

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
SEMENTES**



Tese

**TEOR DE NUTRIENTES E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA**

**Geliandro Anhaia Rigo**

Pelotas, 2016

# TEOR DE NUTRIENTES E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA

Tese apresentada à Universidade Federal

Orientador: Prof. Dr. Luis Osmar Braga Schuch  
Coorientador: Prof. Dr. Willian Silva Barros

Pelotas, 2016

**Geliandro Anhaia Rigo**

**TEOR DE NUTRIENTES E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA**

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas

Data da defesa: 27/06/2016

.....  
Prof. Dr Luis Osmar Braga Schuch (Orientador) Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

.....  
Prof. Dr Tiago Pedó, Doutor em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas

.....  
Prof. Dr Flávio Reina Abib, Doutor em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas

.....  
Dr. André Pich Brunes, Doutor em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas

.....  
Prof. Dr Ledemar Carlos Vahl, Doutor em Agronomia Solos pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico  
À minha Mãe e minha Noiva

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Luis Osmar Braga Schuch, pela orientação, confiança e incentivo na realização deste trabalho, ao professor Willian Silva Barros pelas contribuições, ajuda e dedicação.

À Universidade Federal de Pelotas, à Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, em especial aqueles professores que contribuíram de forma positiva no meu desenvolvimento pessoal e de obtenção de novos conhecimentos;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa.

A empresa Dimicron Química do Brasil Ltda. e ao amigo Rodrigo Lamaison de Vargas pela parceria e contribuição na realização deste trabalho.

Aos meus pais pela dedicação e empenho para me manter no rumo certo, em especial a minha mãe por sempre acreditar no meu trabalho.

À minha noiva, Luana Harz Durante, pelo amor, companheirismo, incentivo e paciência.

A minha irmã Jandaira Anhaia Rigo por estar sempre comigo me apoiando e incentivando.

Aos avós Olindo Rigo, Rosalina Perini Rigo e Rosa Amélia de Campos Anhaia, pelos ensinamentos tão valiosos, apoio, incentivo e dedicação.

Aos familiares e amigos Eunesio Rigo, Luiz Carlos Rigo, Sergionei Correa, Enio René Durante e Glaci Maria Harz Durante, pelas contribuições, incentivo e amizade que muito contribuíram nesta caminhada.

A todos amigos e colegas que contribuíram na concretização deste trabalho.

## Resumo

Rigo, Geliandro Anhaia. **Teor de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de soja** 2016. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O efeito de nutrientes aplicados ao solo ou através da aplicação foliar tem sido razoavelmente estudado em relação aos aspectos relativos à nutrição da planta, porém, os efeitos dos nutrientes minerais contidos nas próprias sementes sobre o estabelecimento das plantas não tem recebido a mesma atenção. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a correlação do teor de nutrientes contidos em sementes de soja com a sua qualidade fisiológica, assim como comparar o teor de nutrientes de diferentes cultivares de soja. Os nutrientes analisados foram, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e molibdênio, mais o sódio e alumínio. As análises de qualidade fisiológica realizadas foram, germinação, envelhecimento acelerado, viabilidade e vigor por tetrazólio, assim como o peso de mil sementes. Foram utilizadas sementes de soja das cultivares BMX Apolo RR, BMX Ativa RR, BMX Energia RR, BMX Força RR, BMX Impacto RR, BMX Magna RR, BMX Turbo RR, BMX Potência RR e NA 5909 RR, produzidas por uma empresa produtora de sementes localizada na região noroeste do estado do RS, na safra 2011/2012. Os resultados foram analisados utilizando a correlação linear de Pearson e para comparação de médias foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os teores de macronutrientes, exceto de potássio e de cálcio, nas sementes variaram entre as cultivares. O nitrogênio, fósforo e o cálcio são os macronutrientes que mais contribuem beneficemente para a qualidade fisiológica das sementes de algumas cultivares de soja. As cultivares variam nos teores de micronutrientes nas sementes, exceto para o ferro. O molibdênio e o cobre são os micronutrientes que mais influenciam beneficemente a qualidade fisiológica das sementes de algumas cultivares de soja. Sementes de algumas cultivares de soja com altos teores de ferro e alumínio têm a sua qualidade fisiológica afetada negativamente.

Palavras-chave: *Glycine max*, germinação, vigor, macronutrientes, micronutrientes.

## Abstract

Rigo, Geliandro Anhaia. **Nutrient content and quality of soybean physiological seeds.** 2016. Doctoral thesis – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The effect of nutrients applied to the soil or by foliar application has been fairly studied in relation to aspects of plant nutrition, however, the effects of mineral nutrients contained in the seeds themselves on plant establishment has not received the same attention. Thus, the objective of this study was to evaluate the correlation of nutrient content contained in soybean seeds with their physiological quality, as well as compare the nutrient content of different soybean cultivars. Nutrients were analyzed, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, boron, copper, iron, manganese, zinc and molybdenum, more sodium and aluminum. The physiological quality analyzes were, germination, accelerated aging, viability and vigor by tetrazolium, as well as the weight of a thousand seeds. Soybean cultivars seeds were used, BMX Apolo RR, BMX Ativa RR, BMX Energia RR, BMX Força RR, BMX Impacto RR, BMX Magna RR, BMX Turbo RR, BMX Power RR and NA 5909 RR, produced by a seed producer company located in the northwest of the state of RS, in the 2011/2012 harvest. The results were analyzed using Pearson correlation and mean comparison was used the Tukey test at 5% probability. The macronutrient content, except for potassium and calcium, the seeds varied among cultivars. Nitrogen, phosphorus and calcium are the macronutrients that contribute most beneficially for the physiological quality of seeds of some soybean cultivars. The cultivars vary in micronutrient content in seeds, except for iron. Molybdenum and copper are the micronutrients that most beneficially influence the physiological quality of seeds of some soybean cultivars. Seeds of some soybean cultivars with high levels of iron and aluminum have their physiological quality affected negatively.

**Keywords:** *Glycine max*, germination, vigor, macronutrients, micronutrients

## Sumário

Comitê de Orientação .....	ii
Comissão julgadora.....	vii
Dedicatória .....	ivi
Agradecimentos .....	vii
Resumo.....	vi
Abstract.....	viii
Introdução Geral.....	9
Artigo 1 – Teores de macronutrientes e qualidade fisiológica de sementes de soja .	12
Resumo.....	12
Abstract.....	13
Introdução .....	14
Material e métodos.....	15
Resultados e discussão .....	18
Tabela. 1 .....	18
Tabela. 2 .....	22
Conclusões .....	24
Referências.....	25
Artigo 2- Teores de micronutrientes e qualidade fisiológica de sementes de soja ....	28
Resumo.....	28
Abstract.....	29
Introdução .....	30
Material e Métodos.....	31
Resultados e Discussão.....	33
Tabela. 1 .....	34
Tabela. 2 .....	38
Conclusões .....	40
Referências.....	41
Considerações Finais.....	44
Referências .....	45

## INTRODUÇÃO GERAL

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma leguminosa que avança de norte a sul no Brasil se consolidando como motor do agronegócio e garantindo rentabilidade ao produtor rural. Fonte de proteína humana e animal tornou-se a cultura mais importante do país através da incorporação de novas tecnologias e da expansão para a região do cerrado.

No Brasil, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB 2015), a produção total de soja durante a safra de 2014/15 atingiu o recorde de 96,2 milhões de toneladas, sendo a produtividade média brasileira de 2.999 Kg ha<sup>-1</sup>, em uma área total cultivada de 32,1 milhões de hectares.

A região Centro-Oeste foi responsável por cerca de 46% desta produção, sendo a maior região produtora do país, com destaque para o estado do Mato Grosso, responsável por uma produção de 28,01 milhões de toneladas. A segunda região de maior destaque é a região sul, responsável pela produção de 34,01 milhões de toneladas. Na região sul pode-se destacar os estados do Paraná, com uma produção total de 17,21 milhões de toneladas e o estado do Rio Grande do Sul com uma produção total de 14,88 milhões de toneladas (CONAB, 2015).

Esse rápido crescimento da cultura no país tem sido impulsionado, principalmente, pelo retorno econômico, desenvolvimento de novas cultivares, adaptação das condições de cultivo no país e a disponibilidade de um pacote tecnológico que permitiu a expansão para novas áreas agrícolas, onde os níveis de produtividade tendem a aumentar com o passar dos anos.

A soja é um dos grãos mais consumidos no mundo, e a sua demanda cresce a cada dia, exigindo-se uma produção de sementes com alta qualidade fisiológica. A qualidade fisiológica de sementes é importante para garantir o estabelecimento da população de plantas, característica importante que contribui para atingir níveis altos de produtividade. Sabe-se que a qualidade fisiológica de sementes de soja é máxima em sua maturidade fisiológica. A partir deste momento são iniciados diferentes processos degenerativos de natureza física, fisiológica e bioquímica, acarretando a deterioração das sementes. (FRANÇA NETO et al., 2010)

No Brasil tem sido verificado que algumas cultivares de soja, apesar de altamente produtivas, apresentam baixa qualidade de sementes, dificultando assim sua permanência no mercado. Assim, a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de cultivares de soja, anteriormente ao lançamento no mercado, confere maior segurança aos diferentes setores envolvidos nos sistemas de produção de sementes e de grãos, para atender as demandas destes mercados. O uso de sementes de alta qualidade é um requisito essencial para o sucesso no estabelecimento dos cultivos e na obtenção de elevados rendimentos no campo. Sabe-se que o genótipo influencia a qualidade fisiológica de sementes, desta forma, nos programas de melhoramento deve ser considerado a seleção para esta característica, (MORENO, 2016).

A produção, o beneficiamento e a comercialização de sementes são processos dinâmicos que têm mobilizado consideravelmente a agricultura, tornando-se a semente, um dos mais importantes insumos, pois se trata de um vetor tecnológico deflagrado pela sua valorização qualitativa unitária (Previero, 2001). Segundo Peske e Levien (2005), a demanda de sementes no Brasil tem apresentado crescimento, com maior expressividade para as principais culturas de importância comercial, o qual se deve, principalmente, ao alto nível tecnológico atribuído a essas espécies, incluindo uma parcela de responsabilidade à pesquisa, que tem alavancado interessantes resultados de produtividade, independentemente do incremento de área cultivada nos últimos tempos.

Diante deste cenário motivador, a pesquisa tem contribuído ao intensificar seus estudos no setor, com o objetivo de disponibilizar e garantir ao produtor rural uma semente com alto potencial fisiológico e tecnológico, que, além de atender aos padrões mínimos de qualidade, seja a garantia de sucesso da lavoura do produtor.

O efeito de nutrientes aplicado no solo ou através da aplicação foliar tem sido estudado em relação aos atributos de qualidade de semente e a produtividade da lavoura. Da mesma forma, estudos relacionados ao tratamento de sementes vêm sendo realizados ao longo dos anos, visando ser mais uma possibilidade de aumentar o conteúdo de nutrientes, tanto através da aplicação diretamente às sementes, como da imersão destas em soluções contendo determinado nutriente (VEIGA et al. 2010).

