

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ADUBAÇÃO COM FÓSFORO E POTÁSSIO
PARA PRODUÇÃO E QUALIDADE
DE SEMENTES DE SOJA**

Felipe Batistella Filho
Engenheiro Agrônomo

2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ADUBAÇÃO COM FÓSFORO E POTÁSSIO
PARA PRODUÇÃO E QUALIDADE
DE SEMENTES DE SOJA**

Felipe Batistella Filho

Orientador: Prof. Dr. Manoel Evaristo Ferreira

Co-orientador: Prof. Dr. Roberval Daiton Vieira

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo).

2012

Batistella Filho, Felipe
B333a Adubação com fósforo e potássio para produção e qualidade de
sementes de soja. / Felipe Batistella Filho. -- Jaboticabal, 2012
ix, 74 f. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012

Orientador: Manoel Evaristo Ferreira

Banca examinadora: Willian Natale, Maria Aparecida Pessoa da
Cruz Centurion, Bernardo van Raij, José Ricardo Mantovani

Bibliografia

1. *Glycine max*. 2. Germinação. 3. Vigor. 4. Produtividade. 5.
Adubo fosfatado. 6. Adubo potássico. Título. II. Jaboticabal-Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 633.34:631.531

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

FELIPE BATISTELLA FILHO - nascido em 04 de janeiro de 1977, na cidade de São Paulo - SP, graduou-se em Engenharia Agrônômica em dezembro de 2000, pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, sendo bolsista de iniciação científica da FAPESP. Em março de 2001, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção e Tecnologia de Sementes), na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, período em que foi bolsista da CAPES. Em agosto de 2008, iniciou o curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo), na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, período em que foi bolsista da CAPES (agosto/2008 a fevereiro/2010) e da Bunge Fertilizantes S. A. (maio/2010 a dezembro/2011). Atualmente, é professor do curso de Agronomia do Instituto Taquaritinguense de Ensino Superior - ITES.

“Crescer é algo muito rápido. Um dia você usa fraldas e no outro você vai embora. Mas as memórias da infância permanecem com você. Lembro-me de um lugar, uma cidade, uma casa como várias outras casas, um quintal como vários outros quintais, em uma rua como várias outras ruas. E o fato é que, após todos estes anos, eu ainda olho para trás e penso: Foram anos incríveis”.

Kevin Arnold – Seriado Anos Incríveis

Aos meus amados pais,

Felipe Batistella e Catarina Isabel dos Santos Alves Batistella (in memorian)

Aos meus queridos irmãos,

Flávio Donizete Batistella e Regina Aparecida Batistella Freitas

Ao meu estimado cunhado

Fabício Elias de Oliveira Freitas

À minha querida sobrinha,

Larissa Batistella Freitas

Por serem o alicerce fundamental da minha vida, apoiando-me sempre e de forma irrestrita, permitindo assim que esta longa e trabalhosa etapa pudesse ser vencida...

DEDICO

Aos queridos amigos,

Rogério Norio Sato (in memorian) e Eduardo Luís Campos Souza (in memorian)

Por demonstrarem de maneira tão clara o sentido da palavra amizade e por serem verdadeiros exemplos de como pessoas de bem devem se comportar...

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus e à Nossa Senhora de Aparecida, por tudo que representam para minha fé.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista, por toda a oportunidade de aprendizado e crescimento profissional.

À CAPES e à Bunge Fertilizantes S. A., pelas bolsas de estudo concedidas, que possibilitaram a manutenção e dedicação integral ao curso de doutorado.

Aos Professores Manoel Evaristo Ferreira e Mara Cristina Pessôa da Cruz, pelos muitos ensinamentos, como seres humanos e como profissionais, mas sobretudo pelo bom convívio no dia-a-dia do laboratório.

Ao Professor Roberval Daiton Vieira, pela co-orientação neste trabalho, pela amizade e, principalmente, por todo o incentivo que sempre me deu.

Aos Professores Nelson Moreira de Carvalho, Fabiola Vitti Môro e Maria Aparecida Pessôa da Cruz Centurion, que participaram de forma efetiva do meu processo de formação profissional, durante os cursos de graduação e de pós-graduação.

Ao Professor Roque Takahashi, pela concessão da área experimental e pela permanente disposição em colaborar, sempre acompanhada de bom humor.

Aos Professores José Ricardo Mantovani, Bernardo van Raij, Maria Aparecida Pessôa da Cruz Centurion e William Natale pelas sugestões que, seguramente, resultaram na melhoria deste trabalho.

Aos agrônomos Thiago de Barros Sylvestre, Juan Gabriel Cristhoffer Lopes Ruiz, Bruno Boscov Braos, Lucas Boscov Braos e Fernando Kuhnen, por todo o apoio que deram ao longo de todo o curso de doutorado e por se constituírem em verdadeiros amigos.

Aos amigos do Laboratório de Fertilidade do Solo, em especial a Kelly, Gilberto, Jacqueline, Marina, Cássia, Carlos, Adriana, Thiago, Ana Flávia, Josi Mary, Daily, Isabella e Rangel, por tornarem esta etapa bem mais agradável.

Aos muitos amigos e amigas que ganhei ao longo destes anos, em especial ao Paulo Silva, Elcides Silva, Anderson Silva, Gustavo Claudiano, Bruno Vieira, Gisele Feliciano, Gisele Batista, Juliana Faria, Maurício Sanches, Rafael Marani, Josiane Ulian, Ana Flávia Gândara, Eliane Vieira, Adão Marin, Fabiana Simoni, Josué Bispo, Edilma Gonçalves, Gisele Bonacin, Simone Fessel, Beth Furtado e tantos outros.

Aos meus amigos do Jaraguá, em São Paulo, que mesmo após tantos anos se mantiveram firmes na amizade e no apoio.

À técnica Selma Guimarães Figueiredo, por toda a dedicação que demonstra diariamente na rotina do Laboratório de Fertilidade do Solo, conciliando de forma perfeita o profissionalismo com a atenção carinhosa aos alunos que por ali passam.

Ao técnico Lázaro José Ribeiro da Silva e ao auxiliar de campo Rubens Libório, por terem sido professores, amigos e grandes incentivadores, desde o início do meu caminho na vida agrônômica, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal.

Ao técnico Mauro Augusto Volpe e sua esposa, Maria, pelo apoio e amizade, cuja ajuda foi de grande importância para que esta meta fosse alcançada.

Aos meus queridos amigos de Taquaritinga, Nelsinho, Dona Paula, Matheus, Lola e Savanna, que de maneira simples me deram um novo significado para a palavra família.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa, em especial ao Marcelo e ao Sr. João, cuja ajuda foi fundamental para a realização deste trabalho.

A todos aqueles que, de alguma maneira ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iii
SUMMARY	iv
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Requisitos para produção de sementes de qualidade	3
2.2 Adubação fosfatada e potássica para produção de sementes	7
2.3 Vigor como instrumento de avaliação de qualidade de sementes ...	10
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Local	13
3.2 Tratamentos e delineamento experimental	14
3.3 Instalação do experimento	15
3.4 Tratos culturais.....	16
3.5 Monitoramento do teor de água da sementes e colheita	17
3.6 Avaliação das características agronômicas	18
3.7 Avaliação das características físicas, químicas e fisiológicas das sementes	19
3.7.1 Avaliação das características físicas das sementes	19
3.7.2 Avaliação das características químicas das sementes	19
3.7.3 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes	20

3.7.3.1	Teste padrão de Germinação	20
3.7.3.2	Testes de vigor das sementes	20
3.8	Determinação dos teores de nutrientes na folha diagnóstica	21
3.9	Procedimento estatístico	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1	Efeitos da adubação com fósforo e potássio nos componentes de produção, no teor de nutrientes na folha diagnóstica e na produtividade de soja	23
4.2	Efeitos da adubação com fósforo e potássio sobre as características químicas, físicas e fisiológicas de sementes de soja	39
4.2.1	Características químicas das sementes	39
4.2.2	Características físicas das sementes	40
4.2.3	Qualidade fisiológica das sementes	45
4.3	Efeitos da adubação com fósforo e potássio na produtividade de sementes de soja	50
5	CONCLUSÕES	53
6	REFERÊNCIAS	54
	ANEXOS	60

ADUBAÇÃO COM FÓSFORO E POTÁSSIO PARA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA

RESUMO – Com este trabalho, objetivou-se verificar os efeitos da adubação com fósforo e potássio na produção e qualidade de sementes de soja da cultivar Conquista. Para tanto, foram conduzidos experimentos a campo nas safras 2009/2010 e 2010/2011. Os tratamentos resultaram do arranjo fatorial entre cinco doses de fósforo (0; 40; 80; 120 e 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e três doses de potássio (0; 50 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O), os quais foram aplicados em áreas distintas para cada safra. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, cujas médias foram comparadas pelo teste de Tukey e por análise de regressão. Foram avaliadas a produtividade; componentes de produção; teores de nutrientes nas folhas e nas sementes; classificação por peneiras; germinação e vigor das sementes. A adubação fosfatada aumentou a produtividade, sendo que, com a aplicação da dose de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅, houve aumento de 351 e 1.013 kg ha⁻¹ em relação à testemunha, para as safras de 2009/2010 e 2010/2011, respectivamente. A adubação potássica não interferiu na produtividade de sementes de soja e praticamente não alterou os componentes de produção. A resposta da adubação com fósforo e potássio sobre a produtividade de sementes de soja depende dos respectivos teores destes nutrientes no solo, sendo que, em condição de teores baixos ou muito baixos, há maior probabilidade de resposta. As adubações com fósforo e potássio praticamente não afetaram a qualidade fisiológica das sementes, indicando que, em condições de limitação na disponibilidade de nutrientes para a planta, esta prioriza a qualidade das sementes produzidas em detrimento da produção de sementes em quantidade.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill, germinação, vigor, produtividade, adubo fosfatado, adubo potássico.

PHOSPHORUS AND POTASSIUM FERTILIZATION FOR YIELD AND QUALITY OF SOYBEAN SEEDS

SUMMARY - The objective of this work was to investigate the effects of phosphorus and potassium on yield and quality of soybean of “Conquista” cultivar. Fields experiments were conducted in the 2009/10 and 2010/11 seasons. The treatments consisted of factorial arrangement of five phosphorus rates (0, 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹ of P₂O₅) and three potassium rates (0, 50 and 100 kg ha⁻¹ of K₂O), which were applied in different areas for each season. The experimental design was a randomized complete block design with four replications, whose means were compared by Tukey Test and Regression analysis. It was evaluated productivity, yield components, nutrient content in leaves and seeds, screen classification; germination and seed vigor. Phosphorus fertilization increased productivity, and the application of the 160 kg ha⁻¹ of P₂O₅ rate increased the yield by 351 and 1,013 kg ha⁻¹ compared to control, for 2009/10 and 2010/11 seasons, respectively. Potassium fertilization didn't affect the soybean seeds yield and didn't change the yield components. The response of phosphorus and potassium on the soybean yield depends of the respective levels of these nutrients in the soil, and in condition of low or very low levels are more likely to respond. The phosphorus and potassium fertilizers practically no affected the physiological quality of seeds, indicating that under conditions of limited nutrient availability to the plant, it prioritizes the quality of seed produced at the expense of seed production in quantity.

Keywords: *Glycine max*, germination, vigor, potassium fertilizer, phosphate fertilizer.

1 INTRODUÇÃO

A qualidade da semente é definida no campo e resulta do somatório de atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, sendo uma das principais responsáveis pelo estabelecimento inicial da cultura e estando intimamente relacionada com as condições edáficas e climáticas (SALUM et al., 2008).

Atualmente, o processo de produção de sementes está bastante desenvolvido, notadamente no campo de melhoramento genético, atingindo níveis cada vez maiores de produtividade. No entanto, quando se trata do manejo da fertilidade do solo, o que se verifica é a ausência de informações específicas para recomendações de calagem e adubação para produção de sementes, levando ao uso das já existentes para a produção de grãos ou ainda ao uso indiscriminado de fertilizantes e corretivos.

Na cultura da soja, o nitrogênio é obtido principalmente pela fixação biológica; o cálcio e o magnésio são fornecidos pela calagem; e o fósforo e o potássio via adubação mineral; ao passo que o enxofre, normalmente, é fornecido em conjunto com a adubação fosfatada.

A deficiência de fósforo diminui o potencial de rendimento das leguminosas, com efeitos no sistema radicular e na parte aérea, ficando as plantas com seu crescimento severamente restringido. No sistema radicular, a principal consequência é a menor formação e atividade dos nódulos fixadores de N atmosférico, diminuindo assim o crescimento da planta. Além disso, a deficiência de fósforo resulta na formação de raízes menores e em menor quantidade, cuja principal consequência é a menor exploração do volume do solo para obtenção de água e nutrientes. Na parte aérea, ocorre menor desenvolvimento vegetativo da planta, tanto em altura quanto na formação de ramos e de folhas, resultando em diminuição da área foliar e, conseqüentemente, em menor produção de flores e de vagens (VENTIMIGLIA et al., 1999; CHAUDHARY et al., 2008; OLIVEIRA JÚNIOR; PROCHNOW; KLEPKER, 2011).

A cultura da soja é bastante exigente em potássio, sendo o K o nutriente mais extraído após o nitrogênio. A deficiência de potássio tem conseqüências diretas no crescimento da planta, ficando prejudicada a eficiência do uso da água, bem como a

troca de gases através dos estômatos, com inevitável diminuição na taxa fotossintética. Além disso, todo o metabolismo da planta fica comprometido devido ao papel fundamental que o potássio tem como ativador enzimático (VEIGA et al., 2010; SERAFIM et al., 2012).

A variação nos teores de nutrientes, tanto nas folhas quanto nas sementes, está relacionada com os teores existentes no solo, sendo que, em condições de baixa disponibilidade, existe maior probabilidade de que fiquem evidentes sinais de deficiência, que podem ser visuais ou constatados por meio de análises laboratoriais. Especificamente quanto aos teores de fósforo e potássio em sementes, os valores podem variar em função das cultivares e de sua exigência, dos teores no solo, bem como do manejo químico do solo, por meio da calagem e da adubação.

