA	9,0 aA

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5; M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

No entanto, comportamento distinto do IVG entre os anos de cultivo foram observados. Desta maneira, os tratamentos 4, 5, 6 e 7 ocasionaram a redução no IVG do cultivar transgênico em relação aos tratamentos 1, 3 e 8. Já o cultivar convencional exibiu valores de IVG superiores dos tratamentos com Mn e Zn, exceto para M5 em relação aos resultados constatados para a testemunha.

De acordo com os resultados percentuais de plântulas normais do teste de envelhecimento acelerado em 2013/14, conforme Tabela 27, os modos de aplicação de Mn e Zn não elevaram o vigor das sementes produzidas pelo cultivar transgênico, além disso, houve redução no vigor das sementes deste cultivar quando nutridas com Mn via solo mais foliar (M6) em relação aos tratamentos 2, 9 e 10. Contudo, os resultados obtidos em T6 foram semelhantes aos valores percentuais observados na testemunha.

Tabela 27 - Desdobramento da interação entre cultivares de soja e modos de aplicação de Mn e Zn para envelhecimento acelerado (ENV) e condutividade elétrica (COND), safra 2013/2014, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	ENV (%)		COND ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ )	
	TMG 1179RR	TMG 4182	TMG 1179RR	TMG 4182
M1	78,5 abA	70,0 bB	69,9 cdB	102,0 aA
M2	80,5 aA	75,3 abA	71,7 bcdA	65,0 dA
M3	76,5 abA	78,5 abA	84,6 abcdA	90,7 abcA
M4	77,5 abB	84,5 aA	91,6 abcA	62,3 dB
M5	73,5 abA	70,5 bA	92,0 abcA	95,1 abA
M6	69,3 bA	74,0 bA	67,5 cdA	71,6 cdA
M7	76,8 abA	77,0 abA	96,0 aA	76,9 bcdB
M8	79,0 abA	73,5 bA	61,4 dA	72,7 bcdA
M9	79,5 aA	69,0 bB	94,3 abA	73,0 bcdB
M10	80,5 aA	70,0 bB	71,7 bcdA	74,3 bcdA

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5; M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

Já as plantas convencionais, quando nutridas por Mn via adubação foliar (M4) produziram sementes mais vigorosas, assim, demonstrado pelo maior valor percentual absoluto (Tabela 27). Além disso, este foi o único tratamento em que, observou superioridade no vigor das sementes produzidas pelas plantas convencionais em relação as transgênicas.

Segundo Marcos Filho (2005), o teste de envelhecimento acelerado é, dentre os disponíveis, um dos mais sensíveis e eficientes para a avaliação do vigor de sementes, expressando no resultado final, a porcentagem de plântulas normais e indicando o grau de

sobrevivência das sementes. Seu fundamento se baseia no fato de que sementes mais vigorosas são mais tolerantes às condições adversas de umidade relativa e temperatura, apresentando valores percentuais mais elevados de plântulas normais em comparação as sementes menos vigorosas que, quando submetidas às mesmas condições, apresentam redução da sua viabilidade (DELOUCHE; BASKIN, 1973).

A ausência de resultados positivos para as sementes transgênicas em 2013/14 se confirmou em 2014/15 (Tabela 28) para o teste de germinação do envelhecimento acelerado. Nesse sentido, os tratamentos com Mn e Zn não elevaram o vigor destas sementes, além do mais, verificou-se redução no vigor das sementes obtidas das plantas que receberam os tratamentos 4, 5, 6 e 7. Alterações nos valores percentuais do cultivar convencional também foram verificadas em 2014/15, e, assim, como no ano anterior a aplicação de Mn via foliar (M4) se destacou, elevando o vigor das sementes obtidas das plantas nutridas por este modo fornecimento do micronutriente.

O fornecimento de Zn via solo diferente do ano anterior, em 2014/15 favoreceu o aumento no vigor das sementes convencionais, já que, estas exibiram valores percentuais superiores aos constatados para a testemunha. Isso pode ser resultado do aumento no teor de Zn nas sementes, que pode reduzir o processo de deterioração das sementes de soja, pois, o micronutriente aumenta a atividade enzimática e o conteúdo de auxinas, reação e composto que são prejudicados quando as sementes ficam armazenadas.

Os modos de aplicação de Mn e Zn alteraram o vigor das sementes de ambos os cultivares de soja em 2013/14 (Tabela 27), avaliado de acordo com o teste de condutividade elétrica. Nesse contexto, as plantas transgênicas que receberam o fornecimento de Zn via solo e foliar (M7) exibiram o maior valor ( $96,0 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) para o parâmetro avaliado, sendo este, superior a M1, M2, M6, M8 e M10.

Já as plantas convencionais apresentaram maiores valores de condutividade elétrica quando tratadas com o fornecimento de Zn via solo (M3) e Zn via foliar (M5), além do tratamento testemunha (M1). Em contrapartida, o fornecimento de Mn via solo (M2) e Mn via foliar (M4) às plantas convencionais resultaram nos menores valores de condutividade elétrica.