Existe a possibilidade do tamanho da semente influenciar o comportamento da planta, em razão de suas maiores reservas, especialmente de micronutrientes (LEITE et al. 2009). Todavia, os efeitos dos nutrientes minerais contidos na própria semente sobre a qualidade fisiológica da mesma e o estabelecimento das plantas têm sido pouco pesquisados.

Ressalta-se que o adequado fornecimento de nutrientes é crucial para o desempenho inicial de plântulas e conseqüentemente o estabelecimento de seu estande em campo (DELARMINO - FERRARESI et al., 2014). Sementes de soja de diferentes cultivares, ou, até mesmo de diferentes lotes da mesma cultivar, podem variar quanto à composição química devido ao cultivo em diferentes condições ambientais, com potenciais reflexos sobre a qualidade fisiológica. Para tanto, torna-se relevante conhecer aspectos da composição nutricional das sementes, visto que, serão as responsáveis por suprir essas necessidades iniciais.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi correlacionar o teor dos macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn), mais o alumínio (Al) e o sódio (Na) contidos em sementes de soja com a sua qualidade fisiológica, bem como, determinar os teores de macro e micronutrientes contidos em sementes de soja de diferentes cultivares.

## Artigo 1

### Teores de macronutrientes e qualidade fisiológica de sementes de soja

Macronutrient and physiological quality of soybean seeds

**RESUMO** - Os nutrientes contidos na própria semente podem ser indispensáveis para suprir as necessidades iniciais das plântulas. O objetivo do trabalho foi avaliar correlação entre os macronutrientes contidos em sementes de soja de cultivares distintas com a sua qualidade fisiológica, assim como comparar o conteúdo dos macronutrientes das diferentes cultivares. Os macronutrientes analisados foram, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. As análises de qualidade fisiológica realizadas foram, germinação, envelhecimento acelerado, viabilidade e vigor por tetrazólio, assim como o peso de mil sementes. Foram utilizadas sementes de soja das cultivares, BMX Apolo RR, BMX Ativa RR, BMX Energia RR, BMX Força RR, BMX Impacto RR, BMX Magna RR, BMX Turbo RR, BMX Potência RR e NA 5909 RR, produzidas na safra de 2011/2012. Para avaliar o efeito da relação entre teores de macronutrientes com a qualidade fisiológica, utilizou-se a correlação linear de Pearson. Para a comparação do conteúdo de macronutrientes e da qualidade fisiológica, empregou-se o teste F para a análise de variância dos dados, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os teores de macronutrientes nas sementes variaram entre os cultivares, sendo que o nitrogênio apresenta valores entre 51,87 e 63,73 g kg<sup>-1</sup>, o fósforo entre 3,44 e 4,70 g kg<sup>-1</sup>, o magnésio entre 1,68 e 2,35 g kg<sup>-1</sup>, e o enxofre entre 0,43 e 2,65 g kg<sup>-1</sup>. Os teores de potássio e cálcio não variaram entre as cultivares, apresentando valores médios de 18,21 e 2,39 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Os teores de nitrogênio, fósforo e cálcio em sementes de soja estão associados positivamente com a qualidade fisiológica das sementes de algumas cultivares.

**Palavras-chave:** *Glycine max*, cultivares, nutrientes, vigor.

**ABSTRACT** - The nutrients contained in the seed itself may be necessary to meet the initial needs of the seedlings. The objective was to evaluate the correlation between the macronutrients contained in soybean seeds of different cultivars with their physiological quality, as well as compare the contents of macronutrients and the physiological quality of different cultivars. The macronutrients analysis were nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfur. The analyses of physiological quality were germination, accelerated aging, viability and vigor by tetrazolium, as well as the weight of a thousand seeds. Soybean cultivars seeds were used, BMX Apollo RR, BMX Ativa RR, BMX Energia RR, BMX Força RR, BMX Impacto RR, BMX Magna RR, BMX Turbo RR, BMX Power RR and NA5909 RR, produced in 2011/2012 harvest . To evaluate the effect of the relationship between macronutrient content with the physiological quality, we used the Pearson correlation. To compare the macronutrient content and physiological quality, we used the F test for the variance analysis and the means were compared by Tukey test at 5% probability. Macronutrients content in seeds varied between cultivars, wherein the nitrogen has values between 51.87 and 63.73 g kg<sup>-1</sup>, the match between 3.44 and 4.70 g kg<sup>-1</sup>, magnesium between 1.68 and 2.35 g kg<sup>-1</sup>, and sulfur between 0.43 and 2.65 g kg<sup>-1</sup>. The levels of potassium and calcium did not vary between cultivars, with average values of 18.21 and 2.39 g kg<sup>-1</sup>, respectively. Nitrogen, phosphorus and calcium in soybean seeds are positively associated with the physiological seed quality of some cultivars.

**Keywords:** *Glycine max*, cultivars, nutrients, correlation

## INTRODUÇÃO

A ótima fase do mercado agrícola brasileiro deve-se principalmente, a expansão da cultura de soja. Tal fato se justifica pela importância do produto tanto para o consumo animal, através do farelo da soja, quanto para o consumo humano.

O uso de sementes de alta qualidade fisiológica assume papel fundamental na condução de uma lavoura para alcançar altas produtividades, uma vez que sementes de elevada qualidade apresentam maior velocidade nos processos metabólicos, propiciando emissão mais rápida e uniforme da raiz primária no processo de germinação e maior taxa de crescimento, produzindo plântulas com maior estatura inicial e, conseqüentemente, maior crescimento e rendimento de grãos (MIELEZRSKI et al., 2008).

A qualidade fisiológica das sementes pode ser influenciada, tanto positiva, como negativamente, por inúmeros fatores. Dentro desse contexto, os nutrientes podem assumir um papel de destaque. Sementes de soja de diferentes cultivares e lotes podem variar quanto à composição química devido ao cultivo em diferentes condições ambientais, com potenciais reflexos sobre a qualidade fisiológica (DELARMINO - FERRARESI et al., 2014).

O nitrogênio, o fósforo, o cálcio e o magnésio, destacam-se dentre os macronutrientes com respostas positivas na qualidade das sementes, porém, não apenas o elemento em si, mas também a dose fornecida às plantas pode influenciar na qualidade das sementes (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Kurihara et al. (2013), avaliando a quantidade acumulada do teor de nutrientes em grãos de soja, encontraram os seguintes valores, N ( $235\text{g kg}^{-1}$ ), P ( $24\text{g kg}^{-1}$ ), K ( $54,4\text{g kg}^{-1}$ ) Ca ( $9,1\text{g kg}^{-1}$ ) Mg ( $11,4\text{g kg}^{-1}$ ), López-andreu et al. (1985), verificaram pouca diferença entre algumas cultivares semeadas nas mesmas condições de cultivo. De acordo com os resultados, os nutrientes mais abundantes

foram K, P, Mg e Ca, com  $19,6\text{g kg}^{-1}$ ,  $4,54\text{g kg}^{-1}$ ,  $2,59\text{g kg}^{-1}$  e  $3,13\text{ g kg}^{-1}$  da amostra, respectivamente.

Portanto, nos estádios iniciais do desenvolvimento da cultura, ou seja, durante a emergência e o estabelecimento de plantas, o teor dos macronutrientes presente nas sementes permite determinar se estes estão em faixa de suficiência para que os processos fisiológicos ocorram de modo satisfatório.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo correlacionar o teor de macronutrientes contidos em sementes de soja de cultivares distintas com a sua qualidade fisiológica, assim como comparar o conteúdo dos macronutrientes das diferentes cultivares.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi desenvolvido em parceria, pelo programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), com a empresa Dimicron Química do Brasil LTDA. Foram utilizadas sementes de soja das cultivares BMX Apolo RR (12 lotes), BMX Ativa RR (13 lotes), BMX Energia RR (26 lotes), BMX Força RR (24 lotes), BMX Impacto RR (35 lotes), BMX Magna RR (16 lotes), BMX Turbo RR (44 lotes), BMX Potência RR (82 lotes) e NA 5909 RR (28 lotes), produzidas por uma empresa produtora de sementes localizada na região noroeste do Rio Grande do Sul, na safra agrícola de 2011/2012.

A avaliação dos teores nutricionais encontrados nos tecidos vegetais de sementes de soja foi realizada no Laboratório de Análises Químicas do Instituto Brasileiro de Análises (IBRA) localizado em Sumaré – SP. Foram avaliados os teores dos macronutrientes: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Magnésio (Mg), Cálcio (Ca), Enxofre (S).

A extração dos nutrientes procedeu-se segundo MALAVOLTA (2006). Para extração do N utilizou-se o método de decomposição por digestão sulfúrica, onde o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  em presença de agentes catalisadores ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) e de sais usados com a finalidade de elevar o ponto de ebulição do ácido, como o  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , irá oxidar a matéria orgânica, transformando o nitrogênio para a forma de sulfato de amônio:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

Para a extração do P, K, Ca, Mg, S, o método de decomposição utilizado foi digestão nítrico-perclórica. Pesou-se 0,50 g de matéria seca, adicionou-se 9,0 mL de

mistura nítrico-perclórica, na proporção de 3,5:1 (v/v) e procedeu-se a uma pré-digestão em temperatura ambiente por uma noite. A digestão das amostras foi efetuada em chapa aquecedora, aumentando-se gradativamente a temperatura até atingir 160 °C, mantendo-a pelo período necessário para que o volume fosse reduzido à metade. Em seguida, aumentou-se a temperatura até 200 °C, mantendo-a até a eliminação de fumaça branca e densa e o extrato tornar-se incolor. Após o resfriamento dos frascos de vidro, adicionou-se cerca de 2 mL de água ultrapura e o extrato foi transferido para balão volumétrico de 50 mL, completando-se o volume também com água ultrapura. A solução de leitura foi homogeneizada e transferida para frascos de vidro e deixada em repouso por uma noite, para proporcionar a decantação da sílica amorfa.

O Nitrogênio foi determinado pelo método Semi-micro-Kjeldahl. O método é baseado na transformação do nitrogênio amoniacal  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  em amônia ( $\text{NH}_3$ ), a qual é fixada pelo ácido bórico e posteriormente titulada com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  até nova formação de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}$  na presença de indicador de ácido/base.

O Fósforo foi determinado pelo método de Colorimetria do metavanadato (fósforo total), o qual é baseado na formação de um composto amarelo do sistema vanadomolibdofosfórico em acidez de 0,2 a 1,6 N. A cor desenvolvida é medida em fotocolorímetro ou em espectrofotômetro utilizando-se um filtro de cor complementar à da amostra, medindo-se a porcentagem de transmissão (%T) ou de absorbância (A) ou a densidade ótica (D.O.). Os métodos colorimétricos sempre utilizam como filtro uma cor complementar (cor absorvida) em relação à cor da solução.

O Potássio foi determinado por Espectrometria de absorção atômica, onde após a oxidação do material vegetal pela digestão nítrico-perclórica, o potássio é quantificado por espectrofotômetro de absorção atômica com lâmpada de cátodo oco de K (Lc).

Para o Cálcio e o Magnésio foi utilizado o mesmo princípio resumido na quantificação do potássio, utilizando-se, porém, lâmpada de arco de descarga de cálcio-magnésio ou individuais, sendo que para a determinação desses dois elementos é necessária a adição de lantânio ou estrôncio para prevenir interferências ocasionadas pela presença de fosfatos e de alumínio. Assim, o lantânio ou o estrôncio evitam a formação de compostos termicamente estáveis entre magnésio ou cálcio com fosfatos e alumínio.