É controverso o efeito da adubação sobre a qualidade fisiológica de sementes, sendo normalmente considerado que uma planta em condições de deficiência nutricional produzirá sementes em menor quantidade, não havendo efeito destacado sobre a qualidade germinativa das sementes produzidas. Por outro lado, independentemente do nutriente envolvido, são mais comuns alterações nos níveis de vigor das sementes, que é mais sensível às variações do ambiente, tanto aquelas relacionadas a condições edafoclimáticas quanto à ocorrência de pragas e doenças (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de doses de fósforo e de potássio na produção e na qualidade de sementes de soja.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Requisitos para produção de sementes de qualidade

A obtenção de sementes de qualidade está associada às condições ambientais, dentre as quais estão as condições climáticas, o fornecimento de nutrientes pelo solo e a ocorrência de pragas e doenças (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Os principais efeitos das condições climáticas sobre a qualidade de sementes são verificados após a maturidade fisiológica, momento em que a semente se desliga da planta-mãe e fica armazenada a campo, sendo que oscilações frequentes na temperatura, associadas à ocorrência de chuvas, promovem considerável queda na qualidade das sementes. As baixas temperaturas, associadas tanto com a chuva, quanto com o orvalho e a alta umidade relativa do ar, fazem com que a semente aumente o teor de água, ao passo que temperaturas elevadas, combinadas com ausência de chuva e baixa umidade relativa do ar, fazem com que as sementes percam água. Esta alteração no teor de água das sementes resulta em variação no tamanho, com conseqüente quebra do tegumento, fato que contribui para acelerar o processo de deterioração e, também, deixando-as mais suscetíveis à incidência de doenças (AHRENS; PESKE, 1994; ARANGO et al., 2006).

A qualidade de sementes está relacionada com sua sanidade, e esse aspecto constitui-se em um dos principais e mais eficientes veículos de disseminação de doenças, em especial das culturas anuais. Dessa forma, técnicas de manejo que permitam a redução da contaminação de sementes ainda no campo de produção são ferramentas importantes e eficientes para conter o avanço de doenças (COSTA et al., 2003).

A adubação, quando adequadamente manejada, possibilita maior controle da disseminação de doenças no campo de produção de sementes. Plantas submetidas a adubações desequilibradas, sem o devido balanço entre os nutrientes, são mais suscetíveis a doenças e produzem sementes de baixa qualidade sanitária. O potássio afeta a proliferação de doenças, sendo que a adubação com este nutriente pode reduzir a incidência de fitopatógenos na cultura da soja, como *Cercospora*

kikuchii, *Phomopsis* sp. e *Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis* (BASSETO; CERESINI; VALÉRIO FILHO, 2007). A maior disponibilidade de P e de K, isoladamente ou combinados, promove redução tanto na incidência quanto na progressão de *Phakopsora pachyrhizi*, agente causal da ferrugem asiática da soja, uma das mais importantes doenças da cultura (BALARDIN et al., 2006).

A produção e a qualidade de sementes de soja também estão atreladas à ocorrência de pragas. Os percevejos da soja, além de reduzirem a produtividade, afetam negativamente a qualidade das sementes, sendo que o período de maior incidência de percevejos compreende a fase de enchimento de grãos (COSTA et al., 2003). A adubação com fósforo e potássio pode alterar a ocorrência de percevejos, sendo que o aumento da dose de fósforo, na ausência de adubação potássica, aumenta a população de *Piezodorus guildinii*. Por outro lado, a população desta praga não sofre variações quando se aumentam as doses de adubo fosfatado, na presença de adubação potássica, indicando que o potássio tem papel efetivo na incidência desta espécie de percevejo, pois o nutriente aumenta a espessura da parede celular, fato que aumentaria a tolerância da planta ao ataque do inseto (CARDOSO; CIVIDANES; NATALE, 2002).

O dano causado pelos percevejos também pode estender-se à proliferação de doenças, sendo que, em sementes danificadas por *Piezodorus guildinii*, há maior incidência de fitopatógenos, como o *Fusarium* sp., indicando que, além do prejuízo direto causado, os percevejos podem atuar como agentes de disseminação de doenças, sobretudo em campos de produção de sementes (PANIZZI et al., 1978, citado por COSTA et al., 2003).

O adequado fornecimento de nutrientes, quer pelo solo, quer por meio de adubações, tem relação com a produção e com a qualidade de sementes. Os nutrientes são responsáveis por definir a quantidade de sementes que será formada, fator diretamente relacionado com o rendimento. Além disso, os nutrientes afetam tanto a formação do embrião e dos órgãos de reserva quanto a composição química da semente, afetando, conseqüentemente, a qualidade da semente (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

O adequado fornecimento de fósforo, nas fases vegetativa e reprodutiva, permite que o nutriente desempenhe seu papel no metabolismo das plantas, como a

transferência de energia da célula, a respiração e a fotossíntese; além disso, o P tem participação em compostos armazenadores de energia, como o trifosfato de adenosina (ATP), que atua diretamente na germinação de sementes (ZUCARELI et al., 2006). Nas sementes, o fósforo é encontrado como ácido fítico, fosfatídeos, ácidos nucleicos e componentes inorgânicos de P. Nas leguminosas, o ácido fítico representa aproximadamente 70% do conteúdo de fósforo, sendo estruturalmente integrado com proteínas e/ou minerais na forma de complexos. Cerca de 75% do fósforo são encontrados como ácido fítico, que é depositado na forma de sais mistos, combinando-se com K e Mg (RABOY, 2009). Durante a germinação, o ácido fítico pode ser parcialmente desfosforilado, produzindo compostos como o pentafofato, o tetrafofato e o trifosfato, fornecendo P para o crescimento da plântula (SILVA; SILVA, 1999; AGOSTINI; IDA, 2006).

O aumento da quantidade de adubo fosfatado pode diminuir a qualidade fisiológica das sementes, quando avaliadas por meio dos testes padrão de germinação e de vigor, tal como observado por Vieira et al. (1987b), trabalhando com doses de até 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 , aplicadas no sulco de semeadura .

Ausência de efeito da adubação com fósforo sobre a germinação e o vigor de sementes de soja (primeira contagem de germinação e índice de velocidade de emergência) foi observada por Vieira et al. (1987a), trabalhando com doses de 0; 80 e 160 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Em trabalho envolvendo adubação fosfatada na produção de sementes de feijão em solo com teor muito baixo do nutriente (5 mg dm^{-3}), com doses de fósforo variando entre 0 e 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 , Salum et al. (2008) não constataram efeito do fósforo sobre a qualidade das sementes produzidas em testes de germinação e vigor.

De acordo com Vieira et al. (1987c), a adubação fosfatada pode resultar em aumento no teor de fósforo na semente, e este aumento teria reflexos principalmente no vigor das sementes, sendo que a aplicação de doses de até 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 resultaria em melhora no vigor de sementes, quando avaliado pelo teste de primeira contagem de germinação. Segundo Trigo et al. (1997), o aumento no teor de fósforo na semente tem efeito direto no processo germinativo, pois proporciona maior disponibilidade de energia para o metabolismo, o que resulta em maior crescimento

inicial da plântula e do sistema radicular e, conseqüentemente, maior absorção de água e nutrientes.

O teor de fósforo em sementes de soja pode variar em função da cultivar e das práticas de adubação e calagem (SPEHAR, 1994), existindo, normalmente, relação direta entre as doses de fósforo aplicadas no solo e o teor dos nutrientes em sementes de soja (VIEIRA et al., 1987c). Segundo Trigo et al. (1997), sementes com maiores teores de fósforo, dentro da faixa que varia entre 0,58 e 1,10%, geram incremento no rendimento de grãos da planta subsequente, efeito que é mais pronunciado em solos com alta disponibilidade de fósforo. Por outro lado, a adubação fosfatada nem sempre promove alterações nos teores de fósforo em sementes de soja, tal como observado por Bedin et al. (2003), que mesmo variando fontes e doses de adubo fosfatado em solos com diferentes teores do nutriente, não observaram alterações no teor de fósforo nas sementes.

Do mesmo modo que a adubação fosfatada, a adubação com potássio também tem efeitos controversos sobre a qualidade de sementes de soja. O papel do potássio na qualidade fisiológica das sementes, sobretudo no processo germinativo, está relacionado basicamente ao metabolismo energético (quebra e translocação de amido), à ativação enzimática e ao crescimento de tecidos meristemáticos (VEIGA et al., 2010).

França-Neto et al. (1985), em trabalho com doses de potássio, em Latossolo Roxo distrófico, com teor muito baixo de potássio ($0,5 \text{ mmol/dm}^3$), verificaram melhora na qualidade fisiológica de sementes de soja, avaliada pelo teste-padrão de germinação. No entanto, essa melhora na germinabilidade da semente foi observada apenas quando foram aplicadas doses maiores do que 80 kg ha^{-1} de K_2O , não sendo constatado efeito com doses menores do que esta. Em trabalho similar, conduzido em solo de área de cerrado, Vieira et al. (1987c) não constataram efeito da adubação potássica, com doses variando entre 40 e 160 kg ha^{-1} de K_2O , sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja, avaliada por meio dos testes de germinação, envelhecimento acelerado, primeira contagem de germinação e índice de velocidade de emergência.

Veiga et al. (2010) estudaram o efeito de doses de potássio sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja, em solo com teor médio do nutriente ($2,0 \text{ mmol/dm}^3$)

³⁾ e doses variando de 0 a 200 kg ha⁻¹ de K₂O e não encontraram efeito da adubação potássica sobre a qualidade de sementes de soja, quando avaliada pelos testes de germinação e envelhecimento acelerado.

Toledo et al. (2011), trabalhando com doses e fontes de potássio, verificaram que, independentemente da fonte, doses maiores de potássio, num intervalo de 0 a 100 kg ha⁻¹ de K₂O, resultaram em aumento na germinação de sementes sem, contudo, afetar o vigor avaliado pelo teste de condutividade elétrica.

Assim como acontece para o fósforo, os teores de potássio nas sementes de soja podem ser afetados tanto pela forma de aplicação quanto pela quantidade de adubo potássico aplicada. De acordo com França-Neto et al. (1985), a aplicação do adubo potássico a lanço eleva os teores de potássio na semente, em comparação com a aplicação no sulco de semeadura. Em relação às quantidades aplicadas, Borkert et al. (1997) mencionaram que os teores de potássio em sementes de soja estão diretamente relacionados com a quantidade de adubo aplicada, fato verificado em experimento com adubação potássica para a cultura da soja, conduzido por período de 10 anos. No entanto, o aumento no teor de potássio nas sementes seria mais frequentemente observado em solos com teor de potássio de até 3,0 mmol_c dm⁻³, não aumentando de forma significativa para solos com teor alto do nutriente (SALE; CAMPBELL, 2006; SERAFIM et al., 2012).

Mondo et al. (2012) estudaram os efeitos da variabilidade espacial entre características relacionadas à fertilidade do solo e à qualidade fisiológica de sementes de soja, por meio de ferramentas da Geoestatística, e não observaram correlação significativa entre os diferentes teores de P e K no solo com a germinação e vigor (testes de primeira contagem de germinação e envelhecimento acelerado) das sementes produzidas.

2.2 Adubação fosfatada e potássica para produção de sementes

A produção de sementes envolve altas tecnologias, sobretudo no tocante aos avanços obtidos com o melhoramento genético. Durante as mais diversas etapas do processo produtivo de sementes, são observados aspectos relacionados à qualidade, tanto física quanto fisiológica e sanitária. No entanto, quando se trata do manejo da adubação e da calagem, verifica-se que não existem recomendações

específicas quanto ao uso destes insumos na produção de semente, sendo feito uso das informações existentes para a produção de grãos, ou ainda o uso sem qualquer base técnica.

O manejo químico do solo, em associação com os fatores climáticos, é o fator que mais limita a produtividade da cultura da soja. No final do século XX, esta oscilava entre 2.000 e 2.500 kg ha⁻¹, tendo acréscimo no rendimento e atingindo média pouco superior a 3.000 kg ha⁻¹ na safra de 2010/2011, havendo, em determinadas regiões do País, produções médias de 4.400 kg ha⁻¹ (LANTMANN; CASTRO, 2004; AGRIANUAL, 2012).

Na produção de 3.000 kg ha⁻¹ de grãos de soja, são exportadas as seguintes quantidades de nutrientes (kg ha⁻¹): 226 de N; 16 de P; 94 de K; 64 de Ca; 32 de Mg e 8 de S. Para esse nível de produtividade a cultura extrai as seguintes quantidades totais de nutrientes (kg ha⁻¹): 300 de N, 40 de P, 115 de K, 70 de Ca, 35 de Mg e 23 de S. Estes números evidenciam a grande quantidade de nutrientes que está concentrada nas sementes (VITTI; LUZ, 1998).

As recomendações correntes quanto à adubação com fósforo e potássio para a cultura da soja, no Estado de São Paulo, para produção de grãos, levam em consideração os teores dos nutrientes no solo e as perspectivas quanto às produtividades a serem alcançadas. As faixas de produtividade esperada utilizadas são de 1,5 a 1,9; 2,0 a 2,4; 2,5 a 2,9; 3,0 a 3,4 e de 3,5 a 4,0 t ha⁻¹. Os teores de fósforo e de potássio no solo são divididos em quatro faixas cada, 0-6; 7-15; 16-40 e >40 mg dm⁻³ de P resina e 0-0,7; 0,8-1,5; 1,6-3,0 e >3,0 mmol_c dm⁻³ de K trocável. Em função do arranjo entre a produtividade esperada e os teores de fósforo e potássio no solo, as doses de fertilizantes contendo estes dois nutrientes podem variar entre 20 e 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para o fósforo e entre 0 e 80 kg ha⁻¹ de K₂O para o potássio (RAIJ et al., 1997).

Dentre os nutrientes de planta, o fósforo é um dos que mais chamam a atenção devido à sua baixa disponibilidade no solo. A baixa disponibilidade do P no solo é resultado da pobreza do elemento no solo, presença em regiões tropicais de caulinita e óxidos de Fe e de Al, e condições de acidez normalmente observadas a campo, que acabam agravando a oferta do nutriente para as plantas. A disponibilidade de quantidades adequadas de fósforo é fundamental desde os

estádios iniciais de crescimento e desenvolvimento da planta, não sendo eficaz a compensação posterior, mesmo que sejam fornecidas quantidades adequadas do nutriente (ZUCARELI et al., 2006). O potássio é outro nutriente que também recebe atenção especial, particularmente para a cultura da soja, sendo o segundo nutriente mais extraído pela planta e pelas sementes (VITTI; LUZ, 1998).

As culturas leguminosas são altamente responsivas à adubação fosfatada, particularmente em solos onde há baixa disponibilidade do nutriente, sendo que a deficiência de fósforo resulta em diminuição nas quantidades de folhas e de nódulos, cujas principais consequências são a menor eficiência fotossintética e a menor fixação biológica do N atmosférico, respectivamente (CHUADHARY et al., 2008).