O princípio deste teste bioquímico baseia-se no fato de que, sementes com menor vigor apresentam menor velocidade de restabelecimento da integridade das membranas celulares durante a fase de embebição e, em consequência, liberam maiores quantidades de solutos para o meio exterior (MARCOS FILHO, 2005). Em se tratando da qualidade das sementes, a integridade das membranas é essencial na minimização de danos neste período, que é crítico no

processo de germinação das sementes e no estabelecimento uniforme das plantas em campo (SÁ, 1994).

Para soja, lotes de sementes com condutividade elétrica entre 70 e 80  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  têm sido considerados como de alto vigor, embora sejam valores com tendência de médio vigor (VIEIRA, 1994). Paiva Agüero (1995) relatou bom desempenho de sementes de soja em condições de campo, quando sua condutividade elétrica foi de até 90  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ .

Nesse sentido, os resultados obtidos para as plantas transgênicas são indicativos de que os modos de aplicação de Mn e Zn não afetaram positivamente a condutividade elétrica das sementes produzidas por este cultivar. Além disso, com exceção dos tratamentos 6, 8 e 10, as formas de fornecimento de Mn e Zn elevaram a condutividade elétrica das sementes obtidas. Ainda, é válido ressaltar que a testemunha exibiu valor semelhante aos menores valores observados e, que se enquadram dentro do limite relatado pelos autores acima como ideal para a classificar a semente como sendo de alto vigor, o que permite dizer que a aplicação dos micronutrientes não resultou na redução da condutividade elétrica.

Tabela 28 - Desdobramento da interação entre cultivares de soja e modos de aplicação de Mn e Zn para envelhecimento acelerado (ENV) e condutividade elétrica (COND), safra 2014/2015, Campo Novo do Parecis – MT.

Tratamentos	ENV (%)		COND ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ )	
	TMG 1179RR	TMG 4182	TMG 1179RR	TMG 4182
M1	74,0 aA	55,0 cdB	79,9 bcB	112,0 aA
M2	67,0 abcdA	64,3 bcA	82,5 bcA	75,0 bcA
M3	64,5 abcdA	69,3 abA	89,9 abcA	100,7 abA
M4	61,0 bcdB	78,0 aA	101,6 abA	72,3 cB
M5	55,5 dA	61,0 bcdA	103,8 abA	102,4 abA
M6	38,8 eB	63,5 bcA	77,5 bcA	81,6 bcA
M7	57,3 cdB	66,8 abcA	112,1 aA	86,9 abcB
M8	72,0 abA	60,0 bcdB	71,4 cA	82,7 bcA
M9	69,5 abcA	49,5 dB	104,3 abA	84,7 abcB
M10	71,5 abA	54,8 cdB	84,6 abcA	84,3 bcA

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. M1: sem aplicação de Mn e Zn; M2: aplicação de Mn no solo; M3: aplicação de Zn no solo; M4: 1 aplicação de Mn via foliar; M5: 1 aplicação de Zn via foliar; M6: aplicação de Mn no solo + 1 aplicação de Mn via foliar; M7: aplicação de Zn no solo + 1 aplicação de Zn via foliar; M8: M2 + M3; M9: M4 + M5; M10: M6 + M7.

Fonte: Próprio autor.

Diferentemente das plantas transgênicas e de acordo com os valores máximos mencionados como ideais para uma boa condutividade elétrica, os modos de aplicação de Mn e Zn afetaram positivamente o vigor das sementes convencionais, de acordo com o teste de

envelhecimento acelerado (Tabela 27), com exceção feita aos resultados verificados em M3 e M5.

Contudo, e conforme Silva et al. (2007), os altos valores do teste de condutividade elétrica apresentado em ambos os cultivares podem estar relacionados a diversos fatores, como presença de sementes danificadas, tamanho da semente, característica genotípica do cultivar, teor de água inicial das sementes, período de embebição, além da temperatura. Os autores relataram ainda que, o aumento no teor de água das sementes ocasiona a redução da condutividade elétrica destas e, que sementes colhidas com baixo teor de água podem resultar em sementes danificadas mecanicamente, e, dessa forma, apresentar menor qualidade fisiológica.

No desdobramento da interação entre cultivares e modos de aplicação de Mn e Zn para o ano agrícola de 2014/15 (Tabela 28), as formas de aplicação de Mn e Zn afetaram a condutividade elétrica das sementes produzidas tanto no cultivar transgênico quanto do convencional. Porém, com comportamento distinto dos cultivares em função do modo de fornecimento de Mn e Zn para a cultura.

Desta maneira, as sementes oriundas das plantas transgênicas que receberam Zn parcelado em modos distintos (M7) apresentaram valores superiores de condutividade elétrica ( $112,1 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ). Tais resultados sugerem que, a aplicação de Zn promove a perda de vigor das sementes transgênicas de acordo com o teste de condutividade elétrica, isto por que com exceção de T8 (aplicação de Mn e Zn via solo), todos os demais tratamentos que forneceram Zn às plantas apresentaram valores semelhantes a M7, considerados altos para a cultura (VIEIRA, 1994), o que indica que o incremento de Zn nas sementes pode alterar as membranas celulares, favorecendo a perda de solutos para o meio externo.