O Enxofre foi determinado pelo método da Turbidimetria do sulfato de bário. A determinação turbidimétrica do sulfato baseia-se na turbidez formada pela precipitação do enxofre pelo cloreto de bário, na forma de sulfato de bário, turbidez essa medida em colorímetro ou espectrofotômetro na forma de transmitância (T) ou absorvância. Os teores de macronutrientes foram expressos em g/kg.

A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada no Laboratório de Análise de Sementes da empresa Dimicron Química do Brasil LTDA, pelos seguintes testes:

Teste de germinação (Ger), foi conduzido com quatro sub-amostras de 100 sementes por repetição de cada tratamento, semeadas em rolos de papel Germitest umedecidos com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso de papel seco, permanecendo em germinador a 25°C. As avaliações foram efetuadas aos oito dias após a semeadura, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Envelhecimento Acelerado (EA), realizado em caixa tipo gerbox com tela metálica. Adicionou-se 40 mL de água destilada ao fundo de cada caixa, e sobre a tela foram distribuídas uniformemente as sementes de cada lote em uma única camada. Em seguida, as caixas, contendo as sementes, foram tampadas e acondicionadas em incubadora do tipo BOD, a 41 °C, onde permaneceram por 48 horas. Após foram submetidas ao teste de germinação (MARCOS FILHO et al. 1999).

Viabilidade pelo teste de teste de tetrazólio (PG), realizado com quatro amostras de 50 sementes de cada lote, que foram pré-condicionadas em papel toalha umedecido a 30°C em ambiente úmido (germinador), durante 16 horas. Decorrido este período, as sementes foram transferidas para copinhos de plástico descartáveis e imersas em solução a 0,075% de sal de tetrazólio e mantidas durante quatro horas no interior de uma estufa a 40°C. Após o desenvolvimento da coloração, as sementes foram lavadas em água corrente e avaliadas segundo os critérios propostos, por Costa et al. (2007). Vigor pelo teste de tetrazólio (Vtz), que foi representado pelas sementes pertencentes às classes de 1 a 3 do referido teste, segundo a metodologia proposta por Costa et al. (2007).

O peso de mil sementes (PMS) foi determinado pela pesagem de oito repetições de 100 sementes e corrigido para peso de mil sementes, conforme descrito por Brasil (2009).

Para obter-se a correlação, os dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade e as variáveis respostas foram correlacionadas pelo teste de Pearson, utilizando o programa estatístico Genes. Para o efeito da comparação dos teores de macronutrientes e da qualidade fisiológica das diferentes cultivares, empregou-se o teste F para a análise de variância dos dados, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade com o auxílio do programa computacional SAS (Statistical Analysis System).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados da análise demonstraram que houve correlação entre os teores de macronutrientes contidos em sementes de soja com a qualidade fisiológica das diferentes cultivares, (Tabela 1).

Houve uma alta correlação positiva entre as variáveis teor de nitrogênio e germinação para as cultivares, BMX Apolo RR, BMX Ativa RR, BMX Impacto RR e BMX Potência RR (Tabela 1).

O envelhecimento acelerado correlacionou-se positivamente com o teor de nitrogênio contido nas sementes de soja para as cultivares, BMX Apolo RR, BMX Impacto RR, BMX Magna RR e BMX Potência RR (Tabela 1).

A maior concentração de nitrogênio pode estar relacionada à maior germinação e maior vigor, determinado pelo envelhecimento acelerado, pelo fato de que, na soja a disponibilidade de nitrogênio, juntamente com potencial genético da variedade, influencia o teor de proteína das sementes (DELARMINO - FERRARESI et al., 2014). Estas proteínas, serão utilizadas nas fases iniciais da germinação, seja na forma de enzimas ou na forma de RNAm pré existente. Visto que as proteínas de reserva são hidrolisadas durante a germinação das sementes e fornecerão a nutrição que o embrião precisa durante a germinação (ZIMMER, 2012).

A correlação entre a viabilidade determinada pelo teste de tetrazólio com o teor de nitrogênio, foi positiva e significativa para as cultivares, BMX Ativa RR, BMX Impacto RR e NA 5909 RR sendo que as cultivares, BMX Impacto RR e NA5909 RR, também apresentaram resultados positivos e significativos quando observou-se os valores do vigor por tetrazólio em relação ao teor de nitrogênio (Tabela 1).

**Tabela 1.** Correlação de Pearson entre os teores de macronutrientes e as variáveis germinação (Ger), envelhecimento acelerado (EA), viabilidade pelo teste de tetrazólio (PG), vigor pelo teste de tetrazólio (VTz) e peso de mil sementes (PMS) em diferentes cultivares de soja.

Cultivares	N					P				
	Ger	EA	PG	VTz	PMS	Ger	EA	PG	VTz	PMS
BMX Apolo RR	0,78*	0,94*	0,27	0,04	0,97**	0,99**	0,58	0,77*	0,6	0,67
BMX Ativa RR	0,78*	0,31	0,70*	0,56	0,16	0,84*	0,64	0,70*	0,67	0,63
BMX Energia RR	-0,18	-0,12	0,40	0,23	-0,24	0,47	0,48	0,42	0,40	-0,39
BMX Força RR	0,15	0,13	0,33	0,03	0,10	0,18	0,79*	0,53	0,56	0,40
BMX Impacto RR	0,89**	0,75*	0,95**	0,93**	0,40	0,48	0,36	0,63*	0,65*	0,22
BMX Magna RR	0,05	0,69*	0,34	0,16	0,77*	0,50	0,50	0,44	0,46	0,15
NA 5909 RR	0,57	0,52	0,76*	0,75*	0,58	0,70*	0,07	0,21	0,41	0,26
BMX Potência RR	0,80*	0,77*	0,23	0,16	0,12	0,81*	0,43	0,85*	0,80*	0,73*
BMX Turbo RR	0,45	0,41	0,39	0,46	0,64*	0,94**	0,86**	0,65*	0,57	0,74*
Cultivares	K					Ca				
	Ger	EA	PG	VTz	PMS	Ger	EA	PG	VTz	PMS
BMX Apolo RR	0,55	0,50	0,60	0,52	-0,54	0,85*	0,74*	0,70*	0,41	0,82*
BMX Ativa RR	0,83*	0,78	0,67	0,34	0,30	0,75*	0,05	0,62	0,19	-0,07
BMX Energia RR	-0,59	-0,62	-0,14	-0,45	0,64	0,89*	0,79*	0,40	0,25	0,30
BMX Força RR	-0,02	0,01	0,52	0,36	0,30	-0,10	-0,20	-0,09	-0,09	0,37
BMX Impacto RR	0,57	0,47	0,54	0,64*	0,08	0,35	0,51	0,02	-0,06	0,35
BMX Magna RR	0,53	0,12	0,57	0,57	-0,05	0,01	0,87**	0,50	0,59	0,09
NA 5909 RR	0,25	0,12	0,24	0,18	-0,41	0,86*	0,76*	0,42	0,47	-0,28
BMX Potência RR	0,33	0,41	0,08	-0,05	-0,02	0,40	0,72*	0,65*	0,44	0,31
BMX Turbo RR	0,45	0,33	0,31	0,49	-0,51	0,14	-0,20	0,24	0,16	0,07
Cultivares	Mg					S				
	Ger	EA	PG	VTz	PMS	Ger	EA	PG	VTz	PMS
BMX Apolo RR	0,51	0,22	0,59	0,60	0,10	0,19	-0,13	0,58	0,51	-0,25
BMX Ativa RR	-0,20	0,02	-0,28	-0,46	0,16	0,15	-0,51	-0,03	0,19	-0,20
BMX Energia RR	-0,25	-0,29	-0,11	-0,26	0,28	-0,03	-0,07	-0,15	-0,43	0,31
BMX Força RR	0,14	0,12	0,53	0,36	0,39	-0,03	-0,04	0,27	0,13	0,35
BMX Impacto RR	0,39	0,43	0,49	0,60	0,40	0,80**	0,82**	0,65*	0,66*	0,08
BMX Magna RR	0,58	0,55	0,55	0,67	0,02	-0,48	0,19	0,16	0,16	-0,03
NA 5909 RR	-0,53	0,04	-0,19	-0,34	0,43	0,14	0,07	-0,15	-0,13	0,26
BMX Potência RR	0,11	0,28	0,47	0,17	0,47	0,52	0,46	-0,41	-0,42	0,06
BMX Turbo RR	0,30	0,29	0,17	-0,40	-0,43	-0,03	0,15	0,40	0,38	0,76*

\*\*significativo a 1%

\*significativo a 5%

No que tange a correlação entre o peso de mil sementes e teor de nitrogênio, os resultados foram positivos e significativos para as cultivares BMX Apolo RR e BMX Magna RR e BMX Turbo RR (Tabela 1).

Alvarez et al. (2007), constataram que o peso de mil sementes é um caráter varietal e estável, pouco influenciado por fatores de ordem climática e nutricional.

Analisando o teor de Fósforo contido nas sementes de soja, observou-se correlação positiva e significativa com a germinação para as cultivares, BMX Apolo RR, BMX Ativa RR, NA5909 RR, BMX Potência RR e BMX Turbo RR. Já a

correlação do teor de fósforo com o envelhecimento acelerado apresentou resultados positivos e significativos para as cultivares, BMX Força RR e BMX Turbo RR.

O fósforo está presente nas sementes, principalmente como componente estrutural das membranas fosfolipídicas, fosfoproteínas, fosfolipídios, como componente de ácidos nucleicos e de muitas coenzimas. Pode ainda encontrar-se na forma inorgânica, armazenado nos vacúolos como ortofosfato. Suas principais funções estão relacionadas a produção de energia química para as reações fisiológicas. Em condições de deficiência de P na cultura, as reservas de fósforo inorgânico presente nos vacúolos são utilizadas, enquanto que o P orgânico se mantém. A maior disponibilidade deste elemento durante a formação das sementes pode resultar em maior acúmulo de P inorgânico nos vacúolos e, conseqüentemente, maior disponibilidade de energia para as reações durante a germinação, (ZIMMER, 2012).

O mesmo teor de fósforo, quando correlacionado com a viabilidade pelo teste de tetrazólio, observou-se resultados positivos e significativos para as cultivares, BMX Apolo RR, BMX Ativa RR, BMX Impacto RR, BMX Potência RR e BMX Turbo RR. Já para a correlação com a variável, vigor pelo teste de tetrazólio, as cultivares que apresentaram resultados positivos e significativos foram, BMX Impacto RR e BMX Potência RR.

Trigo et al. (1997), formulou a hipótese de que concentrações mais elevadas de P nas sementes proporcionariam maior disponibilidade de energia para as atividades metabólicas da semente, o que levaria ao maior crescimento inicial das plântulas e ao desenvolvimento maior e mais rápido do sistema radicular, resultando no aumento da absorção de nutrientes e, conseqüentemente na capacidade produtiva da planta.

Por outro lado, Batistella Filho et al. (2013), verificaram que o aumento na concentração de fósforo nos tecidos, tanto na folha quanto nas sementes, não afetou a qualidade fisiológica das sementes produzidas, avaliada pelos testes de germinação e de vigor.

