



**EVERTON VINICIUS ZAMBIAZZI**

**APLICAÇÕES DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA  
CULTURA DA SOJA.**

**LAVRAS - MG  
2014**

**EVERTON VINICIUS ZAMBIAZZI**

**APLICAÇÕES DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA CULTURA DA SOJA.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Adriano Teodoro Bruzi

Coorientadores

Dr. Pedro Milanez de Rezende

Dr<sup>a</sup>. Maria Laene Moreira de Carvalho

**LAVRAS – MG  
2014**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e Serviços  
da Biblioteca Universitária da UFLA**

Zambiazzi, Everton Vinicius.

Aplicações da adubação potássica na cultura da soja / Everton  
Vinicius Zambiazzi. – Lavras : UFLA, 2014.

117 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Adriano Teodoro Bruzi.

Bibliografia.

1. *Glycine max*. 2. Potássio. 3. Produtividade. 4. Teor de óleo. 5.  
Qualidade fisiológica. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.3489

**EVERTON VINICIUS ZAMBIAZZI**

**APLICAÇÕES DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA CULTURA DA SOJA.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 21 de fevereiro de 2014.

Dr. Pedro Milanez de Rezende	UFLA
Dr. Carlos Eduardo Pulcinelli	SOUZA CRUZ S. A.
Dr. Moizes de Sousa Reis	EPAMIG

Dr. Adriano Teodoro Bruzi  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2014**

A meus pais Geraldo F. Zambiazzi e Iraci S. R. Zambiazzi, pela dedicação, pelo exemplo, pela firmeza de caráter, pelo carinho, amor, dedicação, pelos ensinamentos de vida e honestidade.

As irmãs Betânia C. Zambiazzi e Máisa A. Zambiazzi pela crença que laços sanguíneos e o amor familiar são fortes e devam prevalecer sobre tudo.

DEDICO

Aos meus familiares e amigos,

OFEREÇO.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por iluminar meu caminho e dar forças para seguir em frente.

A Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade concedida para realização do mestrado.

Aos meus pais, Geraldo F. Zambiazzi e Iraci S. R. Zambiazzi por todo o amor, compreensão, apoio e por sempre se fazerem presentes na minha vida.

As minhas irmãs, Betânia e Maisa por todo o amor, cuidado e carinho.

A minha namorada Scheila R. Guilherme, por me entender, ajudar, acreditar em mim, pelo amor, cuidado e paciência nos momentos mais difíceis.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos.

Ao Professor Dr. Adriano Teodoro Bruzi pela orientação, paciência, amizade, dedicação, confiança e seus ensinamentos que foram de grande relevância para realização deste trabalho e meu crescimento profissional.

Aos Professores Dr. Pedro Milanez de Rezende e Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho pela co-orientação e ensinamentos transmitidos.

A Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba Ltda (COOPADAP) pela área cedida e condução do trabalho.

Aos funcionários do Setor de Grandes Culturas e do Setor de Sementes pela ajuda na condução do trabalho.

Aos amigos Igor O. Soares, Guilherme Felisberto e Oswaldo Belinelli pela ajuda e companheirismo durante todo o tempo de convivência.

Aos membros da Pesquisa Soja da Universidade Federal de Lavras pelo apoio e inúmeras contribuições na realização do trabalho.

Enfim, a todos embora não citados aqui, que acreditaram em mim e contribuíram nesta etapa da minha vida.

Sinceros agradecimentos, pois vocês fazem parte da minha história...

**OBRIGADO!**

## RESUMO

A utilização da soja como matéria prima para a produção de biodiesel apresenta potencial promissor no mundo inteiro. A disponibilidade de nutrientes, principalmente ao que se refere ao potássio pode influenciar a qualidade, composição química das sementes e a produtividade de grãos em soja. Devido à baixa disponibilidade do potássio em solos brasileiros a necessidade de reposição deste nutriente torna-se necessário. Foram conduzidos 3 experimentos com diferentes aplicações da adubação potássica. No primeiro trabalho objetivou-se estabelecer a melhor época de aplicação do potássio em cobertura após a semeadura. O experimento foi conduzido no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras. Utilizaram-se 32 tratamentos com três repetições, sendo os mesmos compostos por oito cultivares e quatro épocas de aplicação do potássio em cobertura, em DBC dispostos em esquema fatorial 8 x 4. Não houve efeito da época de aplicação do potássio em cobertura na cultura da soja para a produtividade de grãos, para os caracteres agronômicos e teor de potássio nos grãos. No segundo trabalho objetivou-se mensurar o efeito das doses de potássio na expressão do caráter teor de óleo nos grãos de soja, bem como avaliar o efeito da adubação potássica na produtividade de grãos e caracteres agronômicos na cultura da soja. O experimento foi conduzido em dois ambientes, sendo um no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras e o outro na Fazenda Experimental da Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba Ltda, no município de São Gotardo. Utilizaram-se 24 tratamentos com três repetições, sendo os mesmos compostos por quatro cultivares e seis doses de potássio, em DBC dispostos em esquema fatorial 4 x 6. Os dados foram submetidos às análises de variância individuais e conjuntas. Não houve efeito do aumento das doses de potássio na cultura da soja para as cultivares no que se tange a produtividade de grãos e caracteres agronômicos. O aumento nas doses de potássio propicia incremento no teor de óleo nos grãos. Por fim no terceiro trabalho, objetivou-se avaliar a influencia da adubação potássica na qualidade fisiológica de sementes de soja. O experimento foi conduzido no Laboratório Central de Análises de Sementes da UFLA, com amostras de soja provenientes de dois locais. O experimento foi conduzido adotando delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 6, isto é quatro cultivares e seis doses de potássio, adotando-se três repetições. Os dados foram submetidos às análises de variância individual e conjunta. A qualidade fisiológica das sementes de soja não foi influenciada pelo incremento das doses de potássio.

Palavras-chave: *Glycine max*. Potássio. Produtividade. Teor de óleo. Qualidade Fisiológica.

## ABSTRACT

The use of soybeans as raw material for biodiesel production has promising worldwide potential. The nutrient availability, primarily when it comes to potassium, can influence the quality of the seed chemical composition and grain yield in soybean. Due to the low availability of potassium in Brazilian soils the need for replacement of this nutrient becomes necessary. 3 experiments with different potassium fertilization applications were conducted. In the first work, the objective was to establish the best covering potassium application time, after sowing. The experiment was conducted at the Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária of the Universidade Federal de Lavras, in the city of Lavras. We used 32 treatments with three replications, treatments made up of eight cultivars and four covering potassium application times, in an RBD in a factorial 4 x 8. There was no effect of covering potassium application time on soybeans for grain yield, agronomic traits and for the potassium content in the grains. In the second study we aimed to measure the effect of potassium levels on the seed oil content in soybeans, as well as evaluating the effect of potassium fertilization on yield and agronomic traits in soybean. The experiment was conducted in two locations, one at the Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras, in the city of Lavras and the other at the Fazenda Experimental da Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba Ltda, in the municipality of São Gotardo. We used 24 treatments with three replications, the treatments composed of four cultivars and six potassium doses in an RBD in a factorial 4 x 6. The data were submitted to individual and joint variance analysis. There was no effect of increased potassium levels in soybean cultivars regarding grain yield and agronomic traits. The increase in potassium intake provides an increase in the oil content in the grains. Finally in the third study aimed to evaluate the influence of potassium fertilization on the soybean seed physiological quality. The experiment was conducted at the Laboratório Central de Análises de Sementes of UFLA, with soybean samples from two locations. The experiment was conducted by adopting a completely randomized design in a factorial 4 x 6, i.e. four cultivars and six doses of potassium, adopting three replications. Data were submitted to individual and joint variance analysis. The physiological quality of soybean seeds was not influenced by increasing levels of potassium.

Keywords: *Glycine max*. Potassium. Productivity. Oil Content. Physiological Quality.



## SUMÁRIO

	<b>CAPÍTULO 1</b> .....	11
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	11
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	13
<b>2.1</b>	<b>Importância da cultura da soja no Brasil</b> .....	13
<b>2.2</b>	<b>O potássio na cultura da soja</b> .....	14
<b>2.2.1</b>	<b>Potássio em cobertura na cultura da soja</b> .....	18
<b>2.2.2</b>	<b>Potássio para o incremento do teor de óleo</b> .....	19
<b>2.2.3</b>	<b>Potássio na qualidade fisiológica de sementes de soja</b> .....	21
<b>2.3</b>	<b>Biodiesel de soja</b> .....	23
<b>2.3.1</b>	<b>Cenário do biodiesel</b> .....	24
<b>3</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	28
	<b>CAPÍTULO 2 ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DO POTÁSSIO EM COBERTURA NA CULTURA DA SOJA</b> .....	36
	<b>RESUMO</b> .....	37
	<b>ABSTRACT</b> .....	38
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	39
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	41
<b>2.1</b>	<b>Local de condução do experimento</b> .....	41
<b>2.2</b>	<b>Tratamentos avaliados</b> .....	42
<b>2.2.1</b>	<b>Cultivares</b> .....	42
<b>2.2.2</b>	<b>Época de aplicação do potássio em cobertura</b> .....	43
<b>2.3</b>	<b>Condução do experimento</b> .....	43
<b>2.4</b>	<b>Caracteres avaliados</b> .....	45
<b>2.5</b>	<b>Análise estatística dos dados fenotípicos</b> .....	46
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	48
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	53
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	54
	<b>CAPÍTULO 3 ADUBAÇÃO POTÁSSICA VISANDO O INCREMENTO DO TEOR DE ÓLEO EM SOJA</b> .....	57
	<b>RESUMO</b> .....	58

	<b>ABSTRACT</b> .....	59
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	60
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	61
<b>2.1</b>	<b>Locais de condução dos experimentos</b> .....	61
<b>2.2</b>	<b>Tratamentos avaliados</b> .....	64
<b>2.2.1</b>	<b>Cultivares</b> .....	64
<b>2.2.2</b>	<b>Doses de potássio</b> .....	64
<b>2.3</b>	<b>Condução dos experimentos</b> .....	64
<b>2.4</b>	<b>Caracteres avaliados</b> .....	66
<b>2.5</b>	<b>Análise estatística dos dados fenotípicos.</b> .....	67
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	70
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	79
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	80
	<b>CAPÍTULO 4 ADUBAÇÃO POTÁSSICA E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES EM SOJA</b> .....	84
	<b>RESUMO</b> .....	85
	<b>ABSTRACT</b> .....	86
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	87
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	89
<b>2.1</b>	<b>Condução do experimento</b> .....	89
<b>2.2</b>	<b>Avaliação da qualidade fisiológica</b> .....	91
<b>2.3</b>	<b>Análise estatística dos dados</b> .....	93
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	95
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	105
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	106
	<b>ANEXOS</b> .....	110

## CAPÍTULO 1

### 1 INTRODUÇÃO GERAL

Em função do seu potencial produtivo, a soja ocupa posição de destaque na economia brasileira, sendo atualmente o segundo maior produtor mundial da oleaginosa. A soja origina produtos e subprodutos muito usados pela agroindústria e recentemente, vem sendo utilizada também como fonte alternativa de biocombustível.

A utilização do biodiesel de soja como combustível tem apresentado um potencial promissor no mundo inteiro, possui uma grande vantagem para ser utilizado em grande escala como combustível para motores diesel (APOLINÁRIO; PEREIRA; FERREIRA, 2012). A substituição de óleo diesel importado e a necessidade de se utilizar fontes renováveis e sustentáveis tornam pertinente a necessidade de desenvolver cultivares de soja produtivas e com teores elevados de óleo nos grãos.

O adequado fornecimento de nutrientes favorece o desenvolvimento das plantas, condicionando-as a produzirem metabólitos necessários ao desenvolvimento de suas sementes. Na cultura da soja o nitrogênio é o nutriente mais exigido, seguido do potássio e fósforo, no entanto o potássio desempenha funções vitais, sendo essencial na síntese e no transporte de óleo para os grãos (PETTIGREW, 2008; VEIGA et al., 2010).

A composição química da semente pode ser influenciada por fatores genéticos, ambientais e ainda pelos nutrientes aplicados no solo. Para a qualidade fisiológica relatos evidenciam que pode haver efeito da adubação potássica na germinação e no vigor das sementes (PETTIGREW, 2008).

Devido à baixa disponibilidade do potássio em solos brasileiros, aliado a grande importância do elemento para as plantas e constituição de sementes, a reposição do nutriente deve compensar a exportação do mesmo pelas culturas. Nas culturas anuais a adubação potássica é feita no plantio ou em cobertura (KORNDÖRFER, 2007).

Como o potássio é um fertilizante salino, de fácil lixiviação, a maneira mais eficaz de se aproveitar o nutriente é por meio da adubação de cobertura após a semeadura da cultura, sobretudo quando as doses aplicadas são superiores a  $50 \text{ kg.ha}^{-1}$  ou o teor de argila no solo é baixo.

Do exposto foi conduzido o presente trabalho com o objetivo de fornecer informações a respeito das épocas de aplicação do potássio em cobertura após a semeadura, estudar o efeito das diferentes doses de potássio na expressão do caráter teor de óleo nos grãos, assim como, avaliar a influência da adubação potássica na qualidade fisiológica de sementes.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Importância da cultura da soja no Brasil**

A cultura da soja é anual, herbácea, ereta, autógama, apresenta variabilidade para as características morfológicas, as quais são influenciadas pelo ambiente como a altura da planta (SEDIYAMA, 2009). Embora a introdução da soja no Brasil data do século XIX, foi a partir de 1970 que ocorreu a expansão desta cultura devido à abertura de novas áreas para a agricultura nas Regiões Sul e Centro-Oeste (BORÉM, 2005). Ainda hoje estas regiões compreendem 82,5% da área nacional cultivada com essa oleaginosa (EMBRAPA, 2011). Por outro lado, as Regiões Norte e Nordeste, também veem apresentando crescimento nas últimas décadas (EMBRAPA, 2011).

Dentre os fatores responsáveis pelo crescimento da produção de soja brasileira, destaca-se o significativo aumento do preço internacional dos produtos primários no início da década de 70; condições favoráveis do mercado externo à comercialização da soja brasileira, adaptação das cultivares oriundas do sul dos EUA na região sul do Brasil e apoio da pesquisa e assistência técnica (GURGEL, 2007).

Atualmente, a soja é considerada uma das mais importantes oleaginosas, sendo o Brasil o segundo maior produtor e exportador mundial, com grandes áreas, nível tecnológico avançado e alta produtividade (CONAB, 2013). Esta é cultivada como monocultura em grandes operações de agronegócios em Regiões do Centro-Oeste, Nordeste e Sul do país (BERGMANN et al., 2013).

No Brasil a soja corresponde à cultura que mais cresceu nos últimos 30 anos, ocupando 49% da área plantada com grãos no país, o que corresponde a aproximadamente 27,71 milhões de hectares com uma produção total de 81,51 milhões de toneladas do grão na safra de 2012/2013, representando aumentos de 10,7% e 22,8%, respectivamente, em área

plantada e produção total de grãos em relação à safra de 2011/2012 (CONAB, 2013).

Segundo Brum et al. (2005), a soja foi uma das principais responsáveis pela introdução do conceito de agronegócio no país, não só por seu valor econômico, mas também pela necessidade empresarial de administração da atividade por parte dos produtores, fornecedores de insumos, processadores da matéria-prima e negociantes.

A soja destaca-se como uma das mais importantes culturas no mundo, devido ao seu alto teor de proteínas proporcionando múltiplas utilizações e a formação de um complexo industrial destinado ao seu processamento, visando principalmente, a produção de óleo e farelo, sendo o farelo o produto mais valioso, principalmente na receita de exportações (GURGEL, 2007). Atualmente a soja também é utilizada como fonte de biodiesel, sendo esta cultura responsável por 70% a 80% do biodiesel produzido no País (BUAINAIN; GARCIA, 2008).

## **2.2 O potássio na cultura da soja**

Na cultura da soja o nitrogênio é o nutriente exigido em maiores quantidades, seguido do potássio e fósforo, sendo o potássio um dos três principais nutrientes essenciais para a vida das plantas. As plantas precisam de grandes quantidades de potássio, pois o mesmo é removido pela maioria das culturas, mais do que todos os outros nutrientes, indicando a necessidade de se aplicar uma quantidade adequada de fertilizantes potássicos (DEV, 1995). Isso torna-se necessário uma vez que esse nutriente está envolvido na abertura e fechamento dos estômatos (entrada e saída de água da planta), transporte de carboidratos e outros compostos, sínteses, produção de clorofila, regulação do balanço hídrico (MYERS et al., 2005), além de ativar diversas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2012). No entanto, o potássio não faz parte de nenhum composto orgânico, não desempenhando função estrutural, o que faz com que o mesmo seja

facilmente liberado (FAQUIN, 2005). A deficiência de potássio pode prejudicar severamente a síntese proteica, resultando em acúmulo de concentração de aminoácidos livres no tecido da planta de soja afetando o crescimento da planta, rendimento, e o aumento da susceptibilidade a doenças e pragas (MYERS et al., 2005). Além de possuírem qualidade inferior as plantas não conseguem utilizar eficientemente a água e nutrientes oriundos do solo e dos fertilizantes. Concomitante a isso, as mesmas se tornam menos tolerantes a estresses ambientais, tais como secas, excesso de água, vento, oscilações drásticas na temperatura (POTAFÓS, 1990).

O nutriente encontra-se na forma catiônica ( $K^+$ ) e seus sais apresentam alta solubilidade, o que associado à baixa capacidade de troca catiônica (CTC) da maioria dos solos, favorece a ocorrência de perdas por lixiviação. A contribuição de todos esses fatores faz com que o manejo da adubação potássica (fonte, doses, métodos e épocas de aplicação) seja de grande importância para a manutenção e, melhoria das produtividades (VILELA; SOUZA; SILVA, 2004).

Na cultura da soja as respostas à adubação potássica, podem ser obtidas sob uma série de manejos, desde que o solo cultivado possua baixa disponibilidade do nutriente (PETTIGREW, 2008). Nesta situação o aumento de produtividade de grãos na soja pode ser obtido com a adubação potássica, quando cultivada sob preparo convencional (CASANOVA, 2000), sob o sistema de plantio direto (NELSON; MONTAVALLI; NATHAN, 2005), e também quando o potássio é aplicado de forma foliar (BORGES; MALLARINO, 2000).

O cloreto de potássio e os adubos formulados (NPK) são as fontes mais comuns do elemento. Ainda que apresente custo mais elevado que o cloreto, o sulfato de potássio também é eficiente no fornecimento de potássio, com a vantagem de fornecer enxofre (FAGERIA; SANTOS, 2004).

O cloreto de potássio possui um dos mais elevados índices salinos e desta forma, alguns cuidados devem ser tomados na utilização deste fertilizante. Dentre eles, não aplicar doses superiores a  $50 \text{ kg.ha}^{-1}$  de potássio

no sulco de plantio, visando reduzir os riscos do efeito salino sobre a germinação das sementes, principalmente em condições de estresse hídrico (OLIVEIRA et al., 2008).

Grande parte dos solos brasileiros, no início da exploração agrícola, apresentavam altos teores de potássio, na faixa de 0,51 a 0,77  $\text{cmol.dm}^{-3}$  de potássio (200 a 300  $\text{mg.dm}^{-3}$  de potássio) mas as produtividades máximas não eram elevadas, o que poderia ser explicado por um desequilíbrio nutricional e/ou pelo baixo potencial genético das cultivares da época (BORKERT et al., 2005). Trabalhos mais recentes também não vêm apresentando ganhos expressivos de produtividade com elevadas doses deste nutriente.

Segundo Borkert et al. (2005), a resposta da soja à adubação potássica está relacionada à capacidade de exploração do potássio do solo e, às quantidades exportadas pelos grãos. Assim, mesmo em solos muito pobres deste nutriente, como os da região sul do Maranhão, o rendimento máximo foi observado com aplicações de potássio em quantidades equivalentes às das regiões tradicionais. Porém, no sul do Piauí, onde a disponibilidade inicial de potássio é baixíssima, há necessidade de aplicar uma maior quantidade do nutriente.

Os resultados obtidos pelas pesquisas em algumas regiões do Brasil, visando o estabelecimento dos valores críticos de potássio no solo, indicam que a probabilidade de resposta é muito baixa ou nula. Grande parte dos solos cultivados possui teores de potássio muito próximos ao seu nível crítico ou, bem acima dele. Nestes casos, os cuidados recaem sobre as quantidades exportadas pela colheita da soja que, segundo Zancanaro et al. (2009), são próximas a 20  $\text{kg.ha}^{-1}$  de potássio para cada 1.000  $\text{kg.ha}^{-1}$  de soja produzidos. Por outro lado, além da exportação, devem ser consideradas as perdas por lixiviação e por erosão. Desta forma, pensando em evitar a limitação de produtividade por estes fatores que retiram o elemento do sistema produtivo, sempre que o custo permitir deve ser acrescentado um adicional de potássio (BORKERT, et al., 2005).



De acordo com Pettigrew (2008) a resposta na produtividade de grãos com a adubação potássica pode ser atribuída a um aumento nos componentes de produção. O número de vagens por planta e o peso de sementes aumentam de acordo com a resposta à adubação potássica (BHARATI; WHIGHAN; VOSS, 1986). Em solos com elevada fertilidade de potássio foi observado aumento da produção devido ao incremento no número de vagens por planta e principalmente no aumento de grãos por vagem (COALE; GROVE, 1990).

A exigência nutricional da soja, bem como seu potencial de exportação, são determinados por fatores genéticos sob influência do clima, fertilidade do solo e manejo cultural. Essas informações são fundamentais para a indicação de adubação da cultura, pois quantificam as necessidades nutricionais mínimas que devem ser adicionadas ao solo antes de cada cultivo, visando assim a manutenção da fertilidade (OLIVEIRA et al., 2008).

Além da dose e extração/exportação de potássio pela soja, deve-se observar também o equilíbrio nutricional entre cálcio, magnésio e potássio (Ca:Mg:K), pois a disponibilidade do elemento no solo e sua absorção pelas culturas estão relacionadas também à presença de Ca e Mg (OLIVEIRA; CARMELLO; MASCARENHAS, 2001). Neste mesmo sentido, Castro e Meneghelli (1989) avaliando a relação K:Ca:Mg no solo e, resposta à adubação potássica, concluíram que os teores de potássio isolados não fornecem uma informação correta sobre as necessidades de adubação potássica. Desta forma, a relação entre os três elementos é a maneira mais eficaz de avaliar a necessidade, viabilidade e resposta à adubação potássica.