As sementes convencionais apresentaram maior condutividade elétrica quando produzidas pelas plantas testemunhas (Tabela 28). Porém, assim como ocorreu nas sementes transgênicas, o fornecimento de Zn elevou os valores de condutividade elétrica também nas sementes convencionais, haja vista que, as sementes obtidas das áreas nutridas com Zn exibiram valores de condutividade elétrica semelhantes aos verificados para a testemunha, com exceção dos resultados observados em M8.

Contudo, vale ressaltar que a aplicação de Mn via solo (M2) e Mn via foliar (M4) promoveu a redução nos valores de condutividade elétrica da cultura. Assim, os resultados podem ser indicativos de que o fornecimento de Mn de modo “isolado” eleva o vigor destas sementes. Isto por que, de acordo com Marschner (1995), o Mn é importante na formação de lignina, que por sua vez, influencia a capacidade e a velocidade de absorção de água pelo

tegumento e, assim, a liberação de lixiviados da semente para a água de embebição. Esses resultados reforçam as constatações feitas por Melarato et al. (2002) de que as adubações com Mn alteram a condutividade elétrica das sementes de soja. Porém, não são consoantes aos relatados por Toledo (2008), em sementes de soja.

## 5 CONCLUSÕES

A aplicação via solo de Mn e Zn se mostrou mais eficiente do que a prática da adubação foliar, com incremento na produtividade de grãos do cultivar convencional em 2013/14 pela aplicação de Zn via solo.

O fornecimento de Zn via solo reduz os teores de fitato dos grãos de soja, entretanto, não melhora a qualidade fisiológica das sementes.

As concentrações de Mn nas folhas, raízes e grãos de soja não são afetadas pela utilização do cultivar TMG 1179RR.

O aumento dos teores de Mn e Zn nos tecidos foliares pelo fornecimento destes via adubação foliar não resultou em maiores concentrações destes micronutrientes nos grãos de soja dos cultivares.

Os teores de Zn nos grãos da soja não são afetados pela utilização dos cultivares estudados. Já as concentrações de Mn são maiores nos grãos produzidos pelo cultivar transgênico.

O cultivar convencional é mais eficiente que o cultivar transgênico quanto a formação e armazenamento de fitato em seus grãos, além disso, o modo pelo qual o Mn e Zn são fornecidos às plantas alteram os teores de fitato dos grãos produzidos pelo cultivar transgênico.

As sementes obtidas do cultivar transgênico apresentam maior vigor que as sementes convencionais, com alterações na germinação e vigor decorrentes do modo com que os micronutrientes são fornecidos às plantas progenitoras.

## REFERENCIAS

- ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; LIMA, J. A. G.; DUDA, G. P.; BARRETO, N. D. S.; MENDES, A. M. S. Efeito da aplicação de diferentes doses de zinco na produtividade do meloeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Anais...** Gramado: EMBRAPA 2007. p. 1-4. 1 CD-ROM.
- ALMEIDA, M. V.; SILVA, A. D.; SOUZA, M. V. N.; BENÍCIO, A. A. A cascata dos fosfoinositídeos. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 105-111, 2003.
- ANDRADE, G. J. M.; ROSOLEM, C. A. Absorção de manganês em soja RR sob efeito do glifosate. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 2, p. 961-968, 2011.
- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 253-280.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15. ed. Arlington, 1990. 684 p.
- BARBOSA FILHO, M. P.; DYNIA, J. F.; ZIMMERMANN, F. J. P. Resposta do arroz de sequeiro ao zinco e ao cobre com efeito residual para o milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 14, n. 3, p. 333-338, 1990.
- BASSO, C. J.; SANTI, A. L.; LAMEGO, F. P.; GIROTTO, E. Aplicação foliar de manganês em soja transgênica tolerante ao glyphosate. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 10, p. 1726-1731, 2011.
- BERTAGNOLLI, C.M.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A. Sistema hidropônico com uso de solução de herbicida na detecção de soja geneticamente modificada resistente ao glifosato. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 2, p. 182-192, 2006.
- BORKERT, C. M.; YORINORI, J. T.; CORREA-FERREIRA, B. S.; ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; SFREDO, G. L. Seja o doutor da sua soja. **Informações Agronomicas**, Piracicaba, n. 66, p. 1-16, 1994. (Arquivo do Agrônomo, n. 5).
- BORKET, C. M. Micronutrientes na planta. In: BÜLL, L. T.; ROSOLEM, C. A. (Ed.). **Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1989. p. 309-329.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye banding. **Analytical Biochemistry**, San Diego, v. 72, n. 3, p. 248-259, 1976.
- BRANDT, E. A.; SOUZA, L. C. F.; VITORINO, A. C. T.; MARCHETTI, M. E. Desempenho agrônômico de soja em função da sucessão de culturas em sistema de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 869-874, 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395p.



BROCH, D. L.; FERNANDES, C. H. **Resposta da soja à aplicação de micronutrientes**. Maracaju: Fundação MS, 1999. 56 p. (Informativo Técnico, n. 02).

BRUM, A. L.; HECK, C. R.; LEMES, C. L.; MÜLLER, P. K. A economia mundial da soja: impactos na cadeia produtiva da oleaginosa no Rio Grande do Sul 1970-2000. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL - SOBER, 43., 2015, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SOBER, 2005. p. 1-21. 1 CD-ROM.