A disponibilidade de fósforo no solo também afeta o rendimento da cultura da soja, seja na produção de grãos, seja na produção de sementes. A deficiência do nutriente no solo diminui o potencial de rendimento nos estádios reprodutivos iniciais, devido à redução no florescimento, tanto pela menor produção de flores quanto pela maior taxa de aborto. Na fase de formação das vagens, ocorre menor produção dessas e maior taxa de aborto, e, conseqüentemente, há diminuição na produtividade (VENTIMIGLIA et al., 1999).

O aumento nas doses de fósforo pode resultar em incremento na produtividade da cultura da soja, tal como observado por Oliveira Júnior, Prochnow e Klepker (2011), que observaram variações entre 2.000 e 3.000 kg ha⁻¹, para doses de até 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Gonçalves Júnior et al. (2010), em estudo de adubação com fósforo e potássio na cultura da soja, observaram que o aumento nas doses dos dois nutrientes resultaram em incremento na produtividade e no número de vagens produzidas, sendo que a aplicação combinada das doses de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, equivalentes ao dobro da quantidade recomendada, proporcionaram aumentos de 20 e 29% para a produtividade e o número de vagens produzidas, respectivamente, em relação ao tratamento-testemunha.

A soja responde positivamente à aplicação de potássio com aumento de produtividade, particularmente em solos com baixa disponibilidade do nutriente, fato verificado tanto no rendimento de grãos quanto no peso específico das sementes (SERAFIM et al., 2012). A produção de sementes mais leves, além de afetar o

rendimento da cultura, pode resultar em plantas mais baixas e menos produtivas no ciclo subsequente (PÁDUA et al., 2010). Foloni e Rosolem (2008) verificaram que a dose de 90 kg ha⁻¹ de K₂O resultou em aumento de produtividade para a cultura da soja, atingindo 3.300 kg ha⁻¹.

Além das quantidades aplicadas de potássio, o parcelamento da adubação potássica também pode proporcionar aumentos significativos na produtividade da soja, sendo que a aplicação parcelada nas fases de semeadura, florescimento e início do enchimento de vagens se mostra mais eficiente do que a aplicação de todo o fertilizante na semeadura, estando o benefício do parcelamento da adubação potássica envolvido com a diminuição das perdas do nutriente por lixiviação (KOLAR; GREWAL, 2005).

Em solos com baixa disponibilidade de potássio, o uso da adubação potássica promove incremento tanto na produtividade quanto nas características relacionadas à produtividade de soja, como, por exemplo, no número de vagens por planta, com conseqüente reflexo na produtividade. O fornecimento de potássio em solos deficientes, mesmo que de forma tardia, até o início do florescimento, pode compensar a falta do nutriente durante a fase vegetativa, sem prejuízos para a produtividade da cultura (SALE; CAMPBELL, 2006).

Em condições de disponibilidade satisfatória de água, o incremento na adubação com potássio resulta em aumento na eficiência fotossintética de plantas de soja, com conseqüente melhoria nos aspectos relacionados à produção. Por outro lado, plantas de soja em condições de restrição hídrica, tanto as tolerantes como as intolerantes ao déficit hídrico, recuperam mais rapidamente a eficiência fotossintética quando o suprimento de água passa a ser adequado em relação a uma condição de falta de água (CATUCHI et al., 2012).

2.3 Vigor como instrumento de avaliação de qualidade de sementes

A qualidade fisiológica das sementes, caracterizada pela capacidade germinativa e pelo nível de vigor, está diretamente relacionada com o potencial de armazenamento do lote de sementes, podendo persistir no campo, influenciando no

estabelecimento da cultura, no desenvolvimento da planta, na uniformidade da lavoura e, conseqüentemente, na produtividade (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Os testes de vigor de sementes têm como principal objetivo identificar diferenças significativas na qualidade fisiológica de lotes de sementes com boa qualidade comercial, em especial aqueles com germinação similar. Existem testes de vigor cuja função é verificar a condição metabólica atual das sementes, enquanto outros procuram avaliar a performance das sementes em condições ambientais específicas, particularmente em condições de estresse (VIEIRA et al., 2004).

Dentre os métodos que visam a avaliar a condição atual das sementes em termos de vigor, podem ser citados aqueles que identificam a integridade das membranas celulares, como no caso dos testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio. O princípio de ambos os testes é bastante parecido, sendo estabelecida a relação de que, quanto maior a quantidade de eletrólitos ou de potássio liberados na solução, para a condutividade elétrica e para a lixiviação de potássio, respectivamente, menor será o vigor das sementes testadas. Sementes em estado mais adiantado de deterioração liberam mais íons e moléculas presentes no interior das células (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA-NETO, 1999; CUSTÓDIO; MARCOS-FILHO). Considera-se que a desintegração das membranas celulares, com conseqüente aumento da permeabilidade, é um dos primeiros sinais da deterioração (PANOBIANCO; VIEIRA, 2007). A liberação inicial de eletrólitos e íons é intensa, tanto por sementes vigorosas quanto por aquelas danificadas e de baixo vigor; no entanto, com o decorrer do processo, a quantidade de exsudatos liberados pelas sementes vigorosas vai estabilizando-se, devido à reorganização das membranas, permitindo que seja feita a classificação de lotes de sementes em diferentes níveis de vigor (ROSA et al., 2000).

Ainda relacionado com o vigor atual das sementes, outro aspecto importante é a possível relação que o incremento nos teores de nutrientes nas sementes, especialmente o potássio, pode ter com o vigor de sementes. Os testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio têm seus princípios diretamente relacionados aos níveis deste nutriente na semente (CUSTÓDIO; MARCOS-FILHO, 1997). Em comparação com sementes de outras culturas anuais, as sementes de

soja, além do potássio, têm lixiviação maior também de fósforo, tanto na forma inorgânica quanto na de ácido fítico (SILVA; SILVA, 1999).

Os testes de vigor conduzidos em condições de estresse ambiental visam a classificar os lotes de sementes de maneira a destiná-los para regiões em que as condições climáticas na ocasião da semeadura possam ser desfavoráveis ao processo germinativo, como a ocorrência de baixas ou altas temperaturas, ou ainda condições de déficit hídrico, etc. Também podem ser utilizados para classificar os lotes de sementes quanto ao potencial de armazenamento, permitindo que, desta maneira, os lotes com menor capacidade de resistir a condições existentes durante a estocagem possam ser destinados à comercialização primeiro, evitando que as sementes percam a qualidade germinativa ainda no armazenamento (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA-NETO, 1999).

Dentre os testes que avaliam a exposição a condições de estresse ambiental, o teste de envelhecimento acelerado é um dos mais empregados na avaliação do potencial fisiológico de sementes de várias espécies, permitindo que sejam obtidas informações bastante consistentes, devido à proximidade que este teste guarda com o teste-padrão de germinação (TEKRONY, 1995). O princípio do teste de envelhecimento baseia-se na aceleração artificial da deterioração das sementes, por meio da exposição a condições de temperatura e umidade relativa do ar elevadas, considerados como os fatores ambientais necessários para intensificar a velocidade de deterioração das sementes (MARCOS FILHO, 1999). Nessa situação, as sementes mais vigorosas iniciam o processo de deterioração mais lentamente que as sementes menos vigorosas, havendo reflexos nos testes de germinação posteriormente realizados.

O uso de testes de vigor é de fundamental importância para as empresas produtoras de sementes, orientando o processo produtivo, tanto nos campos de produção quanto dentro da unidade de beneficiamento de sementes. As informações fornecidas pelos testes de vigor permitem que os lotes de sementes produzidos recebam destinação técnica quanto às melhores formas de armazenamento e época de comercialização, bem como possam ser distribuídos em regiões nas quais as sementes possam expressar seu máximo potencial fisiológico.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O trabalho foi realizado a campo, nas safras 2009/2010 e 2010/2011, sendo semeados na época recomendada para a produção de grãos, que no estado de São Paulo varia entre 15 de outubro e 15 de dezembro. Os experimentos foram instalados na área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal (SP), localizada nas coordenadas geográficas 21°15'12"S e 48°18'58"O, altitude aproximada de 595 m e nos laboratórios de Fertilidade do Solo, do Departamento de Solos e Adubos, e de Análise de Sementes, do Departamento de Produção Vegetal.

O clima da região paulista, na qual se situa Jaboticabal, é subtropical, com verão chuvoso e inverno seco, de acordo com a classificação de Köppen. Durante a condução dos experimentos, as temperaturas variaram entre 31,5 e 19,6°C, na safra de 2009/2010, e entre 31,7 e 19,2°C, na safra de 2010/11. O total de chuva acumulado foi de 988 e de 1.231 mm (Figura 1), para as safras de 2009/2010 e 2010/2011, respectivamente (ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA - UNESP/FCAV, 2012). Os dados completos relacionados à temperatura, unidade relativa do ar e precipitação encontram-se nos anexos, de A a L.

O solo da área utilizada é um Latossolo Vermelho distrófico (CENTURION, 1998). Amostras compostas de solo, formadas a partir da coleta de 20 amostras simples, foram coletadas na camada de 0 a 20 e de 20 a 40 cm e submetidas a análise química segundo Rajj et al. (2001), cujos resultados se encontram na Tabela 1.

Em relação à textura do solo, a camada de 0 a 20 cm apresentou 35% de argila, 4% de silte e 61% de areia, tendo classe textural média. Já na camada de 20 a 40 cm, havia 40% de argila, 3% de silte e 57% de areia, com classe textural argilosa. A análise granulométrica foi feita de acordo com Camargo et al. (1986).

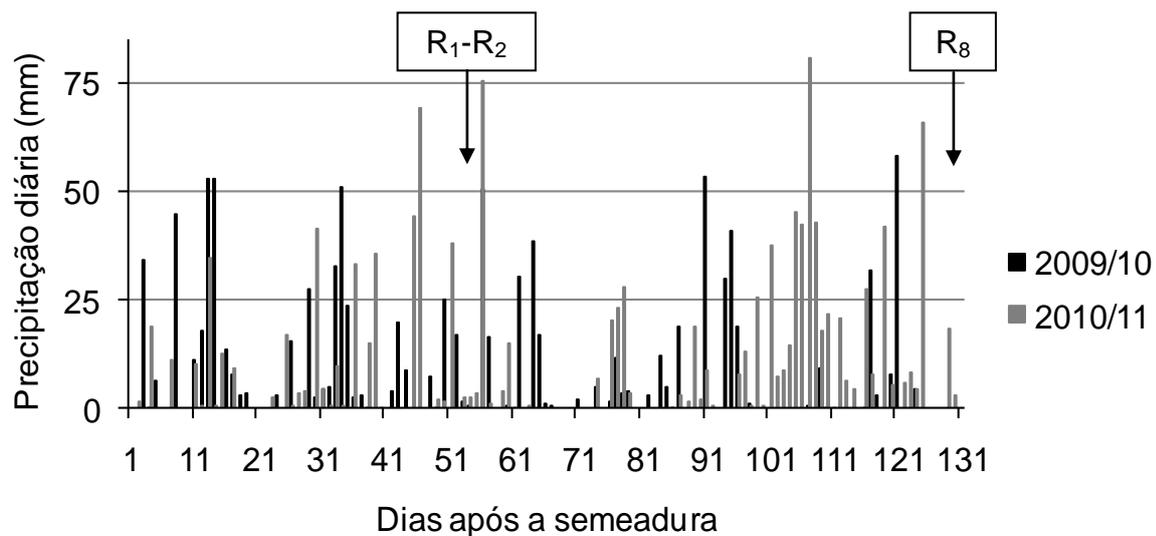


Figura 1. Precipitação diária (mm) no período de condução dos experimentos, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Tabela 1. Atributos químicos do solo, nas safras 2009/2010 e 2010/2011.

Safrá	Camada cm	P res. mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
					----- mmol _c dm ³ -----						%
2009/10	0-20	6	21	5,0	1,8	17	7	28	26	54	48
	20-40	5	16	4,8	1,0	12	5	31	18	49	37
2010/11	0-20	6	16	4,9	1,6	11	7	28	20	48	41
	20-40	3	14	4,6	1,3	9	5	28	15	43	35

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos resultaram da combinação entre doses de fósforo de 0; 40; 80; 120 e 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (equivalentes a 0; 50; 100; 150 e 200% da dose recomendada) e doses de potássio de 0; 50 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O (equivalentes a 0; 100 e 200% da dose recomendada), arranjadas em esquema fatorial, totalizando 15 tratamentos, com quatro repetições cada. O delineamento experimental foi em blocos casualizados. As doses referenciais de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50 kg ha⁻¹ de K₂O foram definidas de acordo com as recomendações de Raji et al. (1997), baseadas nos resultados da análise química do solo e na perspectiva de

produtividade entre 2,5 e 2,9 t ha⁻¹. As fontes de fósforo e potássio foram o superfosfato triplo e o cloreto de potássio, respectivamente.

As parcelas foram constituídas por cinco linhas de 3 m de comprimento, com espaçamento de 0,45 m, resultando em área total de 6,75 m². A área útil da parcela foi representada pelas três linhas centrais, descontando-se 0,5 m de cada extremidade, totalizando 2,7 m².

3.3 Instalação do experimento

Previamente à instalação dos experimentos, foram feitos cultivos de milho na área, visando a uniformizar a área experimental e a diminuir o teor de potássio no solo. O corte das plantas de milho foi feito na fase de enchimento de grãos, utilizando-se de uma ensiladeira, de tal forma que foi retirada a parte aérea das plantas, tendo como consequência a retirada de potássio do solo da área experimental. Em setembro/2008, o teor de potássio no solo era alto, de 3,1 mmol_c dm⁻³, e após dois cultivos sucessivos de milho, o teor de K caiu para 2,3 mmol_c dm⁻³, em abril/2009, e 1,8 mmol_c dm⁻³, em setembro de 2009. Antes da instalação do experimento da safra de 2010/2011 foi conduzido mais um cultivo com milho, deixando o teor de potássio no solo em 1,6 mmol_c dm⁻³.

Os experimentos das safras de 2009/2010 e 2010/2011 foram conduzidos em áreas adjacentes, cujas características químicas do solo foram similares (Tabela 1). Para cada uma das safras, o preparo do solo consistiu em uma aração e duas gradagens. Em seguida, foi feita a calagem visando a elevar a saturação por bases do solo a 60% (RAIJ et al., 1997), sendo empregado calcário agrícola ultrafino, com PRNT de 100%, cuja aplicação foi realizada 45 dias antes da data prevista para a instalação de cada experimento. Para tanto, as áreas experimentais foram divididas em faixas de 10 x 1m, sendo aplicadas em cada uma das faixas as quantidades equivalentes de calcário necessárias para cada uma das safras, sendo em seguida feita a incorporação com gradeadora. Aproximadamente 15 dias antes da instalação dos experimentos, foi feito o controle preventivo de plantas daninhas, aplicando-se Trifluralina Nortox Gold[®] (trifluralina), que foi incorporada com grade, para evitar as perdas por volatilização e fotodecomposição.