Com a realização de calagem no solo, espera-se alta resposta a adubação potássica, pois a calagem promove o aumento das concentrações de cálcio e magnésio do solo em relação ao potássio, podendo reduzir a absorção do mesmo pelas raízes e provocar a sua deficiência nas plantas (OLIVEIRA; CARMELLO; MASCARENHAS, 2001).

### 2.2.1 Potássio em cobertura na cultura da soja

Como apresentado anteriormente a reposição de potássio se faz necessário e deve compensar a exportação do nutriente pelas culturas e também por perdas inerentes à lixiviação e erosão, evitando assim o risco de limitar a produtividade causada pela deficiência. Desta forma, a reposição deste nutriente, visando à produtividade econômica das culturas, deve ser feita através da adubação (VILELA; SOUZA; MARTHA, 2007). Nas culturas anuais a adubação potássica é feita no plantio ou em cobertura (KORNDÖRFER, 2007).

Como o potássio é um fertilizante salino, de fácil lixiviação para camadas inferiores do solo, a maneira mais eficaz de se aproveitar o nutriente é por meio da adubação de cobertura após a semeadura da cultura como já mencionado. Na soja, o período de maior exigência do potássio ocorre no estágio de crescimento vegetativo, cuja velocidade máxima de absorção deste nutriente advém aos 30 dias que antecedem ao florescimento (TANAKA; MASCARENHAS; BORKET, 1993).

Quando as dosagens de potássio a serem aplicadas são iguais ou superiores a  $50 \text{ kg.ha}^{-1}$ , ou quando o solo a ser cultivado possuir teor de argila inferior a 40% deve-se fazer a aplicação do potássio em cobertura após a semeadura (EMBRAPA, 2005).

Na literatura há poucos relatos de trabalhos específicos quanto a melhor época de aplicação do potássio em cobertura após a semeadura na cultura da soja. Em trabalho realizado por Salib et al. (2012) avaliando o desempenho da cultura da soja submetida ao parcelamento da adubação potássica, os autores observaram que a melhor forma de aplicação do potássio em cobertura ocorre quando aplicado 30 dias após a semeadura não diferindo da aplicação a lanço antes da semeadura porém com resultados de produtividade superior quando comparado a adubação no sulco e sulco + cobertura. De maneira semelhante Backes e Trento (2007) estudaram o efeito da época de aplicação de cloreto de potássio na cultura da soja e

observaram os melhores resultados na aplicação de cloreto de potássio aos 20 dias após o plantio para produtividade e altura de plantas.

### **2.2.2 Potássio para o incremento do teor de óleo.**

A disponibilidade de nutrientes pode influenciar a composição química das sementes e, conseqüentemente, seu metabolismo e vigor. Dessa forma, o adequado fornecimento de nutrientes favorece o desenvolvimento das plantas, condicionando-as a produzirem metabólitos necessários ao desenvolvimento de seus frutos e sementes (VEIGA et al., 2010).

A composição química da semente pode ser influenciada por fatores genéticos e ambientais ou ainda pelos nutrientes aplicados no solo (SEDIYAMA et al., 1981). Tanaka; Mascarenhas e Miranda (1991) relatam a ocorrência de variações nos teores de óleo e de proteína em sementes de soja resultante do manejo da adubação ou da correção da acidez do solo.

De acordo com Mascarenhas et al. (1988), o potássio é essencial na síntese e no transporte de óleo para os grãos. Também, segundo Usherwood (1994), o potássio tem função no transporte de fotoassimilados para os grãos, permitindo a síntese de óleo. Em sementes, o potássio exerce efeito positivo sobre o teor de óleo (TANAKA et al., 1997).

Em trabalho realizado por Veiga et al. (2010) avaliando a influência do potássio e da calagem, na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja foram observados aumentos nos teores de óleo com o aumento nas doses de potássio utilizadas, independentemente da saturação por base, onde valores de teor de óleo acima de 19% foi verificado para a aplicação de 200 kg. ha<sup>-1</sup> de potássio. Trabalho semelhante realizado por Pedroso Neto e Rezende (2005) avaliando doses e modos de aplicação de potássio na produtividade de grãos e qualidade de semente de soja, também verificaram o aumento no teor de óleo com o aumento das doses de potássio.

Efeitos do potássio na composição química de sementes de soja são contraditórios (SEGUIN; ZHENG, 2006), ou como relatado por Bellaloui et al. (2013) pesquisas sobre os efeitos do potássio nos constituintes de sementes mostraram resultados conflitantes. Resultados apresentados por Lutz; Jones e Hale (1973) demonstram que a adubação com potássio não afetou o teor de óleo ou proteína na semente. Gaydou e Arrivets (1983) relatam que a adubação com potássio promoveu aumento do teor de óleo na semente e diminuição da concentração de proteínas. Morse (1950) relatou que a calagem aumentou os teores de proteína e diminuiu os de óleo enquanto a adubação potássica elevou a concentração de óleo em sementes de soja. Tanaka et al. (1997) observaram as mesmas tendências relatadas por Morse (1950) acrescentando ainda que a calagem por proporcionar melhores condições para fixação biológica de N<sub>2</sub> atmosférico, a soja concentraria proteína, e como há relação inversa com o teor de óleo, este diminuiria com a correção da acidez. A composição química dos grãos de soja é muito complexa e é governada por fatores genéticos e ambientais onde as plantas se desenvolveram.

O potássio é transferido a partir de partes vegetativas durante o enchimento dos grãos. A semente de soja madura contém cerca de 60% do total de potássio de uma planta (TIWARI et al., 2001). Qualquer deficiência de potássio durante o crescimento vegetativo até fases de enchimento dos grãos afetam o rendimento da soja e a qualidade das sementes (BELLALLOUI et al., 2013). Estudos anteriores relataram que a deficiência de potássio na soja resultou em redução na produtividade, teor de óleo, e nas concentrações de potássio nos grãos (SALE; CAMPELL, 1986). Pesquisas recentes confirmam a importância de manter alta a concentração de potássio no tecido vegetal e nos grãos, sendo que nos grãos a maior disponibilidade de potássio está positivamente associada com a produção e qualidade de sementes (VYN et al. 2002).

Neste sentido como grande parte das pesquisas correlacionando teor de óleo e potássio, obtiveram resultados contraditórios há a necessidade de pesquisas atuais referente ao assunto.

### **2.2.3 Potássio na qualidade fisiológica de sementes de soja.**

Na cultura da soja, a importância do potássio está também relacionado a qualidade fisiológica das sementes (PICOLI et al., 2010). De acordo com Sá (1994), plantas nutridas de modo adequado e equilibrado apresentam condições de produzir maior quantidade de sementes, aliada à melhor qualidade. O potássio está diretamente envolvido no desenvolvimento das sementes, principalmente por atuar na formação de açúcares e no vigor das plantas, propiciando melhores colheitas. Além disso, a sua deficiência poderá acarretar decréscimos na produção e enrugamento das sementes (FONTES, 2001), e prejudicar a qualidade fisiológica de sementes (SNYDER; ASHLOCK, 1996).

A deficiência de potássio, além de prejudicar o funcionamento de várias enzimas e dispor as plantas à penetração de fungos patogênicos, causa uma diminuição na taxa fotossintética, pois os sintomas iniciam com clorose internerval, seguida de necrose nas folhas, diminuindo a área foliar. Por isso, a consequência negativa no metabolismo das plantas causa problemas nos órgãos reprodutivos, diminuindo a qualidade fisiológica e sanitária das sementes geradas nessa situação de deficiência (SFREDO, 2008).

Em trabalho realizado por Picoli et al. (2010) foi observado que o vigor das sementes de soja, avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado, foi reduzido linearmente com as doses de potássio independente da condição de calagem, não tendo sido observada interação significativa entre aplicação de calcário e potássio. No mesmo trabalho foi também constatado que doses crescentes de potássio podem aumentar o teor de óleo nas sementes, ficando mais propensas a deterioração devido à baixa estabilidade química dos

lipídios e que a germinação em primeira contagem de plântulas, variou de 82 a 85% e não foram afetados pelas doses de calagem e potássio.

Estudo realizado por Veiga et al. (2010) avaliando a influência do potássio e da calagem, na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja observaram aumentos nos teores de óleo com o aumento nas doses de potássio, no entanto quando foi comparado a germinação de sementes não foram encontradas diferenças com o aumento das doses de potássio. Resultados semelhantes foram obtidos por Pedroso Neto e Rezende (2005) que verificaram que o vigor da semente foi afetado significativamente pelas doses do potássio.

Quando a disponibilidade de cálcio e de magnésio é elevada em relação à de potássio, devido à calagem, a absorção deste último pelas plantas é reduzida pela competição entre os três cátions (TURKIEWICZ, 1976). Fonseca e Sá (2005) verificaram, em sementes de soja, que a combinação de doses de calcário e potássio afeta a porcentagem de germinação.

Alguns autores mostram a evidente importância em manter alta a concentração de potássio no tecido vegetal e nos grãos, sendo que nos grãos a maior disponibilidade de potássio está positivamente associada com a produção e qualidade fisiológica (VYN et al., 2002). Em estudo realizado por Sfredo (2008) o autor afirma que os índices de patógenos nas sementes aumentam quando doses inferiores a  $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  são aplicadas, indicando que a deficiência de potássio pode predispor as sementes à infecção por inúmeros patógenos.

De maneira geral, é citado na literatura que a qualidade fisiológica das sementes é significativamente superior, quando utilizados doses de potássio superiores a  $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  (SFREDO, 2008). Ellett (1973) atribui o efeito do potássio na diminuição dos danos causados por doenças à influência deste cátion no desenvolvimento estrutural, favorecendo o espessamento de paredes externas da epiderme. Outros aspectos importantes incluem o efeito dos níveis de potássio na atividade enzimática, na síntese de

proteínas e na proporção de compostos nitrogenados não protéicos e carboidratos solúveis em plantas (KIRALY, 1976). A resistência a uma doença está relacionada à composição química dos conteúdos da célula, embora a espessura e o grau de lignificação das paredes também sejam importantes (SFREDO, 2008).

A deficiência de potássio reduz a taxa de fotossíntese por unidade de área foliar e, como consequência, provoca maiores taxas de respiração. Uma combinação desses dois fatores sugere, pelo menos, decréscimo no potencial das reservas de carboidratos na planta, quando há falta de potássio. Estudos realizados por Perrenoud (1977) mostraram que o potássio reduziu, em 70% dos casos, doenças bacterianas e fúngicas.

O papel do potássio no controle de doenças de plantas é, sem dúvida, influenciado por muitos fatores, incluindo clima, práticas de manejo, como a rotação de culturas, irrigação, e resistência genética das cultivares. Em geral, a adubação potássica tende a aumentar a resistência da planta a doenças, quando o potássio encontra-se num nível baixo de disponibilidade no solo, onde uma resposta na produção é também esperada. Em experimento conduzido nos EUA, a adição de potássio reduziu a proporção de sementes infectadas (CRITTENDEM; SVEC, 1974). Thompson Jr. (1978), estudando fósforo e potássio na qualidade de semente, verificou que houve efeito dos dois nutrientes, porém o potássio diminuiu, até próximo de zero, o aparecimento de sementes danificadas e doentes.

### **2.3 Biodiesel de soja**

O biodiesel foi definido por Costa Neto et al. (2000) como um derivado monoalquil éster de ácidos graxos de cadeia longa, proveniente de fontes renováveis como óleos vegetais ou gordura animal, cuja utilização está associada à substituição de combustíveis.

A produção de biodiesel a partir de óleos vegetais está se tornando uma alternativa promissora por serem renováveis na natureza e apresentarem

praticamente nenhum teor de enxofre, e com excelentes propriedades de lubrificação (RAMADHAS; JAYARAJ; MURALEEDHARAN, 2004).

De acordo com a Portaria n. 795, de 15 de dezembro de 1993 do Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária, “óleo de soja é o produto obtido por prensagem mecânica e ou extração por solvente, dos grãos de soja, isento de mistura de outros óleos, gorduras ou outras matérias estranhas ao produto”. Dentre os óleos vegetais, um dos líderes no mercado brasileiro é o óleo de soja, que emerge do processamento de farelo (BRASIL, 1993).

As oleaginosas que podem ser empregadas na produção de biodiesel são variadas, comprovando competitividade técnica e socioambiental, restando somente à execução de projetos e estudos ambientais que garantam a disponibilidade de matéria-prima nos períodos de maior demanda (OLIVEIRA; REYS, 2009).

Dados revelam a preferência dos produtores e das indústrias de biodiesel por biodiesel produzidos utilizando o óleo de soja como matéria-prima. A importância da produção de óleo das demais oleaginosas como mamona, dendê, girassol, pinhão manso, macaúba, canola, linhaça, gergelim, entre outras é muito pequena, apesar de apresentarem teores de óleo mais elevados 30 a 50% contra 18 a 20% da soja (KUCEK, 2004).

Diversos aspectos condicionantes destas preferências, dentre eles é citado à cadeia produtiva da soja ser bem estruturada, possuir tecnologias de produção definidas e modernas, ter ampla rede de pesquisas que assegure solução de qualquer novo problema que possa aparecer na cultura, ser um cultivo tradicional e adaptado para produzir com igual eficiência em todo território nacional e oferecer um retorno de investimento de forma rápida com média de 4 a 5 meses (DALL'AGNOL, 2008).

### **2.3.1 Cenário do biodiesel**



O maior produtor e consumidor mundial de biodiesel é a Alemanha, sendo responsável por cerca de 42% da produção mundial (HOLANDA, 2004). Vários países estão produzindo Biodiesel comercialmente, estimulando o desenvolvimento em escala industrial, dentre eles destacam-se: Argentina, EUA, Malásia e União Européia. A principal matéria-prima utilizada para o processamento de biodiesel europeu é a colza e em menores proporções, os óleos de soja, de palma, de girassol, gordura animal e óleo já utilizado (SEBRAE, 2009).

Outro importante produtor mundial de biodiesel são os Estados Unidos, com utilização de varias plantas, que produzem 2,24 bilhões de galões, equivalentes a 8,479 milhões de m<sup>3</sup>. A produção de biodiesel nos EUA é realizada principalmente com óleo de soja, e, em menor proporção, com óleos variados, reciclagem de óleos de fritura e sebo animal (HOLANDA, 2004).

Todos os países relacionados dispõem de programas que estimulam o uso e a produção do biodiesel. Os programas, em geral, tratam sobre medidas de apoio à implantação das indústrias, subsídios para os agricultores, isenção de impostos e percentuais escalonados para a mistura de biodiesel ao diesel. Os percentuais de mistura do biodiesel ao óleo diesel variam de 2% a 30%. Somente a Alemanha oferta o biodiesel B100 para o consumidor definir o seu uso puro ou na proporção que lhe convém (SEBRAE, 2009).

O Brasil, a partir de 2005 incluiu o biodiesel na matriz energética com as condições de mercado e a produção regulamentadas pela Lei no 11097, de 13 de janeiro de 2005. É o segundo produtor e exportador mundial de óleo de soja, poderá tornar-se gradualmente um importante produtor e consumidor de Biodiesel, acrescida da oportunidade de utilizar outros óleos vegetais típicos das diferentes regiões do país (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2011). Com o advento do biodiesel proveniente de óleos vegetais reduziu a importação de óleo diesel, da ordem de 6 milhões de metros cúbicos por ano, desonerando o balanço de pagamentos e criando

riqueza no interior (SEBRAE, 2009).

A disponibilidade de produção de Biodiesel no Brasil poderá expandir significativamente sua produção de soja e óleo, considerando uma fronteira agrícola de 80 milhões de hectares, para 240 milhões de toneladas ano. Nota-se que a produção aumentou devido às políticas de incentivo ao Biodiesel, aos investimentos, e principalmente na necessidade de obtenção de uma energia que seja limpa e renovável, na matriz energética brasileira (PORTAL DO BIODIESEL, 2006).

A principal estratégia é a de desenvolver o biocombustível a partir da produção de oleaginosas e etanol nacional, gerando emprego e renda nas diferentes regiões do país. Assegurar maior autonomia no suprimento de combustíveis líquidos; contribuir para melhorar a inserção internacional do Brasil nas questões ambientais globais, estabelecer vanguarda no desenvolvimento de mercados novos para produtos potenciais subaproveitados (agricultura), criar mercados alternativos de expressão para commodities brasileiras (petróleo/gás, complexo soja, setor sucroalcooleiro), com excesso de ofertas no mercado externo, desenvolver tecnologias nacionais para produção de combustíveis. No Brasil, desde a década de 1920, o Instituto Nacional de Tecnologia (INT) já estudava e testava combustíveis alternativos e renováveis, como por exemplo o álcool da cana-de-açúcar. E na década de 1970, por intermédio também do INT, passou a desenvolver projetos de óleos vegetais como combustíveis (PORTAL DO BIODIESEL, 2006).

A década de 1990 foi caracterizada pela produção comercial e instalação de plantas em escala industrial, visando atender a preocupação ambiental e estimulada pela competitividade relativa de preços do petróleo e óleos vegetais. Em 2000, foi instalada a fábrica de biocombustíveis da ECOMAT no Estado do Mato Grosso, que produz atualmente o AEP 102, que é um éster de soja aditivo especial da mistura álcool e diesel, além de biodiesel de éster metílico e etílico. Atualmente no Brasil, o PROBIOAMAZON, é o maior programa de óleos vegetais em implantação

com perspectiva de produção de cerca de 500 mil toneladas ano de dendê (QUESADA et al., 2010).

No cenário nacional o biodiesel representa uma alternativa de diminuição da dependência dos derivados de petróleo e um novo mercado para as oleaginosas. O Biodiesel deve atender às especificações técnicas como sendo um produto único, sem necessidade da definição da origem do óleo vegetal ou qual o tipo de álcool a ser usado na produção, mas sim um conjunto de propriedades físico-químicas para o produto final que garanta a sua adequação ao uso em motores do ciclo diesel (MELLO; PAULILLO; VIAN, 2007).

A adição do óleo vegetal ao diesel em diferentes proporções ou a utilização pura deste permitirá uma redução do consumo do derivado de petróleo com perspectivas de redução da emissão de poluentes. A introdução do biodiesel no mercado representou uma nova dinâmica para a agroindústria e consequente efeito multiplicador nos demais segmentos da economia: transporte, distribuição entre outros, envolvendo óleos vegetais, álcool, óleo diesel e mais os insumos e subprodutos da produção do éster vegetal (BONOMI; POÇO; TRIELLI, 2006).

Os volumes de biodiesel produzidos chegaram a 800 milhões de litros anuais (800 mil m<sup>3</sup>) de 2005 a 2007, com o B2, mistura de 2% de biodiesel e 98% de óleo diesel, 1 bilhão de litros anuais de B2 (1 milhão de m<sup>3</sup>), nos intervalos de 2008 a 2012; e há estimativas de 2,4 bilhões anuais (2,4 milhões de m<sup>3</sup>) de B5 (mistura de 5% de biodiesel e 95% de óleo diesel) a partir de 2013 (SEBRAE, 2009).

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APOLINÁRIO, F. D. B.; PEREIRA, G. de F.; FERREIRA, J. P. Biodiesel e Alternativas para utilização da glicerina resultante do processo de produção de biodiesel. **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**. Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 141-146, 2012.

BACKES, D.; TRENTO, S. **Efeito da época de aplicação de cloreto de potássio na cultura da soja**. 2007. 9 p. Monografia. Disponível em: <[http://www.fag.edu.br/tcc/2007/Agronomia/efeito\\_da\\_epoca\\_de\\_aplicacao\\_de\\_cloreto\\_de\\_potassio\\_na\\_cultura\\_da\\_soja.pdf](http://www.fag.edu.br/tcc/2007/Agronomia/efeito_da_epoca_de_aplicacao_de_cloreto_de_potassio_na_cultura_da_soja.pdf)> Acesso em: 20 set. 2013.

BELLALLOUI, N. et al. Soybean Seed Protein, Oil, Fatty Acids, and Isoflavones Altered by Potassium Fertilizer Rates in the Midsouth. **American Journal of Plant Sciences**, Delaware, v. 4, n.5, p. 976-988, 2013.

BERGMANN, J. C. et al. Biodiesel production in Brazil and alternative biomass feedstocks. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. Golden, v. 21, p. 411 – 420, 2013.

BONOMI, A.; POÇO, J.G.; TRIELLI, M.A. Biocombustíveis: a solução brasileira para uma matriz energética sustentável. **Revista Brasileira de Engenharia Química**, São Paulo, v. 22, p. 16-21, 2006.

BORÉM, A. Melhoramento da Soja. In: SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. BORÉM, A. (eds.). **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2005. 969 p.

BORGES, R.; MALLARINO, A.P. Grain yield, early growth, and nutrient uptake of no-till soybean as affected by phosphorus and potassium placement. **Agronomy Journal**. Madison, v. 92, p.380 – 388, 2000.

BORKERT, C.M. et al. O potássio na cultura da soja. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L., eds. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafós, 2005. p.671-713.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n. 795, de 15 de dez. de 1993. **Diário Oficial da União**. Brasília, 20 dez. 1993.

BHARATI, M. P.; WHIGHAM, D.K.; VOSS, R. D. Soybean response to tillage and nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v.78, n. 6, p. 947 – 950, 1986.

BRUM, A. L. et al. A economia mundial da soja: impactos na cadeia produtiva da oleaginosa no Rio Grande do Sul 1970-2000. **Anais... XLIII Congresso da Sober em Ribeirão Preto, São Paulo, 2005.**

BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R. **Biodiesel sem a agricultura familiar. 2008.** CISoja: Disponível em: <http://www.cisoja.com.br/index.php?p=artigo&idA=87> Acesso em: 20 Abr. 2013.

CASANOVA, E. Phosphorus and potassium fertilization and mineral nutrition of soybean. **Interciencia**, Venezuela, v.25, n. 2, p.92-95, 2000.

CASTRO, A. F.; MENEGHELLI, N. A. As relações  $K^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})^{1/2}$  e  $K^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$  no solo e as respostas a adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 6, p. 751-760, 1989.

COALE F. J.; GROVE, J. H. Root distribution and shoot development in no-till full season and double-crop soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.82, n. 3, p. 606-612, 1990.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo levantamento/julho 2013**, Brasília, 2013.