BUCKERIDGE, M. S.; TINÉ, M. A. S.; SANTOS, H. P. dos; LIMA, D. U. Polissacarídeos de reserva de parede celular em sementes. Estrutura, metabolismo, funções e aspectos ecológicos. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 12, p. 137-162, 2000.

BURNELL, J. N. **The biochemistry of manganese in plants**. In: GRAHAM, R. D.; HANNAM, R. J.; UREN, N. C. (Ed). Manganese in soils and plants. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. p. 125-137.

CABALLERO, R.; ARAUJO, M.; HERNAIZ, P. J. Accumulation no redistribution of mineral elements in common vetch during for filling. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, p. 801-805, 1996.

CAMARGO, P. N. **Princípios de nutrição foliar**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1970. p. 9-72.

CAMOZZATO, V. A.; PESKE, S. T.; POSSENTI, J. C.; MENDES, A. S. Desempenho de cultivares de soja em função do tamanho das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 288-292, 2009.

CARNEIRO, L. F.; FURTINI, A. E. N.; RESENDE, Á. V.; CURI, N.; SANTO, J. Z. L.; LAGO, F. J. Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na interação fósforo-zinco em milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1133-1141, 2008.

CARVALHO, E. R.; OLIVEIRA, J. A.; COSTA NETO, J.; SILVA, C. A. T.; FERREIRA, V. F. Doses e épocas de aplicação de manganês via foliar no cultivo de soja convencional e em derivada transgênica RR. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 2, p. 352-361, 2015.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590 p.

CARVALHO, E. G. **Efeito do nitrogênio, molibdênio e inoculação das sementes em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na região de Selvíria-MS**. 1994. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira, 1994.

CERETTA, C. A.; PAVINATO, A.; PAVINATO, P. S.; MOREIRA, I. C. L.; GIROTTO, E.; TRENTIN, E. F. Micronutrientes na soja: produtividade e análise econômica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 576-581, 2005.

CHENG, T. The effect of these edtreatment with micro element suppon the germination and early grow thof wheat. **Science Sinica**, Beijing, v. 44, n. 3, p. 129-135, 1985.

CHERYAN, M. Phytic acid interactions in food systems. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, Florida, v. 13, n. 4, p. 297-335, 1980.

CÍCERO, S. M.; NASCIMENTO, W. M. O.; MIGUEL, M. H.; CARVALHO, M. V.; SMIDERLE, O. J.; MORAES, M. C. Aplicação de micronutrientes e de inoculantes em sementes de feijão: efeitos na produção e na qualidade fisiológica das sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 9, n. 1/2, p. 97, 1999.

COELHO, C. M. M.; BELLATO, C. M.; SANTOS, J. C. P.; ORTEGA, E. M. M.; TSAI, S. M. Effect of phytate and storage conditions on the development of the hard to cook phenomenon in common beans. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Easton, v. 87, n. 7, p. 1237-1243, 2007a.

COELHO, C. M. M.; BENEDITO, V. A.; FIGUEIRA, A.; VITORELLO, V. A.; AZEVEDO, R. A., Variation in the enzyme activity and gene expression of myoinositol-3-phosphate synthase (MIPS) and phytate accumulation during seed development in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Acta Physiologia and Plantarum**, Heidelberg, v. 29, n.1, p. 265-271, 2007b.

COELHO, C. M. M.; SANTOS, J. C. P.; TSAI, S. M.; VITORELLO, V. A. Seed phytate content and phosphorus uptake and distribution in dry bean genotypes. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 14, n. 1, p. 51-58, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: sétimo primeiro levantamento**. Brasília, DF, 2015.

CONDE, A. R.; GARCIA, J. Efeito de níveis e épocas de aplicação de nitrogênio na produção e qualidade das sementes do capim-colonião. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 10, n. 1, p. 33-42, 1988.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Seletividade da soja transgênica tolerante ao glyphosate e eficácia de controle de *Commelina benghalensis* com herbicidas aplicados isolados e em misturas. **Bragantia**, Campina, v. 67, n. 3, p. 563-568, 2008.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNADES, M. S. (Ed.) **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 328-352.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seeds lots. **Seed Science and Technology**, Zurich. v. 1, n. 2, p. 427-452, 1973.

DESHPANDE, S. S.; DAMODARAN, S. Food legumes: chemistry and technology. **Advances in Cereal Science and Technology**, Manhattan, v. 10, n. 2, p. 147-241, 1990.

DVORANEN, E. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; CAVALIERI, S. D.; BLAINSKI, E. Nodulação e crescimento de variedades de soja RR sob aplicação de glyphosate, fluazifop-p-butyl e fomesafen. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 619-625, 2008.

EL-BAZ, F. K.; MAIER, P.; WISSEMEIER, A. H.; HORST, W. J. Uptake and distribution of manganese applied to leaves of *Vicia faba* (cv. Herzfrey) and *Zea mays* (cv. Regent) plants. **Zeitung Pflanzenernährung Bodenk**, Braunschweig, v. 153, n. 1 p. 279-282, 1990.