O teor de potássio contido nas sementes de soja correlacionou-se positivamente com a percentual de germinação somente na cultivar BMX Ativa RR, e, com o vigor pelo teste de tetrazólio, apenas para a cultivar BMX Impacto RR

(Tabela 1). Batistella Filho et al. (2013), trabalhando com adubação de fósforo e potássio em sementes de soja, verificaram que a capacidade germinativa das sementes não esteve associada às concentrações de potássio nas sementes, pelo fato de que não houve efeito das doses de K sobre seus teores na semente.

Ensaio relatado por Turkiewicz (1976), envolvendo sementes de trigo, centeio e milho, permitiram constatar que a presença de P e K beneficiaram o vigor das sementes, embora não tenham obtido correlação entre teores dos elementos nas sementes e velocidade de germinação.

A liberação de potássio está diretamente ligada ao estado das membranas e independe da quantidade de potássio nas sementes, conforme demonstraram Panobianco e Marcos Filho (2001), em sementes de tomate, assim como, Miguel e Marcos Filho (2002), em sementes de milho.

A correlação do teor de cálcio contido nas sementes de soja com o percentual de germinação apresentou resultados positivos e significativos para as cultivares, BMX Apolo RR, BMX Ativa RR, BMX Energia RR e NA5909 RR (Tabela 1).

Ao analisar a correlação do teor de cálcio com o envelhecimento acelerado foi observado resultados positivos e significativos para as cultivares BMX Apolo RR, BMX Energia RR, BMX Magna RR, NA5909 RR e BMX Potência RR (Tabela 1). A correlação do teor de cálcio com a viabilidade pelo teste de tetrazólio apresentou resultados positivos e significativos para as cultivares BMX Apolo RR e BMX Potência RR. Já o vigor pelo teste de tetrazólio correlacionado com o teor de cálcio não apresentou resultados significativos para nenhuma das cultivares analisadas.

Assim como, o teor de magnésio contido em sementes de soja, não apresentou resultados significativos com nenhuma das variáveis analisadas.

O teor de enxofre (S) contido nas sementes de soja apresentou resultados de correlação positivo e significativo para as variáveis, germinação, envelhecimento acelerado, viabilidade e vigor pelo teste de tetrazólio, na cultivar BMX Impacto RR (Tabela 1). Houve correlação positiva e significativa do teor de S também com o peso de mil sementes para a cultivar BMX Turbo RR.

Os teores dos macronutrientes, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg) e enxofre (S), apresentaram diferenças significativas entre as amostras de sementes das nove cultivares de soja analisadas. O potássio e cálcio não diferem entre os cultivares, (Tabela 2).

**Tabela 2.** Teores dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) contidos em sementes de nove cultivares de soja.

Cultivar	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg <sup>-1</sup>					
BMX Apolo RR	59,26 AB	4,70 A	18,95 A	2,95 A	2,07 B	2,09 A
BMX Ativa RR	63,76 A	4,24 AB	18,66 A	1,85 A	2,21 AB	2,47 A
BMX Energia RR	57,84 ABC	3,93 BC	17,39 A	2,53 A	2,26 AB	1,31 B
BMX Força RR	59,66 AB	4,34 AB	18,66 A	2,52 A	2,08 B	2,00 A
BMX Impacto RR	53,46 BC	3,44 C	17,33 A	2,25 A	1,68 C	2,48 A
BMX Magna RR	54,37 BC	4,06 B	17,71 A	2,31 A	2,12 AB	1,99 A
BMX Potência RR	59,64 AB	4,33 AB	18,90 A	1,76 A	2,35 A	2,65 A
BMX Turbo RR	51,87 C	4,37 AB	17,20 A	2,05 A	2,05 B	2,20 A
NA 5909 RR	56,48 BC	4,24 AB	19,08 A	3,29 A	2,18 AB	0,43 C
C.V. (%)	9,3	10,83	9,5	62,63	9,37	26,46

\* Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

O teor de nitrogênio da cultivar BMX Ativa RR, quando avaliado pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade, mostrou-se superior as demais cultivares avaliadas, mas no entanto não diferiu estatisticamente das cultivares BMX Apolo RR, BMX Energia RR e BMX Força RR e BMX Potência RR (Tabela 2). A cultivar que apresentou o menor teor de nitrogênio na semente foi a BMX Turbo RR, seguida das cultivares, BMX Impacto RR, BMX Magna RR e NA 5909 RR. Houve uma diferença 11,89 g de nitrogênio por quilograma de sementes entre as cultivares BMX Ativa RR, que apresentou maior teor, e BMX Turbo RR, com teor cerca de 19% inferior. Visto que os teores de proteína em diferentes cultivares de soja varia de 30 a 45%, o teor de nitrogênio, por ser elemento componente das proteínas, também pode apresentar variação (Souza et al., 2009).

O maior teor de nitrogênio encontrado foi de 63,76 g kg<sup>-1</sup>, contido na cultivar BMX Ativa RR, já o menor teor deste nutriente foi de 51,87 g kg<sup>-1</sup>, contido na cultivar BMX Turbo RR. Quando se analisa o teor de fósforo observar-se que o maior conteúdo deste nutriente foi de 4,7 g kg<sup>-1</sup>, apresentado pela cultivar BMX Apolo RR e o menor conteúdo de fósforo foi de 3,44 g kg<sup>-1</sup>, apresentado pela cultivar BMX Impacto RR. Analisando-se o teor de potássio, observa-se que o maior teor encontrado foi de 19,08 g kg<sup>-1</sup>, na cultivar NA 5909 RR e o menor teor foi de 17,2 g

kg<sup>-1</sup>, para a cultivar BMX Turbo RR, sendo que não foi verificada diferença significativa para o teor de potássio entre as cultivares.

O maior teor de cálcio encontrado foi de 3,29 g kg<sup>-1</sup>, para a cultivar NA 5909 RR, e o menor teor foi de 1,76 g kg<sup>-1</sup>, para a cultivar BMX Potência RR, visto que não foi verificada diferença significativa entre os teores deste nutriente para as diferentes cultivares. O maior teor de magnésio encontrado foi de 2,35 g kg<sup>-1</sup>, para a cultivar BMX Potência RR, e o menor teor deste nutriente foi de 1,68 g kg<sup>-1</sup>, para a cultivar BMX Impacto RR. Por fim, analisando o teor de enxofre observa-se que o maior teor encontrado foi de 2,65 g kg<sup>-1</sup>, para a cultivar BMX Potência RR, já o menor teor encontrado deste nutriente foi de 0,43 g kg<sup>-1</sup>, para a cultivar NA 5909 RR.

As cultivares que apresentaram maior teor de fósforo contido na semente foram, BMX Apolo RR seguida de, BMX Turbo RR, BMX Força RR, BMX Potência RR, BMX Ativa RR e NA 5909 RR. Segundo Olibone e Rosolem (2010), os teores de fósforo em sementes de soja variam com a cultivar e o manejo químico do solo e também podem ter a sua concentração em sementes aumentada com adubação fosfatada de até 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Batistella Filho et al. (2013), verificaram que a adubação fosfatada aumentou linearmente as concentrações de P, tanto na folha quanto nas sementes. Observaram ainda que, ela não afetou a qualidade fisiológica das sementes produzidas, avaliada pelos testes de germinação e de vigor, apesar de ter aumentado a concentração de P nos tecidos.

Trabalhando com sementes de soja da cultivar BR 16, Trigo et al. (1997), observou que, a medida que aumentava o teor de fósforo nas sementes, aumentava-se o rendimento da planta subsequente.

O teor de potássio contido nas diferentes cultivares de soja analisada não diferiram estatisticamente entre si. Pesquisando seis cultivares de soja, Vieira et al. (1999), observaram que o K foi o mineral mais abundante entre todas as cultivares, com um teor máximo de 18,24 mg/100 g kg<sup>-1</sup> para a cultivar Iguaçu, e mínimo de 15,67 mg/100 g kg<sup>-1</sup> para a cultivar EMBRAPA-4. Os mesmos autores, concluíram ainda que, o potássio, mineral importante para o equilíbrio eletrolítico dos tecidos, está presente em altíssima quantidade em todas as cultivares avaliadas.

O teor de potássio nas sementes pode ser importante na fase inicial de crescimento das plantas, quando o sistema radicular está pouco desenvolvido para o suprimento adequado da planta com esse nutriente, uma vez que ele é essencial devido às várias funções que exerce dentro da planta, (MALAVOLTA, 2006; EPSTEIN E BLOOM, 2006). Dentre essas diversas funções que esse nutriente exerce no metabolismo das plantas, destaca-se, o controle da absorção de água, ativação enzimática, crescimento dos tecidos meristemáticos, síntese de proteínas e carboidratos, translocação de assimilados e abertura e fechamento dos estômatos (VEIGA et al., 2010).

O maior teor de magnésio foi da cultivar BMX Potência RR, 2,35 g kg<sup>-1</sup>, porém não diferiu estatisticamente das cultivares BMX Ativa RR, BMX Energia RR, BMX Magna RR e NA 5909 RR. Valor esse significativamente superior as demais. Já a cultivar BMX Impacto RR, foi àquela que apresentou o menor teor de magnésio entre todas as cultivares analisadas, 1,68 g kg<sup>-1</sup>, valor esse significativamente inferior as demais cultivares.

As cultivares que apresentaram os maiores teores de enxofre foram, BMX Potência RR, BMX Impacto RR, BMX Ativa RR, BMX Turbo RR, BMX Apolo RR e BMX Força RR, mas não diferiram estatisticamente entre si. Já a cultivar NA 5909 RR, apresentou 0,43 g kg<sup>-1</sup>, para o teor de enxofre, sendo esse valor estatisticamente inferior entre todas as cultivares analisadas.

### **CONCLUSÕES**

Os teores de macronutrientes nas sementes variam entre as cultivares, sendo que o nitrogênio apresenta valores entre 51,87 e 63,73 g kg<sup>-1</sup>, o fósforo entre 3,44 e 4,70 g kg<sup>-1</sup>, o magnésio entre 1,68 e 2,35 g kg<sup>-1</sup>, e o enxofre entre 0,43 e 2,65 g kg<sup>-1</sup>.

Os teores de potássio e cálcio não variaram entre os cultivares, apresentando valores médios de 18,21 e 2,39 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os teores de nitrogênio, fósforo e cálcio em sementes de soja estão associados positivamente com a qualidade fisiológica das sementes de algumas cultivares

## REFERÊNCIAS

ALVAREZ, R. C.F.; CRUSCIOL, C.A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; RODRIGUES, J.D.; ALVAREZ, A.C.C. Influência do etil-trinexapac no acúmulo, na distribuição de nitrogênio (15N) e na massa de grãos de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1487-1496, 2007.

ÁVILA, M. R., BRACCINI, A. D. L., SCAPIM, C. A., MANDARINO, J. M. G., ALBRECHT, L. P., VIDIGAL FILHO, P. S. Componentes do rendimento, teores de isoflavonas, proteínas, óleo e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 3, p. 111-127, 2007.

BALDONI, A. Expressão de genes relacionados com a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Tese Doutorado**, Lavras: UFLA, 57p. 2013.