Previamente à sementeira, as sementes foram tratadas com fungicida e inoculante. Na ocasião da instalação dos experimentos, foram feitos sulcos de aproximadamente 8 cm de profundidade, espaçados de 0,45 m, utilizando-se de uma semeadora. Em seguida, foi realizada a delimitação das parcelas, sendo feitas as adubações com fósforo e potássio. Os fertilizantes foram distribuídos manualmente no fundo do sulco, cobertos com pequena quantidade de terra. Em seguida, foi feita a sementeira, distribuindo-se manualmente cerca de 30 sementes por metro linear.

A cultivar de soja empregada foi a MG/BR-64 (Conquista), que serve de modelo para muitos estudos relacionados à cultura, com produtividades variando entre 1.300 e 3.750 kg ha⁻¹ na região de Jaboticabal. O ciclo desta cultivar é médio, variando entre 131 e 140 dias. Tem como principais características resistência ao acamamento e à deiscência das vagens, além do período juvenil longo, sendo recomendada para quase todos os Estados brasileiros, devido à alta adaptabilidade. A cor da flor é roxa e, da pubescência, marrom (BEUTLER et al., 2007; NUNES et al., 2010).

3.4 Tratos culturais

Após a emergência das plântulas, no estágio fenológico V₂, foi feito o desbaste, estabelecendo-se população equivalente a 300 mil plantas por hectare, que correspondeu a 13,5 plantas por metro linear, no espaçamento de 0,45 m. Nos anexos M e N, encontram-se as informações básicas relacionadas aos estádios das fases vegetativa e reprodutiva para a cultura da soja (FEHR; CAVINESS, 1977).

Após o desbaste, foi feita aplicação de gesso em cobertura, visando a fornecer S para as plantas, tendo sido empregada a dose de 45 kg ha⁻¹ de S, de acordo com a recomendação de Raij et al. (1997), e a projeção de produtividade de 3,0 t ha⁻¹.

Durante a condução do experimento, foi feito o controle de plantas daninhas e de pragas e doenças. Para o controle do mato, além da aplicação do herbicida em pré-semeadura, foram feitas capinas quinzenais até o fechamento da cultura. Para o controle das doenças, sobretudo da ferrugem asiática, foram feitas aplicações preventivas dos fungicidas Priori Xtra[®] (azoxistrobina – estrobilurina + ciproconazol –

triazol) e Folicur 200 EC[®] (tebuconazol - triazol)) a partir do início do florescimento (estádios fenológicos R1-R2), os quais foram aplicados de forma alternada até o início da senescência das folhas (estádios fenológicos R6-R7). O controle de pragas, em especial do complexo de percevejos da soja, foi feito a partir do início da formação de vagens, ocasião em que foram observados os primeiros sinais da presença de adultos e de ovos destes insetos. Para tanto, foram empregados os inseticidas Engeo Pleno[®] (piretroide + neonicotinoide) e Endossulfan AG[®] (ciclodienoclorado), que foram aplicados alternadamente a cada quinzena até o final do ciclo.

3.5 Monitoramento do teor de água das sementes e colheita

Entre os estádios R₆ e R₇ da escala fenológica (granação plena e maturidade fisiológica, respectivamente), foi feito o monitoramento do teor de água das sementes, com o objetivo de fazer a colheita das parcelas a partir do ponto de maturidade fisiológica, ocasião em que as sementes apresentam aproximadamente 50% de teor de água (HOWELL; COLLINS; SEDGEWICK, 1959, citados por LAZARINI; SÁ; FERREIRA, 2000). Semanalmente, foram retiradas vagens das plantas das extremidades de cada parcela, nas posições inferior, mediana e superior, sendo obtidas sementes para a determinação do teor de água (LACERDA et al., 2005).

Atingido o ponto de maturidade fisiológica, foram colhidas todas as plantas da área útil. A colheita das plantas de soja das parcelas foi feita manualmente, sendo a linha central destinada para a obtenção de sementes, com as vagens retiradas e debulhadas manualmente para evitar a ocorrência de danos mecânicos nas sementes. As plantas das duas linhas adjacentes foram trilhadas mecanicamente. As sementes foram limpas e armazenadas em câmara fria e seca, com temperatura média de 10°C e umidade relativa do ar em torno de 50%, visando a manter sua qualidade fisiológica.

3.6 Avaliação das características agronômicas

Foram avaliadas as seguintes características agronômicas: estande inicial e final (sobrevivência), altura de inserção da primeira vagem, altura das plantas, número de ramos e de vagens por planta e produtividade (massa e número de sementes viáveis por hectare).

Estande inicial e final: foram determinados contando-se a totalidade de plantas da área útil de cada parcela. O estande inicial foi determinado imediatamente após o desbaste para o ajuste da população de plantas (entre os estádios V_2 e V_4), e o final no estágio R_7 (que coincide com a colheita, sendo adotado como referência o ponto de maturidade fisiológica das sementes). Utilizando-se destas duas determinações, foi calculada a porcentagem de sobrevivência das plantas.

As avaliações relacionadas com a altura de inserção da primeira vagem, a altura da planta e o número de ramos e de vagens foram feitas em 10 plantas da área útil de cada parcela, de acordo com os seguintes procedimentos (PEIXOTO et al., 2000):

Altura de inserção da primeira vagem: foi determinada medindo-se a distância entre o colo da planta e o ponto no qual se insere a primeira vagem na haste principal. Os resultados foram expressos em centímetros.

Altura da planta: foi tomada a medida da distância entre o colo e o ápice da haste principal da planta, com resultados expressos em centímetros.

Número de ramos e de vagens: foi feita a contagem da quantidade de ramos e de vagens por planta.

Produtividade: após a debulha, as sementes foram limpas e pesadas, sendo determinado o teor de água pelo método da estufa (BRASIL, 2009). A produtividade foi expressa em kg ha^{-1} com correção da massa para 13% de teor de água. Adicionalmente, foi estimada a quantidade de sacos contendo 300 mil sementes viáveis, utilizando-se dos valores obtidos para cada parcela quanto à produtividade, germinação e massa de mil sementes.

3.7 Avaliação das características físicas, químicas e fisiológicas das sementes

3.7.1 Avaliação das características físicas das sementes

As características físicas avaliadas foram o teor de água, a massa de mil sementes e a classificação por peneiras.

Teor de água das sementes: foi determinado pelo método de estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas, com duas repetições de 25 g de sementes, de acordo com procedimento descrito nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), com os resultados expressos na base úmida.

Massa de mil sementes: foi obtida pesando-se oito repetições de 100 sementes, conforme método citado em Brasil (2009); em seguida foi feita a média e o resultado, multiplicado por dez. Os resultados foram expressos em gramas e corrigidos para 13% de teor de água.

Classificação por peneiras: foi feita pelo Teste de Uniformidade, descrito por Brasil (2009). A totalidade das sementes produzidas em cada parcela foi dividida em quatro partes iguais, e cada uma destas partes consistiu em uma repetição para se determinar a distribuição das sementes por tamanho. Foram empregadas peneiras com crivos oblongos de 4,0; 4,4; 4,8; 5,2; 6,6; 6,0 e 6,4 mm de largura por 19,1 mm de comprimento). As sementes retidas em cada peneira e na caixa coletora foram pesadas em balança com precisão de 0,01 g. Foi calculada a porcentagem de sementes por peneira, considerando-se a massa total das sementes de cada repetição como valor referencial.

3.7.2 Avaliação de características químicas das sementes

Foi feita a determinação dos teores de fósforo e de potássio nas sementes de acordo com as recomendações de Carmo et al. (2000), utilizando-se de uma amostra de 100 g para cada parcela, a qual foi seca em estufa com circulação forçada de ar, em temperatura de 65°C , até massa constante. Em seguida, as sementes foram moídas em moinho do tipo Willey, e as amostras obtidas foram acondicionadas em recipiente de plástico para preservação. Uma subamostra de 0,5 g foi submetida à digestão nítrico-perclórica. A partir dos extratos obtidos, foram

determinados os teores de P e K das sementes, com resultados expressos em g kg⁻¹.

3.7.3 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes

A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pelo teste-padrão de germinação e por testes de vigor. Visando a manter a qualidade fisiológica das sementes para a realização dos testes, o armazenamento destas foi feito em câmara fria e seca (temperatura de 10°C e umidade relativa do ar de 50%).

3.7.3.1 Teste padrão de germinação

Foi utilizado o método citado em Brasil (2009), empregando-se como substrato o papel de germinação (rolo de papel), utilizando-se de oito repetições de 50 sementes por parcela, que foram colocadas em câmara de germinação com temperatura de 25°C. As contagens de sementes germinadas foram realizadas no 5^o e no 8^o dias após a instalação dos testes (primeira e última contagem, respectivamente), com os resultados expressos em porcentagem de germinação.

3.7.3.2 Testes de vigor das sementes

O vigor das sementes foi avaliado por meio dos testes de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e lixiviação de potássio, de acordo com os seguintes procedimentos:

Teste do envelhecimento acelerado: foi usado o método do gerbox, descrito por Tekrony (2005), que consistiu em colocar as sementes em caixas de plástico para germinação, de 11 x 11 x 3,5 cm, a 41°C, por 72 horas, em câmara de envelhecimento acelerado do tipo “water-jacketed”. Em seguida, foi feito teste de germinação em papel, sendo utilizadas quatro repetições de 50 sementes por parcela. A contagem foi feita no 8^o dia do início do teste de germinação, com os resultados expressos em porcentagem de germinação.

Teste de condutividade elétrica: foi realizado usando-se o método descrito por Vieira e Krzyzanowski (1999). Amostras com 50 sementes foram pesadas e transferidas para copos de plástico contendo 75 mL de água destilada, e em seguida colocadas em germinador, à temperatura de 25°C, por 24 horas. Após esse tempo, a condutividade elétrica da solução foi determinada por meio de condutímetro (DM-31 Digimed), com os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de semente. Foram utilizadas quatro repetições por parcela.

Teste de lixiviação de potássio: foi usado o método descrito por Custódio e Marcos-Filho (1997), sendo utilizadas quatro repetições de 50 sementes por parcela, as quais foram pesadas e, em seguida, imersas em 75 mL de água destilada em copos de plástico e colocadas em germinador, à temperatura de 30°C, durante 30 minutos. Os frascos foram agitados manualmente no início e no final desse tempo; em seguida, foram retiradas alíquotas de 50 mL para a determinação do potássio em fotômetro de chama, sendo os resultados expressos em μg de potássio lixiviado por grama de semente. Foram utilizadas quatro repetições por tratamento.

3.8 Determinação dos teores de nutrientes na folha diagnóstica

No florescimento pleno da soja (estádio reprodutivo R_2) foi feita amostragem coletando-se as terceiras folhas com pecíolo, de 30 plantas por parcela (RAIJ et al., 1997).

As folhas de cada parcela foram lavadas em solução de detergente a 0,1%, enxaguadas com água de torneira e passadas três vezes em água deionizada, secas com papel absorvente para a retirada do excesso de umidade e colocadas em estufa de circulação forçada de ar a $\pm 65^\circ\text{C}$ até massa constante, sendo posteriormente moídas, misturadas uniformemente e armazenadas em recipientes de plástico para conservação.

Para a determinação do teor de N na folha, foi pesada uma subamostra de 0,1 g, a qual foi submetida a digestão sulfúrica. Para a determinação dos teores de P, K, Ca, Mg, S e Zn, foi pesada uma subamostra de 0,5 g, que foi submetida à digestão nítrico-perclórica. A partir dos extratos, foram determinados os teores dos macronutrientes e de Zn nas folhas, com resultados expressos em g kg^{-1} , para macronutrientes, e em mg kg^{-1} , para o Zn (CARMO et al., 2000).

3.9 Procedimento estatístico

Os dados de produção e de qualidade das sementes foram comparados entre si, primeiramente por meio de análise de variância, seguida, nos casos em que o valor de F foi significativo, de uma comparação entre as médias por meio do teste de Tukey e de análise de regressão. Os resultados das safras de 2009/2010 e 2010/2011 foram analisados em separado e também foi feita comparação entre ambos os experimentos (BANZATTO; KRONKA, 2006).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeitos da adubação com fósforo e potássio nos componentes de produção, no teor de nutrientes na folha diagnóstica e na produtividade de soja

A adubação potássica não afetou a produtividade de sementes de soja em ambas as safras (Tabela 2). Nas condições em que foram realizados os experimentos, com teor médio de potássio no solo (1,6 e 1,8 mmol_c dm⁻³, na primeira e segunda safras, respectivamente), há menor possibilidade de resposta à adubação com o nutriente, mesmo sendo a cultura da soja exigente e responsiva à adubação potássica (SERAFIM et al., 2012; FOLONI; ROSOLEM, 2008).

A produtividade média nas safras de 2009/2010 e 2010/2011 foi de 2.165 e 3.053 kg ha⁻¹, respectivamente, sendo que, na segunda safra, o valor foi 41% maior em relação à primeira. O menor rendimento na primeira safra, com quase 900 kg ha⁻¹ a menos do que no segundo ano, é devido, em parte, à ocorrência da ferrugem asiática na região de Jaboticabal, que resultou em menor produção de grãos, apesar da aplicação preventiva de fungicidas (Tabela 2). A ferrugem asiática tem como principais consequências a diminuição da quantidade de folhas, que se inicia na parte inferior da planta, com conseqüente queda na produtividade da cultura (KOGA et al., 2011). A diferença de produtividade entre as duas safras também pode ser devida à precipitação distinta que ocorreu nos dois períodos, sendo que, na safra 2009/2010 o total de chuvas foi de 988 mm (42% concentrados na fase reprodutiva), enquanto na safra de 2010/2011 a precipitação foi de 1.231 mm (57% ocorrendo na fase reprodutiva), condições estas que proporcionaram maiores produtividades em todos os tratamentos na segunda safra (Tabela 2 e Figura 1).