COSTA NETO, P. R. et al. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, Curitiba, v. 23, n. 4, p. 531-537, 2000.

CRITTENDEM, H.; SVEC, L.V. Effect of potassium on the incidence of Diaphorte sojae in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 66, n. 5, p.696-697, 1974.

DALL' AGNOL A. **Soja: o fenômeno brasileiro.** EMBRAPA, Londrina, 2008.

DEV, G. Potassium – An essential nutrient. In: Use of Potassium in Punjab Agriculture. **Potash and Phosphate Institute of Canada**, Gurgaon: India Programme, 1995.

ELLETT, C.W. Soil fertility and disease development. **Better Crops**, v. 57, n. 3, p. 6-8, 1973.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2005**. Sistema de Produção 6, 2005.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Evolução e Perspectivas de Desempenho Econômico Associadas com a Produção de Soja nos Contextos Mundial e Brasileiro**. Documento 319, 2011.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. **Cultivo do arroz irrigado no estado do Tocantins**. Embrapa Arroz e Feijão. Sistemas de produção n. 3, 2004.

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

FONSECA, N.R.; SÁ, M.E. Qualidade física e fisiológica da semente de dois cultivares de soja em função de doses de potássio e calcário. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 261-268, 2005.

FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 122 p.

GAYDOU, E. M.; ARRIVETS, J. Effects of phosphorus, potassium, dolomite, and nitrogen fertilization on the quality of soybean. Yields, proteins, and lipids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 31, n.4, p. 765-769, 1983.

GURGEL, F. L. **A Cultura Da Soja**. 2007. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=383>>. Acesso em: 25 de Abril de 2012.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J.J. **Evolução e Perspectivas de Desempenho econômico associadas com a Produção de Soja nos Contextos Mundial e Brasileiro**. 3. ed. Versão eletrônica. Londrina: Embrapa Soja, 2011. documento 319, 2011 p. 69.

HOLANDA, A. Biodiesel e inclusão social. **Cadernos de Altos Estudos**. Câmara dos Deputados: Brasília, 2004. p.189.

KIRALY, Z. Plant disease resistance as influenced by biochemical effects of nutrients in fertilizers. In: COLOQUIUM OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE. **Fertilizer use and plot nealter**. Berne, v.12, 1976. p. 33-46.

KORNDÖRFER, G. H. **Potássio: Épocas de aplicação do potássio**. Universidade Federal de Uberlândia. Instituto de Ciências Agrárias, p. 18. 2007. (Apostila de aula).

KUCEK, K. T. **Otimização da Transesterificação Etilica do Óleo de Soja**. 2004. 123 p. – Dissertação (Mestrado em Química Orgânica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

LUTZ, J. A.; JONES, G. D.; HALE, E. B. Chemical composition and yield of soybeans as affected by irrigation and deep placement of lime, phosphorus and potassium. **Journal of the Indian Society of Soil Science**, New Delhi, v. 21, n. 4, p. 475-483, 1973.

MASCARENHAS, H. A. A. et al. Deficiência de potássio em soja no estado de São Paulo: melhor entendimento do problema e possíveis soluções. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 42, p.1-4, 1988.

MELLO, F.O.T.; PAULILLO, L. F.; VIAN, C. E. de F.; O BIODIESEL NO BRASIL: panorama, perspectivas e desafios. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 37, n. 1, 2007.

MORSE, W.J. Chemical composition of soybean seed. In: SOYBEANS AND SOYBE AN PRODUCTS. **Interscience Publishers**, New York, v. 1, p. 135-156, 1950.

MYERS, S. W. et al. Effect of soil potassium availability on soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) population dynamics and soybean yield. **Journal of economic entomology**, Califórnia, v. 98, n. 1, p. 113-120, 2005.

NELSON K. A.; MOTAVALLI, P. P.; NATHAN, M. Response of no-till soybean [Glycine max (L.) Merr] to timing of preplant and foliar potassium applications in a claypan soil. **Agronomy Journal**. Madison, v.97, n.3, p.832-838, 2005.

OLIVEIRA, F. A.; CARMELLO, Q. A. C.; MASCARENHAS, H. A. A. Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa-de-vegetação. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 329-335, 2001.

OLIVEIRA, F. A. et al. **Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral da Soja**. Londrina: Embrapa Soja, Circular Técnica 62. 2008.

OLIVEIRA, S. V.; REYS, M. A. dos. Estruturação e consolidação da produção do biodiesel - base de soja - no Rio Grande do Sul. **Revista Extensão Rural**, DEAER/PPGExR – CCR – UFSM, Ano XVI, Santa Maria, n. 17, 2009.

PERRENOUD, S. Potassium and plant health. Berne: International of the Potash Institute, **IPI Research Topics**, n.3, 1977. p. 365.

PEDROSO NETO, J. C.; REZENDE, P. M. de. Doses e modo de aplicação de potássio na produtividade de grãos e qualidade de semente de soja (Glycine Max). **FAZU em revista**, Uberaba, n. 2, p. 27-36, 2005.

PETTIGREW, W. T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.133, n.4, p. 670-681, 2008.

PICOLI, L. B. et al, Efeito da calagem e de doses de potássio na qualidade Fisiológica de sementes de soja. In: XXII Congresso de Iniciação Científica da UNESP, 2010, Marília. **Anais...** Marília: UNESP, 2010. p. 1306-1309.

PORTAL DO BIODIESEL. **Cenário nacional do biodiesel**. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/noticias/biodiesel/brasil-tem-plano-nacional-de-agroenergia-16-10-06.htm>. Acesso em: 10 abr. 2012.

POTAFOS. **Potássio: Necessidade e uso na agricultura moderna**. Piracicaba: Potafos, 1990. p. 45.

QUESADA, T. P. et al. Obtenção de biodiesel a partir de óleo de soja e milho utilizando catalisadores básicos e catalisador ácido. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, v.6, n.11, p. 1-25, 2010.



RAMADHAS, A. S.; JAYARAJ, S.; MURALEEDHARAN, C. Biodiesel production from high FFA rubber seed oil. **Fuel**, v.84, n. 4, p.335-340, 2004.

SÁ, M. E. Importância da adubação na qualidade de semente. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. eds. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p.65-98.

SALE, P.W.G.; CAMPBELL, L.C. Yield and composition of soybean seed as a function of potassium supply. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 96, n. 3, p.317-325. 1986.

SALIB, G. C. et al Desempenho da cultura da soja submetida ao parcelamento da adubação potássica. In: I Congresso de Pesquisa e Pós-Graduação. IF Goiano, Rio Verde, 2012. **Anais...**Rio Verde, 2012. p. 1-3.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Biodiesel**. Brasília, 2009. p. 68.

SEDIYAMA, C.S. et al. Influência do retardamento da colheita sobre a deiscência das vagens e sobre a qualidade e poder germinativo das sementes de soja. **Experientiae**, Viçosa, v. 14, n. 5, p. 117-141, 1981.

SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina, PR: Viçosa: Mecenaz, v. 1, 2009. 314 p.

SEGUIN, P.; ZHENG, W. Potassium, phosphorus, sulfur, and boron fertilization effects on soybean isoflavone content and other seed characteristics. **Journal of plant nutrition**, Geórgia, v. 29, n. 4, p. 681-698, 2006.

SFREDO, G. J. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Soja. Documentos 305, Londrina, 2008.

SNYDER, C.; ASHLOCK, L. O. Late-season potassium deficiency symptoms in Southern soybeans. **Better Crops With Plant Food**, Atlanta, v. 80, n. 2, p. 10-11, 1996.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto alegre: Artmed, 2012. 720 p.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; MIRANDA, M.A.C. Effect of liming on soybean protein and oil yield. **Better Crops International**, Atlanta, v. 7, n. 2, p. 9, 1991.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A; BORKET, C. M. Nutrição mineral da soja. IN: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. **Cultura de soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafós, 1993. p. 535.

TANAKA, R.T. et al. Changes in soybean quality resulting from applications of lime and potassium fertilizer. **Plant Nutrition for Sustainable Food Production and Environment**, Monticello, v. 78, p. 943-944. 1997.

TIWARI, S.P. et al. **Potassium nutrition in yield and quality**. 2001. p. 307-320. Disponível em:  
<<http://www.ipipotash.org/udocs/Potassium%20Nutrition%20in%20Yield%20and%20Quality.pdf>> Acesso em: 20 ago. 2012.

THOMPSON JUNIOR, W. R. Phosphorus in animal nutrition. In: POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE. **Phosphorus for agriculture: a situation analysis**. Atlanta, 1978. p.126-158.

TURKIEWICZ, L. **Efeito da calagem e adubação fosfatada sobre a germinação e o vigor de sementes de soja**. Piracicaba, 1976. 85p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1976.

USHERWOOD, N. R. Potassium interactions and balanced plant nutrition. **Better Crops With Food**, Atlanta, v. 77, n. 1, p. 26-27, 1994.

VEIGA, A. D. et al. Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 953-960, 2010.

VILELA, L.; SOUZA, D. M. G.; SILVA, J. E. Adubação potássica. In: SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrados: correção do solo e adubação**. 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 169-184.

VILELA, L.; SOUZA, D. M. G.; MARTHA JR., G. B. Adubação potássica e com micronutrientes. In: MARTHA JR., G. B.; VILELA, L.; SOUZA, D. M.

**G. Cerrados: Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens.**  
Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. p. 179-188.

VYN, T.J et al. Potassium Fertilization Effects on Isoflavone Concentrations in Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Easton, v. 50, n.12 , p. 3501-3506, 2002.

ZANCANARO, L. et al. Manejo do solo, adubação e nutrição da cultura da soja. **Boletim de Pesquisa de Soja 2009**. Rondonópolis: Fundação MT, 2009. p. 270-285.

**CAPÍTULO 2 ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DO POTÁSSIO EM  
COBERTURA NA CULTURA DA SOJA**

## RESUMO

Devido à baixa disponibilidade do potássio em solos brasileiros a necessidade de reposição deste nutriente torna-se necessário. Em situações em que as doses de potássio a serem aplicadas são iguais ou superiores a  $50 \text{ kg.ha}^{-1}$ , como este nutriente é salino e de fácil lixiviação, a maneira mais eficaz de aproveitá-lo se perfaz pela adubação de cobertura após a semeadura da cultura. Diante ao exposto objetivou-se estabelecer a melhor época de aplicação do potássio em cobertura após a semeadura bem como estudar o efeito deste nutriente na produtividade de grãos em caracteres agrônômicos e no teor de potássio nos grãos na cultura da soja. Para isto um experimento foi conduzido no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras - MG na safra 2012/13. Utilizaram-se 32 tratamentos com três repetições, sendo os mesmos compostos por oito cultivares e quatro épocas de aplicação do potássio em cobertura (20, 30, 40 e 50 DAS), em DBC dispostos em esquema fatorial  $8 \times 4$ . A parcela foi constituída por duas linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,5 m entre linhas. A aplicação do potássio foi realizada de acordo com as datas estabelecidas utilizando-se cloreto de potássio na proporção de  $120 \text{ Kg.ha}^{-1}$  de potássio. Houve diferença significativa para os caracteres produtividade de grãos, acamamento, altura de inserção do primeiro legume e altura de plantas para a fonte de variação cultivares. A interação entre as cultivares e as épocas de aplicação do potássio foi não significativa. Conclui-se que não houve efeito da época de aplicação do potássio em cobertura na cultura da soja para a produtividade de grãos, para os caracteres agrônômicos e teor de potássio nos grãos.

Palavras-chave: *Glycine max*. Adubação de cobertura. Macronutriente. Produtividade.

## ABSTRACT

Due to the low availability of potassium in Brazilian soils, the replacement of this nutrient becomes necessary. In situations where the potassium doses to be applied are equal or greater than  $50 \text{ kg.ha}^{-1}$ , and since this nutrient is saline and easily leached, the most effective way to use it is by side dressing after sowing the culture. Given the above the aim of the present study was to establish the best time for application of covering potassium after sowing as well as study the effect of this nutrient on grain yield from an agronomic point of view and the soybean grain potassium content. Therefore an experiment was conducted at the Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária, Federal University of Lavras, in Lavras - MG during the 2012/13 crop. 32 treatments with three replications were used, being composed of eight cultivars and four potassium coverage application times (20, 30, 40 and 50 DAS) in an RBD in a  $4 \times 8$  factorial. The plot consisted of two 5 m rows, with 0.5 m between rows. The potassium application was performed according to specified dates using potassium chloride at a rate of  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  of potassium. There was a significant difference for the characteristics grain yield, lodging, insertion height of first legume and plant height for the source of variation cultivars. The interaction between cultivars and potassium application time was not significant. It can be concluded that there was no effect of potassium coverage application time on soybeans as to grain yield, on agronomic traits and for the content of potassium in the grains.

Keywords : *Glycine max*. Side dressing. Macronutrient. Grain yield.

## 1 INTRODUÇÃO

A importância do potássio na agricultura brasileira é inquestionável e na cultura da soja não é diferente. É o segundo nutriente mais exigido e exportado pela cultura, ficando abaixo apenas do nitrogênio (BACKES; TRENTO, 2007). Em média trinta e três quilos são extraídos do solo para se produzir 1000 kg de grãos, e vinte quilos do nutriente são exportados na forma de grãos (PAULETTI, 2004). A baixa disponibilidade de potássio no solo pode reduzir a produtividade de uma safra para outra (LOPES, 2007).

Para compensar a baixa disponibilidade deve-se realizar a adubação de reposição que deve compensar a exportação do nutriente pelas culturas e também por perdas inerentes à lixiviação e erosão, evitando assim o risco de limitar a produtividade de grãos causada pela sua deficiência.

Nas culturas anuais a adubação potássica é feita no plantio ou em cobertura (KORNDÖRFER, 2007). Sendo um fertilizante salino, de fácil lixiviação para camadas inferiores do solo, a maneira mais eficaz de se aproveitar este nutriente se perfaz pela adubação de cobertura após a semeadura da cultura. Na soja, o período de maior exigência do potássio ocorre no estágio de crescimento vegetativo, cuja velocidade máxima de absorção deste nutriente ocorre aos trinta dias que antecedem ao florescimento (TANAKA; MASCARENHAS; BORKET, 1993).

De acordo com a Embrapa (2005) em situações em que as doses de potássio a serem aplicadas são iguais ou superiores a  $50 \text{ kg.ha}^{-1}$ , ou quando o solo a ser cultivado possuir teor de argila inferior a 40% deve-se fazer a aplicação do potássio em cobertura após a semeadura. Logo, estudos para se avaliar qual a melhor época de aplicação do potássio em cobertura devem ser realizados.

Neste contexto Salib et al. (2012) avaliando o desempenho da cultura da soja submetida ao parcelamento da adubação potássica observaram que a melhor época de aplicação do potássio em cobertura foi 30

dias após a semeadura, embora não houvesse diferença significativa da aplicação a lanço antes da semeadura.

De maneira semelhante Backes e Trento (2007) estudando o efeito da época de aplicação de cloreto de potássio na cultura da soja, observaram os melhores resultados da aplicação desse nutriente aos 20 dias após o plantio para os caracteres produtividade de grãos e altura de plantas.

Dessa forma objetivou-se com este trabalho estabelecer a melhor época de aplicação do potássio em cobertura após a semeadura, bem como, estudar o efeito deste nutriente na produtividade de grãos, caracteres agronômicos e teor de potássio nos grãos na cultura da soja.



## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local de condução do experimento

A pesquisa foi conduzida no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras – MG, à latitude de 21°12' S, longitude 44°58 W e altitude de 955 m. De acordo com Dantas; Carvalho e Ferreira (2007), o clima do município segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo Cwa, com temperatura média anual de 19,3°C e precipitação anual normal de 1.530 mm.

A pluviometria e temperaturas máximas e mínimas mensais durante o período de condução do experimento registrados em Lavras estão apresentados na Figura 1.

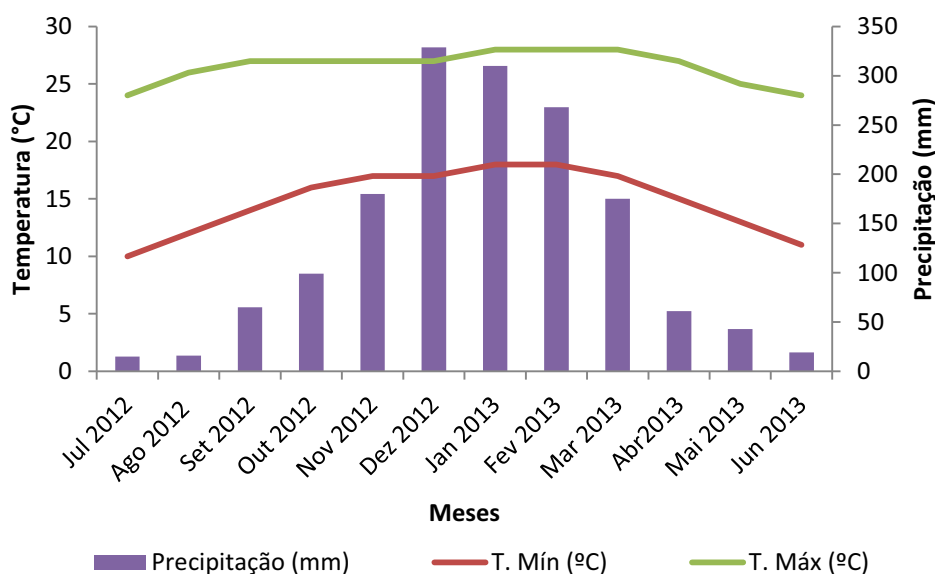


Figura 1 Precipitação, temperatura mínima e máxima, de julho de 2012 a junho de 2013 em Lavras, MG. Fonte: Adaptado de INMET (2013)

A área do município de Lavras – MG, em que foi conduzido o experimento possui características de solo do tipo Latossolo Vermelho

Distroférico Típico cujo resultado das características químicas e físicas do solo na área antes da aplicação dos tratamentos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 Características químicas e físicas do solo (0 – 20 cm) na área experimental no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras. Lavras – MG, 2012

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T
(H <sub>2</sub> O)	-----	mg/dm <sup>3</sup>	-----		-----	cmol/dm <sup>3</sup>	-----	---	cmolc/dm <sup>3</sup>	--
5,9	7,21	118	-	4,7	1,3	0,0	2,9	6,3	6,3	9,2
V	m	M.O	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	
-----%	-----	dag/kg	mg/L	----- mg/dm <sup>3</sup> -----						
68,51	0,0	2,61	13,33	5,31	-	13,33	0,60	0,33	-	
Argila (dag/kg)	Silte (dag/kg)		Areia (dag/kg)			Classe textural				
64	20		16			Argilosa				

## 2.2 Tratamentos avaliados

### 2.2.1 Cultivares

Foram utilizadas oito cultivares comerciais de soja de diferentes procedências, sendo estas cultivares geneticamente modificadas e resistentes ao glifosato. As principais características fenotípicas estão descritas na tabela 2.

Tabela 2 Principais características fenotípicas das cultivares de soja utilizadas na condução dos experimentos, Lavras – MG, 2014

Cultivar	Ciclo Médio	Hábito de Crescimento	Resistência a Doenças
TMG 127RR	111	Indeterminado	Cancro da haste, Mancha olho-de-rã
TMG 801RR	123	Determinado	Cancro da haste, Mancha olho-de-rã, Pústula bacteriana
TMG 1179RR	115	Determinado	Cancro da haste, Mancha olho-de-rã, Nematóides de cistos raças 1 e 3
BRS/MG 750SRR	110	Determinado	Cancro da haste, Mancha olho-de-rã, Pústula bacteriana
BRS/MG 760SRR	113	Indeterminado	Cancro da haste, Mancha olho-de-rã, Pústula bacteriana, Nematóides galhas
BRS/MG 850GRR	120	Determinado	Cancro da haste, Mancha olho-de-rã, Pústula bacteriana, Nematóides galhas
NA 7255RR	108	Indeterminado	Cancro da haste, Mancha olho-de-rã
Monsoy 7211RR	108	Indeterminado	Cancro da haste, Mancha olho-de-rã, Pústula bacteriana

### 2.2.2 Época de aplicação do potássio em cobertura

As épocas para aplicação do potássio em cobertura foram: 20; 30; 40 e 50 dias após a semeadura (DAS). Conforme sugerido por Pauletti (2004), a dose de potássio utilizada foi de 120 kg.ha<sup>-1</sup>, almejando altas produtividades, tendo como fonte de potássio o cloreto de potássio (KCl) com 60% K<sup>+</sup>, aplicado em dose única.

### 2.3 Condução do experimento

O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados com três repetições, cujos tratamentos foram dispostos em um esquema fatorial 8 x 4, com oito cultivares e quatro épocas de aplicação de potássio em cobertura. Cada parcela foi constituída de duas linhas de 5 m, com espaçamento entre linhas de 0,5m.

A condução do experimento teve início no mês de outubro de 2012 com o preparo da área experimental, adotando a semeadura direta. Para a realização do plantio foi necessário à dessecação com 3L.ha<sup>-1</sup> de glifosato. A abertura dos sulcos no solo e a adubação na base com fósforo foram realizadas de forma mecânica e o plantio realizado de forma manual no início de novembro de 2012. A inoculação das sementes foi realizada com inoculante líquido sob os sulcos de plantio com *Bradyrhizobium japonicum* na proporção de seis vezes a dose recomendada para o tratamento via sementes (2 ml/kg de semente). A densidade de semeadura foi de 12 sementes por metro linear.

O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado utilizando-se glifosato na dosagem de 2 L.ha<sup>-1</sup>. Utilizou-se para aplicação pulverizador costal, com bicos do tipo leque adotando volume de calda de 200 L.ha<sup>-1</sup>.

Para o controle de doenças foi realizada aplicações preventivas de fungicidas. Os fungicidas utilizados foram Piraclostrobina, na dosagem de 0,5 L.ha<sup>-1</sup>, Piraclostrobina + Epoxiconazol na dosagem de 0,5 litro do produto comercial por hectare e Azoxistrobina + Ciproconazol na dosagem de 300 mL de produto comercial por hectare, com volume de calda de 200 litros por hectare.