EMPSON, K. L.; LABUZA, T. P.; GRAF, E. Phytic acid as a food antioxidant. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 2, p. 560-563, 1991.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2004**: a soja no Brasil. Brasília, DF, 2000. (Embrapa Soja - Sistema de Produção, n. 1). Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>>. Acesso em 10 fev. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Soja no Brasil**: calagem, adubação e nutrição mineral. Brasília, DF, 2008. 148 p. (Embrapa Soja - Documentos, n.305).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na Região Central do Brasil. 1996/97**. Londrina, 1996. 164 p. (Embrapa Soja – Documento, n. 96).

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2 ed. Sunderland: Sinauer, 2005, 225 p.

FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 390-395, 2000.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras. UFLA/ FAEPE, 2005. 183 p.

FERNANDES, A. R.; PAIVA, H. N.; CARVALHO, J. G.; MIRANDA, R. P. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de feijão (*Cordia goeldiana* Huber) em função de doses de fósforo e de zinco. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 599-608, 2007.

FERRADON, M.; CHAMEL, R. Cuticular retention, foliar absorption and translocation of Fe, Mn and Zn supplied in organic and inorganic form. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 11, n. 3, p. 247-263, 1988.

FERREIRA, D. F. **Programa de análises estatísticas** (Statistical Analysis Software) e planejamento de experimentos. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003. Software.

FREITAS, M. C. M. A cultura da Soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-12, 2011.

FUKUJI, T. S.; FERREIRA, D. L.; SOARES, A. L.; PRETE, C. E. C.; IDA, E. I. Ácido fítico de híbridos de milho e alguns produtos industrializados. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 31-35, 2008.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p. 185-226.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 2002. p. 185-226.

GALRÃO, E. Z. Métodos de correção da deficiência de zinco para o cultivo do milho num Latossolo Vermelho- Escuro argiloso sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 18, n. 1, p. 229- 233, 1994.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina: Embrapa-CPAC; São Paulo: Nobel, 1986. p. 237-259.

GILIOLI, J. L.; TERASAWA, F.; WILLEMANN, W.; ARTIAGA, O. P.; MOURA, E. A. V.; PEREIRA, W. V. **Soja: série 100. ft sementes**. Cristalina: [s. n.], 1995. 18 p. (Boletim Técnico 3).

GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; NACKE, H.; MARENGONI, N. G.; CARVALHO, E. A.; COELHO, G. F. Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 660-666, 2010.

GORDON, B. Manganese nutrition of glyphosate-resistant and conventional soybeans. **Better Crops**, Georgia, v. 91, n. 4, p. 12-13, 2007.

GRASES, F.; GARCIA-FERRAGUT, L.; COSTA-BAUZÁ, A.; MARCH, J. G. Study of the effects of different substances on the early stages of papillary stone formation. **Nephron**, Palma de Mallorca, v. 73, n. 4, p. 561-568, 1996.

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

HAN, X.; LI, X.; UREN, N.; TANG, C. Zinc fractions and availability to soybeans in representative soils of Northeast China. **Journal of Soils and Sediments**, Brisbane, v. 11, n.1, p. 596-606, 2011.

HEANEY, R. P.; WEAVER, C. M.; FITZSIMMONS, M. L. Soybean phytate content: effect on calcium absorption. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 53, n. 3-4, p. 745-747, 1991.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 46 p. (Embrapa Soja. Documentos, 319).

HORST, W. **Einfluss von Silizium auf die Mangan-Toleranz von Buschbohnen (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1976. Dissertation (Master's Degree) – Technische Universität Berlin, Berlin, 1976.

HUBER, D. M.; LEUCK, J. D.; SMITH, W. C.; CHRISTMAS, E. Induced manganese deficiency in GM soybeans. In: NORTH CENTRAL EXTENSION-INDUSTRY SOIL FERTILITY CONFERENCE, 34., 2004, Brookings. **Proceedings...** Brookings: Potash e Phosphate Institute, 2004. p. 80-83.

HURREL, R. F.; JULLERART, M. A.; REDDY, M. B.; LYNCH, S. R.; DASSENKO, S. A.; COOK, J. D. Soy protein, phytate, and iron absorption in humans. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 56, n. 3, p. 573-578, 1992.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; SUHET, A. R.; PERES, J. R. R. Fixação biológica de nitrogênio em soja. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. p. 9-89.

INOCÊNCIO, M. F.; RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; VELOSO, M. P.; FERRAZ, F. M.; HICKMANN, C. Resposta da soja à adubação com zinco em solo com teores acima do nível crítico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 10, p. 1550-1554, 2012.

INOCENCIO, M. F. **Respostas da soja a diferentes alternativas de adubação de restituição de zinco em solo de Cerrado**. 2010. 68p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras - UFLA. 2010.

INTERNATIONAL SERVICE FOR THE ACQUISITION OF AGRI-BIOTECH APPLICATIONS AGROBIOTECNOLOGIA - ISAAA. **Situação global das culturas biotecnológicas/GM comercializadas**. [New York: s. n.], 2014. Disponível em: <[www.isaaa.org](http://www.isaaa.org)>. Acesso em: 25 jul. 2014.

JORNADA DA JORNADA, J. B.; MEDEIROS, R. B.; PEDROSO, C. E. S.; SAIBRO, J. C.; SILVA, M. A. Efeito da irrigação, épocas de corte da forragem e doses de nitrogênio sobre a qualidade de sementes de milheto (*Pennisetum americanum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 10-15, 2008.