Apesar da diferença de produtividade entre as safras de 2009/2010 e 2010/2011, em ambas, a resposta ao fósforo foi linear (Tabela 2), havendo aumento no rendimento de sementes de soja. Na safra de 2009/2010 os valores variaram entre 1.932 e 2.367 kg ha⁻¹, quando foram utilizadas as doses de 0 e 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente, enquanto na safra de 2010/2011 a variação foi entre 2.438 e 3.507 kg ha⁻¹, com a utilização das doses de 0 e 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente. Em ambas as safras, a maior produtividade foi alcançada quando

aplicada a dose de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅, sendo que, na safra 2009/2010 o ganho de produção em relação ao tratamento-testemunha foi de 22,5%, enquanto na safra 2010/2011 o aumento devido à aplicação desta mesma dose foi de 43,8%. Gonçalves Júnior et al. (2011) verificaram que o uso do dobro da quantidade recomendada de fósforo proporcionou aumento de 29% na produtividade de soja, em relação ao tratamento testemunha.

Tabela 2. Produtividade de sementes de soja, em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Safra	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)					Média	
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120		160
----- kg ha ⁻¹ -----							
2009/10	0	1.945	2.351	1.935	2.154	2.454	2.168
	50	1.985	2.040	2.425	2.148	2.389	2.197
	100	1.865	2.175	2.079	2.284	2.257	2.132
	Média	1.932	2.188	2.146	2.195	2.367	2.166 B ¹
2010/11	0	2.761	3.052	2.977	3.344	3.628	3.153
	50	2.560	2.687	3.497	3.360	3.381	3.097
	100	1.993	2.900	3.041	3.118	3.510	2.913
	Média	2.438	2.880	3.172	3.274	3.507	3.054 A
Análise de Variância							
Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Safra	CV (%)		
2009/10	0,27 ^{ns 2}	3,59 [*]	1,26 ^{ns}	128,62 ^{**}	13,1		
2010/11	1,18 ^{ns}	7,57 ^{**}	0,85 ^{ns}				
Análise de regressão para doses de P							
Fator	Safra 2009/10		Safra 2010/11				
	Equação ³		R ²	Equação	R ²		
P	y = 2,1911x + 1.990		0,79 ^{**}	y = 6,3287x + 2.547	0,95 ^{**}		

¹ Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra maiúscula para safras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. ² ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente. ³ a variável "x" significa dose de P₂O₅, em kg ha⁻¹.

A partir das regressões lineares, verifica-se que os ganhos de produtividade, em razão da aplicação da dose de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em relação à testemunha, foram de 351 e 959 kg ha⁻¹, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011, respectivamente. Oliveira Júnior, Prochnow e Klepker (2011) verificaram que o aumento das doses de

fósforo resultou em incremento na produtividade da cultura da soja, com variações entre 2.000 e 3.000 kg ha⁻¹, com doses de até 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com ganho médio equivalente a 1.000 kg ha⁻¹.

A sobrevivência das plantas de soja não foi afetada pelas adubações com fósforo e potássio, em ambas as safras. Na safra de 2009/2010 a sobrevivência média foi de 91,1%, enquanto na safra de 2010/2011 a sobrevivência foi menor, de 81,7% (Tabela 3). A diferença no estande entre as duas safras deve-se à ocorrência de chuvas, sendo que, na safra de 2010/2011, houve menor precipitação nos primeiros dias após a semeadura, fato que prejudicou a germinação e o estabelecimento da população inicial.

Tabela 3. Sobrevivência (%) de plantas de soja, em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Safr	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)						Média
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120	160	
----- % -----							
2009/10	0	93,3	92,7	90,7	86,8	93,1	91,3
	50	94,8	85,6	92,5	93,0	92,5	91,7
	100	90,4	91,8	90,1	89,0	90,7	90,4
	Média	92,8	90,0	91,1	89,6	92,1	91,1 A ¹
2010/11	0	83,7	87,0	79,3	82,2	78,8	82,2
	50	85,7	78,0	84,4	76,9	88,7	82,7
	100	79,3	81,7	82,2	81,0	76,2	80,1
	Média	82,9	82,2	82,0	80,0	81,2	81,7 B
Análise de Variância							
Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Safra	CV (%)		
2009/10	0,19 ^{ns 2}	0,50 ^{ns}	0,68 ^{ns}	105,92 ^{**}	7,4		
2010/11	0,51 ^{ns}	0,17 ^{ns}	1,01 ^{ns}		10,8		

¹ Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra maiúscula para safras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. ² ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente.

Não foi constatado efeito da adubação com fósforo e com potássio na altura de inserção da primeira vagem em ambas as safras; no entanto, houve diferença na altura de inserção da primeira vagem entre as safras, sendo que, na safra 2009/2010 foi maior, de 31,5 cm, enquanto na safra 2010/2011 este valor foi de 28,4

cm (Tabela 4). Zucarelli et al. (2006) também não observaram efeito da adubação fosfatada na altura de inserção da primeira vagem de plantas de feijão, com doses de até 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 . De acordo com Câmara et al. (1998), para se obter elevado rendimento na colheita mecanizada de soja, em função da diminuição de perdas na colheita, a altura de inserção da primeira vagem de plantas de soja deve ser de aproximadamente 12 cm.

Por outro lado, houve aumento na altura da planta, tanto devido à adubação potássica (safra 2009/10), quanto à adubação fosfatada. Na safra 2009/2010 o efeito da adubação potássica foi linear, com a altura das plantas variando entre 99,1 e 105,3 cm, para os tratamentos testemunha e 100 kg ha^{-1} de K_2O . Também houve aumento linear em razão da adubação fosfatada, sendo que quando não se aplicou fósforo a altura de plantas foi de 96,1 cm, enquanto com aplicação de 160 kg ha^{-1} de P_2O_5 as plantas alcançaram 105,2 cm. Na safra 2010/2011 foi verificado efeito quadrático da adubação com fósforo na altura de plantas, cuja altura máxima foi de 88,2 cm, obtida na dose de $133,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 (Tabela 5).

O efeito da adubação com fósforo também foi observado nos demais componentes de produção, havendo aumento linear no número de ramos e de vagens por planta, bem como na produção individual por planta (Tabelas 6 a 8). Em condição de deficiência de fósforo, é formado menor número de vagens e também há maior taxa de aborto destas estruturas, com consequente diminuição na produtividade (VENTIMIGLIA et al., 1999). Gonçalves Júnior et al. (2011) verificaram que o uso do dobro da quantidade recomendada de fósforo proporcionou aumento de 20% no número de vagens produzidas por planta de soja, em relação ao tratamento-testemunha.

Tabela 4. Altura de inserção da primeira vagem (cm) em plantas de soja, em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Saфра	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)					Média	
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120		160
----- cm -----							
2009/10	0	29,4	31,9	28,8	32,0	31,6	30,7
	50	34,2	31,2	31,0	33,6	31,0	32,2
	100	34,3	33,1	31,7	29,7	29,6	31,7
	Média	32,7	32,1	30,5	31,7	30,7	31,5 A ¹
2010/11	0	26,5	29,8	27,7	28,4	28,6	28,2
	50	26,6	30,0	27,9	30,0	28,1	28,5
	100	27,0	27,6	28,3	31,6	28,4	28,6
	Média	26,7	29,1	28,0	30,0	28,4	28,4 B
Análise de Variância							
Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Saфра	CV (%)		
2009/10	0,64 ^{ns 2}	0,62 ^{ns}	0,79 ^{ns}	24,50 ^{**}	13,0		
2010/11	0,11 ^{ns}	2,38 ^{ns}	0,56 ^{ns}		9,7		

¹ Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra maiúscula para safras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. ² ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente.

A adubação fosfatada afetou o número de ramos e de vagens por planta de soja e não houve efeito da adubação potássica nestas avaliações.

Na safra 2009/2010, o número de ramos aumentou com tendência linear em razão das doses de fósforo aplicadas, variando entre 3,6 e 4,5 ramos por planta, para a menor e a maior dose aplicada, respectivamente. Na safra de 2010/2011, o efeito da adubação fosfatada foi quadrático, sendo que as maiores quantidades de ramos foram de 3,7 e 3,8, observadas nos tratamentos testemunha e de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente (Tabela 6).

Tabela 5. Altura de plantas de soja, em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Safr	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)					Média	
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120		160
----- cm -----							
2009/10	0	89,2	105,5	95,0	103,8	102,1	99,1 b ¹
	50	99,8	101,9	106,3	101,0	105,8	103,0 ab
	100	99,4	103,6	108,4	107,2	107,8	105,3 a
	Média	96,1	103,6	103,2	104,0	105,2	102,4 A
2010/11	0	70,7	82,3	75,6	84,0	86,1	79,7
	50	69,7	76,1	83,0	91,7	82,6	80,6
	100	70,4	81,9	82,6	86,4	84,7	81,2
	Média	70,3	80,1	80,4	87,3	84,5	80,5 B
Análise de Variância							
Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Safr	CV (%)		
2009/10	4,48 * ²	3,58 *	1,40 ns	271,73 **	6,4		
2010/11	0,25 ns	12,00 **	1,09 ns		8,0		
Análise de regressão para doses de K e P							
Fator	Safr 2009/10		Safr 2010/11				
	Equação ³	R ²	Equação	R ²			
K	y = 0,0619x + 99,34	0,98 **	y = 80,5	ns			
P	y = 0,0463 + 98,72	0,66 **	y = - 0,000835x ² + 0,2226x + 73,39	0,91 *			

¹ Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra, minúscula para doses de potássio e maiúscula para safras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. ² ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente. ³ para os fatores K e P a variável "x" significa dose de K₂O e de P₂O₅, em kg ha⁻¹, respectivamente.

Comparando-se os valores obtidos nas duas safras, verifica-se que, na safr de 2009/2010 a produção média de ramos foi maior, de 4,1 ramos por planta, enquanto que na safr 2010/2011 foram produzidos, em média, 3,5 ramos por planta (Tabela 6). Tal diferença pode ser atribuída às diferentes condições climáticas observadas nas duas safras, sobretudo em relação à precipitação. Na primeira safr, houve maior ocorrência de chuvas, sendo que 58% do total registrado ao longo do ciclo cultural ocorreu na fase vegetativa (573 mm), fato que pode ter favorecido o crescimento vegetativo das plantas, havendo maior desenvolvimento, tanto em altura (Tabela 5) quanto em termos de ramificação (Tabela 6). Por outro lado, na safr de 2010/2011, ocorreu menor quantidade de chuva no período vegetativo, com

cerca de 43% do total precipitado (529 mm). Os dados climáticos das duas safras encontram-se nos anexos, de A e L.

Em ambas as safras, houve aumento linear da quantidade de vagens por planta devido à adubação fosfatada. Na safra de 2009/2010, o número de vagens por planta variou entre 30,2, no tratamento-testemunha, e 38,0, com a dose de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Na safra 2010/2011, a variação foi entre 38,0 e 48,9 para os tratamentos testemunha e de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente (Tabela 7). Segundo Ventimiglia et al. (1999), em condições de deficiência de fósforo, há menor produção tanto de flores quanto de vagens e, também, maior ocorrência de aborto dessas estruturas. Tal fato pode ser observado claramente nos dados obtidos neste experimento (Tabela 7), pois em ambas as safras foram produzidas maiores quantidades de vagens na dose de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com ganhos percentuais de 26 e 29% nas safras de 2009/2010 e 2010/2011, respectivamente.

Maior produção de vagens por planta foi constatada na safra 2010/2011, com número médio de 43,8 vagens por planta, enquanto na safra de 2009/2010 a média foi de 35,0 vagens por planta (Tabela 7). A possível explicação para a diferença média entre as duas safras pode ser atribuída à ocorrência e à distribuição das chuvas, sendo que a precipitação total no primeiro ano foi de 988 mm, dos quais 415 mm (42% do total) ocorreram após o início do florescimento, enquanto no segundo ano a precipitação total foi maior, de 1.231 mm, com 57% (702 mm) deste volume registrados na fase reprodutiva.

De modo similar, tal como verificado para os demais componentes relacionados à produção, a produtividade de sementes por planta de soja foi afetada apenas pela adubação fosfatada (Tabela 8). Em ambas as safras, houve aumento linear da produção por planta de soja, sendo que na safra 2009/2010, ela foi de 6,9 g por planta no tratamento-testemunha, e de 8,6 g quando foi aplicada a dose de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅, o que representa um ganho de 25%. Na safra de 2010/2011, o ganho devido à aplicação da maior dose de fósforo foi mais pronunciado, com produção por planta 43% maior do que na testemunha. Em ambos os casos, a ação benéfica da adubação fosfatada no aumento da produção por planta deve-se ao efeito nos componentes de produção, tais como os aumentos observados na

quantidade de ramos e de vagens (Tabelas 6 e 7), bem como no maior crescimento da planta em altura (Tabela 5).

Tabela 6. Número de ramos em plantas de soja em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Safr	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)					Média	
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120		160
----- n ^o de ramos por planta -----							
2009/10	0	3,3	4,4	3,8	4,1	4,8	4,1
	50	3,5	4,2	4,3	4,8	4,2	4,2
	100	4,0	4,1	4,2	4,1	4,4	4,1
	Média	3,6	4,2	4,1	4,3	4,5	4,1 A ¹
2010/11	0	4,0	3,1	3,5	3,7	3,8	3,6
	50	3,5	3,7	3,5	2,9	3,8	3,5
	100	3,6	3,7	3,3	3,3	3,9	3,5
	Média	3,7	3,5	3,4	3,3	3,8	3,5 B
Análise de Variância							
Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Safr	CV (%)		
2009/10	0,23 ^{ns 2}	3,46 [*]	1,16 ^{ns}	15,69 ^{**}	14,7		
2010/11	0,40 ^{ns}	1,83 ^{ns}	1,16 ^{ns}				
Análise de regressão para doses de P							
Fator	Safr 2009/10		Safr 2010/11				
	Equação ³	R ²	Equação	R ²			
P	y = 0,0044x + 3,78	0,73 ^{**}	-		ns		

¹ Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra maiúscula para safras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. ² ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente. ³ a variável "x" significa dose de P₂O₅, em kg ha⁻¹.

Não foi verificado efeito da adubação potássica nos teores de N, P, Ca, Mg, S e Zn na folha, em ambas as safras. Foi verificado efeito da adubação potássica no teor de potássio na folha, na safr de 2009/2010, sendo que no tratamento testemunha o teor foi menor (20,53 g kg⁻¹ de matéria seca), enquanto no tratamento com 100 kg ha⁻¹ de K₂O a concentração de potássio na folha foi de 22,88 g kg⁻¹ de matéria seca. A adubação fosfatada, por sua vez, promoveu acréscimo linear nos teores de P, Ca, Mg e S na folha, diminuição linear no teor de Zn e não alterou os teores de N e K na folha (Tabelas 9 a 15).