Da mesma maneira o controle de pragas foi realizado quando necessário com a utilização de inseticidas reguladores de crescimento – sendo o ingrediente ativo o Teflubenzurom na dosagem de 50 mililitros por hectare do produto comercial aplicado com um volume de calda 200 litros por hectare – e também com inseticidas de contato – a base de Cipermetrina

e Clorpirifós na dosagem de 120 e 250 mililitros por hectare, respectivamente.

## 2.4 Caracteres avaliados

### a) Acamamento

O índice de acamamento foi estimado de acordo com a escala proposta por Bernard; Chamberlain e Lawrence (1965), atribuindo notas de 1 a 5 em que:

1 = todas as plantas eretas,

2 = algumas plantas inclinadas ou ligeiramente acamadas,

3 = todas as plantas moderadamente inclinadas ou 25 a 50% acamadas,

4 = todas as plantas severamente inclinadas ou 50 a 80% acamadas e

5 = todas as plantas acamadas.

### b) Inserção 1º legume (cm)

A inserção do primeiro legume foi mensurada em (cm) por meio de uma régua aferida que foi disposta ao lado da planta, sendo obtido o valor (cm) do solo até o primeiro legume da planta, avaliando-se cinco plantas aleatórias na parcela.

### c) Altura de plantas (cm)

A altura de plantas foi avaliada por meio de uma régua aferida que foi disposta ao lado da planta, sendo obtido o valor (cm) do solo até o ápice da planta, avaliando-se cinco plantas aleatórias na parcela.

### d) Produtividade de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )

A produtividade foi determinada a partir da colheita das duas linhas de 5 m de cada parcela. Em seguida, padronizou-se a umidade dos grãos para

13% e foi definida a produtividade de cada parcela com área útil de 5m<sup>2</sup>. Estimou-se a produtividade para 10.000 m<sup>2</sup> obtendo-se assim a produtividade em kg.ha<sup>-1</sup>.

e) Teor de Potássio no grão (%)

Para a determinação do teor de potássio, 10 g de grãos de soja foram moídas, adotando granulometria fina. As amostras foram identificadas e enviadas para o Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química (DQI) da Universidade Federal de Lavras. Para proceder a quantificação do teor de potássio foi adotado procedimento descrito por Matos (2004).

$$K_{total} \left( mgL^{-1} \right) = \frac{C \cdot V_{sd}}{m}$$

em que:

$C$  é a concentração calculada com o uso da curva concentração real como função da concentração lida (mg L<sup>-1</sup>);

$V_{sd}$  é o volume da solução gerada após a digestão nítrico perclórica (50 mL);

$m$  é a massa da amostra (g)

## 2.5. Análise estatística dos dados fenotípicos.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística (ANAVA), adotando o modelo estatístico:

$$y_{ijk} = m + c_i + b_j + e_k + ce_{ik} + e_{ijk}.$$

em que:

$y_{ijk}$ : é o valor observado relativo a parcela que recebeu o tratamento  $i$  no bloco  $j$  na época  $k$ .

$m$ : é a média geral;

$c_i$ : é o efeito da cultivar  $i$ , ( $i = 1, 2, \dots, 8$ );

$b_j$ : é o efeito do bloco  $j$  ( $j = 1, 2, 3$ );

$e_k$ : é o efeito da época  $k$  ( $k = 1, 2, 3, 4$ );

$ce_{ik}$ : é o efeito da interação cultivares e épocas;

$e_{ijk}$ : é o erro experimental ( $e_{ijk} \sim n(0 \text{ e } \sigma^2)$ );

As médias foram comparadas pelo teste de Scott e Knott (1974) a 5 % de probabilidade. A análise estatística foi realizada com o auxílio do pacote estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de variação (CV) obtido da análise de variância indica o grau de precisão na condução do experimento. Com base no CV obtido, observa-se que os caracteres avaliados obtiveram alta a boa precisão, com excessão do caracter acamamento de plantas (Tabela 3).

No resumo da análise de variância apresentado na tabela 3, observa-se que houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) para a produtividade de grãos e para os caracteres acamamento, altura de inserção do primeiro legume e altura de plantas para a fonte de variação (FV) cultivares. Estes resultados confirmam a existência de variação para estes caracteres. Por meio da FV épocas é possível verificar que a aplicação do potássio em cobertura não interfere na produtividade de grãos e nos demais caracteres. A falta de resposta as épocas de aplicação a adubação potássica pode ser explicado pelo fato da elevada fertilidade natural do solo na áreas onde foi conduzido o experimento (PETTIGREW, 2008). A interação entre as cultivares e as épocas de aplicação do potássio, foi não significativa, evidenciando assim comportamento independente das diferentes épocas de aplicação com as cultivares avaliadas.

Tabela 3 Resumo da análise de variância para produtividade de grãos (Prod), acamamento (Acam), inserção de 1º legume (IL), altura de plantas (Alt) e teor de potássio (K) em função das cultivares e épocas de aplicação do potássio em cobertura. UFLA, Lavras – MG, 2014

FV	GL	QM				
		Prod	Acam	IL	Alt	K
Cult. (C)	7	1339587,66*	4,85*	59,15*	1276,46*	0,05 <sup>ns</sup>
Époc.(E)	3	65519,18 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	4,95 <sup>ns</sup>	37,10 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
C x E	21	335472,53 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	5,71 <sup>ns</sup>	19,75 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>
Erro	62 / 31 <sup>1</sup>	633109,03	0,46	5,72	40,34	0,04
Média geral		3935,03	1,54	14,09	88,21	1,23
CV (%)		20,0	44,0	17,0	7,0	16,0

\* significativo a 5% e (ns) não significativo de acordo com o teste de F. <sup>1</sup> Grau de liberdade associado ao erro da análise de teor de potássio no grão.



Estes resultados diferem dos encontrados por Salib et al. (2012) os quais observaram que a aplicação do potássio em cobertura aos 30 dias após a semeadura foi mais eficiente. Diferem também dos resultados obtidos por Backes e Trento (2007) que observaram os melhores resultados na aplicação de cloreto de potássio aos 20 dias após a semeadura para produtividade e altura de plantas.

No presente trabalho o objetivo principal foi determinar qual a melhor época de aplicação de potássio em cobertura na cultura da soja. Os resultados encontrados evidenciam que não há influência da aplicação do potássio em cobertura nas diferentes épocas após a semeadura para a produtividade de grãos, acamamento, altura de inserção de primeiro legume, altura de plantas e teor de potássio nos grãos (Tabela 4).

Tabela 4 Médias dos caracteres produtividade de grãos (Prod - Kg.ha<sup>-1</sup>), acamamento (Acam), inserção de 1º legume (IL - cm), altura de plantas (Alt - cm) e teor de potássio (K - %) para as épocas (dias) avaliadas. Lavras – MG, 2014

Épocas	Prod	Acam	IL	Alt	K
20	3989,7	1,7	14,5	89,4	1,2
30	3903,5	1,5	14,0	87,7	1,3
40	3879,1	1,4	14,4	86,7	1,3
50	3967,9	1,5	13,5	89,0	1,2

Resultados semelhantes foram observados por Bernardi et al. (2009) avaliando doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milho e algodão em sistema de plantio direto. No caso da cultura da soja não foi verificado efeito significativo da adubação potássica em cobertura em relação a produtividade de grãos.

Da mesma maneira Petter et al. (2012) estudando o desempenho agrônomico da soja à doses e épocas de aplicação de potássio no cerrado piauiense não constataram respostas significativas a produtividade de grãos e demais características avaliadas.

Por outro lado, Salib et al. (2012) avaliando o desempenho da cultura da soja submetida ao parcelamento da adubação potássica,

observaram que a melhor época de aplicação do potássio em cobertura foi aos 30 dias após a sementeira, muito embora não se tenha detectado diferença da aplicação a longo antes da sementeira.

As médias dos caracteres agrônômicos obtidos para as cultivares de soja avaliadas estão apresentadas na tabela 5. Para a produtividade de grãos foi observado melhor desempenho para as cultivares NA 7255 RR, TMG 127 RR, Monsoy 7211 RR e TMG 801 RR, respectivamente. As demais cultivares apresentaram desempenho inferior, porém superiores à produtividade média nacional na safra 2012/13 que foi de 2903 Kg.ha<sup>-1</sup>.

Tabela 5 Médias dos caracteres produtividade de grãos (Prod - Kg.ha<sup>-1</sup>), acamamento (Acam), inserção de 1º legume (IL - cm), altura de plantas (Alt - cm) e teor de potássio (K - %) para as cultivares avaliadas. Lavras – MG, 2014

Cultivares	Prod	Acam	IL	Alt	K
TMG 127RR	4246,29 a	1,33 a	15,28 a	95,50 a	1,21
NA 7255 RR	4304,00 a	1,25 a	16,86 a	91,00 b	1,23
BRS/MG 850 GRR	3806,30 b	1,50 a	11,45 b	90,35 b	1,22
TMG 1179 RR	3611,15 b	1,33 a	14,53 a	86,61 b	1,31
TMG 801 RR	4163,09 a	1,50 a	10,13 b	66,64 d	1,14
BRS/MG 750 SRR	3410,81 b	3,08 b	14,53 a	81,41 c	1,36
BRS/MG 760 SRR	3748,20 b	1,16 a	14,35 a	95,16 a	1,12
MONSOY 7211RR	4190,39 a	1,16 a	15,61 a	99,01 a	1,25

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

Contíguo à produtividade de grãos outras características agrônômicas são de interesse e desejáveis na cultura da soja, como a altura de plantas, altura de inserção do primeiro legume e índice de acamamento, sendo estas características dependentes do genótipo, fatores ambientais, fertilidade do solo, clima, ano agrícola, umidade, dentre outros (LAMBERT; MEYER; KLEPKER, 2007).

Explanando os dados referentes à altura média das plantas, nota-se que as cultivares apresentaram diferenças significativas para este caráter. As maiores estimativas de altura foram observadas nas cultivares Monsoy 7211RR, TMG 127RR e BRS/MG 760 SRR com médias de 99,01; 95,50 e

95,16 cm, respectivamente e a menor altura de planta foi observada na cultivar TMG 801RR com média de 66,64 cm. Estas médias evidenciam que todas as cultivares avaliadas no município de Lavras na safra 2012/13 apresentaram alturas médias de plantas dentro do intervalo recomendado por Rezende e Carvalho (2007), isto é, altura de planta variando de 60 e 120 cm.

A altura de planta é uma característica essencial, uma vez que se relaciona com o rendimento de grãos, controle de plantas daninhas e também com as perdas durante a operação de colheita mecanizada. As variações na altura de plantas podem ser influenciadas pela época de semeadura, espaçamento, suprimento de umidade, temperatura, fertilidade do solo e outras condições gerais do meio ambiente como o fotoperíodo (CARTTER; HARTWIG, 1967).

Para a altura de inserção do primeiro legume evidenciou uma variação de 16,86 cm para a cultivar NA 7255RR a 10,13 cm para a cultivar TMG 801RR. Em busca de maior rendimento operacional da colhedora, associado à minimização de perdas de colheita, Valadão Junior et al. (2008) e Sediya; Teixeira e Reis (2005) recomendam que, em terrenos planos, as cultivares de soja devem apresentar altura de primeiro legume igual ou próximo de 10,0 cm.

De acordo com Marcos Filho (1986), a altura de 12 a 15 cm é a mais adequada para colheita mecanizada. Dessa forma, no presente trabalho todas as cultivares exceto a cultivar NA 7255RR apresentam inserção do primeiro legume apropriados, conforme descrito na literatura.

Deve-se destacar também que os fatores ambientais (temperatura, umidade e outros) ou de práticas culturais (densidade de plantas e época de semeadura) que afetam a altura da planta podem também influenciar a altura da inserção do primeiro legume, grau de acamamento e produtividade de grãos (GUIMARÃES et al., 2008). Durante o período de condução do experimento ocorreu elevada precipitação pluvial, sobretudo nos meses de dezembro e janeiro (Figura 1). Fato este que propiciou um maior

desenvolvimento vegetativo, acarretando assim na maior altura de planta, inserção de primeiro legume e por consonância maior acamamento.

Para o acamamento foram obtidos resultados seguindo a escala de notas sugerida por Bernard; Chamberlain e Lawrence (1965) que evidenciam que a cultivar BRS/MG 750 SRR foi a que apresentou maior acamamento com nota média de 3,08, isto é, apresentou de 25 a 50% das plantas acamadas. As demais cultivares obtiveram notas médias que variaram de 1,16 a 1,50, o que remete a algumas plantas acamadas ou ligeiramente acamadas.

Segundo Shigihara e Hamawaki (2005), o acamamento afeta diretamente o desempenho das colhedoras, uma vez que plantas acamadas significam perdas no rendimento de grãos, pela incapacidade do recolhimento destes, além de poder ocasionar perdas devido o contato direto do solo com as vagens, com aparecimento de fungos e pragas.

O acamamento é uma característica muito influenciada pelo tipo de solo e pelas condições de desenvolvimento da planta. Em geral, as plantas de soja apresentam maior acamamento em solos férteis e pesados, com umidade abundante, do que em solos leves e arenosos. Outro ponto a ser considerado refere-se à altura de planta; normalmente, plantas altas poderão proporcionar um maior índice de acamamento, por apresentarem caules mais finos, ficando sujeitas ao tombamento pela ação dos ventos (ROCHA et al., 2001; GUIMARÃES et al., 2008).

#### **4. CONCLUSÕES**

Não há efeito da época de aplicação do potássio em cobertura na cultura da soja para a produtividade de grãos, caracteres agronômicos e teor de potássio nos grãos.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACKES, D.; TRENTO, S. **Efeito da época de aplicação de cloreto de potássio na cultura da soja.** 2007. 9 p. Monografia. Disponível em: <[http://www.fag.edu.br/tcc/2007/Agronomia/efeito\\_da\\_epoca\\_de\\_aplicacao\\_de\\_cloreto\\_de\\_potassio\\_na\\_cultura\\_da\\_soja.pdf](http://www.fag.edu.br/tcc/2007/Agronomia/efeito_da_epoca_de_aplicacao_de_cloreto_de_potassio_na_cultura_da_soja.pdf)> Acesso em: 20 set. 2013.
- BERNARD, R. L.; CHAMBERLAIN, D. W.; LAWRENCE, R. D. **Results of the cooperative uniform soybean test.** Washington: USDA, 1965. 134 p.
- BERNARDI, A.C.C. de et al. Doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milho e algodão em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 158-167, 2009.
- CARTTER, J. L.; HARTWIG, E. E. The management of soybean. In: NORMAN, A. G. (Ed.). **The soybean.** New York: [s.n.], 1967. 162-221 p.
- DANTAS, A. A.; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2005.** Embrapa Soja. Sistema de Produção, n. 6, 2005.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- GUIMARÃES, F. S. et al. Cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para cultivo de verão na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1099-1106, 2008.
- KORNDÖRFER, G. H. **Potássio: Épocas de aplicação do potássio.** Universidade Federal de Uberlândia. Instituto de Ciências Agrárias, p. 18. 2007. (Apostila de aula).
- LAMBERT, E. S.; MEYER, M. C.; KLEPKER, D. **Cultivares de soja 2007/2008 Região Norte e Nordeste.** Embrapa Soja, Documento 284, 2007. 36 p.

LOPES, A. A. **Nitrogênio e potássio em cobertura na cultura da soja em Argissolo Vermelho, derivado do arenito Caiuá**. 2007. 46 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista, UNOESTE. Presidente Prudente – SP, 2007.

MARCOS FILHO, J. **Produção de sementes de soja**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. 86p.

MATOS, A.T. Práticas de Manejo e Tratamento de resíduos agroindustriais. UFV: EAGRI/DEA. **Série Caderno Didático**, 32, 2004.

PAULETTI, V. **Nutrientes: Teores e Interpretações**. 2 ed. Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica e Agropecuária, 2004. 86p.

PETTER, F. A. et al. Desempenho agrônômico da soja a doses e épocas de aplicação de potássio no cerrado piauiense. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 55, n. 3, p. 190-196, 2012.

PETTIGREW, W. T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 133, n. 4, p. 670 – 681, 2008.

REZENDE, P. M. de; CARVALHO, E. A. Avaliação de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para o sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1616-1623, 2007.

ROCHA, R. N. C. et al. Comportamento de cultivares de soja em diferentes populações de plantas, em Gurupi, Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 48, n. 279, p. 529-537, 2001.

SALIB, G. C. et al. Desempenho da cultura da soja submetida ao parcelamento da adubação potássica. In: I Congresso de Pesquisa e Pós-Graduação. IF Goiano, Rio Verde, 2012. **Anais...**Rio Verde, 2012. p. 1-3.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, p.507-512, 1974.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R de C.; REIS, M. S. Melhoramento da Soja. In: BOREM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005, p. 553-604.

SHIGIHARA, D.; HAMAWAKI, O. T. Seleção de genótipos para juvenilidade em progênies de soja. **Revista Horizonte Científico**, Uberlândia, v. 4, n. 1, p. 1-26, 2005.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A; BORKET, C. M. Nutrição mineral da soja. IN: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. **Cultura de soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 535.

VALADÃO JÚNIOR, D. D. et al. Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 09, n. 03, p. 369-375, 2008.



**CAPÍTULO 3 ADUBAÇÃO POTÁSSICA VISANDO O  
INCREMENTO DO TEOR DE ÓLEO EM SOJA**

## RESUMO

A utilização da soja como matéria prima para a produção de biodiesel apresenta potencial promissor no mundo inteiro. A disponibilidade de nutrientes pode influenciar a composição química das sementes. Nesse contexto o potássio é essencial na síntese e no transporte de óleo para os grãos e tem função no transporte de fotoassimilados para os grãos, permitindo a síntese de óleo. Diante ao exposto objetivou-se mensurar o efeito das doses de potássio na expressão do caráter teor de óleo nos grãos de soja, bem como avaliar o efeito da adubação potássica na produtividade de grãos e caracteres agronômicos na cultura da soja. Para isto um experimento em dois ambientes foram conduzidos, sendo um no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras - MG e o outro na Fazenda Experimental da Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba Ltda – COOPADAP no município de São Gotardo – MG, na safra 2012/13. Utilizaram-se 24 tratamentos com três repetições, sendo os mesmos compostos por quatro cultivares e seis doses de potássio, em DBC dispostos em esquema fatorial 4 x 6. A parcela foi constituída por duas linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,5 m entre linhas. Os dados foram submetidos as análises de variância individuais e conjuntas. Conclui-se que não há efeito do aumento das doses de potássio na cultura da soja para as cultivares no que se tange a produtividade de grãos e caracteres agronômicos. O aumento nas doses de potássio propicia incremento no teor de óleo nos grãos. As cultivares apresentam resposta diferencial frente as doses de potássio quanto ao acúmulo de óleo nos grãos.

Palavras-chave: Biodiesel. *Glycine max*. Adubação. Macronutriente, Produtividade.

## ABSTRACT

The use of soybeans as raw material for biodiesel production has promising worldwide potential. Nutrient availability can influence the chemical composition of the seeds. In this context, potassium is essential for the synthesis and transport of oil to the grains and has the function of transporting photoassimilates to the grain, allowing the oil synthesis. Given the above, the aim of this study was to measure the effect of potassium levels on the oil content in soybeans, as well as evaluate the effect of potassium fertilization on soybean yield and agronomic characteristics. Therefore an experiment was conducted in two locations, one at the Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras, Federal University of Lavras, in Lavras - MG and the other at the Fazenda Experimental da Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba Ltda – COOPADAP in the city of São Gotardo – MG, during the 2012/13 crop. 24 treatments were used with three replications, composed of four cultivars and six potassium doses, in an RBD in a 4 x 6 factorial. The plot consisted of two 5 m rows, with 0.5 m between rows. Data were submitted to individual and joint variance analysis. It can be concluded that there is no effect of increased potassium levels in soybean cultivars on grain yield and agronomic traits. The increase in potassium doses provides an increase of the oil content in the grains. The cultivars show a differential response due to the potassium doses regarding the accumulation of oil in the grains.

Keywords: Biodiesel. *Glycine max*. Fertilization. Macronutrient. Grain yield.

## 1 INTRODUÇÃO

A soja é matéria prima para inúmeros produtos e subprodutos muito utilizados pela agroindústria, indústria química e de alimentos. Atualmente, a soja vem sendo utilizada como fonte alternativa de biocombustível (COSTA NETO et al., 2000). A utilização do biodiesel de soja como combustível tem apresentado potencial promissor no mundo inteiro, possui uma grande vantagem para ser utilizado em grande escala como combustível para motores diesel (APOLINÁRIO; PEREIRA; FERREIRA, 2012).

A disponibilidade de nutrientes pode influenciar a composição química das sementes e, dessa forma, o adequado fornecimento de nutrientes favorece o desenvolvimento das plantas, condicionando-as a produzirem metabólitos necessários no desenvolvimento das sementes (VEIGA et al., 2010). O potássio é um nutriente essencial em quase todos os processos necessários à vida da planta, desempenhando funções vitais como abertura e fechamento dos estômatos, transporte de carboidratos e outros compostos, além de ativar muitas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese (MYERS et al., 2005; TAIZ; ZEIGER, 2012). No entanto, o potássio não faz parte de nenhum composto orgânico, não desempenhando função estrutural na planta, o que faz com que o mesmo seja facilmente liberado para o sistema (FAQUIN, 2005).

O potássio é essencial na síntese e no transporte de óleo para os grãos e tem função no transporte de fotoassimilados para os grãos, permitindo a síntese de óleo (MASCARENHAS et al., 1988). Em sementes, o potássio exerce efeito positivo sobre o teor de óleo (USHERWOOD, 1994).

Dessa forma objetivou-se com este trabalho mensurar o efeito das doses de potássio na expressão do caráter teor de óleo nos grãos de soja, bem como avaliar o efeito da adubação potássica na produtividade de grãos e caracteres agronômicos na cultura da soja.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Locais de condução dos experimentos

A pesquisa foi realizada em dois ambientes distintos. No município de São Gotardo - MG o trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental da Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba Ltda – COOPADAP, situada à latitude de 19° 12' S e longitude 46° 10' W com altitude de 1132 m. O clima do município é do tipo Aw conforme a classificação climática de Köppen, com temperatura média anual de 21 °C e precipitação anual normal de 1562 mm (ANTUNES, 1986).

A pluviometria e temperaturas máximas e mínimas mensais durante o período de condução do experimento registrados em São Gotardo estão apresentados na Figura 1.