BATISTELLA FILHO, F.; FERREIRA, M. E.; VIEIRA, R. D.; DA CRUZ, M. C. P.; CENTURION, M. A. P. DA C.; SYLVESTRE, T. DE B.; RUIZ, J. G. C. L. Adubação com fósforo e potássio para produção e qualidade de sementes de soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 48, n. 7, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.

BRASIL. Legislação brasileira sobre sementes e mudas; Lei nº 10.711, de 05 de agosto de 2003, Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004. Diário Oficial da União, Brasília, 06/08/2003, Seção 1, p.1.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 429p.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. - v.2, n4 (2015)- Brasília: Conab, 2015, 90p.

COSTA, N. P.; FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A. A. Metodologia alternativa do teste de tetrazólio em sementes de soja. **Circular Técnica**, n 39, 8p. 2007.

DELARMELINO - FERRARESI, L. M.; VILLELA, F.A; AUMONDE, T. Z, Desempenho fisiológico e composição química de sementes de soja. **Revista Brasileira Ciência Agrária**, v.9, n.1, p.14-18, 2014.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Planta, 2006. 410p.

KURIHARA, C. H.; VENEGAS, V.H.A.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS R.F. Accumulation of dry matter and nutrients in soybean, as a variable of the productive potential. **Revista Ceres**, v.60, n.5, p. 690 – 698, 2013.

LÓPEZ-ANDREU, F.J.; ARCE, A.; ESTEBAN, R.M.; ZORNOZA, P. Composición química y calidad de semillas de soja españolas. Fracción lipídica, mineral y proteínica. v.36 , n.2, p.93-97, 1985.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631p.

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

MENEZES, M. de; VON PINHO, É. V. D. R., JOSÉ, S. C. B. R., BALDONI, A., MENDES, F. F. Aspectos químicos e estruturais da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1716–1723, 2009.

MIELEZRSKI, F.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T.; PANOZZO, L.E.; CARVALHO, R.R.; ZUCHI, J. Desempenho em campo de plantas isoladas de arroz híbrido em função da qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, p. 139-144, 2008.

MORENO, K. A. A. Expressão de genes relacionados com a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Tese Doutorado**, Lavras: UFLA, 67p, 2016.

OLIBONE, D.; ROSOLEM, C.A. Phosphate fertilization and phosphorus forms in an Oxisol under no-till. **Scientia Agricola**, v.67, p.465 - 471 2010.

PANOBIANCO M; MARCOS FILHO J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agrícola**, v.58, p.525-531, 2001.

SOUZA, L.C.F.; ZANON, G.D.; PEDROSO, F.F.; ANDRADE, L.H.L. Teor de proteínas e de óleo nos grãos de soja em função do tratamento de sementes e aplicação de micronutrientes. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.6, p.1586-1593, 2009.

TRIGO, L. F. N.; PESKE, S. T.; GASTAL, M. F. C.; VAHL, L. C.; TRIGO, M. F. O. Efeito do conteúdo de fósforo na semente de soja sobre o rendimento da planta resultante. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 19, n. 1, p. 111-115, 1997.

TURKIEWICZ, L. Efeito da calagem e adubação fosfatada sobre a germinação e o vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Tese Mestrado**, Piracicaba: ESALQ/USP, 85p, 1976.

VEIGA, D.A.; VON PINHO E. V. R.; VEIGA, A.; PEREIRA, P. H. A. R.; OLIVEIRA, K. C.; VON PINHO, R.G. Influencia do potássio e da calagem na composição química qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. . **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n. 4, p. 953-960, 2010.

VIEIRA, C. R.; CABRAL, L. C.; DE PAULA, A.C.O. Composição centesimal e conteúdo de aminoácidos, ácidos graxos e minerais de seis cultivares de soja destinada à alimentação humana. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 34, n. 7, p. 1277-1283, 1999.

ZIMMER, P. D. Fundamentos da qualidade de sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E (Orgs.). **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3.ed. Pelotas: Editora. Universitária/UFPel, 2012. p.106-16.

## Artigo 2

### Teores de micronutrientes e qualidade fisiológica de sementes de soja.

Levels of micronutrients and physiological quality of soybean seeds.

**RESUMO** –. Uma semente de alta qualidade assume papel fundamental por proporcionar uma semeadura precisa e um estabelecimento rápido e uniforme. Nesse cenário, o teor de micronutrientes contidos nas sementes podem ser um diferencial para conduzir uma lavoura a altas produtividades. O objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica e a sua relação com os teores de micronutrientes contidos em sementes de soja de cultivares distintas, assim como comparar o conteúdo de micronutrientes das diferentes cultivares. Os micronutrientes analisados foram, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e molibdênio, mais o sódio e alumínio. As análises de qualidade fisiológica realizadas foram, germinação, envelhecimento acelerado, viabilidade e vigor por tetrazólio, assim como o peso de mil sementes. As cultivares testadas foram BMX Apolo RR, BMX Ativa RR, BMX Energia RR, BMX Força RR, BMX Impacto RR, BMX Magna RR, BMX Turbo RR, BMX Potência RR e NA 5909 RR, produzidas na safra 2011/2012 . Para avaliar o efeito da relação entre os teores de micronutrientes com a qualidade fisiológica, utilizou-se a correlação linear de Pearson. Para efeito de comparação entre as diferentes cultivares, empregou-se o teste F para a análise de variância dos dados, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As cultivares variam nos teores de micronutrientes nas sementes, sendo que o boro apresenta valores entre 16,55 e 35,47 mg kg<sup>-1</sup>, o cobre entre 8,59 e 15,33 mg kg<sup>-1</sup>, o manganês entre 25,18 e 33,33 mg kg<sup>-1</sup>, o zinco entre 36,68 e 50,33 mg kg<sup>-1</sup>, o molibdênio entre 2,40 e 6,37 mg kg<sup>-1</sup>, o sódio entre 17,75 e 37,66 mg kg<sup>-1</sup>, e o alumínio entre 15,00 e 116,61 mg kg<sup>-1</sup>. O teor de ferro não varia entre as cultivares

apresentando valor médio de 97,83 mg kg<sup>-1</sup>. O molibdênio e o cobre são os micronutrientes que mais influenciam benéficamente a qualidade fisiológica das sementes de algumas cultivares de soja. Sementes de algumas cultivares de soja com altos teores de ferro e alumínio têm a sua qualidade fisiológica afetada negativamente.

**Palavras-chave:** *Glycine max*, cultivares, nutrientes, germinação, vigor.

**ABSTRACT** - A high quality seed takes key role by providing a seeding precise and rapid and uniform establishment. In this scenario, the micronutrient content contained in seeds may be a differential to drive a crop to high productivities. The objective was to evaluate the physiological quality and its relationship with the micronutrient content contained in different cultivars of soybean seeds, as well as compare the contents of micronutrients and physiological quality of different cultivars. The micronutrients were analyzed, boron, copper, iron, manganese, zinc and molybdenum, more sodium and aluminum. The physiological quality analyzes were, germination, accelerated aging, viability and vigor by tetrazolium, as well as the weight of a thousand seeds. The cultivars BMX Apollo RR, BMX Ativa RR, BMX Energia RR, BMX Força RR, BMX Impacto RR, BMX Magna RR, BMX Turbo RR, BMX Power RR and NA5909 RR, produced in 2011/2012 harvest . To evaluate the effect of the relationship between the levels of micronutrients with the physiological quality, we used the pearson correlation. For comparison between the different cultivars, we used the f test for the variance analysis and the means were compared by tukey test at 5% probability. The cultivars vary in micronutrient levels in the seeds, being that boron has values between 16.55 and 35.47 mg kg<sup>-1</sup>, the covers between 8.59 and 15.33 mg kg<sup>-1</sup>, manganese between 25.18 and 33.33 mg kg<sup>-1</sup>, zinc between 36.68 and 50.33 mg kg<sup>-1</sup>, molybdenum between 2.40 and 6.37 mg kg<sup>-1</sup>, sodium between 17.75 and 37.66 mg kg<sup>-1</sup>, and aluminum between 15.00 and 116.61 mg kg<sup>-1</sup>. The iron content does not vary among cultivars with average value of 97.83 mg kg<sup>-1</sup>. Molybdenum and copper are the micronutrients that most beneficially influence the physiological quality of seeds of some soybean cultivars. Seeds of some soybean cultivars with high levels of iron and aluminum have their physiological quality affected negatively.

**Keywords:** *Glycine max*, cultivars, nutrientes, germination, vigor.

## INTRODUÇÃO

A soja é uma das principais culturas cultivadas no mundo, pois, é uma grande fonte de proteína para consumo humano e animal. Um pilar da agricultura moderna avança de norte a sul do país e se consolida como motor do agronegócio garantindo rentabilidade ao produtor. Dentre as culturas brasileiras, foi a de maior crescimento na safra de 2014/15, atingindo uma produção recorde de 96,2 milhões de toneladas com um incremento de 11,8% em relação à safra anterior (CONAB 2015).

Esse rápido crescimento no país foi impulsionado, principalmente, pelo retorno econômico, novas cultivares, e a disponibilidade de um pacote tecnológico, no qual está inserido a semente de alta qualidade, responsável por armazenar as reservas de que as plântulas necessitam. A qualidade fisiológica da semente é um somatório de seus atributos que indicam a capacidade da mesma de desempenhar funções vitais, como germinação, vigor e longevidade (PESKE et. al., 2012). Ainda, sementes de alta qualidade podem resultar em acréscimos no rendimento de grãos superiores a 35% em comparação às sementes de baixa qualidade fisiológica (KOLCHINSKI et al., 2005).

Os teores de micronutrientes contidos nas sementes pode ser um fator de relevância para o estabelecimento inicial da plântula. Esse conteúdo de nutrientes varia entre espécies, cultivares e depende das condições do ambiente em que a semente é produzida, (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

A deficiência dos micronutrientes, especialmente a de manganês e zinco, pode 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; MARSCHNER, 1991).

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo correlacionar o teor de micronutrientes contidos em sementes de distintas cultivares de soja com a sua qualidade fisiológica, assim como comparar o conteúdo dos micronutrientes das diferentes cultivares.

### **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi realizado junto ao programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), e a empresa Dimicron Química do Brasil LTDA. Foram utilizadas sementes de soja das cultivares BMX Apolo RR (12 lotes), BMX Ativa RR (13 lotes), BMX Energia RR (26 lotes), BMX Força RR (24 lotes), BMX Impacto RR (35 lotes), BMX Magna RR (16 lotes), BMX Turbo RR (44 lotes), BMX Potência RR (82 lotes) e NA 5909 RR (28 lotes), produzidas por uma empresa produtora de sementes localizada na região noroeste do Rio Grande do Sul, na safra agrícola 2011/2012.

A avaliação dos teores nutricionais encontrados nos tecidos vegetais de sementes de soja foi realizada no Laboratório de Análises Químicas do IBRA (Instituto Brasileiro de Análises) localizado em Sumaré – SP. Os micronutrientes avaliados foram Boro (B), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Zinco (Zn) mais a determinação de Alumínio (Al) e Sódio (Na).