Tabela 7. Número de vagens por planta de soja em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Saфра	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)					Média	
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120		160
----- n ^o de vagens por planta -----							
2009/10	0	28,5	38,0	33,8	35,3	38,4	34,8
	50	31,5	34,1	36,1	37,4	38,3	35,5
	100	30,6	33,4	35,9	37,3	37,2	34,9
	Média	30,2	35,1	35,3	36,7	38,0	35,0 B ¹
2010/11	0	40,0	43,1	41,2	50,7	49,0	44,8
	50	37,2	40,9	44,1	44,7	48,1	43,0
	100	37,0	44,3	40,6	47,3	49,6	43,8
	Média	38,0	42,7	41,9	47,6	48,9	43,8 A
Análise de Variância							
Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Saфра	CV (%)		
2009/10	0,10 ^{ns 2}	3,82 ^{**}	0,42 ^{ns}	125,11 ^{**}	15,0		
2010/11	0,45 ^{ns}	6,63 ^{**}	0,42 ^{ns}		13,5		
Análise de regressão para doses de P							
Fator	Saфра 2009/10		Saфра 2010/11				
	Equação ³	R ²	Equação	R ²			
P	y = 0,0428x + 31,62	0,84 ^{**}	y = 0,0663x + 38,53	0,90 ^{**}			

¹ Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra maiúscula para safras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. ² ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente. ³ a variável "x" significa dose de P₂O₅, em kg ha⁻¹.

O teor de nitrogênio na folha não foi afetado pelas diferentes doses de P e K aplicadas, bem como pela combinação entre estas. No entanto, comparando-se as duas safras, verifica-se que, na safra de 2010/2011, o teor de nitrogênio nas folhas (Tabela 9) foi maior, o que possivelmente seja devido às melhores condições climáticas, em especial de precipitação, que foi maior e mais bem distribuída, de forma a favorecer a atividade fixadora dos nódulos. Independentemente dos efeitos das adubações com fósforo e potássio, os teores de N na folha diagnóstica ficaram dentro dos valores considerados normais para a cultura da soja, que variam entre 40 e 54 g kg⁻¹ de matéria seca (RAIJ et al., 1997), indicando que, para as condições do experimento, não houve limitação quanto à disponibilidade de N para as plantas.

Tabela 8. Produtividade de sementes por planta de soja, em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Safr	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)					Média	
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120		160
----- g planta ⁻¹ -----							
2009/10	0	7,0	8,4	7,2	8,4	8,8	7,9
	50	7,0	8,0	8,8	7,7	8,6	8,0
	100	6,9	7,9	7,7	8,6	8,3	7,9
	Média	6,9	8,1	7,9	8,2	8,6	7,9 B ¹
2010/11	0	11,7	11,9	13,2	13,7	15,5	13,2
	50	10,6	12,5	14,2	15,2	13,0	13,1
	100	8,4	12,2	13,1	13,6	15,3	12,5
	Média	10,2	12,2	13,5	14,2	14,6	12,9 A
Análise de Variância							
Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Safr	CV (%)		
2009/10	0,05 ^{ns 2}	4,04 ^{**}	0,85 ^{ns}	161,76 ^{**}	13,3		
2010/11	0,42 ^{ns}	6,24 ^{**}	0,90 ^{ns}			19,0	
Análise de regressão para doses de P							
Fator	Safr 2009/10		Safr 2010/11				
	Equação ³	R ²	Equação	R ²			
P	y = 0,0085x + 7,27	0,76 ^{**}	y = 0,0268x + 10,80	0,92 ^{**}			

¹ Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra maiúscula para safras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. ² ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente. ³ a variável "x" significa dose de P₂O₅, em kg ha⁻¹.

A adubação fosfatada resultou em aumento linear nos teores de fósforo na folha diagnóstica das plantas de soja, sendo que na safr 2009/2010, os teores variaram entre 1,75 e 2,03 g kg⁻¹ de matéria seca, para as doses 0 e 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente. Na safr de 2010/2011, esta variação foi entre 1,83 e 2,62 g kg⁻¹ de matéria seca, para as doses 0 e 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente (Tabela 10). Logo, verifica-se que quanto maior a disponibilidade de fósforo, maior o acúmulo do nutriente pelas plantas. No entanto, apesar do efeito benéfico das doses maiores de fósforo no acúmulo do nutriente e na produtividade, para as menores doses, a concentração nas folhas ficou abaixo da faixa indicada por RAIJ et al. (1997), que varia entre 2,5 e 5,0 g kg⁻¹ de matéria seca, caracterizando condição em que houve possível deficiência do nutriente, fato verificado pelo crescimento menor das plantas, tanto na fase vegetativa quanto na fase reprodutiva.

Tabela 9. Teor de nitrogênio na folha diagnóstica de plantas de soja, em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Safr	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)					Média	
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120	160	
----- g de N kg ⁻¹ de matéria seca -----							
2009/10	0	40,85	41,77	45,07	43,42	41,77	42,57
	50	40,35	41,22	43,50	40,88	40,42	41,28
	100	39,72	39,96	41,39	46,64	42,03	41,95
	Média	40,31	40,98	43,32	43,65	41,41	41,93 B ¹
2010/11	0	44,94	47,23	51,40	50,04	47,79	48,28
	50	47,93	49,14	47,32	45,04	47,57	47,40
	100	42,71	49,34	47,16	47,66	49,77	47,33
	Média	45,19	48,57	48,62	47,58	48,38	47,67 A

Análise de Variância					
Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Safr	CV (%)
2009/10	0,41 ^{ns 2}	1,27 ^{ns}	0,56 ^{ns}	102,43 ^{**}	10,8
2010/11	0,43 ^{ns}	1,89 ^{ns}	1,53 ^{ns}		7,6

¹ Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra maiúscula para safras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. ² ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente.

O teor de potássio nas folhas não foi afetado pelas diferentes doses de P, sendo que também não foram observados teores diferentes entre as duas safras (Tabela 11). Apesar do efeito da adubação potássica sobre o teor de potássio na folha, no experimento da safra de 2009/2010, que resultou em aumento linear no teor do nutriente na folha, estes teores ficaram dentro dos valores considerados normais para a cultura da soja, que variam entre 17 e 25 g kg⁻¹ de matéria seca (RAIJ et al., 1997), fato também observado na safra de 2010/2011, indicando que não houve limitação quanto à disponibilidade de K para o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

Tabela 10. Teor de fósforo na folha diagnóstica de plantas de soja, em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Saфра	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)					Média	
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120		160
----- g de P kg ⁻¹ de matéria seca -----							
2009/10	0	1,67	1,88	2,16	1,97	2,08	1,95
	50	1,85	1,86	1,98	1,85	2,09	1,93
	100	1,74	1,84	2,23	2,48	1,94	2,04
	Média	1,75	1,86	2,12	2,10	2,03	1,97 B ¹
2010/11	0	1,96	2,28	2,54	2,49	2,85	2,42
	50	1,83	2,02	2,37	2,60	2,54	2,27
	100	1,70	2,31	2,26	2,65	2,48	2,28
	Média	1,83	2,20	2,39	2,58	2,62	2,33 A
Análise de Variância							
Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Saфра	CV (%)		
2009/10	0,86 ^{ns 2}	3,45 [*]	1,39 ^{ns}	28,97 ^{**}	15,1		
2010/11	1,41 ^{ns}	12,03 ^{**}	0,68 ^{ns}		13,8		
Análise de regressão para doses de P							
Fator	Saфра 2009/10		Saфра 2010/11				
	Equação ³	R ²	Equação	R ²			
P	y = 0,0020x + 1,82	0,62 ^{**}	y = 0,0049x + 1,93	0,92 ^{**}			

¹ Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra maiúscula para safras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. ² ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente. ³ a variável "x" significa dose de P₂O₅, em kg ha⁻¹.

Os teores dos macronutrientes secundários na folha foram afetados pela adubação com fósforo, não sendo verificados efeitos da adubação potássica. Tanto o teor de Ca, quanto os de Mg e S aumentaram linearmente em razão da adubação fosfatada. Na saфра de 2009/2010, foram verificados aumentos lineares nos teores de Ca e Mg na folha, enquanto na saфра de 2010/2011 o aumento foi observado apenas no teor de S. Na comparação entre as duas safras, apenas o teor de Ca foi diferenciado, sendo que, na primeira saфра os teores médios no nutriente foram maiores do que na segunda saфра (Tabelas 12 a 14). De acordo com Raij et al. (1997), os teores de Ca, Mg e S na folha foram considerados normais para a cultura da soja variam entre 4 e 20, 3 e 10; 2,1 e 4,0, g kg⁻¹ de matéria seca, respectivamente, sendo que os valores observados para estes três nutrientes

ficaram dentro dessas faixas, caracterizando condição adequada para o crescimento das plantas.

Tabela 11. Teor de potássio na folha diagnóstica de plantas de soja, em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Safr	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)					Média	
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120		160
----- g de K kg ⁻¹ de matéria seca -----							
2009/10	0	21,25	20,63	19,38	20,25	21,13	20,53 b
	50	21,50	21,63	22,63	21,50	23,00	22,05 ab
	100	21,13	22,13	22,88	25,63	22,63	22,88 a
	Média	21,29	21,46	21,63	22,46	22,25	21,82
2010/11	0	21,50	20,38	20,63	20,50	21,75	20,95
	50	19,38	21,63	20,38	24,00	22,63	21,60
	100	20,13	23,38	22,38	23,50	21,75	22,23
	Média	20,33	21,79	21,13	22,67	22,04	21,59
Análise de Variância							
Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Safr	CV (%)		
2009/10	6,55 ^{**2}	0,72 ^{ns}	1,43 ^{ns}	0,42 ^{ns}	9,6		
2010/11	0,64 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,51 ^{ns}		16,5		
Análise de regressão para doses de K							
Fator	Safr 2009/10		Safr 2010/11				
	Equação ³	R ²	Equação	R ²			
K	y = 0,0235x + 20,64	0,97 ^{**}	-	ns			

¹ Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra minúscula para doses de potássio dentro da mesma safr não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. ² ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente. ³ a variável "x" significa dose de K₂O em kg ha⁻¹.

O teor de Zn na folha decresceu linearmente com as doses de fósforo (Tabela 15). Na safr de 2009/2010, o teor de Zn observado no tratamento-testemunha foi 25% maior do que o valor observado no tratamento que recebeu 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅; e na safr de 2010/2011 a diferença foi maior ainda, com teor de Zn de 42,4 mg kg⁻¹ de matéria seca no tratamento que não recebeu fósforo, valor 34% maior do que o obtido na dose de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (31,6 mg kg⁻¹). Apesar da diminuição no teor de Zn na folha, os valores médios obtidos em ambas as safras ficaram dentro da faixa de teores adequados na matéria seca de folhas de soja (RAIJ et al.,

1997), que variam entre 20 e 50 mg kg⁻¹ de matéria seca. A aplicação de fósforo também pode aumentar o crescimento da planta de forma a diminuir o teor de Zn nos tecidos, pois a velocidade de absorção do Zn não aumenta proporcionalmente ao crescimento da planta, caracterizando assim o efeito de diluição (CARNEIRO et al., 2008).

Tabela 12. Teor de cálcio na folha diagnóstica de plantas de soja, em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Safrá	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)					Média	
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120		160
----- g de Ca kg ⁻¹ de matéria seca -----							
2009/10	0	12,66	13,20	13,75	12,73	12,82	13,03
	50	11,89	12,22	12,30	12,64	13,20	12,45
	100	12,12	12,56	12,45	15,46	12,87	13,09
	Média	12,22	12,66	12,83	13,61	12,97	12,86 A
2010/11	0	11,41	10,99	11,79	11,93	11,19	11,46
	50	11,07	11,93	11,25	11,94	11,00	11,44
	100	10,79	10,56	11,37	11,75	11,00	11,10
	Média	11,09	11,16	11,47	11,87	11,07	11,33 B

Análise de Variância

Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Safrá	CV (%)
2009/10	1,69 ^{ns 2}	2,05 ^{ns}	2,03 ^{ns}	49,20 ^{**}	9,5
2010/11	0,44 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,25 ^{ns}		12,2

¹ Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra maiúscula para safras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. ² ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente.

Além disso, a adubação com fertilizantes fosfatados pode contribuir para a deficiência de Zn, devido ao antagonismo entre os dois nutrientes (FAGERIA, 2000). De acordo com Muner et al. (2011), há muita controvérsia entre os autores quanto à interação entre fósforo e zinco, sendo que, em alguns casos, a deficiência de zinco é atribuída à interação que ocorre entre os nutrientes no solo, enquanto para outros autores, a falta do Zn ocorreria dentro da planta, em razão de alterações nos processos metabólicos. Carneiro et al. (2008), em estudo de adubação com zinco e fósforo na cultura de milho, também verificaram que os teores de Zn na planta

diminuíram com a aplicação de fósforo no sulco de semeadura, sem efeitos significativos na produtividade de grãos.

Tabela 13. Teor de magnésio na folha diagnóstica de plantas de soja, em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Safr	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)					Média	
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120		160
----- g de Mg kg ⁻¹ de matéria seca -----							
2009/10	0	3,95 A	4,08 A	4,22 A	3,91 B	3,93 A	4,02
	50	3,73 A	3,79 A	3,89 A	3,95 B	4,05 A	3,88
	100	3,70 A	3,88 A	3,86 A	4,66 A	4,01 A	4,02
	Média	3,79	3,91	3,99	4,17	3,99	3,98
2010/11	0	3,92	3,81	3,87	4,16	4,13	3,98
	50	3,77	4,04	3,86	4,18	3,93	3,96
	100	3,72	3,71	3,86	4,04	3,84	3,83
	Média	3,80	3,85	3,86	4,12	3,97	3,92
Análise de Variância							
Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Safr	CV (%)		
2009/10	1,62 ^{ns 1}	2,99 [*]	2,96 [*]	0,69 ^{ns}	7,0		
2010/11	0,80 ^{ns}	1,31 ^{ns}	0,24 ^{ns}				
Análise de regressão para doses de P							
Fator	Safr 2009/10		Safr 2010/11				
	Equação ²	R ²	Equação	R ²			
P	y = 3,84 + 0,0017x	0,57 ^{**}	-		ns		
P d. K ₀	y = 4,02	ns	-		ns		
P d. K ₅₀	y = 3,88	ns	-		ns		
P d. K ₁₀₀	y = 0,0035x + 3,74	0,35 ^{**}	-		ns		

¹ ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente. ² a variável "x" significa dose de P₂O₅, em kg ha⁻¹.