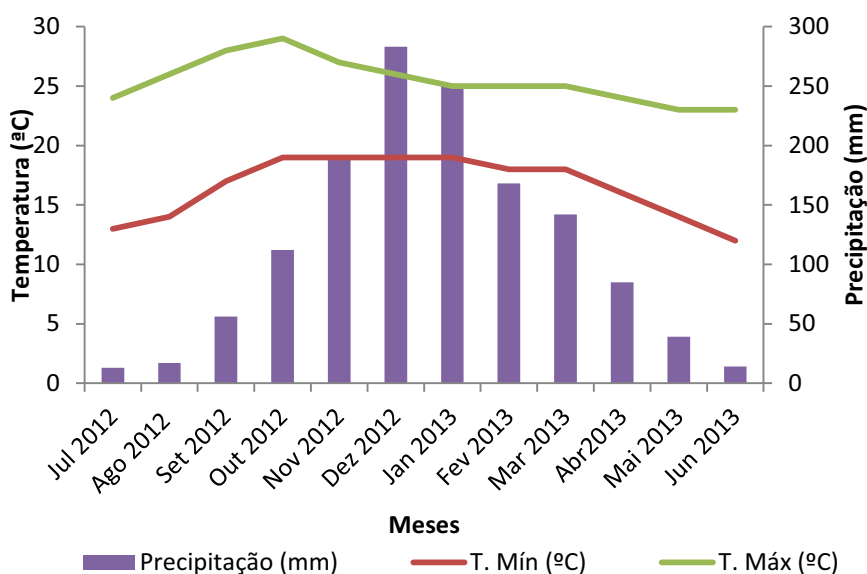


Figura 1 Precipitação, temperatura mínima e máxima, de julho de 2012 a junho de 2013 em São Gotardo, MG. Fonte: Adaptado de INMET (2013)

A área do município de São Gotardo – MG, em que foi conduzido o experimento possui solo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo Ácrico Típico, cujo resultado das características químicas e físicas do solo estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 Características químicas e físicas do solo (0 – 20 cm) da área experimental Fazenda Experimental da Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba Ltda – COOPADAP. São Gotardo – MG, 2012

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T
(H <sub>2</sub> O)	----- mg/dm <sup>3</sup> -----			----- cmol/dm <sup>3</sup> -----				--- cmolc/dm <sup>3</sup> --		
5,27	28,14	103	-	3,6	1,1	0,08	7,05	4,9	4,9	11,9
V	M	M.O	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	
-----%	-----	dag/kg	mg/L	----- mg/dm <sup>3</sup> -----						
40,94	1,61	4,68	11,31	17,1	-	14,5	11,3	0,5	-	
Argila (dag/kg)			Silte (dag/k)		Areia (dag/kg)			Classe textural		
50			28		22			Argilosa		

No município de Lavras a pesquisa foi conduzida no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras – MG, à latitude de 21°12' S, longitude 44°58 W e altitude de 955 m.

De acordo com Dantas; Carvalho e Ferreira (2007), o clima do município segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo Cwa, com temperatura média anual de 19,3°C e precipitação anual normal de 1530 mm.

A pluviometria e temperaturas máximas e mínimas mensais durante o período de condução do experimento registrados em Lavras estão apresentados na Figura 2.

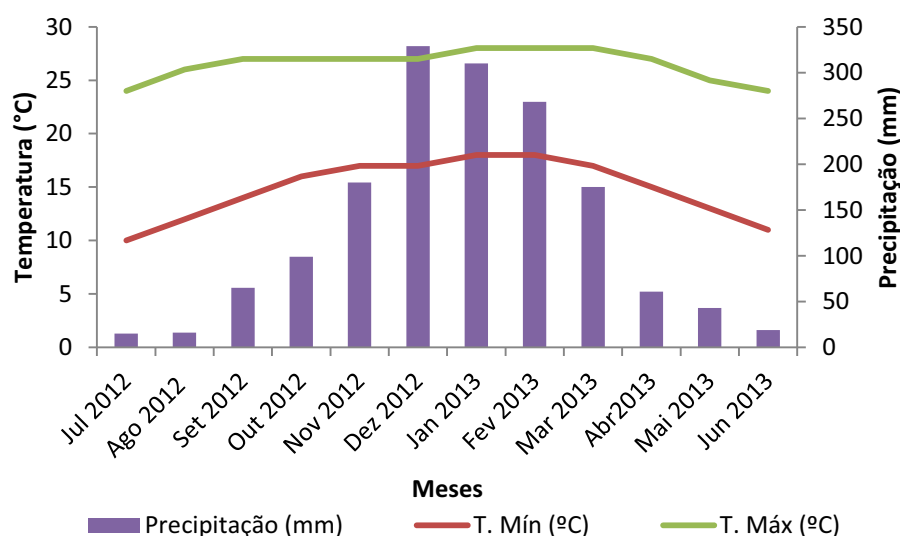


Figura 2 Precipitação, temperatura mínima e máxima, de julho de 2012 a junho de 2013 em Lavras, MG. Fonte: Adaptado de INMET (2013)

A área do município de Lavras – MG, em que foi conduzido o experimento possui solo do tipo Latossolo Vermelho Distroférico Típico, cujo resultado das características químicas e físicas do solo estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 Características químicas e físicas do solo (0 – 20 cm) na área experimental no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras. Lavras – MG, 2012

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T
(H <sub>2</sub> O)	----- mg/dm <sup>3</sup>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5,9	7,21	118	-	4,7	1,3	0,0	2,9	6,3	6,3	9,2
V	m	M.O	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	
-----%	-----	dag/kg	mg/L	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
68,51	0,0	2,61	13,33	5,31	-	13,33	0.60	0,33	-	
Argila (dag/kg)			Silte (dag/kg)		Areia (dag/kg)		Classe textural			
64			20		16		Argilosa			

## 2.2 Tratamentos avaliados

### 2.2.1 Cultivares

Foram utilizadas quatro cultivares comerciais de soja de diferentes procedências, sendo estas cultivares geneticamente modificadas, e resistente ao glifosato. As principais características fenotípicas estão descritas na tabela 3.

Tabela 3 Principais características fenotípicas das cultivares de soja utilizadas na condução dos experimentos, Lavras – MG, 2014

Cultivar	Ciclo Médio	Hábito de Crescimento	Resistência a Doenças
TMG 127RR	111	Indeterminado	Cancro da haste, Mancha olho-de-rã
TMG 1179RR	115	Determinado	Cancro da haste, Mancha olho-de-rã, Nematóides de cistos raças 1 e 3
BRS/MG 850GRR	120	Determinado	Cancro da haste, Mancha olho-de-rã, Pústula bacteriana, Nematóides galhas
NA 7255RR	108	Indeterminado	Cancro da haste, Mancha olho-de-rã

### 2.2.2 Doses de Potássio

As doses de potássio utilizadas na realização do trabalho foram: 0; 40; 80; 120; 160 e 200 kg.ha<sup>-1</sup>. A fonte de potássio utilizada foi o cloreto de potássio (KCl) com 60% K<sup>+</sup>.

## 2.3 Condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos no delineamento de blocos casualizados completos com três repetições, cujos tratamentos foram



dispostos em um esquema fatorial 4 x 6, com quatro cultivares e seis doses de potássio. Cada parcela experimental foi constituída de duas linhas de 5 m, com espaçamento entre linhas de 0,5m.

A condução dos experimentos iniciou-se no mês de outubro de 2012 com o preparo da área experimental, adotando a semeadura direta para os dois locais. Para a realização do plantio foi necessário à dessecação com  $3\text{L.ha}^{-1}$  de glifosato. A abertura dos sulcos no solo e a adubação na base com fósforo foram realizadas de forma mecânica e a adubação com as diferentes doses de potássio assim como o plantio foram realizados de forma manual no início de novembro de 2012. A inoculação das sementes foi realizada com inoculante líquido sob os sulcos de plantio com *Bradyrhizobium japonicum* na proporção de seis vezes a dose recomendada para o tratamento via sementes (2 ml/kg de semente). A densidade de semeadura foi de 12 sementes por metro linear.

O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado utilizando-se glifosato na dosagem de  $2\text{ L.ha}^{-1}$ . Utilizou-se para aplicação pulverizador costal, com bicos do tipo leque adotando volume de calda de  $200\text{ L.ha}^{-1}$ .

Para o controle de doenças realizou-se aplicações preventivas de fungicidas. Os fungicidas utilizados foram Piraclostrobina, na dosagem de  $0,5\text{ L.ha}^{-1}$ , Piraclostrobina + Epoxiconazol na dosagem de 0,5 litro do produto comercial por hectare e Azoxistrobina + Ciproconazol na dosagem de 300 mL de produto comercial por hectare, com volume de calda de 200 litros por hectare.

Da mesma maneira o controle de pragas foi realizado quando necessário com a utilização de inseticidas reguladores de crescimento sendo o ingrediente ativo o Teflubenzurom na dosagem de 50 mililitros por hectare do produto comercial aplicado com um volume de calda 200 litros por hectare e também com inseticidas de contato, Cipermetrina e Clorpirifós na dosagem de 120 e 250 mililitros por hectare, respectivamente.

## 2.4 Caracteres avaliados

### a) Acamamento

O índice de acamamento foi estimado de acordo com a escala proposta por Bernard; Chamberlain e Lawrence (1965), atribuindo-se notas de 1 a 5 em que:

1 = todas as plantas eretas,

2 = algumas plantas inclinadas ou ligeiramente acamadas,

3 = todas as plantas moderadamente inclinadas ou 25 a 50% acamadas,

4 = todas as plantas severamente inclinadas ou 50 a 80% acamadas e

5 = todas as plantas acamadas.

### b) Inserção 1º legume (cm)

A inserção do primeiro legume foi mensurada em (cm) por meio de uma régua aferida que foi disposta ao lado da planta, sendo obtido o valor (cm) do solo até o primeiro legume da planta, avaliando-se cinco plantas aleatórias na parcela.

### c) Altura de plantas (cm)

A altura de plantas foi avaliada por meio de uma régua aferida que foi disposta ao lado da planta, sendo obtido o valor (cm) do solo até o ápice da planta, avaliando-se cinco plantas aleatórias na parcela.

### d) Teor de potássio, cálcio e magnésio foliar

Para a realização da análise foliar, visando-se determinar o teor de potássio, cálcio e magnésio, coletou-se no fim do florescimento 25 folhas do terceiro trifólio desenvolvido por parcela. As folhas amostradas foram lavadas com água deionizada e em seguida foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 48 horas. Posteriormente as amostras foram moídas adotando-se granulometria fina. As mesmas foram

devidamente identificadas e enviadas para o Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química (DQI) da Universidade Federal de Lavras.

As amostras foram analisadas quimicamente para determinação dos teores de K, Ca e Mg conforme método descrito por Malavolta; Vitti e Oliveira (1997) e Bataglia et al. (1983). No extrato, obtido por digestão nitro-perclórica, os teores de cálcio e magnésio foram determinados por espectrometria de absorção atômica e o teor de potássio por espectrometria de chama.

e) Produtividade de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )

A produtividade foi determinada a partir da colheita das duas linhas de 5 m de cada parcela. Em seguida, padronizou-se a umidade dos grãos para 13% e foi obtida a produtividade de cada parcela com área útil de  $5\text{m}^2$ . Estimou-se a produtividade para  $10.000\text{ m}^2$  obtendo-se assim a produtividade em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

f) Teor de Óleo no grão (%)

Para determinar o teor de óleo nos grãos de soja foram selecionados 100 g de sementes de cada parcela. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e devidamente identificadas, para posterior envio ao laboratório da Embrapa Soja, em Londrina – PR, para realização das análises de teor de óleo nos grãos, adotando o procedimento descrito abaixo.

Os teores percentuais de óleo nas amostras foram determinados em grãos de soja íntegros pela técnica da Refletância do Infravermelho Próximo (NIR) segundo Heil (2010).

## **2.5. Análise estatística dos dados fenotípicos.**

Inicialmente, procedeu-se a análise da variância individual por local para todos os caracteres avaliados adotando-se o modelo estatístico apresentado abaixo.

$$y_{ijk} = m + c_i + b_j + d_k + ce_{ik} + e_{ijk}.$$

em que:

$y_{ijk}$ : é o valor observado relativo a parcela que recebeu o tratamento  $i$  no bloco  $j$  na dose  $k$ .

$m$ : é a média geral;

$c_i$ : é o efeito da cultivar  $i$ , ( $i = 1, 2, 3, 4$ );

$b_j$ : é o efeito do bloco  $j$  ( $j = 1, 2, 3$ );

$d_k$ : é o efeito da dose  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, 6$ );

$ce_{ik}$ : é o efeito da interação cultivares e doses;

$e_{ijk}$ : é o erro experimental ( $e_{ijk} \sim n(0 \text{ e } \sigma^2)$ ).

A análise conjunta envolvendo os dois locais foi realizada utilizando modelo estatístico:

$$y_{ijkl} = m + c_i + b_{j(l)} + d_k + a_l + (cd)_{ik} + (ca)_{il} + (da)_{kl} + (cda)_{ikl} + e_{ijkl}.$$

em que:

$y_{ijkl}$ : é o valor observado relativo a parcela que recebeu o tratamento  $i$  no bloco  $j$  na dose  $k$  no local  $l$ .

$m$ : é a média geral;

$c_i$ : é o efeito da cultivar  $i$ , ( $i = 1, 2, 3, 4$ );

$b_{j(l)}$ : é o efeito do bloco  $j$  dentro do local  $l$  ( $j = 1, 2, 3$ );

$d_k$ : é o efeito da dose  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, 6$ );

$a_l$ : é o efeito do local  $l$  ( $l = 1 \text{ e } 2$ );

$(cd)_{ik}$ : é o efeito da interação cultivares e doses;

$(ca)_{il}$ : é o efeito da interação cultivares e local;

$(da)_{kl}$ : é o efeito da interação doses e local;

$(cda)_{ikl}$ : é o efeito da interação cultivares, doses e local;

$e_{ijk(l)}$ : é o erro experimental ( $e_{ijk(l)} \sim n(0 \text{ e } \sigma^2)$ ).

As médias foram comparadas pelo teste de Scott e Knott (1974) a 5 % de probabilidade. A análise estatística e a análise de regressão para as doses de potássio foi realizada com o auxílio do pacote estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de variação (CV) indica o grau de precisão na condução do experimento. Com base no CV obtido, observa-se que os caracteres avaliados obtiveram precisão considerada de alta a boa, com exceção dos caracteres inserção de primeiro legume e acamamento de plantas (Tabela 4).

No resumo da análise de variância individual apresentado na tabela 1A, para o município de Lavras, observa-se que houve diferença significativa para a produtividade de grãos, altura de plantas e teor de óleo para a fonte de variação cultivares. Já para as fontes de variação (FV) doses e cultivares x doses, ocorreu diferença significativa somente para teor de óleo. No município de São Gotardo detectou-se diferença significativa para todos os caracteres avaliados com exceção para o teor de potássio foliar que não apresentou diferença. Para a FV doses as diferenças observadas foram para o teor de cálcio e magnésio foliar, produtividade de grãos, teor de óleo e acamamento. Já para a interação cultivares x doses as diferenças foram observadas somente para o teor de óleo ( $p \leq 0,01$ ) e cálcio foliar ( $p \leq 0,10$ ).

Na análise conjunta (Tabela 4), detectou-se diferença significativa para a FV cultivares para todos os caracteres, exceto para o teor de potássio foliar. Este fato era esperado, pois as cultivares são de diferentes procedências, propiciando assim a existência de variação tanto para os caracteres agrônômicos bem como tecnológicos. Para a FV doses, observou-se diferença somente para o caráter teor de óleo nos grãos e acamamento. Para a produtividade de grãos a falta de resposta a adubação potássica pode ser explicado devido ao fato da elevada fertilidade natural do solo nas áreas onde foram conduzidos os experimentos (PETTIGREW, 2008).

Como era esperado, detectou-se efeito da FV local para todos os caracteres evidenciando assim a importância de se realizar sobretudo, experimentos de campo em ambientes distintos (Tabela 4).

Tabela 4 Resumo da análise de variância conjunta para produtividade de grãos (Prod), altura de plantas (Alt), inserção de 1º legume (IL) e acamamento (Acam) em função das fontes de variação, Lavras – MG, 2014

FV	GL	QM							
		K	Ca	Mg	Óleo	Prod	Alt	IL	Acam
Cultivares (C)	3	0,0166 <sup>ns</sup>	0,1480 <sup>**</sup>	0,0022 <sup>*</sup>	78,8722 <sup>**</sup>	11195374,27 <sup>**</sup>	379,99 <sup>**</sup>	86,65 <sup>**</sup>	2,38 <sup>**</sup>
Doses (D)	5	0,0415 <sup>ns</sup>	0,0251 <sup>ns</sup>	0,0012 <sup>ns</sup>	0,6856 <sup>**</sup>	311804,91 <sup>ns</sup>	21,66 <sup>ns</sup>	4,83 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>**</sup>
Local (L)	1	11,5997 <sup>**</sup>	1,4924 <sup>**</sup>	0,1482 <sup>**</sup>	9,3330 <sup>**</sup>	52073181,63 <sup>**</sup>	9610,53 <sup>**</sup>	35,01 <sup>*</sup>	14,06 <sup>**</sup>
C x D	15	0,0381 <sup>ns</sup>	0,0151 <sup>ns</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>	1,6682 <sup>**</sup>	471108,79 <sup>ns</sup>	33,33 <sup>ns</sup>	6,72 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
C x L	3	0,0162 <sup>ns</sup>	0,2095 <sup>**</sup>	0,0037 <sup>**</sup>	4,1355 <sup>**</sup>	733172,61 <sup>ns</sup>	368,48 <sup>**</sup>	81,63 <sup>**</sup>	2,38 <sup>**</sup>
L x D	5	0,0498 <sup>ns</sup>	0,0110 <sup>ns</sup>	0,0010 <sup>ns</sup>	0,8267 <sup>**</sup>	1074384,85 <sup>*</sup>	31,13 <sup>ns</sup>	16,47 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>**</sup>
C x D x L	15	0,0385 <sup>ns</sup>	0,0143 <sup>ns</sup>	0,0010 <sup>ns</sup>	1,3633 <sup>**</sup>	288294,20 <sup>ns</sup>	40,75 <sup>ns</sup>	5,91 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
Blocos/Local erro	4	1,5547	0,2845	0,0032	3,4116	456855,75	397,69	41,40	0,81
	92	0,0457	0,0154	0,0009	0,0882	399127,74	38,08	8,26	0,12
Média Geral		1,24	0,8551	0,2930	21,5815	3686,40	79,37	12,31	1,31
CV (%)		17,0	15,0	10,0	1,0	17,0	8,0	23,0	27,0

<sup>\*\*</sup> Significativo a 1%, <sup>\*</sup> Significativo a 5%, <sup>ns</sup> Não significativo a 10% e <sup>(ns)</sup> Não significativo de acordo com o teste de F.

Outro resultado importante de se destacar remete-se a interação C x D (Tabela 4). Esta FV indica que a resposta das cultivares frente a doses utilizadas foi não consistente. No presente trabalho, este fato foi observado para o caráter teor de óleo. Na literatura há relatos que evidenciam a existência desta interação e corroboram com os relatos apresentados no presente trabalho (HAQ; MALLARINO, 2005; PEDROSO NETO; REZENDE, 2005; FERNANDEZ et al., 2009 e VEIGA et al., 2010).

Como houve diferença significativa para a FV locais bem como cultivares, espera-se também que exista efeito da interação destes fatores (Tabela 4). No presente trabalho detectou-se interação para a maioria dos caracteres, exceto produtividade de grãos e teor de potássio foliar.

A interação cultivares x locais é frequentemente relatado na literatura em diversas culturas, tais como soja (CARVALHO et al., 2013), feijão (RIBEIRO et al., 2014) e arroz (NETO et al., 2013). Este fato indica que a resposta frente às variações ambientais não foi coincidente para as cultivares avaliadas. Este resultado era esperado, pois os dois locais são distintos no que se tange as características de altitude, latitude e longitude. Além disso, as características de fertilidade natural e física do solo também são divergentes.

Deve-se destacar também os fatores ambientais imprevisíveis, tais como, precipitação e temperatura (Figuras 1 e 2). No período de condução dos experimentos fica evidente que nos meses de dezembro e janeiro em Lavras, além de maior acúmulo de precipitação observou-se também maior temperatura máxima.

As médias referente as análises individuais por local estão apresentados nas tabelas 3A e 4A. Evidencia-se que em relação a produtividade de grãos o ambiente de São Gotardo na média geral produziu 28,2% a mais do que Lavras. Uma possível explicação para este fato pode estar relacionado as condições edafoclimáticas. Em Lavras houve maior acúmulo de precipitação, fato que permitiu um maior ataque de patógenos, reduzindo assim a produtividade média.



Outro caráter que merece destaque é a altura de plantas. Em São Gotardo observou-se também maior altura média de plantas. Este caráter é muito influenciado pelo ambiente, sobretudo fertilidade do solo e altitude, fatores estes que corroboram para o maior desenvolvimento vegetativo. Isso foi observado no presente trabalho e reforça relatos apresentados na literatura. Para o acamamento e inserção do primeiro legume, as mesmas observações apresentadas anteriormente devem ser destacadas.

Para os demais caracteres as diferenças devido ao efeito de local foi de pequena magnitude não alterando de forma significativa a expressão caráter em questão.

As médias referentes a fonte de variação cultivares, na análise conjunta, envolvendo todos os caracteres estão apresentados na tabela 5. Veja que muito embora tenha se realizado a aplicação de potássio em doses crescentes até  $200 \text{ kg.ha}^{-1}$ , em média, este efeito não foi evidenciado no acúmulo deste nutriente nas folhas das diferentes cultivares. Isto é, a resposta foi consistente independente da cultivar. Possivelmente, este fato pode ser explicado pela boa fertilidade natural existente nos ambientes de avaliação (Tabelas 1 e 2).