KIM, R. T.; CHOI, U-K.; RYU, H. R.; LEE, S. J.; KWON, O-S. Mobilization of storage proteins in soybean seed (*Glycine max* L.) during germination and seedling growth. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 1814, n. 9, p. 1178-1187, 2011.

KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. Encarte técnico. **Informações Agrônomicas**. Piracicaba, n. 118, p. 12-15, 2007.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Seeds vigor and intra-specific competition in soybean. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1248-1256, 2005.

KON, S.; SANSHUCK, D. W. Phytate content and its effect on cooking quality of beans. **Journal of Food Processing and Preservation**, Connecticut, v. 5, n. 3, p. 169-178, 1981.

KREMER, R. J.; MEANS N. E.; KIM, S. Glyphosate affects soybean root exudation and rhizosphere micro-organism. **International Journal of Environmental and Analytical Chemistry**, London, v. 85, n. 15, p. 1165-1174, 2005.

LATTA, M.; ESKIN, M. A simple method for phytate determination. **Journal Agriculture Food Chemistry**, Davis, v. 28, n. 6, p. 1313-1315, 1980.

LEI, X. G.; PORRES, J. M. Phytase enzymology, applications, and biotechnology. **Biotechnology Letters**, Dordrecht, v. 25, n. 21, p. 1787-1794, 2003.

LIMA, T. C.; MEDINA, P. F.; FANAN, S. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 106-113, 2006.

LONERAGAN, J. F. Distribution and movement of Manganese in plants In: GRAHAM, R. D.; HANNAM, R. J.; UREN, N. C. Eds. **Manganese in soils and plants**. Netherlands, Kluwer Academic, 1988, p. 113-124.

LOPES, A. S.; SOUZA, E. C. A. Filosofias e eficiência de aplicação. In: FERREIRA, M. E. et al. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/Fapesp/Potafos, 2001. p. 255-282.

LUCCA, P.; HURRELL, R.; POTRYKUS, I. Genetic engineering approaches to improve the bioavailability and the level of iron in rice grains. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 102, n. 2-3, p. 392-397, 2001.

LUCHESE, E. B.; FAVER, L. O. B.; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002. p. 115.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 402-409, 631 p.

MALAVOLTA, E.; CABRAL, C. P.; LAVRES JUNIOR, O. A. J. Efeitos do manganês sobre a soja cultivada em solo de Cerrado do triângulo mineiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1629-1636, 2000.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: **Princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba, Potafos, 1997. 319 p.

MANN, E. N.; RESENDE, P. M.; MANN, R. S.; CARVALHO, J. G.; PINHO, E. V. R. V. Efeito da aplicação de manganês no rendimento e na qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 12, p. 1757-1764, 2002.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates. Cap.3, p.1-24, 1999.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa, MG: Editora Universidade Federal de Viçosa, 2005. p. 306-308; 311.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. Londres: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTENS, D. C.; WESTERMANN, D. T. Fertilizers applications for correcting micronutrient deficiencies. In: MORTVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMAN, L. M.; WELCH, R. M. (Ed.) **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p. 549-592.

MARTINS, M. C.; CÂMARA, G. M. S; PEIXOTO, C. P.; MARCHIORI, L. F. S.; LEONARDO, V.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura, densidades de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 851-858, 1999.

McDOUGALL, G.J.; MORRISON, I.M.; STEWART, D.; HILLMAN, J.R. Plant cell walls as dietary fibre: range, structure, processing and function. **Journal Science Food Agriculture**, London, v. 70, n. 2, p. 133-150, 1996.

MELARATO, M.; PANOBIANCO, M.; VITTI, G. C.; VIEIRA, R. D. Manganês e potencial fisiológico de sementes de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 1069-1071, 2002.

MESSINA, M. Phytate's potencial role in reducing colon-cancerrisk. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 54, n. 3/4, p. 762, 1991.

MOORE, P. D. Mechanisms of micronutrient uptake by plants. In: MORTVEDT, J. J.; GIARDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (Ed.) **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, p. 171-198, 1972.

MORTVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMAN, L. M.; WELCH, R. M. (Ed.). **Fertilizers applications for correcting micronutrient deficiencies: micronutrients in agriculture**. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, p. 549-592, 1991.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseado no desempenho de plântulas. In: KRYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.24.

NELSON, R. L. Dietary iron and colorectal cancer risk. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 12, n. 2, p. 161-168, 1992.

NELSON, W. L.; BARBER, S. A. Nutritional deficiencies in legumes for grain and forrages. In: SPRAGUE, H. B. **Hunger sings in crops**. New York: David Mckay, 1964. p. 145-164.

NETO, M. E. F.; PITELI, R. A; BASILE, E. A. G.; TIMOSSI, P. C. Seletividade de herbicidas pós-emergentes aplicados na soja geneticamente modificada. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 345-352, 2009.