Tabela 14. Teor de enxofre na folha diagnóstica de plantas de soja, em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Saфра	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)					Média	
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120	160	
----- g de S kg ⁻¹ de matéria seca -----							
2009/10	0	2,44 a ¹	2,74 a	2,67 a	2,74 a	2,62 ab	2,64
	50	2,65 a	2,80 a	2,45 a	2,74 a	2,24 b	2,57
	100	2,46 a	2,29 b	2,69 a	2,58 a	2,84 a	2,57
	Média	2,52	2,61	2,60	2,69	2,57	2,60
2010/11	0	2,37	2,56	2,67	2,58	2,65	2,57
	50	2,45	2,71	2,63	2,45	2,70	2,59
	100	2,45	2,48	2,63	3,39	2,62	2,71
	Média	2,42	2,58	2,64	2,81	2,66	2,62

Análise de Variância

Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Saфра	CV (%)
2009/10	0,48 ^{ns 2}	0,68 ^{ns}	3,03 ^{**}	0,12 ^{ns}	10,0
2010/11	1,00 ^{ns}	1,82 ^{ns}	1,91 ^{ns}		13,6

Análise de regressão para doses de P dentro de doses de K

Fator	Saфра 2009/10		Saфра 2010/11	
	Equação ³	R ²	Equação	R ²
P d. K ₀	y = 2,64	ns	-	ns
P d. K ₅₀	y = - 0,0022x + 2,75	0,37 [*]	-	ns
P d. K ₁₀₀	y = 0,0026x + 2,36	0,62 [*]	-	ns

¹ Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra minúscula para doses de potássio não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. ² ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente. ³ a variável "x" significa dose de P₂O₅, em kg ha⁻¹.

Tabela 15. Teor de zinco na folha diagnóstica de plantas de soja em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Safr	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)					Média	
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120		160
----- mg de Zn kg ⁻¹ de matéria seca -----							
2009/10	0	51,4	42,2	43,1	35,2	37,3	41,8
	50	44,2	37,2	37,8	32,3	36,9	37,7
	100	40,9	40,8	38,9	40,9	35,2	39,4
	Média	45,5	40,1	39,9	36,2	36,5	39,6 A ¹
2010/11	0	42,8	36,1	37,3	34,0	30,5	36,1
	50	42,5	37,6	37,2	35,7	32,5	37,1
	100	41,9	36,6	34,9	34,9	31,8	36,0
	Média	42,4	36,8	36,4	34,9	31,6	36,41 B
Análise de Variância							
Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Safr	CV (%)		
2009/10	2,47 ^{ns 2}	4,85 ^{**}	1,19 ^{ns}	13,98 ^{**}	15,0		
2010/11	0,44 ^{ns}	11,70 ^{**}	0,17 ^{ns}		10,9		
Análise de regressão para doses de K e P							
Fator	Safr 2009/10		Safr 2010/11				
	Equação ³	R ²	Equação	R ²			
P	y = - 0,0550x + 44,03	0,85 ^{**}	y = - 0,0588x + 41,11	0,90 ^{**}			

¹ Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra maiúscula para safras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. ² ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente. ³ a variável "x" significa dose de P₂O₅, em kg ha⁻¹.

4.2 Efeitos da adubação com fósforo e potássio nas características químicas, físicas e fisiológicas de sementes de soja

4.2.1 Características químicas de sementes

A adubação com potássio, em suas diferentes doses, não resultou em alterações nos teores de fósforo e de potássio na semente, em ambas as safras. No entanto, em razão do teor médio do nutriente no solo, o esperado é que houvesse incremento nos teores de potássio nas sementes devido às doses aplicadas, pois, segundo diversos autores, em solos com teores de potássio abaixo de 3,0 mmol_c dm⁻³, há aumento linear nos teores do nutriente em sementes de soja, em resposta à adubação potássica (SALE; CAMPBELL, 2006; SERAFIM et al., 2012).

A adubação fosfatada, por sua vez, promoveu acréscimo linear nos teores de fósforo nas sementes sem, contudo, alterar os teores de potássio nas sementes, sendo tal efeito observado tanto na safra de 2009/2010 quanto na safra 2010/2011 (Tabelas 16 e 17). Na safra 2009/2010 o teor de fósforo nas sementes de soja foi de 4,42 g kg⁻¹ no tratamento testemunha, enquanto aplicou-se 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ o teor de fósforo na semente foi de 4,74 g kg⁻¹, portanto, 7% a mais do que na testemunha. Na safra 2010/2011, o teor de fósforo nas sementes de soja foi de 4,07 g kg⁻¹ no tratamento-testemunha e de 4,74 g kg⁻¹ quando foram aplicados 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅, ou seja, 16% a mais do que na testemunha. Aumento no teor de fósforo em sementes de soja, devido à adubação fosfatada, também foi verificado por Olibone e Rosolem (2010), com teores de P na semente variando entre 2,8 e 3,6 g kg⁻¹, para tratamentos testemunha e com aplicação de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente, em solo com 12 mg dm⁻³ de P.

4.2.2 Características físicas de sementes

A aplicação de adubo fosfatado resultou em aumento linear na massa de mil sementes; no entanto tal efeito foi verificado apenas na safra de 2010/2011, na qual a variação foi entre 156,9 e 161,8 g, para as doses de 0 e 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente (Tabela 18). Zucareli et al. (2006) não observaram efeitos da adubação fosfatada na massa específica de sementes de feijão, empregando doses de até 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, em solo com teor muito baixo de fósforo (6 mg dm⁻³).

Na safra de 2009/2010, a massa média de mil sementes foi de 126,3 g, enquanto na safra de 2010/2011 foi de 160,3 g (Tabela 18). A diferença na massa de mil sementes observada entre as safras, assim como verificado para a produtividade, pode ser resultado da desfolha provocada pela ferrugem asiática e da menor ocorrência de chuvas na safra 2009/10, fatores que colaboraram para que houvesse menor acúmulo de matéria seca nas sementes, com consequente diminuição na massa específica das mesmas. Quanto maior a intensidade da desfolha, menor é a massa das sementes produzidas (PARCIANELLO et al., 2004), fato que, em especial para a cultura da soja, pode resultar na formação de plantas com menor altura e, conseqüentemente, menos produtivas (PÁDUA et al., 2010).

Tabela 16. Teor de fósforo em sementes de soja, em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Saфра	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)					Média	
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120		160
----- g de P kg ⁻¹ de semente -----							
2009/10	0	4,28	4,40	4,59	4,49	4,71	4,49
	50	4,62	4,47	4,56	4,80	4,78	4,65
	100	4,37	4,63	4,64	4,58	4,74	4,59
	Média	4,42	4,50	4,60	4,62	4,74	4,58 A ¹
2010/11	0	4,08	4,38	4,47	4,64	4,75	4,46
	50	4,04	4,21	4,59	4,59	4,79	4,44
	100	4,07	4,35	4,58	4,66	4,69	4,47
	Média	4,07	4,31	4,55	4,63	4,74	4,46 B
Análise de Variância							
Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Saфра	CV (%)		
2009/10	2,22 ^{ns 2}	3,22 [*]	0,79 ^{ns}	5,92 [*]	5,1		
2010/11	0,08 ^{ns}	16,18 ^{**}	0,30 ^{ns}		5,2		
Análise de regressão para doses de K e P							
Fator	Saфра 2009/10		Saфра 2010/11				
	Equação ³	R ²	Equação	R ²			
P	y = 0,0019x + 4,43	0,98 ^{**}	y = 0,0042x + 4,12	0,95 ^{**}			

¹ Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra maiúscula para safras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. ² ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente. ³ a variável "x" significa dose de P₂O₅, em kg ha⁻¹.

Tanto a adubação com fósforo quanto a com potássio afetaram o tamanho das sementes, efeito verificado nas duas safras; no entanto, este foi mais nítido na safra de 2010/2011, na qual o uso de doses mais elevadas de ambos os nutrientes resultou em aumento na quantidade de sementes maiores, em detrimento das menores (Figuras 2 e 3). Comparando-se as duas safras, verifica-se que, na safra de 2010/2011 houve produção de sementes maiores (Figura 4), fato devido às condições climáticas mais favoráveis e à menor ocorrência de ferrugem asiática, fatores que colaboraram para o maior acúmulo de matéria seca nas sementes, com consequente aumento de tamanho.

Tabela 17. Teor de potássio em sementes de soja, em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Saфра	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)					Média	
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120	160	
----- g de K kg ⁻¹ de semente -----							
2009/10	0	18,38	18,00	18,50	18,63	18,88	18,48
	50	18,38	17,88	19,50	18,63	18,38	18,55
	100	17,88	18,50	18,38	18,25	19,50	18,50
	Média	18,21	18,13	18,79	18,50	18,92	18,51 B ¹
2010/11	0	19,75	19,63	19,38	20,88	20,13	19,95
	50	20,38	19,50	20,63	20,63	20,00	20,23
	100	19,75	20,25	20,13	19,63	19,38	19,83
	Média	19,96	19,79	20,04	20,38	19,83	20,00 A

Análise de Variância					
Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Saфра	CV (%)
2009/10	0,03 ^{ns 2}	1,29 ^{ns}	0,83 ^{ns}	100,71 ^{**}	5,7
2010/11	0,75 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,96 ^{ns}		5,3

¹ Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra maiúscula para safras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. ² ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente.

Tabela 18. Massa de mil sementes de soja, em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Saфра	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)					Média	
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120	160	
----- g -----							
2009/10	0	126,6	126,2	124,3	127,2	126,6	126,2
	50	125,0	126,8	128,5	125,2	126,2	126,3
	100	126,4	123,9	126,7	126,9	128,9	126,6
	Média	126,0	125,6	126,5	126,4	127,2	126,4 B
2010/11	0	153,3	158,3	161,7	161,8	162,0	159,4
	50	157,0	158,3	162,9	165,5	157,2	160,2
	100	160,4	156,5	160,5	163,0	166,2	161,3
	Média	156,9	157,7	161,7	163,4	161,8	160,3 A

Análise de Variância					
Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Saфра	CV (%)
2009/10	0,05 ^{ns 2}	0,29 ^{ns}	0,72 ^{ns}	1649,42 ^{**}	3,1
2010/11	0,34 ^{ns}	1,82 ^{ns}	0,65 ^{ns}		4,6

¹ Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra maiúscula para safras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. ² ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente.

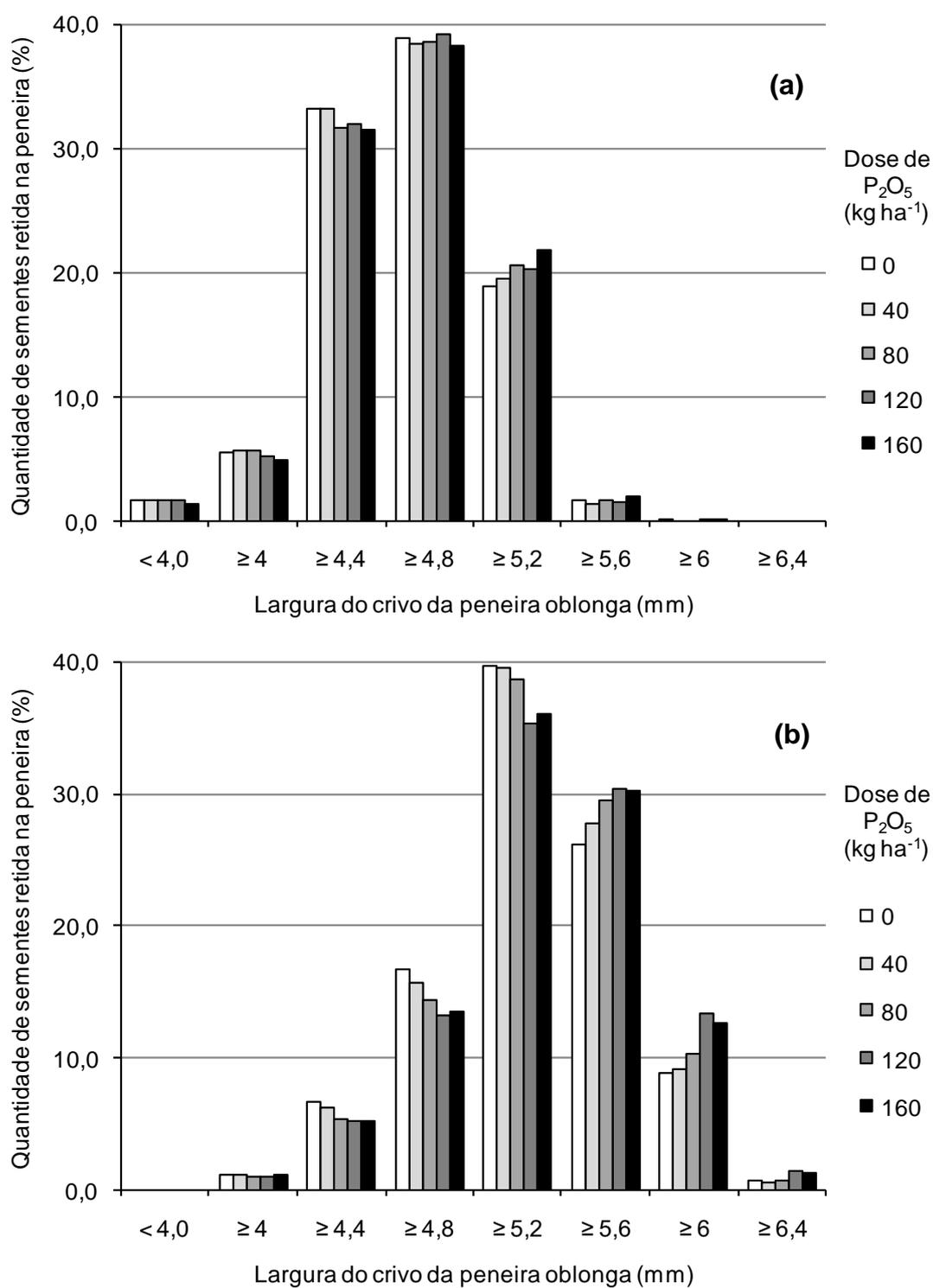


Figura 2. Distribuição por peneiras de sementes de soja, em função de doses de fósforo, nas safras 2009/2010 (a) e 2010/2011 (b).