Tabela 5 Médias dos caracteres teor de potássio (K - %), cálcio (Ca - %), magnésio (Mg - %) e produtividade de grãos (Prod - kg.ha<sup>-1</sup>), inserção de 1º legume (IL - cm), altura de plantas (Alt - cm), acamamento (Acam) e teor de óleo (Óleo - %) para as cultivares avaliadas, Lavras - MG, 2014

Cultivares	K	Ca	Mg	Óleo	Prod	Alt	IL	Acam
TMG127 RR	1,26	0,91 a	0,30	23,45 a	2988,0 d	78,66 b	13,66 a	1,36 b
NA 7255 RR	1,25	0,89 a	0,30	22,08 b	3541,2 c	80,44 a	13,15 a	1,03 c
BRS/MG 850 GRR	1,23	0,77 b	0,29	20,57 c	3923,3 b	75,32 b	12,29 a	1,22 b
TMG 1179 RR	1,21	0,85 a	0,28	20,23 d	4293,0 a	83,06 a	10,14 b	1,64 a

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

É frequentemente relatado na literatura que pode existir antagonismo entre macronutrientes primários e secundários. No presente trabalho como utilizou-se doses crescentes de potássio uma avaliação oportuna refere-se aos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Pois o maior acúmulo de potássio (K) pode propiciar a redução de Ca e Mg foliar. Veja que muito embora tenha se observado diferença significativa para o teor de Ca não existe associação linear entre o acúmulo de K e redução de Ca. O mesmo fato pode ser observado para o teor de Mg.

Para a produtividade de grãos foi observado melhor desempenho para a cultivar TMG 1179 RR com 4293 kg.ha<sup>-1</sup>. A cultivar TMG 127 RR demonstrou menor desempenho com produtividade de grãos de 2988 kg.ha<sup>-1</sup>. Contudo, deve-se destacar que este valor obtido supera a produtividade nacional na safra 2012/13 que foi de 2903 Kg.ha<sup>-1</sup> (Tabela 5).

A produtividade de grãos é muito influenciada por vários fatores ambientais, como: umidade, temperatura e fotoperíodo que variam com as diferentes épocas do ano, onde altos rendimentos podem ser obtidos quando as condições relatadas estão em todos os estádios de desenvolvimento (GUIMARÃES et al., 2008).

Ainda como relatado por Evans (1993), o potencial de rendimento de grãos pode ser definido como a produção de uma cultivar no ambiente ao qual está adaptada, sem limitações edafoclimáticas e nutricionais, livre da ação de pragas e doenças e com os demais estresses efetivamente controlados. No presente trabalho, sobretudo para as condições edafoclimáticas deve-se destacar a ocorrência de elevada precipitação durante a condução dos experimentos, acarretando assim em maior ocorrência de patógenos, propiciando assim, uma redução na produtividade média de grãos.

Na cultura da soja além da produtividade de grãos outras características agronômicas são de interesse e desejáveis, como a altura de plantas, altura de inserção do primeiro legume e índice de acamamento, sendo estas características dependentes do genótipo, fatores ambientais,

fertilidade do solo, clima, ano agrícola, umidade, dentre outros (LAMBERT; MEYER; KEPKLER, 2007).

Observando os dados referentes à altura média das plantas, nota-se que as cultivares apresentaram diferenças significativas para este caráter. As maiores estimativas de altura foram observadas nas cultivares TMG 1179 RR e NA 7255RR respectivamente com médias de 83,06 e 80,44 cm, e a menor altura de plantas foi observada nas cultivares TMG 127 RR e BRS/MG 850 GRR com 78,66 e 75,32 cm, respectivamente.

As variedades comerciais normalmente apresentam altura média de 60 a 120 cm (BORÉM, 2000). Preconiza-se que as cultivares de soja modernas apresentem altura de planta entre 60,0 a 110,0cm, não apenas para alta produtividade, mas também para elevado rendimento operacional da colhedora (SHIGIHARA; HAMAWAKI, 2005).

A altura de planta é uma característica essencial, uma vez que se relaciona com o rendimento de grãos, controle de plantas daninhas e também com as perdas durante a operação de colheita mecanizada. As variações na altura de plantas podem ser influenciadas pela época de semeadura, espaçamento, suprimento de umidade, temperatura, fertilidade do solo e outras condições gerais do meio ambiente como o fotoperíodo (CARTTER; HARTWIG, 1967).

Em relação à média de inserção de primeiro legume nota-se que estas foram maiores para as cultivares TMG 127 RR, NA 7255 RR e BRS/MG 850 GRR respectivamente, diferindo da cultivar TMG 1179 RR com 10,14 cm. Para um elevado rendimento operacional da colhedora, associado à minimização de perdas de colheita, Valadão Junior et al. (2008) recomendam que, em terrenos planos, as cultivares de soja devem apresentar altura da primeira vagem igual ou superior a 10,0 cm.

Entretanto, para a maioria das condições das lavouras de soja, a altura mais satisfatória está em torno de 12 a 15 cm (MARCOS FILHO, 1986), embora colhedoras mais modernas possam efetuar boa colheita com plantas apresentando primeiro legume a 10,0 cm (ROCHA et al., 2012).

Dessa forma, no presente trabalho todas as cultivares apresentam inserção de primeiro legume apropriados, conforme descrito na literatura.

Deve-se destacar também que os fatores ambientais (temperatura, umidade e outros) ou de práticas culturais (densidade de plantas e época de semeadura) que afetam a altura da planta podem também influenciar a altura da inserção do primeiro legume, grau de acamamento e produtividade de grãos (GUIMARÃES et al., 2008).

Para o acamamento foram obtidos resultados seguindo a escala de notas sugerida por Bernard; Chamberlain e Lawrence (1965) que evidenciam que a cultivar TMG 1179 RR foi a que apresentou maior acamamento com nota média de 1,64, isto é, apresentou algumas plantas acamadas. As demais cultivares obtiveram notas médias que variaram de 1,03 a 1,36, o que remete a algumas plantas ligeiramente inclinadas.

O acamamento afeta diretamente o desempenho das colhedoras, pois plantas acamadas significam perdas no rendimento de grãos, pela incapacidade do recolhimento dos grãos, além de poder ocasionar perdas pelo solo em contato direto com as vagens, pelo aparecimento de fungos e pragas comprometendo a sanidade e a qualidade das sementes (SHIGIHARA; HAMAWAKI, 2005).

O acamamento é uma característica muito influenciada pelo tipo de solo e pelas condições de desenvolvimento da planta. Em geral, as plantas de soja apresentam maior acamamento em solos férteis e pesados, com umidade abundante, do que em solos leves e arenosos. Outro ponto a ser considerado refere-se à altura de planta; normalmente, plantas altas poderão proporcionar um maior índice de acamamento, por apresentarem caules mais finos, ficando sujeitas ao tombamento pela ação dos ventos (ROCHA et al., 2001; GUIMARÃES et al., 2008).

Para a característica teor de óleo nos grãos fica evidente através das médias apresentadas na tabela 5 que as cultivares diferiram entre si, obtendo teores de 23,45; 22,08; 20,57 e 20,23 para as cultivares TMG 127 RR; NA 7255 RR; BRS/MG 850 GRR e TMG 1179 RR, respectivamente. Este

resultado já era esperado pelo fato das cultivares serem de diferentes procedências e também por que o teor de óleo nos grãos é controlado geneticamente, bem como, influenciados pelo ambiente, principalmente durante o período de enchimento dos grãos (MINUZZI et al., 2009).

No presente trabalho o objetivo principal foi determinar se o aumento nas doses de potássio na cultura da soja propiciaria aumento no teor de óleo nos grãos. Os resultados encontrados evidenciam que há influência das doses do potássio no incremento do teor de óleo nos grãos (Figura 3). Este fato era esperado. Há relatos na literatura que evidenciam a existência da interação C x D, no que se refere ao teor de óleo nos grãos (PEDROSO NETO; RESENDE, 2005; VEIGA et al. 2010).

Esses resultados confirmam a afirmativa da essencialidade do potássio na síntese e transporte de óleo para os grãos. O resultado pode ser explicado pelo papel do potássio no transporte de fotoassimilados para os grãos, permitindo a síntese de óleo nos mesmos (USHERWOOD, 1994).

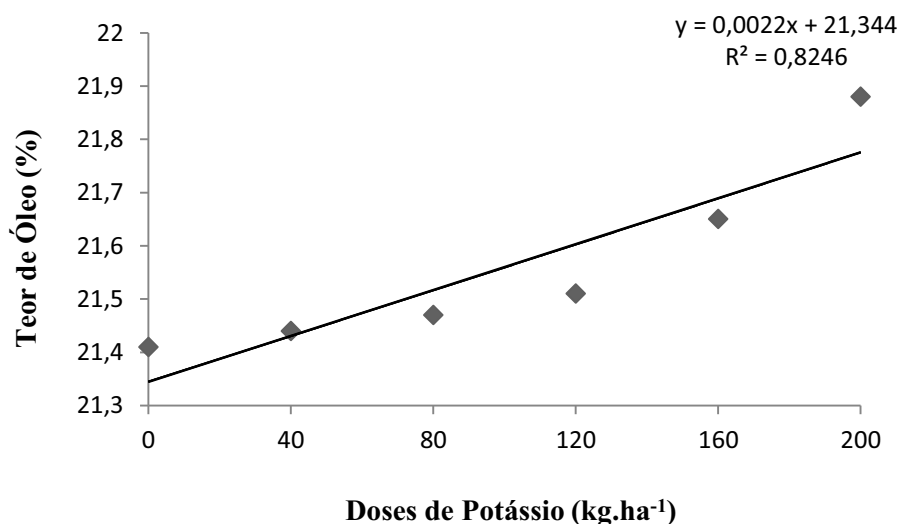


Figura3 Resposta das cultivares avaliadas quanto ao teor médio de óleo nos grãos em função das doses de potássio, Lavras – MG, 2014

#### **4 CONCLUSÕES**

Não há efeito do aumento das doses de potássio na cultura da soja para as cultivares em questão para a produtividade de grãos e caracteres agronômicos.

O aumento nas doses de potássio propiciou incremento no teor de óleo nos grãos.

As cultivares apresentam resposta diferencial frente às doses de potássio, quanto ao acúmulo de óleo nos grãos.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 9-13, 1986.
- APOLINÁRIO, F. D. B.; PEREIRA, G. DE F.; FERREIRA, J. P. **Biodiesel e Alternativas para utilização da glicerina resultante do processo de produção de biodiesel**. Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 141-146, 2012.
- BATAGLIA, O. C. et al. **Métodos de análise química de plantas. Campinas: Instituto agrônomo**. Boletim Técnico 78. 1983. 48p.
- BERNARD, R. L.; CHAMBERLAIN, D. W.; LAWRENCE, R. D. **Results of the cooperative uniform soybean test**. Washington: USDA, 1965. p.134.
- BORÉM, A. Escape gênico: os riscos do escape gênico da soja no Brasil. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, v. 10, p. 101-107, 2000.
- CARTTER, J. L.; HARTWIG, E. E. The management of soybean. In: NORMAN, A. G. (Ed.). **The soybean**. New York: [s.n.], 1967. p. 162-221.
- CARVALHO, E. V. de et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em Tocantins. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 2, 162-169, 2013.
- COSTA NETO, P. R. et al. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, Curitiba, v. 23 n. 4 p. 531-537. 2000.
- DANTAS, A.A.; CARVALHO, L.G. de; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p.1862-1866, 2007.
- EVANS, L.T. Processes, genes, and yield potential. In: BUXTON, D.R.; SHIBLES, R.; FORSBERG, R.A.; BLAD, B.L.; ASAY, K.H. PAUSEN, G.M.; WILSON, R.F. (Ed.). **International crop science I**. Madison: Crop Science Society of America, 1993. 895 p.



- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEP, 2005. 183 p.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.
- FERNANDEZ F. G. et al. Root and shoot growth, seed composition, and yield components of no-till rainfed soybean under variable potassium. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 322, p.125-138, 2009.
- GUIMARÃES, F. S. et al. Cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para cultivo de verão na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1099-1106, 2008.
- HAQ M.U.; MALLARINO. A.P. Response of soybean grain oil and protein concentrations to foliar and soil fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v.97, p.910-918, 2005.
- HEIL, C. **Rapid, multi-component analysis of soybeans by FT-NIR Spectroscopy**. Madison: Thermo Fisher Scientific, 2010. 3 p. Disponível: <<http://www.nicoletcz.cz/userfiles/file/vjecy/soybeans.pdf>> Acesso em: 28 dez. 2013.
- LAMBERT. E. S., MEYER, M. C., KLEPKER, D. **Cultivares de soja 2007/2008 Região Norte e Nordeste**. Embrapa Soja, Documento 284, 36 p, 2007.
- MARCOS FILHO, J. **Produção de sementes de soja**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 86.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas**. 2ed, Piracicaba: Potafós, 1997, p.319.
- MASCARENHAS, H. A. A. et al. Deficiência de potássio em soja no estado de São Paulo: melhor entendimento do problema e possíveis soluções. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 42, p.1-4, 1988.
- MINUZZI, A. et al. Rendimento, teores de óleo e proteínas de quatro cultivares de soja, produzidas em dois locais no estado do Mato Grosso do Sul. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1047-1054, 2009.

MYERS, S. W. et al. Effect of soil potassium availability on soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) population dynamics and soybean yield. **Journal of economic entomology**, Califórnia, v.98, n. 1, p.113-120, 2005.

NETO, A. R. et al. Comportamento de genótipos de arroz de terras altas no estado de São Paulo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.44, n. 3, p. 512-519. 2013.

PEDROSO NETO, J. C.; REZENDE, P. M. Doses e modo de aplicação de potássio na produtividade de grãos e qualidade de semente de soja (*Glycine Max*). **FAZU em revista**, Uberaba, n.2, p.27 -36, 2005.

PETTIGREW, W. T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.133, n. 4 p. 670- 681, 2008.

RIBEIRO, N. D. et al. Desempenho agronômico e qualidade de cozimento de linhagens de feijão de grãos especiais. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.45, n. 1, p.92-100, 2014.

ROCHA, R. S. et al. Desempenho agronômico de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina-PI. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 154-162, 2012.

ROCHA, R. N. C. et al. Comportamento de cultivares de soja em diferentes populações de plantas, em Gurupi, Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 48, n. 279, p. 529-537, 2001.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, p.507-512, 1974.

SHIGIHARA, D.; HAMAWAKI, O. T. Seleção de genótipos para juvenilidade em progênies de soja. **Revista Horizonte Científico**, Uberlândia, v. 4, n. 1, p. 1-26, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto alegre: Artmed, 2012. 720 p.

USHERWOOD, N. R. Potassium interactions and balanced plant nutrition. **Better Crops With Food**, Atlanta, v. 77, n. 1, p. 26-27, 1994.

VALADÃO JÚNIOR, D. D. et al. Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 369-375, 2008.

VEIGA, A. D. et al. Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 953-960, 2010.

**CAPÍTULO 4 ADUBAÇÃO POTÁSSICA E QUALIDADE  
FISIOLÓGICA DE SEMENTES EM SOJA**

## RESUMO

Atualmente as empresas de sementes de soja tem aumentado seu interesse em produzir lotes de sementes com melhor qualidade fisiológica de maneira a garantir o sucesso no estabelecimento e produtividade da cultura da soja. Há relatos de que os nutrientes podem afetar o vigor das plantas e consequentemente afetar a qualidade, composição química das sementes e a produtividade da soja. Objetivou-se com este trabalho avaliar a influencia da adubação potássica na qualidade fisiológica de sementes de soja. Para isto um experimento foi conduzido no Laboratório Central de Análises de Sementes da UFLA, com amostras de soja provenientes de dois locais. O experimento foi conduzido adotando delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 6, com quatro cultivares e seis doses de potássio, adotando-se três repetições. Foram realizados os testes de Germinação, Emergência sob condições controladas, Envelhecimento Acelerado, Condutividade Elétrica, e Teste de Tetrazólio. Os dados foram submetidos às análises de variância individual e conjunta. Nas doses avaliadas não há resposta imediata da aplicação de potássio na qualidade fisiológica de sementes.

Palavras-chave: *Glycine max*. Potássio. Vigor de sementes. Produção de sementes.

### ABSTRACT

Currently soybean seed companies have increased their interest in producing the seed lots with better physiological quality in order to ensure the successful establishment and productivity of soybean crops. There are reports that nutrients can influence the plant vigor and consequently affect the quality, seed chemical composition and soybean grain productivity. The objective of this work was to evaluate the influence of potassium fertilization on the physiological quality of soybean seeds. For that an experiment was conducted at the Central Laboratório Central de Análises de Sementes of UFPA, with soybean samples from two locations. The experiment was conducted by adopting a completely randomized design in a factorial 4 x 6, with four cultivars and six doses of potassium, adopting three replications. Germination Tests, Controlled Emergence, Accelerated Aging, Electrical Conductivity, and the Tetrazolium Test were conducted. Data were submitted to the individual and joint variance analysis. At the evaluated doses there is no immediate response to the potassium application on the physiological quality of the seeds.

Keywords: *Glycine max.* Potassium. Seed vigor. Seed production.

## 1 INTRODUÇÃO

A soja é a cultura oleaginosa mais importante na economia do país. Este fato se deve a fatores como, as variadas formas de consumo na alimentação humana e animal, o uso nas indústrias farmacêuticas e siderúrgicas, e também a ocorrência de condições propícias de cultivo e remunerações atrativas ao produtor em relação a outras oleaginosas.

Em função do seu potencial produtivo, o uso de sementes com alto vigor é fundamental no estabelecimento e produtividade da cultura. Neste contexto deve-se destacar que a disponibilidade de nutrientes pode influenciar a composição química das sementes e, conseqüentemente, seu metabolismo e vigor. Desta forma o adequado fornecimento de nutrientes favorece o desenvolvimento das plantas, condicionando-as a produzirem metabólitos necessários ao desenvolvimento de seus frutos e sementes.

A composição química da semente pode ser influenciada por fatores genéticos, ambientais e ainda pelos nutrientes aplicados no solo. Há relatos de que o potássio é essencial para a síntese e transporte de óleo em soja (PETTIGREW, 2008; VEIGA et al., 2010). Para a qualidade fisiológica relatos evidenciam que pode haver efeito da adubação potássica na germinação e no vigor das sementes (PETTIGREW, 2008; VEIGA et al., 2010). Resultados semelhantes foram obtidos por Pedroso Neto e Rezende (2005) que verificaram que o vigor da semente foi afetado significativamente pelas doses do potássio.

Alguns autores mostram a evidente importância em manter alta a concentração de potássio no tecido vegetal e nos grãos, sendo que nos grãos a maior disponibilidade de potássio está positivamente associada com a produção e qualidade fisiológica (VYN et al., 2002). Em estudo realizado por Sfredo (2008) o autor afirma que os índices de patógenos nas sementes aumentam quando doses inferiores a 120 kg.ha<sup>-1</sup> são aplicadas, indicando que a deficiência de potássio pode predispor as sementes à infecção por inúmeros patógenos.

De maneira geral, é citado na literatura que a qualidade fisiológica das sementes é significativamente superior, quando utilizados doses de potássio superiores a  $80 \text{ kg/ha}^{-1}$  (SFREDO, 2008). Contudo, os resultados ainda são contraditórios (KRUEGER et al., 2013). Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência da adubação potássica na qualidade fisiológica de sementes de diferentes cultivares de soja.



## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Condução do experimento

O trabalho foi conduzido no Laboratório Central de Análises de Sementes da Universidade Federal de Lavras. As amostras utilizadas foram produzidas nos municípios de Lavras e São Gotardo. As características químicas e físicas do solo bem como a pluviometria, temperatura máxima e mínima dos locais estão apresentadas nas tabelas 5A e 6A e figuras 1A e 2A.

Foram utilizadas sementes de quatro cultivares comerciais de soja, sendo estas cultivares geneticamente modificadas, resistentes ao glifosato. As principais características fenotípicas estão descritas na tabela 1.

Tabela 1 Principais características fenotípicas das cultivares de soja utilizadas na condução dos experimentos, Lavras – MG, 2014

Cultivar	Ciclo Médio	Hábito de Crescimento	Resistência a Doenças
TMG 127RR	111	Indeterminado	Cancro da haste, Mancha olho-de-rã
TMG 1179RR	115	Determinado	Cancro da haste, Mancha olho-de-rã, Nematóides de cistos raças 1 e 3
BRS/MG 850GRR	120	Determinado	Cancro da haste, Mancha olho-de-rã, Pústula bacteriana, Nematóides galhas
NA 7255RR	108	Indeterminado	Cancro da haste, Mancha olho-de-rã

As doses de potássio utilizadas na realização do trabalho foram: 0; 40; 80; 120; 160 e 200 kg.ha<sup>-1</sup>, seguindo recomendações de Ribeiro; Guimarães e Alvarez V. (1999). A fonte de potássio utilizada foi o cloreto de potássio (KCl) com 60% K<sup>+</sup>.

Os experimentos foram conduzidos no delineamento de blocos casualizados completos com três repetições, cujos tratamentos foram

dispostos em um esquema fatorial 4 x 6, com quatro cultivares e seis doses de potássio. Cada parcela experimental foi constituída de duas linhas de 5 m, com espaçamento entre linhas de 0,5m.

A condução dos experimentos iniciou-se no mês de outubro de 2012 com o preparo da área experimental, adotando a semeadura direta para os dois locais. Para a realização do plantio foi necessário à dessecação com  $3\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$  de glifosato. A abertura dos sulcos no solo e a adubação na base com fósforo foram realizadas de forma mecânica e a adubação com as diferentes doses de potássio assim como o plantio foram realizados de forma manual no início de novembro de 2012. A inoculação das sementes foi realizada com inoculante líquido sob os sulcos de plantio com *Bradyrhizobium japonicum* na proporção de seis vezes a dose recomendada para o tratamento via sementes (2 ml/kg de semente). A densidade de semeadura foi de 12 sementes por metro linear.

O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado utilizando-se glifosato na dosagem de  $2\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Utilizou-se para aplicação pulverizador costal, com bicos do tipo leque adotando volume de calda de  $200\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Para o controle de doenças realizou-se aplicações preventivas de fungicidas. Os fungicidas utilizados foram Piraclostrobina, na dosagem de  $0,5\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ , Piraclostrobina + Epoxiconazol na dosagem de 0,5 litro do produto comercial por hectare e Azoxistrobina + Ciproconazol na dosagem de 300 mL de produto comercial por hectare, com volume de calda de 200 litros por hectare.

Da mesma maneira o controle de pragas foi realizado quando necessário com a utilização de inseticidas reguladores de crescimento sendo o ingrediente ativo o Teflubenzurom na dosagem de 50 mililitros por hectare do produto comercial aplicado com um volume de calda 200 litros por hectare e também com inseticidas de contato, Cipermetrina e Clorpirifós na dosagem de 120 e 250 mililitros por hectare, respectivamente.