A extração dos nutrientes procedeu-se segundo MALAVOLTA (2006). O método utilizado para a digestão do B e do Mo, foi por incineração. Transferiu-se 200 mg de amostra para cadinho e incinerou-se em forno elétrico a 550°C até obtenção de cinza branca (cerca de 3 horas), posteriormente deixou-se esfriar e adicionou-se exatamente 10 ml de HCl 0,1 N, dissolvendo assim toda a cinza.

Para a extração do Cu, Fe, Mn, Zn, Al, e Na, o método de decomposição utilizado foi digestão nítrico-perclórica. Pesou-se 0,50 g de matéria seca, adicionaram-se 9,0 mL de mistura nítrico-perclórica, na proporção de 3,5:1 (v/v) e procedeu-se a uma pré-digestão em temperatura ambiente por uma noite. A digestão das amostras foi efetuada em chapa aquecedora, aumentando-se gradativamente a temperatura até atingir 160 °C, mantendo-a pelo período necessário para que o volume fosse reduzido à metade. Em seguida, aumentou-se a temperatura até 200 °C, mantendo-a até a eliminação de fumaça branca e densa e o extrato tornar-se incolor. Após o resfriamento dos frascos de vidro, adicionou - se

cerca de 2 mL de água ultrapura e o extrato foi transferido para balão volumétrico de 50 mL, completando-se o volume também com água ultrapura. A solução de leitura foi homogeneizada e transferida para frascos de vidro e deixada em repouso por uma noite, para proporcionar a decantação da sílica amorfa.

O Boro foi determinado por Colorimetria da azometina H. A determinação é baseada na formação de um complexo colorido pela reação do ácido bórico com o reagente azometina H.

A determinação do cobre, assim como do ferro, manganês, zinco, molibdênio, sódio e alumínio (óxido nitroso), foram determinados diretamente em extratos nítrico-perclóricos, por espectrofotometria de absorção atômica, sem praticamente haver problemas de interferência ou de ionização, usando as lâmpadas de cátodo oco respectivas. A determinação do cobre foi feita com expansão de escala, em vista de sua baixa concentração nas plantas, em comparação aos outros micronutrientes catiônicos. Os teores foram expressos em  $\text{mg kg}^{-1}$ .

A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada no Laboratório de Análise de Sementes da empresa Dimicron Química do Brasil Ltda., pelos seguintes testes: Teste de germinação (G), foi conduzido com quatro sub-amostras de 100 sementes por repetição de cada tratamento, semeadas em rolos de papel Germitest umedecidos com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso de papel seco, permanecendo em germinador a 25°C. As avaliações foram efetuadas aos cinco e oito dias após a semeadura, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Envelhecimento Acelerado (EA), realizado em caixa tipo gerbox com tela metálica. Adicionou-se 40 mL de água destilada ao fundo de cada caixa, e sobre a tela foram distribuídas uniformemente as sementes de cada lote em uma única camada. Em seguida, as caixas, contendo as sementes, foram tampadas e acondicionadas em incubadora do tipo BOD, a 41 °C, onde permaneceram por 48 horas. Após foram submetidas ao teste de germinação (MARCOS FILHO et al. 1999).

Viabilidade pelo teste de teste de tetrazólio (PG), realizado com quatro amostras de 50 sementes de cada lote, que foram pré-condicionadas em papel toalha umedecido a 30°C em ambiente úmido (germinador), durante 16 horas. Decorrido este período, as sementes foram transferidas para copinhos de plástico

descartáveis e imersas em solução a 0,075% de sal de tetrazólio e mantidas durante quatro horas no interior de uma estufa a 40°C. Após o desenvolvimento da coloração, as sementes foram lavadas em água corrente e avaliadas segundo os critérios propostos, por Costa et al. (2007). Vigor pelo teste de tetrazólio (V), que foi representado pelas sementes pertencentes às classes de 1 a 3 do referido teste, segundo a metodologia proposta por Costa et al. (2007).

O peso de mil sementes (PMS) foi determinado pela pesagem de oito repetições de 100 sementes e corrigido para peso de mil sementes, conforme descrito por Brasil (2009).

Para efeito da correlação, os dados foram submetidos a análise de variância a 5% de probabilidade e as variáveis resposta foram correlacionadas pelo teste de Pearson, utilizando o programa estatístico Genes.

Para o efeito da comparação dos teores de micronutrientes entre as diferentes cultivares, empregou-se o teste F para a análise de variância dos dados, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade com o auxílio do programa computacional SAS (Statistical Analysis System).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados referentes à análise de correlação encontram-se na tabela 1, e evidenciam que existe uma relação entre os teores de micronutrientes contidos em sementes de soja com a qualidade fisiológica das diferentes cultivares.

A correlação do teor de boro com a germinação apresentou resultados positivos e significativos para as cultivares BMX Apolo RR e BMX Ativa RR, sendo que a cultivar BMX Apolo RR, também apresentou resultados positivos e significativos do teor deste nutriente com a variável envelhecimento acelerado e vigor pelo teste de tetrazólio. Já para a variável, viabilidade pelo teste de tetrazólio, a correlação com o teor deste micronutriente não apresentou resultados significativos para nenhuma das cultivares analisadas (Tabela 1).

Para os valores de correlação do teor de boro com o peso de mil sementes as cultivares que apresentaram resultados positivos e significativos foram BMX Apolo RR, BMX Ativa RR e BMX Força RR (Tabela 1).

**Tabela 1.** Correlação de Pearson entre os teores de micronutrientes nas sementes e as variáveis germinação (Ger), envelhecimento acelerado (EA), viabilidade pelo teste de tetrazólio (PG), vigor pelo teste de tetrazólio (VTz) e peso de mil sementes (PMS) em diferentes cultivares de soja.

Cultivares	B					Cu				
	Ger	EA	PG	VTz	PMS	Ger	EA	PG	VTz	PMS
BMX Apolo RR	0,96**	0,99**	0,14	0,36	0,98**	0,66	0,62	-0,32	-0,09	0,96**
BMX Ativa RR	0,76*	0,28	0,06	0,85*	0,78*	-0,30	-0,17	-0,53	-0,48	0,09
BMX Energia RR	-0,54	-0,67	-0,15	0,03	0,20	0,31	0,39	0,28	0,75*	0,74*
BMX Força RR	0,05	-0,14	-0,44	-0,41	0,72*	0,11	0,16	0,65	0,54	0,12
BMX Impacto RR	-0,45	-0,40	-0,49	-0,47	-0,61	0,94**	0,86**	0,92**	0,93**	0,33
BMX Magna RR	0,15	0,31	0,00	0,05	0,03	-0,54	-0,55	0,46	0,60	-0,14
NA 5909 RR	0,60	0,13	-0,49	-0,68	0,58	0,59	0,18	0,70*	0,74*	-0,23
BMX Potência RR	-0,58	-0,47	0,02	0,27	-0,54	0,57	0,80	0,40	0,48	-0,47
BMX Turbo RR	-0,44	-0,58	-0,43	-0,30	-0,28	0,13	-0,09	-0,42	-0,41	-0,66
Cultivares	Fe					Mn				
	Ger	EA	PG	VTz	PMS	Ger	EA	PG	VTz	PMS
BMX Apolo RR	-0,39	-0,08	-1**	-0,97**	0,04	0,54	0,59	0,66	0,82	0,61
BMX Ativa RR	0,08	0,08	-0,57	-0,06	-0,33	-0,49	-0,41	-0,06	-0,03	0,26
BMX Energia RR	0,15	0,20	-0,22	0,16	-0,29	0,33	0,29	-0,35	-0,19	0,13
BMX Força RR	0,02	0,04	0,20	-0,06	0,00	0,25	0,06	0,10	0,07	0,89**
BMX Impacto RR	-0,27	-0,31	-0,18	-0,19	-0,23	-0,06	-0,11	0,07	0,10	0,01
BMX Magna RR	-0,89**	-0,18	0,30	0,42	0,03	-0,71	-0,57	0,40	0,54	0,00
NA 5909 RR	0,52	0,15	0,42	0,39	0,24	0,43	0,11	0,27	0,22	0,39
BMX Potência RR	0,29	0,50	0,43	0,17	0,45	0,52	0,52	0,61	0,45	-0,03
BMX Turbo RR	0,21	0,10	-0,25	-0,26	-0,75*	-0,29	-0,20	0,59	0,60	-0,48
Cultivares	Zn					Na				
	Ger	EA	PG	VTz	PMS	Ger	EA	PG	VTz	PMS
BMX Apolo RR	-0,68	-0,41	-0,64	-0,59	-0,30	-0,43	-0,70	0,67	0,48	-0,58
BMX Ativa RR	-0,37	0,51	0,08	-0,61	0,53	0,42	0,37	0,40	0,36	-0,17
BMX Energia RR	-0,36	-0,34	-0,06	-0,03	-0,12	-0,06	0,01	0,08	0,47	-0,47
BMX Força RR	0,36	0,26	-0,14	-0,30	0,33	0,82*	0,72*	0,37	0,32	0,45
BMX Impacto RR	0,8**	0,87**	0,72*	0,72*	0,25	-0,18	-0,26	-0,14	-0,14	-0,55
BMX Magna RR	0,31	0,7657*	0,53	0,67	0,18	-0,16	0,49	-0,33	-0,40	0,30
NA 5909 RR	-0,22	-0,35	-0,30	-0,34	-0,22	0,00	-0,47	-0,27	-0,47	0,24
BMX Potência RR	-0,25	-0,51	-0,43	-0,49	0,19	0,28	0,49	0,91*	0,55	-0,07
BMX Turbo RR	-0,20	-0,38	-0,52	-0,53	0,01	-0,25	-0,40	-0,19	-0,17	0,46
Cultivares	Al					Mo				
	Ger	EA	PG	VTz	PMS	Ger	EA	PG	VTz	PMS
BMX Apolo RR	0,33	0,61	-0,75	-0,57	0,50	0,98**	0,98**	0,23	0,44	0,96**
BMX Ativa RR	-0,45	0,08	-0,45	-0,55	0,15	0,36	-0,48	-0,33	0,21	-0,50
BMX Energia RR	0,34	0,43	0,20	0,62	0,43	-0,29	-0,33	0,28	-0,06	0,37
BMX Força RR	-0,59	-0,59	-0,25	-0,15	-0,10	0,48	0,36	0,13	0,22	0,48
BMX Impacto RR	-0,91**	-0,95**	-0,70*	-0,73*	-0,01	0,51	0,48	0,53	0,58	0,10
BMX Magna RR	-0,10	0,28	-0,29	-0,39	0,26	0,51	0,88**	0,47	0,30	0,10
NA 5909 RR	-0,29	0,24	-0,35	-0,55	0,78*	0,11	0,15	0,74*	0,51	0,80*
BMX Potência RR	-0,31	-0,21	0,11	-0,17	0,36	0,52	0,72*	0,33	0,55	0,51
BMX Turbo RR	0,08	0,01	-0,20	-0,17	-0,77*	0,26	0,07	0,74*	0,74*	0,19

\*\*significativo a 1%

\*significativo a 5%

O B é um micronutriente de grande importância para as plantas, responsável pelo metabolismo de carboidratos e transporte de açúcares por meio das

membranas, pela síntese de ácidos nucleicos (DNA e RNA) e de fito-hormônios, pela formação de paredes celulares e pela divisão celular, (DOS SANTOS NETO et al. 2015).