- PAIVA AGUERO, J. A. **Correlação de condutividade elétrica e outros testes de vigor com a emergência de plântulas de soja em campo**. 1995. 92 f. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, 1995.
- NEUMANN, G.; KOHLS, S.; LANDSBERG, E.; STOCK-OLIVEIRA SOUZA, K.; YAMADA, T.; RÖMHELD, V. Relevance of glyphosate transfer to non-target plants via rhizosphere. **Journal of Plant Diseases and Protection**, Berlin, v. 118, n. 2, p. 936-969, 2006.
- OLIVEIRA, S. C.; COSTA, M. C. G.; CHAGAS, R. C. S.; FENILLI, T. A. B.; HEINRICH, R.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Resposta de duas cultivares de arroz a doses de zinco aplicado como oxissulfato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 1, p. 387-396, 2003.
- PEREIRA, G. D.; BERTONI, J. C.; CARVALHO, J. G.; MORAIS, A. R. Doses e modos de adubação com manganês e seus efeitos na produção da cultura do arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 2, p. 625-633, 2001.
- PERUCHI, M. **Aplicação de fertilizantes foliares em culturas anuais**. 2006. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira, 2006.
- PESSOA, A. C. S. Atividades de nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro em resposta à adubação com molibdênio e fósforo. 1998. 151p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília, DF: AGIPLAN, 1985. 289 p.
- PRETLOW, T. P. O.; RIORDAN, M. A.; SOMICH, G. O.; AMINI, S. B.; PRETLOW, T. G. Aberrant crypts correlate with tumor incidence in F344 rats treated with azoxymethane and phytate. **Carcinogenesis**, Oxford, v. 13, n. 9, p. 1509-1512, 1992.
- QUIRRENBACH, H. R.; KANUMFRE, F.; ROSSO, N. D.; CARVALHO FILHO, M. A. Comportamento do ácido fítico na presença de Fe (II) e Fe (III). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 24-32, 2009.
- RABOY, V.; YOUNG, K. A.; DORSCH, J. A.; COOK, A. Genetics and breeding of seed phosphorus and phytic acid. **Journal Plant Physiology**, Nova York, v. 158, n. 4, p. 489-497, 2001.
- RABOY, V.; DICKINSON, D. B. Phytic acid levels in seeds of *Glycine max* and *Glycine soja* as influenced by phosphorus status. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 1, p.1300-1305, 1993.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.
- RAYCHAUDHURI, S. S. The role of superoxide dismutase in combating oxidative stress in higher plants. **The Botanical Review**, New York, v. 66, n. 1, p. 89-98, 2000.



- REDDY, K. N.; ZABLOTOWICZ, R. M. Glifosate-resistant soybean response to various salts of glifosate and glifosate accumulation in soybean nodules. **Weed Science**, Urbana, v. 51, n. 1, p. 496-502, 2003.
- REDDY, N. R.; PIERSON, M. D.; SATHE, S. K.; SALUNKHE, D. K. Phytates in cereals and legumes. Boca Raton: CRC Press, 1989.
- REETZ, E. R.; CARVALHO, C.; KIST, B. B.; POLL, H.; SANTOS, C. E.; SILVEIRA, D. N. **Anuário Brasileiro de Soja**. Santa Cruz: Gazeta., 2012.
- REUTER, D. J.; ALSTON, A. M.; MCFARLANE, J. D. Occurrence and Correction of Manganese Deficiency in Plants. In: GRAHAM, R. D.; HANNAM, R. J.; UREN, N. C. (Ed.) **Manganese in soils and plants**. Netherlands: Kluwer Academic, 1988. p. 205-218.
- REZENDE, P. M.; CARVALHO, E. A. Avaliação de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) MERRIL] para o sul de Minas Gerais. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1616-1623, 2007.
- RIBEIRO, N. D.; SANTOS, O. S.; MENEZES, N. L. Tratamento de sementes de milho com fontes de zinco e boro. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 16, n. 2, p. 116-120, 1994.
- RÖMHELD, V.; GULDNER, G.; YAMADA, T. G.; OZTURK, L.; CAKMAK, I.; NEUMANN, G. Relevance of glyphosate in the rhizosphere of non-target plants in orchards for plant health. In LI, C. J. et al (Ed). **Plant Nutrition for food security, human health and environment protection**. [S. l.: s. n.], 2005. p. 476-477.
- RÖMHELD, V.; MARSCHNER, H. Functions of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J. J. (Ed). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p. 297-328.
- ROSOLEM, C. A.; ANDRADE, G. J. M.; LISBOA, I. P.; ZOCCA, S. M. Manganese uptake and redistribution in soybeans as affected by glifosate. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 6, p. 1915-1922, 2010.
- SÁ, M. E. Importância da adubação na qualidade de semente. In: SÁ, M. E.; BUZZETI, S. (Ed.). **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 65-98.
- SANTOS, H. C.; FRAGA, V. S.; RAPOSO, R. W. C.; PEREIRA, W. E. Cu e Zn na cultura do sorgo cultivado em três classes de solos. I. Crescimento vegetativo e produção. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 125-130, 2009.
- SANTOS, O. S.; ESTEFANEL, V. Efeito de micronutrientes e do enxofre aplicados nas sementes de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 5-17, 1986.
- SANZONOWICZ, C. Deficiência de manganês em solos dos cerrados. In: YAMADA, T. (Ed.) **Informações agronômicas**. Piracicaba: POTAFOS, 1995. p. 7. (Boletim, 71).