A colheita dos experimentos foram realizados de forma manual e a debulha de forma mecânica. As amostras das parcelas foram homogeneizadas e classificadas por peneira. Para realização dos testes em laboratório utilizou-se as sementes contidas nas peneiras 15 e 16. As avaliações em laboratório foram realizadas utilizando o delineamento inteiramente casualizado, adotando duas repetições de 50 sementes provenientes de cada parcela de campo.

## **2.2 Avaliação da qualidade fisiológica**

### **a) Germinação**

A semeadura foi realizada em papel tipo Germitest, na forma de rolos e, posteriormente, mantidos no germinador à temperatura de 25°C. A quantidade de água adicionada foi de 2,5 vezes o peso do papel seco. As avaliações foram realizadas no 8º dia após a semeadura, de acordo com os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Foram utilizados duas repetições de 50 sementes por repetição no campo (3 blocos), analisando-se 300 sementes por tratamento, sendo os resultados médios expressos em porcentagem de plântulas normais.

### **b) Emergência sob condições controladas**

A semeadura foi realizada em bandejas plásticas contendo como substrato solo + areia na proporção 2:1, umedecido a 60% da capacidade de retenção. Foram realizadas duas repetições de 50 sementes por repetição do campo. Após a semeadura, as bandejas foram mantidas em câmara de crescimento vegetal à temperatura de 25 °C, com irrigações subsequentes uniformes de acordo a com necessidade. A partir da emergência da primeira plântula (cotilédone totalmente fora do substrato) foram realizadas avaliações diárias, computando-se o número de plântulas emergidas até a estabilização, com contagem final aos 14 dias após a semeadura. Foi considerada a porcentagem média final de emergência (%E) e o índice

médio de velocidade de emergência (IVE), determinado por meio da equação proposta por Maguire (1962).

$$IVE = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \dots + \frac{Gn}{Nn}$$

em que:

IVE = índice de velocidade de emergência;

G = número de plântulas emergidas observadas em cada contagem;

N = número de dias da sementeira a cada contagem.

#### c) Envelhecimento Acelerado

Neste teste adotou-se os critérios estabelecidos por Marcos Filho (1999). Utilizou-se 42g de amostras de sementes por tratamento. As mesmas foram colocadas sobre a tela de aço inoxidável adaptada em caixas plásticas "gerbox", contendo 40 ml de água no seu interior. As caixas foram incubadas à temperatura de 41°C por 72 horas e em seguida foi realizado o teste de germinação, utilizando duas repetições de 50 sementes por bloco do campo, analisando-se 300 sementes por tratamento. A sementeira foi realizada em papel tipo Germitest e as sementes foram mantidas no germinador à temperatura de 25°C. A quantidade de água adicionada foi de 2,5 vezes o peso do papel não hidratado. As contagens foram feitas ao quarto dia após a sementeira, sendo os resultados médios expressos em porcentagem de plântulas normais, avaliadas conforme Brasil (2009).

#### d) Condutividade Elétrica

O teste de condutividade elétrica foi realizado conforme o método recomendado por Kryzanowski; Vieira e França Neto (1999), sendo colocadas 50 sementes/repetição, previamente pesadas, em copos plásticos contendo 75 mL de água deionizada, em seguida transferidos para germinador regulado à 25°C por 24 horas. Decorrido este período os

recipientes foram retirados do germinador e suavemente agitados, e com auxílio do condutivímetro (MS TECNOPON<sup>®</sup> – mCA150) foi efetuada a medição das leituras de condutividade elétrica da solução. Os valores médios obtidos foram expressos por  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### e) Teste de Tetrazólio

Foram avaliadas 300 sementes (2 subamostras de 50 sementes) para cada repetição no campo, as quais foram acondicionadas em papel germitest umedecido e mantidas por 16 horas em temperatura de 25 °C. Decorrendo esse período, as sementes foram colocadas em recipientes plásticos sendo totalmente submersas na solução de 0,075% de sal de tetrazólio, permanecendo por três horas à temperatura de 40 °C em estufa. Posteriormente, as sementes foram lavadas em água comum e mantidas submersas em água até o momento da avaliação, determinando a viabilidade e o vigor através da classificação de cada semente em uma das oito categorias descritas por França Neto; Kryzanowski e Costa (1998).

### 2.3 Análise estatística dos dados.

Inicialmente, procedeu-se a análise da variância individual por local para todos os testes realizados adotando-se o modelo estatístico apresentado abaixo.

$$y_{ik} = m + c_i + d_k + ce_{ik} + e_{ik}$$

em que:

$y_{ik}$ : é o valor observado relativo a parcela que recebeu o tratamento  $i$  na dose  $k$ .

$m$ : é a média geral;

$c_i$ : é o efeito da cultivar  $i$ , ( $i = 1, 2, 3, 4$ );

$d_k$ : é o efeito da dose  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, 6$ );

$ce_{ik}$ : é o efeito da interação cultivares e doses;

$e_{ik}$ : é o erro experimental ( $e_{ik} \sim n(0 \text{ e } \sigma^2)$ ).

A análise conjunta envolvendo os dois locais foi realizada utilizando modelo estatístico:

$$y_{ikl} = m + c_i + d_k + a_l + (cd)_{ik} + (ca)_{il} + (da)_{kl} + (cda)_{ikl} + e_{ik(l)}.$$

em que:

$y_{ijkl}$ : é o valor observado relativo a parcela que recebeu o tratamento  $i$  na dose  $k$  no local  $l$ .

$m$ : é a média geral;

$c_i$ : é o efeito da cultivar  $i$ , ( $i = 1, 2, 3, 4$ );

$d_k$ : é o efeito da dose  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, 6$ );

$a_l$ : é o efeito do local  $l$  ( $l = 1 \text{ e } 2$ );

$(cd)_{ik}$ : é o efeito da interação cultivares e doses;

$(ca)_{il}$ : é o efeito da interação cultivares e local;

$(da)_{kl}$ : é o efeito da interação doses e local;

$(cda)_{ikl}$ : é o efeito da interação cultivares, doses e local;

$e_{ik(l)}$ : é o erro experimental ( $e_{ik(l)} \sim n(0 \text{ e } \sigma^2)$ ).

As médias foram comparadas pelo teste de Scott e Knott (1974) a 5 % de probabilidade. A análise estatística foi realizada com o auxílio do pacote estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de variação (CV) indica o grau de precisão na condução do experimento. Com base no CV obtido, observa-se que os caracteres avaliados obtiveram precisão considerada de alta a boa, com exceção nos testes de germinação e envelhecimento acelerado (Tabela 4). No resumo da análise de variância individual apresentada na tabela 7A, para o município de Lavras, observa-se que houve diferença significativa para a fonte de variação cultivares para todos os testes de qualidade fisiológica. A mesma observação é válida para o município de São Gotardo (Tabela 8A).

Na análise conjunta (Tabela 4), detectou-se também diferença significativa em todos os parâmetros avaliados nas cultivares. Este fato era esperado, pois as cultivares tem características diferentes ciclo e habito de crescimento, propiciando portanto, a existência de variação. Vários relatos na literatura evidenciam que o genótipo influencia na qualidade fisiológica das sementes de soja (KRUEGER et al., 2013).

Houve efeito significativo do local de produção na qualidade fisiológica das sementes dos lotes avaliados (Tabela 4). O efeito do ambiente na expressão da qualidade fisiológica é frequentemente destacado na literatura (SCHNEBLY; FEHR, 1993; KRUEGER et al., 2013), e corrobora com os relatos evidenciados no presente trabalho. No presente estudo também detectou-se interação significativa entre C x L, evidenciando assim que as cultivares apresentaram desempenho não consistente. Estes resultados confirmam os relatos apresentados por Ávila et al. (2003); Lima et al. (2008) e Gomes et al. (2012) para a qualidade fisiológica nos locais avaliados. Interações significativas entre C x L, têm sido frequentemente relatadas na literatura para a qualidade fisiológica de sementes (LIMA et al., 2008; PÁDUA et al., 2010; KRUEGER et al., 2013).

De fato isso ocorreu, pois os dois locais eram distintos no que se referem as características de altitude, latitude e longitude, sendo estes fatores essenciais para a produção de sementes.

Tabela 4 Resumo da análise de variância conjunta para germinação (G), índice de velocidade de emergência (IVE), emergência (E), envelhecimento acelerado (EA), tetrazólio/vigor (VIG), tetrazólio/viabilidade (VIA) e condutividade elétrica (CE) em função das fontes de variação, Lavras – MG, 2014

FV	GL	QM								
		G	IVE	E	EA	VIG	VIA	CE		
Cultivares (C)	3	6909,47**	1434,80**	2044,06**	6137,56**	2591,16**	907,98**	15390,27**		
Doses (D)	5	274,23 <sup>ns</sup>	33,86 <sup>ns</sup>	110,01 <sup>ns</sup>	222,88 <sup>ns</sup>	77,68 <sup>ns</sup>	42,80 <sup>ns</sup>	404,12 <sup>ns</sup>		
Local (L)	1	8664,51**	8540,84**	26109,17**	46908,34**	34844,44**	13417,36**	118645,23**		
C x D	15	118,18 <sup>ns</sup>	24,91 <sup>ns</sup>	37,62 <sup>ns</sup>	171,58 <sup>ns</sup>	91,45 <sup>ns</sup>	33,40 <sup>ns</sup>	240,84 <sup>ns</sup>		
C x L	3	1638,30**	438,54**	1111,78**	1655,28**	1315,46**	518,38**	6028,72**		
L x D	5	104,37 <sup>ns</sup>	54,16 <sup>ns</sup>	105,31 <sup>ns</sup>	57,32 <sup>ns</sup>	95,96 <sup>ns</sup>	68,99 <sup>ns</sup>	607,46 <sup>ns</sup>		
C x D x L	15	111,66 <sup>ns</sup>	38,26 <sup>ns</sup>	47,76 <sup>ns</sup>	108,80 <sup>ns</sup>	79,94 <sup>ns</sup>	67,21 <sup>ns</sup>	319,49 <sup>ns</sup>		
Erro Médio	96	185,17	49,09	78,28	191,33	129,83	71,85	401,49		
Média Geral		62,40	50,58	79,05	62,69	77,35	86,33	103,40		
CV (%)		22,0	14,0	11,0	22,0	15,0	10,0	19,0		

\*\* Significativo a 1%, e <sup>(ns)</sup> Não significativo de acordo com o teste de F.



Deve-se destacar também os fatores ambientais imprevisíveis, tais como, precipitação e temperatura (Figuras 1A e 2A). No período de condução dos experimentos de campo fica evidente que nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro em Lavras, além de maior acúmulo de precipitação observou-se também maior temperatura máxima. Este fato pode estar relacionado com o menor vigor e percentagem de germinação, observado neste local, quando comparado com São Gotardo.

O objetivo principal do presente trabalho refere-se a influência das doses de potássio na qualidade fisiológica das sementes. Veja que não detectou-se diferença significativa para as doses, para todos os testes realizados (Tabela 4). Este fato possibilita inferir que a qualidade fisiológica das sementes de soja, em média, independe da dose de potássio utilizada.

Há vários relatos na literatura que contemplam este fato. Veiga et al. (2010), também verificaram que as doses crescentes de potássio não alteraram vigor e germinação. Contudo, Mascarenhas et al. (1988); Jeffers; Schmitthenner e Kroetz (1982) verificaram que as doses de potássio propiciaram maior percentagem de germinação e vigor.

Uma possível explicação para que as doses utilizadas não tenham propiciado efeito na qualidade fisiológica se deve ao fato do elevado teor de potássio no solo. Há vários relatos na literatura que evidenciam que o efeito do potássio na qualidade fisiológica, produtividade de grãos e composição química é função do teor natural do nutriente existente na área experimental. De acordo com Pettigrew (2008), para se detectar efeito é necessário conduzir experimentos em áreas de baixa fertilidade natural para o nutriente em questão.

As médias referente às análises individuais por local estão apresentados nas tabelas 9A e 10A. Fica evidente que o ambiente de São Gotardo propiciou maior qualidade fisiológica. Para a percentagem de germinação, por exemplo, o ambiente de São Gotardo apresentou 15,5% a mais de sementes germinadas do que em Lavras. Para o vigor a diferença observada foi de maior magnitude. No presente trabalho as sementes

provenientes de São Gotardo superaram em 31,11% as produzidas em Lavras para o teste de tetrazólio/vigor.

Uma possível explicação para este fato pode estar relacionado às condições climáticas observadas em Lavras, sobretudo no momento da colheita. O excesso de precipitação além de propiciar um microclima favorável para a ocorrência de patógeno compromete também a qualidade fisiológica de sementes.

As médias referentes à fonte de variação cultivares, da análise conjunta, envolvendo todos os testes de qualidade estão apresentados na tabela 5. Veja que a cultivar BRS/MG 850 GRR apresentou desempenho superior para todos os testes com exceção da viabilidade determinado pelo teste de tetrazólio. Para a porcentagem de germinação foi observado melhor desempenho para a cultivar BRS/MG 850 GRR com 81,44%. As demais cultivares obtiveram porcentagem de germinação abaixo da exigida para a comercialização de sementes no Brasil, que é de 80%, conforme normatização da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento na resolução n. 051 de 1986 (CARRARO; PESKE, 2005).

Elevadas taxas de germinação culminam com o estabelecimento da população de plantas requeridas pela cultivar, o qual é um aspecto fundamental que contribui para que sejam alcançados níveis altos de produtividade (KRZYZANOWSKI, 2004). Por outro lado, sementes com germinação média ou baixa resultam em plântulas fracas com pouca ou nenhuma possibilidade de se estabelecerem competitivamente no campo (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI; HENNING, 2010).

Um dos fatores que contribuíram para a baixa germinação foi a elevada porcentagem de sementes mortas e infectadas observadas no teste de germinação (Figura 3A). A porcentagem de germinação foi inversamente proporcional à porcentagem de sementes mortas e infectadas, observadas nos lotes de sementes com diferentes cultivares. As sementes estão susceptíveis à contaminação por inúmeros patógenos (LOPES et al., 2006). Os patógenos causam a contaminação das sementes, que em decorrência do aumento do

grau de deterioração, resultam no decréscimo da germinação e do vigor das sementes (BINOTTI et al., 2008).

Tabela 5 Médias de germinação (G - %), emergência (E - %), índice de velocidade de emergência (IVE), envelhecimento acelerado (EA - %), condutividade elétrica (C.E.), índice de vigor (VIG) e viabilidade das sementes (VIA) pelo tetrazólio, para as cultivares de soja avaliadas, Lavras – MG, 2014

Cultivares	G	E	IVE	EA	C. E.	VIG	VIA
TMG127 RR	48,92 c	73,08 b	45,39 b	53,92 c	114,52 a	76,06 b	85,19 b
NA 7255 RR	56,81 b	76,78 b	49,11 b	54,25 c	109,11 a	80,86 b	88,11 a
BRS/MG 850 GRR	81,44 a	90,08 a	59,75 a	81,67 a	72,80 b	86,22 a	91,97 a
TMG 1179 RR	62,42 b	76,25 b	48,06 b	60,92 b	117,18 a	66,25 c	80,06 c

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

Para a porcentagem de emergência obteve-se estimativas de maior magnitude quando comparados com a germinação obtida em laboratório. A cultivar BRS/MG 850 GRR obteve o maior índice de emergência (90%) quando comparado às demais cultivares.

A superioridade do teste de emergência em relação ao teste de germinação já foi observada anteriormente por Henning e França Neto (1980) e Bizzetto e Homechin (1997). Segundo estes mesmos autores este fato pode ser explicado pelo mecanismo de escape ao qual a plântula ao emergir libera o tegumento infectado ao solo enquanto no teste de germinação em laboratório sob o rolo de papel o tegumento permanece associado aos cotilédones e os fungos associados causam a deterioração das sementes.

O índice de velocidade de emergência (IVE) variou entre as cultivares, sendo a maior estimativa verificada para plântulas da cultivar BRS/MG 850 GRR. O índice de velocidade de emergência esta associado ao vigor de sementes de soja, pois sementes com maior IVE tendem a apresentar melhor desempenho e conseqüentemente maior velocidade de emergência no campo de cultivo, resistindo melhor a estresses que possam ocorrer durante a emergência (DAN et al., 2010). Vale salientar também que sementes com maior IVE culminam no fechamento das entrelinhas mais rapidamente, o que acarreta no controle eficiente das ervas daninhas (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI; HENNING, 2010).

No teste de envelhecimento acelerado (EA), analisando as médias de cada cultivar, observa-se que as cultivares TMG 127 RR e NA 7255 RR seguidas da cultivar TMG 1179 RR apresentaram maior sensibilidade às condições de alta umidade relativa do ar e temperatura.

O envelhecimento acelerado consiste na simulação de fatores ambientais adversos, temperatura e umidade relativa elevada, os quais estão relacionados como causadores da deterioração das sementes (MARCOS FILHO, 1999; TORRES; MARCOS FILHO, 2001). Sob essas condições, sementes com baixa qualidade fisiológica deterioram-se mais rapidamente

do que sementes mais vigorosas, estabelecendo diferenças no potencial fisiológico (GUEDES et al., 2011). Assim, lotes de sementes de alto vigor devem manter sua viabilidade quando submetidos a tais condições, enquanto que os de baixo vigor terão sua viabilidade reduzida (AOSA, 1983).

Quanto aos resultados para a condutividade elétrica, os maiores valores foram observados para as cultivares TMG 1179 RR, TMG 127 RR e NA 7255 RR respectivamente, diferindo estatisticamente da cultivar BRS/MG 850 GRR. De acordo com Vieira e Krzyzanowski (1999) para lotes de sementes de soja com alto vigor os valores de condutividade elétrica devem estar situados, no máximo, até 70-80  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ . Neste trabalho, os resultados obtidos demonstram que somente a cultivar BRS/MG 850 GRR apresentou valores que são considerados ideais para a condutividade elétrica (72,80  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ), estando de acordo com o recomendado, conforme já mencionado, propiciando assim a produção de sementes de alto a médio vigor para a cultivar em questão.

Para o vigor e viabilidade de sementes, ambos determinados pelo teste de tetrazólio, foi observado melhor desempenho para a cultivar BRS/MG 850 GRR com 86,22% e 91,97%, respectivamente. Muito embora a cultivar NA 7255 RR não tenha diferido quanto a viabilidade.

Entre os métodos de controle de qualidade adotados pelas empresas produtoras de sementes no Brasil, o teste de tetrazólio destaca-se para a soja, devido à sua rapidez, precisão e o grande número de informações fornecidas pelo teste. Além de avaliar o vigor e a viabilidade dos lotes de sementes, fornece as possíveis causas responsáveis pela redução de sua qualidade que pode ser proveniente de danos mecânicos, deterioração por umidade e danos causados por percevejo, que são os problemas que mais afetam a qualidade fisiológica da semente de soja (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI; COSTA, 1998).

Fica evidente que em média os danos que mais propiciaram a diminuição do vigor e viabilidade, avaliados pelo teste do tetrazólio, foram

os causados por ataque de percevejo (48,3%), umidade (32%) e mecânicos, (19,7%).

O principal dano observado no teste de tetrazólio foi aquele causado pelo ataque de percevejos. A cultivar BRS/MG 850 GRR apresentou 14,3% de danos causados por este inseto, às demais cultivares apresentaram danos que variaram de 35,9 a 40,2% (Figura 4A).

Considerando a incidência de percevejos o local da lesão é mais importante do que o número de picadas, pois uma picada sobre o hipocótilo inviabiliza a germinação, enquanto várias lesões nos cotilédones reduzem o vigor e a emergência, porém não a germinação (TRUMPER; EDELSTEIN, 2008). Os percevejos podem também causar retardamento da maturação com a retenção foliar, dificultando assim a colheita (SOSA-GOMEZ; MOSCARDI, 1995), pelo excesso do teor de água presente na planta.

Na avaliação dos danos causados por percevejo na cultura da soja Belorte et al. (2003), também observaram resultados semelhantes aos encontrados no presente trabalho. Observaram também associação entre a intensidade do ataque de percevejos e a retenção foliar.

Os dados referentes aos danos causados por umidade evidenciam que a cultivar BRS/MG 850 GRR apresentou 8% de danos. As demais cultivares apresentaram valores que variaram de 24,3 a 28,6%, sendo que a cultivar que apresentou maior magnitude foi a TMG 127 RR. Este fato pode estar relacionado com o grupo de maturação de cada cultivar. A cultivar BRS/MG 850 GRR teve sua colheita realizada em período com menor precipitação. Sendo assim a operação foi realizada quando as sementes estavam com menor teor de água, culminando assim em maior vigor e viabilidade em relação as demais cultivares.

Por meio dos danos mecânicos nota-se que a cultivar BRS/MG 850 GRR apresentou 8,2% de injúrias. As demais cultivares apresentaram danos que variaram de 12,8 a 17,5%. Esses danos podem ter sido agravados com a debulha mecânica, que favorece a ocorrência dos mesmos. Em trabalho realizado por Gomes et al. (2012) avaliando diferentes genótipos de soja em

três ambientes diferentes os autores observaram que o dano mecânico e o causado por umidade foram os grandes responsáveis pela perda de vigor e viabilidade de sementes para todos os ambientes.



#### **4 CONCLUSÃO**

Nas doses avaliadas não há resposta imediata da aplicação de potássio na qualidade fisiológica de sementes.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing, 1983. p. 88.

ÁVILA, M.R. et al. Sowing seasons and quality of soybean seeds. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.60, p. 245-252, 2003.

BELORTE, L. C. et al. Danos causados por percevejos (Hemiptera: Pentatomidae) em cinco cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill, 1917) no município de Araçatuba, SP. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 70, n. 2, p. 169-175, 2003.

BINOTTI, F. F. S et al. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 247-254, 2008.

BIZZETTO, A.; HOMECHIN, M. Efeito do período e da temperatura de armazenamento na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja com altos índices de *Phomopsis sojae* (Leh.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 296-303, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**, Brasília, 2009. p. 395.

CARRARO, I. M.; PESKE, S. T. Uso de sementes de soja no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 2, p. 75-80, 2005.

DAN, L. G. M. et al. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 131-139, 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FRANÇA-NETO J.B.; KRZYZANOWSKI F.C.; HENNING A.A. A importância do uso de semente de soja de alta qualidade. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 20, n.1,2, p.37 - 38, 2010.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P. **O teste de tetrazólio em sementes de soja.** Londrina, (EMBRAPA Documentos, 116). 1998. p.72.