O teor de cobre apresentou resultados positivos e significativos com a porcentagem de germinação e envelhecimento acelerado somente para a cultivar BMX Impacto RR. O teor desse nutriente correlacionou-se ainda, positivamente com a viabilidade pelo teste de tetrazólio da cultivar BMX Impacto RR e NA5909 RR, assim como, com o vigor pelo teste de tetrazólio para essas mesmas cultivares, mais a BMX Energia RR.

A variável peso de mil sementes apresentou resultados positivos e significativos de correlação com o teor de cobre para as cultivares BMX Apolo RR e BMX Energia RR.

Observou-se resultados de correlação negativa e significativa do teor de ferro contido em sementes de soja com a porcentagem de germinação para a cultivar BMX Magna RR. A cultivar BMX Apolo RR também apresentou resultados negativos e significativos, mas, no entanto, para as variáveis, viabilidade e vigor pelo teste de tetrazólio. A cultivar BMX Turbo RR, apresentou resultados de correlação negativa e significativa do teor desse nutriente com a variável peso de mil sementes.

O teor de manganês contido nas sementes de soja apresentou valores de correlação positivo e significativo somente para a variável peso de mil sementes da cultivar BMX Força RR. A influência do manganês na qualidade da semente se explica pelo fato deste nutriente estar relacionado à formação da lignina, (MARSCHNER, 1995). Essa, por sua vez, é uma das substâncias presentes na parede celular, conferindo-lhe impermeabilização (MCDOUGALL et al., 1996), podendo exercer efeito significativo sobre a capacidade e velocidade de absorção de água através do tegumento, e alterando assim, a quantidade de lixiviados liberados para o meio externo (PANOBIANCO et al., 1999). Esses autores verificaram que os teores mais baixos de lignina do tegumento de sementes de soja relacionaram-se a valores mais altos de condutividade elétrica.

A correlação do teor de zinco apresentou resultados positivos e significativos com a, germinação, envelhecimento acelerado, viabilidade e vigor pelo teste de tetrazólio, para a cultivar BMX Impacto RR. Sendo que, para a variável

envelhecimento acelerado a cultivar BMX Magna RR também apresentou resultados de correlação com o teor de zinco positivos e significativos.

A aplicação de zinco via tratamento de sementes, com o produto Quimifol Seed 78<sup>®</sup>, proporcionou benefícios para a germinação, potencial fisiológico de sementes e estabelecimento inicial de plantas de canola, das cultivares Hyola 61 e Hyola 433, nas doses de 1 a 5 mL do produto kg<sup>-1</sup> de semente, mostrando-se uma alternativa promissora podendo fornecer este nutriente na fase inicial de crescimento e desta forma suprir as necessidades das plantas, o que pode contribuir para o melhor estabelecimento da cultura, (PLETSCH et al. 2014).

O teor de sódio contido nas sementes de soja correlacionou-se positivamente e significativamente com a germinação e envelhecimento acelerado da cultivar BMX Força RR, o teor desse mesmo nutriente também apresentou resultados de correlação positiva e significativa com a viabilidade pelo teste de tetrazólio para a cultivar BMX Potência RR.

Observou-se resultados de correlação negativa e significativa do teor de alumínio contido nas sementes de soja com a germinação, envelhecimento acelerado, viabilidade e vigor pelo teste de tetrazólio para a cultivar BMX Impacto RR.

Resultados de correlação negativa e significativa para o teor de alumínio também foram observados com o peso de mil sementes da cultivar BMX Turbo RR. No entanto, a cultivar NA5909 RR apresentou resultados positivos e significativos do teor de alumínio com o peso de mil sementes.

O teor de molibdênio correlacionou-se positivamente com o percentual de germinação da cultivar BMX Apolo RR e com o envelhecimento acelerado também da cultivar BMX Apolo RR, BMX Magna RR e BMX Potência RR. Esse mesmo nutriente apresentou ainda, resultados positivos e significativos de correlação com a viabilidade pelo teste de tetrazólio das cultivares NA5909 RR, e BMX Turbo RR, sendo que essa última também apresentou resultados positivos e significativos com o vigor pelo teste de tetrazólio.

O teor de molibdênio apresentou resultados positivos e significativos com o peso de mil sementes das cultivares BMX Apolo RR e NA5909 RR.

Trabalhando com sementes de feijão Leite et al. (2009), verificou efeitos significativos do conteúdo de molibdênio na semente sobre a germinação e o vigor,

observou ainda, um aumento da porcentagem de germinação na medida em que o conteúdo de molibdênio é aumentado. Com base nesses resultados, os mesmos autores concluíram que o conteúdo de molibdênio da semente tem influência sobre o potencial de germinação, e que sementes pobres em molibdênio têm a sua germinação reduzida em comparação à daquelas com reservas expressivas do micronutriente.

Tanner (1979), estudando o efeito do molibdênio na qualidade da semente de milho, constatou que a população de plantas, a massa foliar e a produção foram significativamente reduzidas quando o conteúdo do nutriente na semente era baixo. Brodrick et al. (1992) verificaram que feijoeiros originados de sementes com maior conteúdo de molibdênio apresentaram maior peso dos nódulos, acumularam mais nitrogênio e produziram mais sementes.

Possenti e Villela (2010), trabalhando com sementes de soja, concluíram ainda que, a aplicação de molibdênio via semente e/ou via foliar não afeta a qualidade fisiológica das sementes produzidas assim como a produtividade e o peso de mil sementes. Para Ferreira (2001), a reserva de molibdênio nas sementes não influenciou a qualidade fisiológica das sementes produzidas. Também, Bassan et al. (2001), que verificaram que a inoculação de sementes de feijão, bem como a aplicação de molibdênio, não foram efetivas sobre o desenvolvimento, a produtividade e a qualidade fisiológica das sementes.

No entanto, Ascoli et al. (2008), trabalhando com sementes de feijão, encontrou efeito linear negativo do vigor das sementes, avaliado pelo teste de primeira contagem, com a aplicação de molibdênio via foliar.

De um modo geral, os micronutrientes que mais apresentaram correlação positiva com pelo menos uma variável analisada nesta ordem foram, o molibdênio, em 55,5% das cultivares, o cobre, em 44,4% das cultivares, o boro em 33,3% das cultivares, o zinco em 22,2% das cultivares, o sódio em 22,2% das cultivares e o manganês em 11,1 % das cultivares.

Por outro lado, o incremento nos teores de ferro e alumínio contribuíram negativamente para a qualidade fisiológica de sementes, visto que apresentaram correlação negativa com pelo menos uma variável analisada em 22,2% das cultivares.

Os teores de micronutrientes nas sementes de soja estão apresentados na tabela 2.

**Tabela 2.** Teste de média dos micronutrientes, boro (B) cobre (Cu), ferro (Fe), Manganês (Mn), zinco (Zn), molibdênio (Mo), mais os elementos alumínio (Al), e sódio (Na), contidos em sementes de nove cultivares de soja.

Cultivar	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	Na	Al
mg kg <sup>-1</sup>								
BMX Apolo RR	35,47 A	12,66 BC	88,53 A	33,33 A	39,91 B	4,02 AB	20,50 B	20,00 C
BMX Ativa RR	30,24 ABC	13,42 AB	100,74 A	26,85 B	40,07 B	6,37 A	19,46 B	37,78 BC
BMX Energia RR	28,97 BC	10,76 CD	93,47 A	26,78 B	38,5 B	4,46 AB	17,75 B	54,29 BC
BMX Força RR	34,91 AB	8,59 D	90,13 A	26,53 B	39,76 B	3,92 AB	23,80 AB	15,00 C
BMX Impacto RR	32,14 ABC	15,33 A	113,33 A	26,66 B	50,33 A	2,76 B	37,66 A	16,67 C
BMX Magna RR	26,66 C	12,70 BC	102,50 A	25,18 B	40,15 B	3,44 B	28,14 AB	93,3 AB
BMX Potência RR	25,92 C	10,72 CD	87,57 A	26,48 B	40,52 B	4,40 AB	25,56 AB	37,11 BC
BMX Turbo RR	16,55 D	9,80 D	104,72 A	28,40 AB	36,68 B	2,94 B	26,09 AB	35,06 BC
NA 5909 RR	26,83 C	13,07 AB	99,46 A	30,00 AB	39,16 B	2,40 B	30,71 AB	116,61 A
C.V. (%)	20,61	16,89	36,2	17,21	16,45	53,88	50,05	91,07

\* Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

A cultivar que apresentou o maior teor de boro, 35,47 mg kg<sup>-1</sup>, foi a BMX Apolo RR, a qual diferiu estatisticamente das cultivares BMX Energia RR, BMX Magna RR, BMX Potência RR, NA 5909 RR e da cultivar BMX Turbo RR, a qual apresentou o menor teor de boro, 16,55 mg kg<sup>-1</sup>. Visto que frequentemente esse é um dos micronutrientes mais deficientes em solos brasileiros, (SOARES et al. 2008), um alto teor de boro na semente pode ser fundamental para suprir essa necessidade.

A função fisiológica do boro difere de qualquer outro micronutriente, pois este ânion não foi identificado em nenhum composto ou enzima específica, mas sabe-se que possui funções na divisão celular, formação de paredes celulares, síntese de ácidos nucleicos (DNA e RNA) e de fitohormônios, no metabolismo dos carboidratos e transporte de açúcares através das membranas, (FERREIRA E CRUZ, 1991).

A maior concentração no teor de cobre, 15,33 mg kg<sup>-1</sup>, foi apresentado pela cultivar BMX Impacto RR, seguido da cultivar BMX Ativa RR, 13,42 mg kg<sup>-1</sup> e NA 5909 RR, 13,07 mg kg<sup>-1</sup>, as quais não diferiram entre si. Os menores teores de cobre foram apresentados pelas cultivares BMX Força RR, 8,59 mg kg<sup>-1</sup>, e BMX Turbo RR, 9,8 mg kg<sup>-1</sup>.

O cobre é componente de várias enzimas, encontra-se predominantemente no cloroplasto, fazendo parte da plastocianina, (FERREIRA E CRUZ, 1991).

Foi possível observar que o teor de ferro presente nas sementes das cultivares, apresentou resultados semelhantes entre si, sendo que o maior teor encontrado deste elemento foi de 113,33 mg kg<sup>-1</sup>, na cultivar BMX Impacto RR, e o menor teor foi encontrado na cultivar BMX Potência RR, 87,57 mg kg<sup>-1</sup>.

Para o teor de manganês, os maiores resultados foram apresentados pelas cultivares BMX Apolo RR, NA 5909 RR e BMX Turbo RR, mas no entanto somente a cultivar BMX Apolo RR foi superior estatisticamente em relação as demais, as quais, não apresentaram diferença significativa entre si pelo teste utilizado.

O teor de zinco da cultivar BMX Impacto RR foi de 50,33 mg kg<sup>-1</sup>, valor esse superior as demais cultivares analisadas. O zinco age como ativador de várias enzimas e como componente estrutural de outras, assim como de estruturas celulares, (FERREIRA E CRUZ, 1991).