- SASAKI, M. **Lipídeos, carboidratos e proteínas de sementes de leguminosas do cerrado**. 2008. 75 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- SEAGRI. **Soja contrabandeada deflagrou disseminação: valor econômico**. Salvador, 2013. Disponível em: <<http://www.seagri.ba.gov.br/noticias.asp?qact=view&notid=18109>>. Acesso em: 8 fev. 2013.
- SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. Melhoria da soja. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 487-533.
- SELLE, P. H.; COWIESON, A.J.; RAVINDRAN, V. Consequences of calcium interactions with phytase and phytase for poultry and pigs. **Livestock Science**, New York, v. 124, n. 1/3, p. 126-141, 2009.
- SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M.; NEPOMUCENO, A. L.; OLIVEIRA, M. C. N. de. Eficácia de produtos contendo micronutrientes, aplicados via semente, sobre produtividade e teores de proteína da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 21, n. 1, p. 41-45, 1997.
- SILVA, R. G. Adubação com micronutrientes na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de cultivares de feijão comum. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 1, n. 1, p. 41, 2007.
- SOUZA, L. C. F. de; ZANON, G. D.; PEDROSO, F. F.; ANDRADE, L. H. L. de. Teor de proteína e de óleo nos grãos de soja em função do tratamento de sementes e aplicação de micronutrientes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1586-1593, 2009.
- STEFANELLO, F. F.; MARCHETTI, M. E.; SILVA, E. F.; STEFANELLO, J.; DORETO, R. B. S.; NOVELINO, J. O. Efeito de glyphosate e manganês na nutrição e produtividade da soja transgênica. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 1007-1014, 2011.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- TEIXEIRA, I. R.; BORÉM, A.; SILVA, A. G.; KIKUTI, H. Fontes e doses de zinco no feijoeiro cultivado em diferentes épocas de semeadura. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 255-259, 2008.
- TEIXEIRA, I. R.; BORÉM, A.; ARAÚJO, A. A.; ANDRADE, M. J. B. Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta à adubação foliar com manganês e Zinco. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 83-88, 2005.
- TEIXEIRA, J. P. F.; SPOLADORE, D. S.; BRAGA, N. R.; BULISANI, E. A. Composição Química de grãos de feijão-guandu cultivar Kaki. **Bragantia**, Campinas, v. 44, n. 1, p. 457-463, 1985.
- TOLEDO, M. Z. **Dano por embebição em sementes de soja em função do teor de água inicial, cultivar e local de produção**. 2008. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008.

TORRE, M., RODRIGUEZ, A. R., SAURA-CALIXTO, F. Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 1, n. 1, p. 1-22, 1991.

TUNES, L. M.; PEDROSO, D. C.; TAVARES, L. C.; BARBIERI, A. P. P.; BARROS, A. C. S. A.; MUNIZ, M. F. B. Tratamento de sementes de trigo com zinco: armazenabilidade, componentes do rendimento e teor do elemento nas sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 7, p. 1141-1146, 2012.

URANO, E. O. M.; KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; VITORINO, A. C. T.; GONÇALVES, M. C.; MARCHETTI, M. E. Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos chance matemática, sistema integrado de diagnose e recomendação diagnose da composição nutricional. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p.63-72, 2007.

VALLADARES, G. S.; SANTOS, G. C. G. dos; ABREU, C. A. de; CAMARGO, O. A. de; FERRERO, J. P. Zinco total e disponível em amostras de perfis de solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 1105-1114, 2009.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-26.

VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, p.103-132, 1994.

VIEIRA, R. F.; VIEIRA, C.; RAMOS, J. A. O. **Produção de sementes de feijão**. Viçosa, MG: EPAMIG/EMBRAPA, 1993. 131 p.

VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C. de. Manejo químico do solo para alta produtividade da soja. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). **Tecnologia da produção**. Piracicaba: [s. n.], 1998. p. 84-112.

YAGI, R.; SIMILI, F. F.; ARAÚJO, J. C.; PRADO, R. M.; SANCHEZ, S. V.; RIBEIRO, C. E. R.; BARRETTO, V. C. M. Aplicação de zinco via sementes e seu efeito na germinação, nutrição e desenvolvimento inicial do sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 4, p. 655-660, 2006.

YAMADA, L. P.; BARCELOS, M. F. P.; SOUSA, R. V.; LIMA, A. L. Composição química e conteúdo de ferro solúvel em soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 2, p. 406-413, 2003.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C. The determination of amino acids with ninhydrin. **Analyst**, Cambridge, v. 80, n. 948, p. 209-213, 1955.

WYATT, C. J., TRIANA-TEJAS, A. Solub leandin soluble Fe, Zn, Ca, and phytates in foods commonly consumed in northern Mexico. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 42, n. 10, p. 2204-2209, 1994.

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

ZHOU, J. R., FORDYCE, E. J., RABOY, V., DICKINSON, D. B., WONG, M. S., BURNS, R. A., ERDMAN, J. W. Reduction of phytic acid in soybean products improves zinc bioavailability in rats. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 122, n. 12, p. 2466-2473, 1992.

ZOBIOLE, L. H. S.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; HUBER, D. M.; CONSTANTIN, J.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Glifosate reduces shoot concentrations of mineral nutrients in glifosate-resistant soybeans. **Plant Soil**, Amsterdam, v. 328, n. 1, p. 57-69, 2010.