GOMES, G. D. R. et al. Produção e qualidade fisiológica de sementes de soja em diferentes ambientes de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, p. 2593-2604, 2012.

GUEDES, R. S. et al. Envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 443-450, 2011.

HENNING, A.A.; FRANÇA NETO, J. de B. Problemas na avaliação da germinação de semente de soja com alta incidência de *Phomopsis* sp. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 2, n. 3, p. 9-22, 1980.

JEFFERS, D.L.; SCHMITTHENNER A.F.; KROETZ M.E.. Potassium fertilization effects on *phomopsis* seed infection, seed quality, and yield of soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p.886–890, 1982.

KRUEGER, K. et al. Phosphorus and Potassium Fertilization Effects on Soybean Seed Quality and Composition. **Crop Science**, Madison, v. 53, p.602–610, 2013.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes.** Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Comitê de Vigor de Sementes, Londrina: ABRATES, 1999. p. 218.

KRZYZANOWSKI, F.C. **Desafios tecnológicos para a produção de semente de soja na região tropical brasileira.** In: WORLD RESEARCH CONFERENCE, 7.; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING, 4.; CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 3., 2004, Foz do Iguaçu. Proceedings. Foz do Iguaçu: EMBRAPA-CNPSO, 2004. p. 1324-1335.

LIMA, W. F. et al. Interação genótipo-ambiente de soja convencional e transgênica resistente a glifosato, no Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 6, p. 729-736, 2008.

LOPES, K. P. et al. Efeito do beneficiamento na qualidade fisiológica e sanitária de sementes do algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de**

**Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 426–435, 2006.

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

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

MASCARENHAS, H. A. A et al. Deficiência de potássio em soja no estado de São Paulo: melhor entendimento do problema e possíveis soluções.  
**Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 42, p.1-4, 1988.

PÁDUA, G. P. et al. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 32, n. 3, p. 9-16, 2010.

PEDROSO NETO, J. C.; REZENDE, P. M. de. Doses e modo de aplicação de potássio na produtividade de grãos e qualidade de semente de soja (Glycine Max). **FAZU em revista**, Uberaba, n. 2, p. 27-36, 2005.

PETTIGREW, W. T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.133, n. 4, p. 670-681, 2008.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H.  
**Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.67-78.

SCHNEBLY, S. R.; FEHR, W. R. Effect of years and planting dates on fatty-acid composition of soybean genotypes . **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 4, p. 716-719, 1993.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, p.507-512, 1974.

SFREDO, G. J. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Soja. Documentos 305, Londrina, 2008.

SOSA-GOMEZ, D.R.; MOSCARDI, F. Retenção foliar diferencial em soja provocada por percevejos (Heteroptera: Pentatomidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 401-404, 1995.

TORRES, S.B.; MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 23, n.2, p.108-112, 2001.

TRUMPER, E.V.; EDELSTEIN, J.D. **El complejo de chinches fitofagos en soja: revision y avances en el estudio de su ecologia y manejo.** [S.l.]: INTA, 190p. 2008.

VEIGA, A. D. et al. Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 953-960, 2010.

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

VYN, T.J et al. Potassium Fertilization Effects on Isoflavone Concentrations in Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Easton, v. 50, n.12, p. 3501-3506, 2002.

## ANEXOS

Tabela 1A Resumo da análise de variância para teor de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foliar, teor de óleo, produtividade de grãos (Prod), altura de plantas (Alt), inserção de 1º legume (IL) e acamamento (Acam) em função das fontes de variação. UFLA, Lavras – MG, 2014

FV	GL	QM									
		K	Ca	Mg	Óleo	Prod	Alt	IL	Acam		
Cultivares (C)	3	0,0295 <sup>ns</sup>	0,0055 <sup>ns</sup>	0,0008 <sup>ns</sup>	56,96 <sup>**</sup>	3775465,91 <sup>**</sup>	668,35 <sup>**</sup>	3,67 <sup>ns</sup>	-	-	
Doses (D)	5	0,0879 <sup>ns</sup>	0,0123 <sup>ns</sup>	0,0013 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>**</sup>	424172,39 <sup>ns</sup>	19,99 <sup>ns</sup>	9,58 <sup>ns</sup>	-	-	
C x D	15	0,0663 <sup>ns</sup>	0,0092 <sup>ns</sup>	0,0013 <sup>ns</sup>	2,11 <sup>**</sup>	380168,78 <sup>ns</sup>	52,29 <sup>ns</sup>	8,70 <sup>ns</sup>	-	-	
Blocos	2	2,8489	0,3350	0,0064	1,19	162635,09	550,88	66,79	-	-	
Erro	46	0,0819	0,0187	0,0013	0,09	347448,61	48,48	8,41	-	-	
Média Geral		1,5223	0,7533	0,3251	21,33	3085,05	71,20	11,81	-	-	
CV (%)		19,0	18,0	11,0	1,0	19,0	10,0	25,0	-	-	

\*\* Significativo a 1%, e <sup>(ns)</sup> Não significativo de acordo com o teste de F.

Tabela 2 A Resumo da análise de variância para teor de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foliar, teor de óleo, produtividade de grãos (Prod), altura de plantas (Alt), inserção de 1º legume (IL) e acamamento (Acam) em função das fontes de variação. COOPADAP. São Gotardo – MG, 2014

FV	GL	QM									
		K	Ca	Mg	Óleo	Prod	Alt	IL	Acam		
Cultivares (C)	3	0,0033 <sup>ns</sup>	0,3521 <sup>**</sup>	0,0051 <sup>**</sup>	26,05 <sup>**</sup>	8153080,97 <sup>**</sup>	80,13 <sup>*</sup>	164,61 <sup>**</sup>	4,75 <sup>**</sup>		
Doses (D)	5	0,0034 <sup>ns</sup>	0,0239 <sup>*</sup>	0,0009 <sup>*</sup>	0,43 <sup>**</sup>	962017,36 <sup>*</sup>	32,79 <sup>ns</sup>	11,72 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>**</sup>		
C x D	15	0,0103 <sup>ns</sup>	0,0201 <sup>*</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>**</sup>	379234,21 <sup>ns</sup>	21,79 <sup>ns</sup>	3,92 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>		
Blocos	2	0,2605	0,2341	0,0001	5,63	751076,42	244,50	16,01	1,63		
Erro	46	0,0095	0,0121	0,0004	0,08	450806,89	27,69	8,13	0,25		
Média Geral		0,9547	0,9569	0,2609	21,84	4287,75	87,54	12,81	1,63		
CV (%)		10,0	11,0	8,0	1,0	16,0	6,0	22,0	31,0		

\*\* Significativo a 1%, \* Significativo a 5%, <sup>ns</sup> Não significativo de acordo com o teste de F.

Tabela 3 A Médias dos caracteres teor de potássio (K - %), cálcio (Ca - %) e magnésio (Mg - %), produtividade de grãos (Prod), inserção de 1º legume (IL - cm), altura de plantas (Alt - cm), acamamento (Acam) e teor de óleo (Óleo - %) para as cultivares avaliadas, Lavras – MG, 2014

Cultivares	K	Ca	Mg	Óleo	Prod	Alt	IL	Acam
TMG127 RR	1,57	0,73	0,33	23,46 a	2490,9 c	69,82 b	11,66	1,0
NA 7255 RR	1,53	0,77	0,33	22,07 b	3077,2 b	75,89 a	12,47	1,0
BRS/MG 850 GRR	1,50	0,77	0,32	20,26 c	3168,1 b	63,14 c	11,42	1,0
TMG 1179 RR	1,48	0,75	0,33	19,52 d	3604,0 a	75,96 a	11,73	1,0

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4 A Médias dos caracteres teor de potássio (K - %), cálcio (Ca - %) e magnésio (Mg - %), produtividade de grãos (Prod), inserção de 1º legume (IL - cm), altura de plantas (Alt - cm), acamamento (Acam) e teor de óleo (Óleo - %) para as cultivares avaliadas, São Gotardo – MG, 2014

Cultivares	K	Ca	Mg	Óleo	Prod	Alt	IL	Acam
TMG127 RR	0,94	1,09 a	0,27 a	23,44 a	3485,1 c	87,50	15,67 a	1,72 b
NA 7255 RR	0,97	1,01 b	0,27 a	22,08 b	4005,2 b	85,00	13,83 b	1,06 c
BRS/MG 850 GRR	0,95	0,76 c	0,27 a	20,88 c	4678,6 a	87,50	13,17 b	1,44 b
TMG 1179 RR	0,95	0,96 b	0,24 b	20,94 c	4982,1 a	90,17	8,56 c	2,28 a

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.



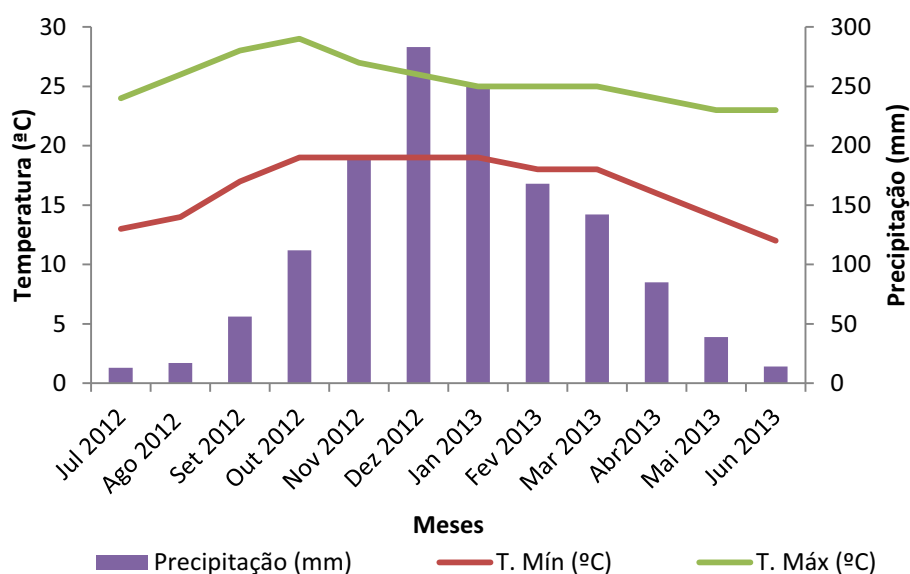


Figura 1A Precipitação, temperatura mínima e máxima, de julho de 2012 a junho de 2013 em São Gotardo, MG. Fonte. INMET

Tabela 5A Características químicas e físicas do solo (0 – 20 cm) da área experimental Fazenda Experimental da Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba Ltda – COOPADAP. São Gotardo – MG, 2012

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T
(H <sub>2</sub> O)	----- mg/dm <sup>3</sup> -----			----- cmol/dm <sup>3</sup> -----			--- cmolc/dm <sup>3</sup> --			
5,27	28,14	103	-	3,6	1,1	0,08	7,05	4,9	4,96	11,9
V	M	M.O	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	
-----%	-----	dag/kg	mg/L	----- mg/dm <sup>3</sup> -----						
40,94	1,61	4,68	11,31	17,1	-	14,5	11,3	0,5	-	
Argila (dag/kg)			Silte (dag/k)		Areia (dag/kg)			Classe textural		
50			28		22			Argilosa		

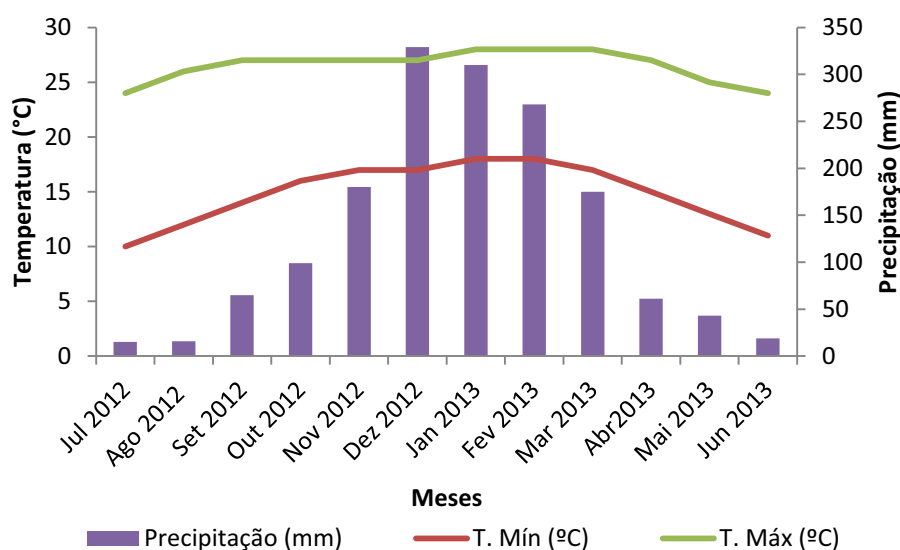


Figura 2A Precipitação, temperatura mínima e máxima, de julho de 2012 a junho de 2013 em Lavras, MG. Fonte. INMET

Tabela 6A Características químicas e físicas do solo (0 – 20 cm) na área experimental no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras. Lavras – MG, 2012

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	T	T
(H <sub>2</sub> O)	----- mg/dm <sup>3</sup> -----			----- cmol/dm <sup>3</sup> -----			-- cmolc/dm <sup>3</sup> --			
5,9	7,21	118	-	4,7	1,3	0,0	2,9	6,3	6,3	9,2
V	m	M.O	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	
-----%	-----	dag/kg	mg/L	----- mg/dm <sup>3</sup> -----						
68,51	0,0	2,61	13,33	5,31	-	13,33	0.60	0,33	-	
Argila (dag/kg)			Silte (dag/kg)		Areia (dag/kg)		Classe textural			
64			20		16		Argilosa			

Tabela 7A Resumo da análise de variância para germinação (G), índice de velocidade de emergência (IVE), emergência (E), envelhecimento acelerado (EA), tetrazólio/vigor (VIG), tetrazólio/viabilidade (VIA) e condutividade elétrica (CE) em função das fontes de variação, UFLA. Lavras – MG, 2014

FV	QM									
	GL	G	IVE	E	EA	VIG	VIA	C. E.		
Cultivares (C)	3	4749,09 <sup>**</sup>	1495,24 <sup>**</sup>	2758,13 <sup>**</sup>	6594,83 <sup>**</sup>	3775,98 <sup>**</sup>	1378,50 <sup>**</sup>	19880,44 <sup>**</sup>		
Doses (D)	5	187,66 <sup>ns</sup>	85,53 <sup>ns</sup>	205,17 <sup>ns</sup>	214,42 <sup>ns</sup>	142,23 <sup>ns</sup>	103,68 <sup>ns</sup>	937,85 <sup>ns</sup>		
C x D	15	100,60 <sup>ns</sup>	35,24 <sup>ns</sup>	73,11 <sup>ns</sup>	212,62 <sup>ns</sup>	152,99 <sup>ns</sup>	91,36 <sup>ns</sup>	504,12 <sup>ns</sup>		
erro	48	246,33	75,33	142,06	262,51	238,58	130,69	704,83		
Média Geral		54,64	42,87	65,58	44,64	61,79	76,68	132,11		
CV (%)		29,0	20,0	18,0	36,0	25,0	15,0	20,0		

<sup>\*\*</sup> Significativo a 1%, e <sup>(ns)</sup> Não significativo de acordo com o teste de F.

Tabela 8A Resumo da análise de variância para germinação (G), índice de velocidade de emergência (IVE), emergência (E), envelhecimento acelerado (EA), tetrazólio/vigor (VIG), tetrazólio/viabilidade (VIA) condutividade elétrica (CE) em função das fontes de variação, COOPADAP. São Gotardo – MG, 2014

FV	QM									
	GL	G	IVE	E	EA	VIG	VIA	CE		
Cultivares (C)	3	3798,68 <sup>**</sup>	378,11 <sup>**</sup>	397,72 <sup>**</sup>	1198,01 <sup>**</sup>	130,64 <sup>**</sup>	47,87 <sup>*</sup>	1538,54 <sup>**</sup>		
Doses (D)	5	190,95 <sup>ns</sup>	2,49 <sup>ns</sup>	10,15 <sup>ns</sup>	65,78 <sup>ns</sup>	31,41 <sup>ns</sup>	8,11 <sup>ns</sup>	73,72 <sup>ns</sup>		
C x D	15	129,24 <sup>ns</sup>	27,93 <sup>ns</sup>	12,27 <sup>ns</sup>	67,76 <sup>ns</sup>	18,40 <sup>ns</sup>	9,25 <sup>ns</sup>	56,20 <sup>ns</sup>		
Erro	48	124,00	22,85	14,50	120,13	21,07	13,00	98,15		
Média Geral		70,15	58,28	92,51	80,74	92,90	95,99	74,70		
CV (%)		16,0	8,0	4,0	14,0	5,0	4,0	13,0		

<sup>\*\*</sup> Significativo a 1%, e <sup>(ns)</sup> Não significativo de acordo com o teste de F.

Tabela 9A Médias de germinação (G - %), emergência (E - %), índice de velocidade de emergência (IVE), envelhecimento acelerado (EA - %), índices de vigor (VIG) e viabilidade (VIA) das sementes pelo tetrazólio e condutividade elétrica (CE) para as cultivares de soja avaliadas, Lavras – MG, 2014

Cultivares	G	E	IVE	EA	CE	VIG	VIA
TMG127 RR	46,89 b	60,55 b	38,78 b	36,56 b	146,07 a	59,06 b	73,73 c
NA 7255 RR	46,22 b	58,89 b	38,94 b	30,78 b	146,78 a	66,72 b	79,17 b
BRS/MG 850 GRR	79,00 a	84,11 a	56,50 a	72,94 a	82,48 b	77,94 a	87,28 a
TMG 1179 RR	46,44 b	58,78 b	37,28 b	38,28 b	153,09 a	43,44 c	66,56 c

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 10A Médias de germinação (G - %), emergência (E - %), índice de velocidade de emergência (IVE), envelhecimento acelerado (EA - %), índices de vigor (VIG) e viabilidade (VIA) das sementes pelo tetrazólio e condutividade elétrica (CE) para as cultivares de soja avaliadas, São Gotardo – MG, 2014

Cultivares	G	E	IVE	EA	CE	VIG	VIA
TMG127 RR	50,94 c	85,61 b	52,00 c	71,28 b	82,97 a	93,06 a	96,66 a
NA 7255 RR	67,39 b	94,67 a	59,28 b	77,72 b	71,43 b	95,00 a	97,06 a
BRS/MG 850 GRR	83,89 a	96,06 a	63,00 a	90,39 a	63,12 c	94,50 a	96,67 a
TMG 1179 RR	78,39 a	93,72 a	58,83 b	83,56 a	81,27 a	89,05 b	93,56 b

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

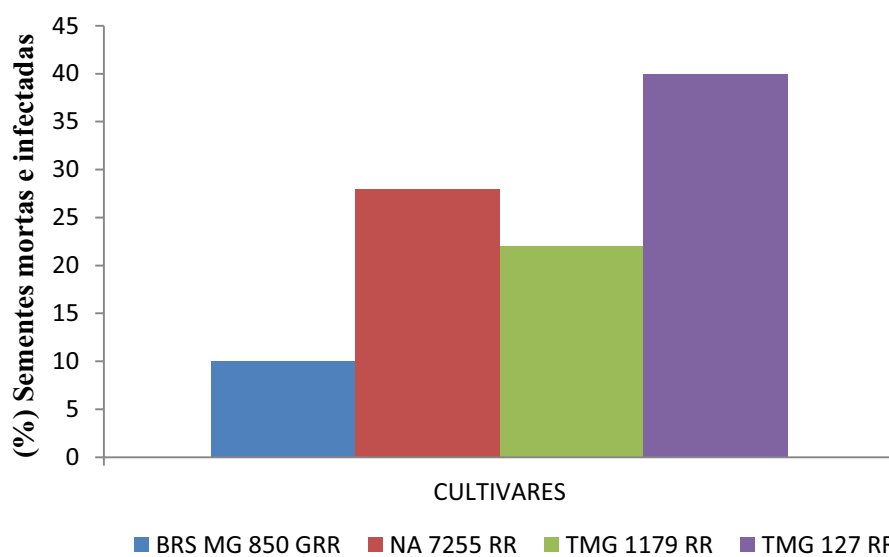


Figura 3A Percentagem total de sementes mortas e infectadas observadas no teste de germinação para cada cultivar, Lavras – MG, 2014

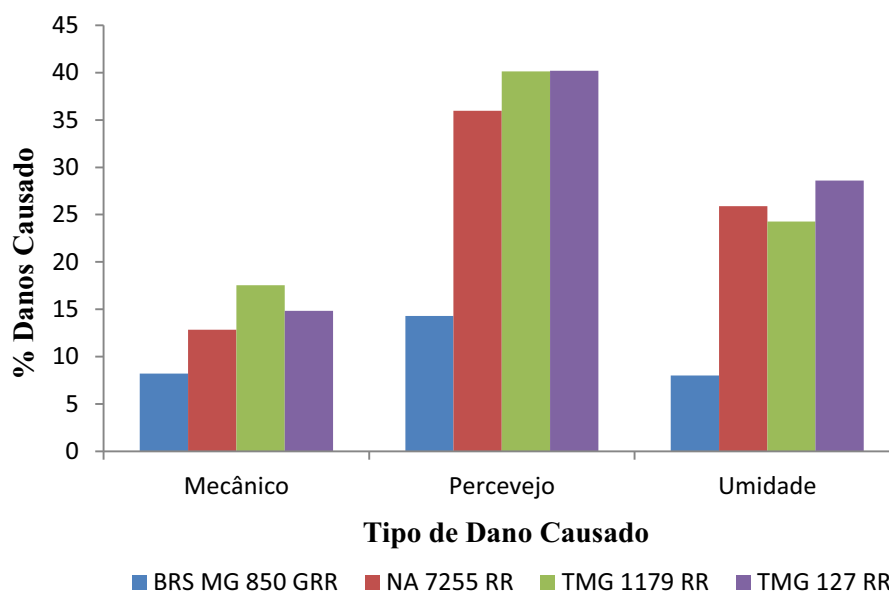


Figura 4A Tipo de danos causado e respectiva % de danos observadas no teste de tetrazólio para cada cultivar, Lavras – MG, 2014