Para Genc et al., (2000), plantas cultivadas em condição de deficiência de zinco, geralmente, produzem sementes com baixo conteúdo e concentração desse nutriente e quando semeadas em solo deficiente, as plântulas são menos vigorosas refletindo em baixo rendimento na colheita. O aumento do conteúdo de zinco nas sementes tem efeito positivo no aumento do rendimento nessas condições.

Quando analisado o teor de molibdênio, constatou-se que o maior teor deste elemento foi de 6,37 mg kg<sup>-1</sup>, para a cultivar BMX Ativa RR, e o menor teor foi de 2,4 mg kg<sup>-1</sup>, para a cultivar NA 5909 RR. No geral as demais cultivares foram semelhantes entre si.

O molibdênio participa do metabolismo de absorção de nutrientes como cofator integrante nas enzimas nitrogenase, redutase do nitrato e oxidase do sulfato e se relaciona intensamente com o transporte de elétrons que ocorre durante as reações bioquímicas das plantas (LANTMANN, 2002). Tem sido sugerido que a quantidade de micronutrientes que as plantas exigem, em especial, de molibdênio, é tão pequena, que as sementes bem nutridas dispõem de quantidades suficientes para suprir as exigências da planta (BROCH E RANNO, 2005). No entanto, cita-se que na cultura da soja, o teor de Mo na semente deva estar entre 20 a 40 mg kg<sup>-1</sup>, para que não seja necessário adicionar este nutriente juntamente com a semeadura

(GRASSI FILHO, 2006). Logo, para todas as cultivares estudadas, o teor de Mo não foi satisfatório, sendo necessária a suplementação deste elemento na lavoura.

Milani et al. (2010), trabalhando com sementes de soja enriquecidas com Mo, observaram que houve um acúmulo mais acentuado deste nutriente em sementes da cultivar CD 215, quando comparadas com a cultivar Conquista.

De acordo com Ferreira (2001), existem muitas variações quanto ao nível crítico de molibdênio nos tecidos das plantas. Segundo o autor, a concentração do elemento na planta aumenta com a dose aplicada e que existe grande capacidade de translocação do nutriente das folhas para as sementes.

Analisando o teor de sódio das diferentes cultivares, observa-se que a maior concentração foi de 37,66 mg kg<sup>-1</sup>, na cultivar BMX Impacto RR, seguido das cultivares NA 5909 RR, BMX Magna RR, BMX Turbo RR, BMX Potência RR e BMX Força RR.

Os elementos sódio e alumínio (Tabela 2) apresentaram uma grande amplitude nos valores apresentados pelas diferentes cultivares. Também pode-se constatar uma ampla variabilidade nesses parâmetros como pode ser observado pelos coeficientes de variação que foram de 50,05% e 91,07%, respectivamente, para os dois elementos. O maior teor de alumínio foi observado na cultivar NA 5909 RR, 116,61 mg kg<sup>-1</sup>, sendo o menor teor deste elemento observado na cultivar BMX Força RR, com valor de 15 mg kg<sup>-1</sup>.

## **CONCLUSÕES**

Os teores de micronutrientes nas sementes variam entre as cultivares, sendo que o boro apresenta valores entre 16,55 e 35,47 mg kg<sup>-1</sup>, o cobre entre 8,59 e 15,33 mg kg<sup>-1</sup>, o manganês entre 25,18 e 33,33 mg kg<sup>-1</sup>, o zinco entre 36,68 e 50,33 mg kg<sup>-1</sup>, o molibdênio entre 2,40 e 6,37 mg kg<sup>-1</sup>, o sódio entre 17,75 e 37,66 mg kg<sup>-1</sup>, e o alumínio entre 15,00 e 116,61 mg kg<sup>-1</sup>.

O teor de ferro não varia entre as cultivares apresentando valor médio de 97,83 mg kg<sup>-1</sup>.

O molibdênio e o cobre são os micronutrientes que mais influenciam benéficamente a qualidade fisiológica das sementes de algumas cultivares de soja.

Sementes de algumas cultivares de soja com altos teores de ferro e alumínio têm a sua qualidade fisiológica afetada negativamente.

## REFERÊNCIAS

- ASCOLI, A. A.; SORATTO, R. P.; MARUYAMA, W. I. Aplicação foliar de molibdênio, produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro irrigado. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 377-384, 2008.
- BASSAN, D.A.Z.; ARF, O.; BUZETTI, S.; CARVALHO, M.A.C.; SANTOS, N.C.B. & SÁ, M.E. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão de inverno: Produção e qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, p.76-83, 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.
- BROCH, D.L.; RANNO, S.K. Efeito da aplicação de molibdenio e cobalto na produtividade de soja na safra 2004/2005. In: BORGES, E.P. (Org.). **Tecnologia e produção: soja/milho 2005/2006**. Maracaju: Fundação MS, v.1, p.159-170, 2005.
- BRODRICK, S.J. et al. Molybdenum reserves of seed, and growth and N<sub>2</sub> fixation by *Phaseolus vulgaris* L. Biol. **Fertility Soils**, v.13, n.1, p.39-44, 1992.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 429p
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de grãos**. v.2, n.12 (2015) - Brasília: Conab, 2015, 139p.
- COSTA, N. P.; FRANÇA NETO, J. B.; KRZYŻANOWSKI, F.C.; HENNING, A. A. Metodologia alternativa do teste de tetrazólio em sementes de soja. **Circular Técnica**, n 39, 8p. 2007.
- DOS SANTOS NETO, J. A., FONTES, R. L. F., NEVES, J. C. L., FONTES, M. P. F., DE FARIA, A. F., & SANTOS, H. S. N. Taxas de recuperação de boro por extratores em solos da bahia e de minas gerais, na presença e ausência de calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 4, p. 1121-1126, 2015.

FERREIRA, A. C.de B. Nutrição e produtividade do feijoeiro em função do molibdênio contido na semente e da sua aplicação foliar. **Tese Doutorado**, Viçosa: UFV, 80p, 2001.

FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafós/CNPq, 734p. 1991.

GENC, Y.; McDONAL, G.K.; GRAHAM, R. Effect of seed content on early growth of barley (*Hordeum vulgare* L.) under low and adequate soil zinc supply. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.51, n.1, p.37-45, 2000.

GRASSI FILHO, H. **Molibdênio nas plantas**. Universidade Estadual Paulista.Faculdade de Ciências Agrônomicas. Departamento de Recursos Naturais. Área de Ciência do Solo. 2006.

KOLCHINSKI EM, SCHUCH LOB, PESKE ST. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, v.35, p.1248-1256, 2005.

LANTMANN, A. F. **Nutrição e produtividade da soja com molibdênio e cobalto**. Artigos Embrapa, Coletânea Rumos & Debates, 2002.

LEITE,U.T; ARAÚJO,G.A.DE.A; DE MIRANDA.G,V; VIEIRA,R.F; PIRES,A.A. Influência do conteúdo de molibdênio na qualidade fisiológica da semente de feijão: cultivares Novo Jalo e Meia Noite. **Revista Ceres**, v. 56, n. 2, p. 225-231, 2009.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. **Academic Press**, San Diego, 2. Edition, 889p, 1995.

McDOUGAL L, 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**, v.70, n.2, p.133-150, 1996.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.F. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science and Technology**, v.27, n.3, p.945-949, 1999.

PLETSCH, A.; SILVA, V. N.; BEUTLER, A. N. Treatment of canola seeds with zinc. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 241-247, 2014.

POSSENTI, J. C.; VILLELA, F. A.. The effect of molybdenum applied by foliar spraying and seed treatment on the physiological potential and productivity of soybean seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 143-150, 2010.

TANNER, P.D. The effect of molybdenum on maize seed quality. *Rhod. Journal Agriculture Research*, v.17, p.125-129, 1979.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em vista da possibilidade das reservas nutricionais da própria semente garantir um arranque inicial mais rápido e homogêneo, suprimindo a demanda das plântulas por nutrientes nas fases iniciais da cultura, buscou-se elucidar a relação dos macro e micronutrientes na qualidade fisiológica das sementes.

Alguns macronutrientes em maiores quantidades, como no caso o nitrogênio e o fósforo, mostraram maior relação benéfica com a qualidade fisiológica das sementes. Da mesma forma ocorreu para os micronutrientes, onde o molibdênio e o cobre, nesta ordem, foram os micronutrientes que mais contribuíram benéficamente para a qualidade fisiológica das sementes. Por outro lado, foi possível constatar que altos teores do micronutriente, ferro e do elemento alumínio, apresentaram uma interação negativa e significativa com a qualidade fisiológica das sementes.

O vasto portfólio de cultivares de soja existente no mercado brasileiro demonstra a grande variabilidade existente entre os materiais. Neste âmbito, buscou-se encontrar alguma particularidade em relação ao teor de macro e micronutrientes de cada cultivar analisada.

Ficou evidente a diversidade genética entre as cultivares para os teores de macro e micronutrientes encontrados nas sementes. Além disso, ocorre grande variabilidade nos teores de nutrientes nas sementes, fator esse que foi demonstrado pelos altos coeficientes de variação encontrados para alguns nutrientes, principalmente para micronutrientes.

Sabendo que a qualidade fisiológica de um lote de sementes é fator obrigatório para comercialização e semeadura segura, e que a mesma, com base nesse trabalho, tem uma relação positiva com altos teores de nitrogênio, fósforo e cálcio para algumas cultivares, sugere-se que seja dada a preferência para cultivares com altos teores destes nutrientes, visando uma semente com alta qualidade fisiológica. É conveniente ainda, que se evite o uso de sementes de soja com altos teores de ferro e alumínio, pois essa talvez seja a causa para a baixa qualidade fisiológica de algumas cultivares.

## REFERÊNCIAS

- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. - v.2, n4 (2015)- Brasília: Conab, 2015, 90p.
- DELARMELINO - FERRARESI, L. M.; VILLELA, F.A; AUMONDE, T. Z, Desempenho fisiológico e composição química de sementes de soja. **Revista Brasileira Ciência Agrária**, v.9, n.1, p.14-18, 2014.
- FRANÇA NETO, J. B.; KRYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A.; PÁDUA, G.P de. **Mini-curso tecnologia produção de soja de alta qualidade**. 2010.
- LEITE,U.T; ARAÚJO,G.A.DE.A; DE MIRANDA.G,V; VIEIRA,R.F; PIRES,A.A. Influência do conteúdo de molibdênio na qualidade fisiológica da semente de feijão: cultivares Novo Jalo e Meia Noite. **Revista Ceres**, v. 56, n. 2, p. 225-231, 2009.
- MORENO, K. A. A. Expressão de genes relacionados com a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Tese Doutorado**, Lavras: UFLA, 67p, 2016.
- PESKE, S. T; LEVIEN, A. Demanda de sementes. **Anuário Abrasem**, p.10-17, 2005.
- PREVIERO, C.A. Modelo de gestão da qualidade para usinas de beneficiamento de sementes de milho. Campinas, UNICAMP. **Tese Doutorado** -. 2001, 220p.
- VEIGA, D.A.; VON PINHO E. V. R.; VEIGA, A.; PEREIRA, P. H. A. R.; OLIVEIRA, K. C.; VON PINHO, R.G. Influencia do potássio e da calagem na composição química qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. . **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n. 4, p. 953-960, 2010.