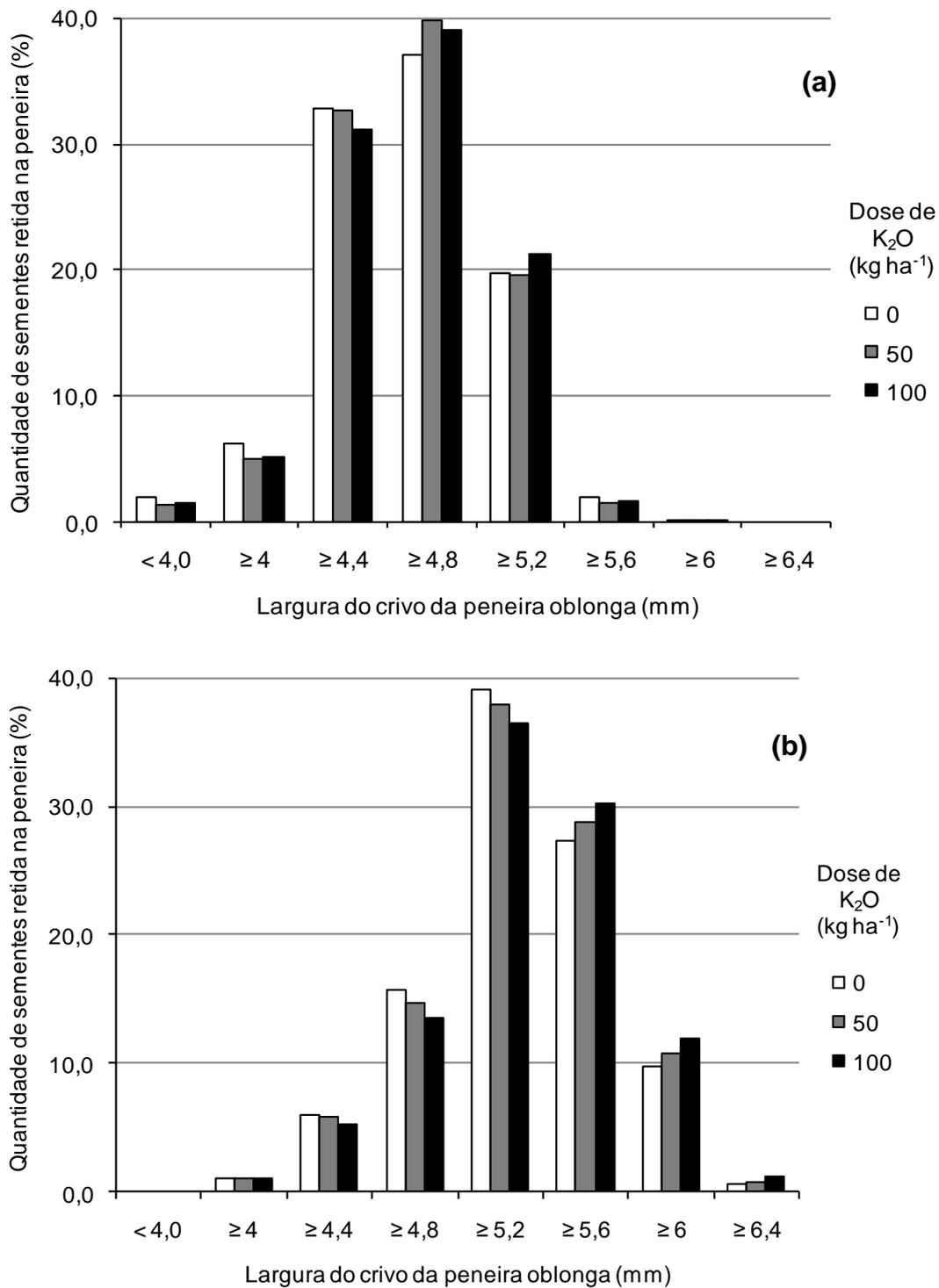


Figura 3. Distribuição por peneiras de sementes de soja, em função de doses de potássio, nas safras 2009/2010 (a) e 2010/2011 (b).

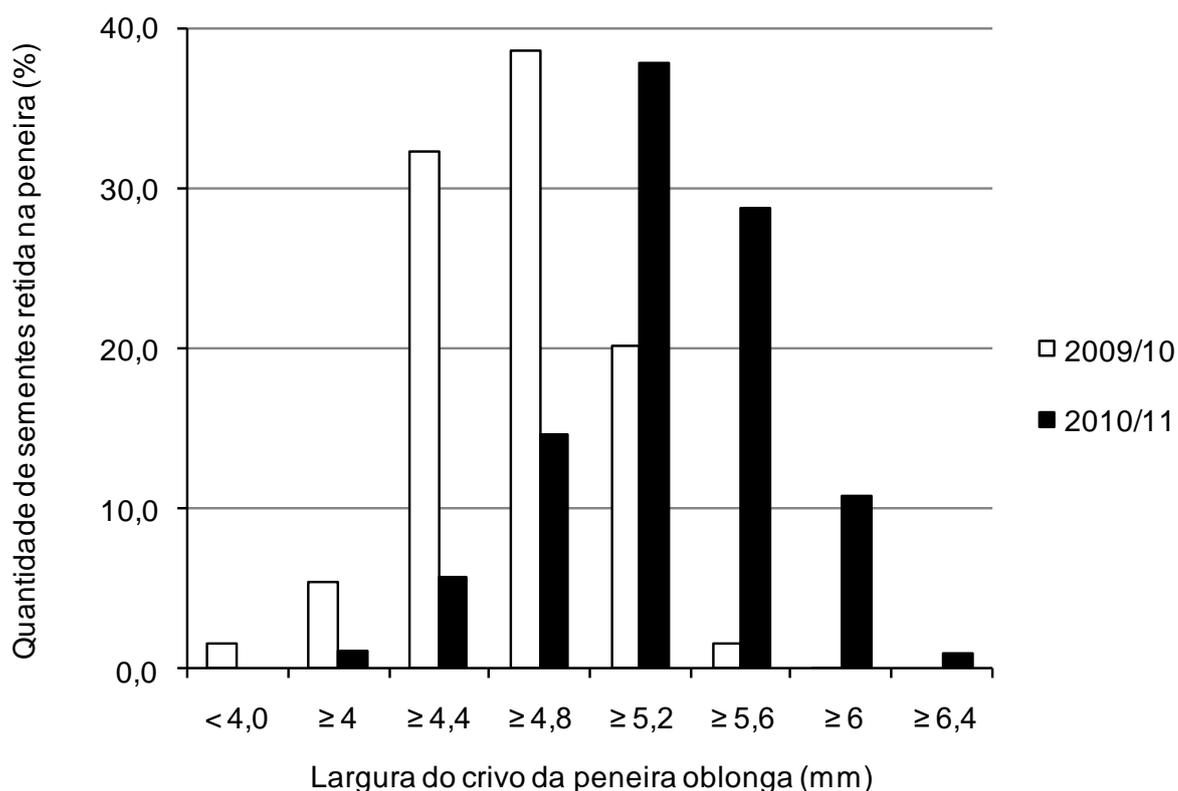


Figura 4. Distribuição por peneiras de sementes de soja, nas safras 2009/2010 e 2010/2011.

4.2.3 Qualidade fisiológica das sementes

Ao empregar o teste-padrão de germinação (TPG) de sementes de soja, constatou-se que a adubação potássica afetou a capacidade germinativa das sementes produzidas na safra de 2009/2010, havendo aumento linear na germinação. Os valores ficaram acima de 90% (Tabela 19), caracterizando as sementes como sendo de alta capacidade germinativa, considerando os valores médios estipulados para germinação mínima de sementes, usualmente fixado em 85%. França-Neto et al. (1985) também observaram melhoria na germinação de sementes de soja em razão da adubação com potássio, em solo com teor muito baixo do nutriente. De forma similar, Toledo et al. (2011), também verificaram aumento na germinação de sementes de soja em razão do aumento na dose de potássio utilizada. Na safra de 2010/2011, a germinação média das sementes foi de 79,3%, não sendo verificado efeito do potássio sobre os resultados (Tabela 19), tal

como observado por Vieira et al. (1987) e Veiga et al. (2010). O benefício proporcionado pela adubação potássica na germinação parece estar associado ao papel que o nutriente desempenha como ativador enzimático, sendo que, em condições de deficiência de potássio no solo, o uso de doses maiores resultaria em aumento no acúmulo do nutriente pelas sementes, com consequente melhora na eficiência metabólica do processo germinativo (VEIGA et al., 2010).

Tabela 19. Teste-padrão de germinação de sementes de soja, em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Saфра	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)					Média	
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120		160
		----- % -----					
2009/10	0	96,9	87,1	91,1	92,9	95,1	92,6
	50	95,8	96,5	96,8	94,9	96,5	96,1
	100	95,5	95,9	98,0	97,1	97,3	96,8
	Média	96,0	93,2	95,3	95,0	96,3	95,2 A ¹
2010/11	0	88,3	86,1	73,8	90,9	71,4	82,1
	50	70,9	75,9	95,4	81,0	89,4	82,5
	100	71,1	83,3	89,5	61,5	61,8	73,4
	Média	76,8	81,8	86,2	77,8	74,2	79,3 B
Análise de Variância							
Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Saфра	CV (%)		
2009/10	3,00 ^{ns 2}	0,56 ^{ns}	0,69 ^{ns}	28,59 ^{**}	6,0		
2010/11	1,20 ^{ns}	0,61 ^{ns}	1,24 ^{ns}		26,3		

¹ Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra maiúscula para safras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. ² ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente.

A adubação com fósforo não resultou em aumento na germinação de sementes, avaliada pelo TPG (Tabela 19), sendo tal efeito observado em ambas as safras. Segundo Zucarelli et al. (2006), a ausência de efeito de doses de adubo fosfatado na germinação de sementes pode estar associada às estratégias desenvolvidas pelas plantas para maximizar a produção de sementes viáveis, em detrimento da quantidade de sementes produzidas. Sendo assim, sob variada gama de condições de disponibilidade de fósforo no solo, a germinação das sementes seria preservada, ocorrendo alterações apenas na quantidade de sementes

produzidas. De acordo com Mondo et al. (2012), a variabilidade espacial dos teores de fósforo no solo não estabelece relação significativa com a germinação das sementes produzidas.

O vigor das sementes, quando avaliado pelos testes de envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE) e lixiviação de potássio (LK), em sementes produzidas em ambas as safras, não foi afetado pela adubação potássica (Tabelas 20 a 22). Veiga et al. (2010) não verificaram efeito da adubação potássica sobre o vigor avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado, enquanto Toledo et al. (2011) não constataram efeitos da adubação potássica sobre o vigor de sementes de soja, avaliado pelo teste de condutividade elétrica. Segundo estes autores, a adubação potássica, em condições de deficiência do nutriente no solo, pode incrementar o vigor de sementes devido ao aumento que a adubação potássica promove no teor de lipídeos, que é a principal substância de reserva das oleaginosas, havendo maiores condições para que o processo germinativo se complete numa gama variada de situações, sobretudo quando há estresse ambiental.

Da mesma forma, com os testes EA e CE, não foram detectados efeitos da adubação fosfatada no vigor das sementes produzidas (Tabelas 20 e 21). Quando o vigor foi avaliado pelo teste LK, foi constatado efeito linear e crescente da adubação com fósforo sobre as quantidades de potássio lixiviadas na solução de embebição (Tabela 22), fato que, de acordo com o princípio do teste, caracterizaria diminuição no vigor das sementes, já que, quanto maior a quantidade de potássio liberada pelas sementes na solução de embebição, menor é o vigor destas (CUSTÓDIO; MARCOS-FILHO, 1997). Segundo Raboy (2009), uma possível explicação para o aumento na lixiviação de potássio com o incremento da adubação fosfatada seria o ácido fítico, uma das formas de P na planta, que é depositado nas sementes como sais mistos, combinando-se principalmente com potássio e magnésio. Outro aspecto é que sementes de soja têm maior lixiviação de fósforo na solução de embebição das sementes em comparação com outras espécies, e, considerando-se que a maior parte do fósforo lixiviado se encontra na forma de ácido fítico, haveria arraste proporcionalmente maior de potássio (SILVA; SILVA, 1999).

Contudo, ao se comparar os resultados obtidos com os diferentes testes utilizados para avaliar o vigor de sementes neste experimento (Tabelas 20, 21 e 22), verifica-se que não houve efeito, tanto da adubação fosfatada quanto da adubação potássica, indicando que o teste de lixiviação de potássio, possivelmente, não esteja avaliando o vigor de forma adequada, ao passo que o teste de envelhecimento acelerado foi o que teve seus resultados mais alinhados com os resultados do teste-padrão de germinação (Tabelas 19 e 20), fato evidenciado pela similaridade entre os valores de F calculado na análise de variância, tanto para doses de P quanto para doses de K, em ambas as safras.

Tabela 20. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de soja, em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Saфра	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)					Média	
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120	160	
		----- % -----					
2009/10	0	90,9	79,4	86,3	89,6	91,4	87,5
	50	91,8	91,5	93,6	89,5	93,9	92,1
	100	90,1	92,5	95,0	92,9	93,0	92,7
	Média	90,9	87,8	91,6	90,7	92,8	90,8 A ¹
2010/11	0	86,5	83,6	76,8	85,4	65,0	79,5
	50	71,6	69,1	95,0	72,3	83,5	78,3
	100	66,9	83,0	89,1	50,3	61,0	70,1
	Média	75,0	78,6	87,0	69,3	69,8	75,9 B
Análise de Variância							
Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Saфра	CV (%)		
2009/10	2,35 ^{ns 2}	0,59 ^{ns}	0,60 ^{ns}	19,48 ^{**}	9,1		
2010/11	1,20 ^{ns}	1,44 ^{ns}	1,34 ^{ns}		27,6		

¹ Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra maiúscula para safras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. ² ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente.

Ao se comparar a germinação e o vigor das sementes produzidas nas safras de 2009/2010 e 2010/2011 (Tabelas 19 a 22), observa-se que foram diferentes, sendo afetados principalmente pela precipitação pluvial, que foi desigual de um ano para o outro em termos de volume total e de distribuição (Figura 1). As sementes produzidas na safra 2009/2010 apresentaram qualidade fisiológica superior em

relação às produzidas na safra 2010/2011, quando avaliadas pelos testes de germinação, envelhecimento acelerado e lixiviação de potássio (Tabelas 19, 20 e 22, respectivamente). Na fase de pré-colheita da safra 2010/2011, ocorreram chuvas intensas e frequentes (Figura 1), com conseqüente aumento da umidade relativa do ar e diminuição da temperatura, fatores que atrasaram a secagem no campo, bem como dificultaram a realização da colheita, resultando em diminuição da qualidade fisiológica das sementes. Após o ponto de maturidade fisiológica, ocasião em que a semente se desliga fisiologicamente da planta-mãe, o teor de água da semente passa a oscilar em razão das condições ambientes (sobretudo temperatura e umidade relativa do ar), oscilação esta que faz com que as sementes aumentem ou diminuam de tamanho, fato que resulta na quebra do tegumento, acelerando o processo de deterioração fisiológica das sementes e, também, deixando-as mais suscetíveis à incidência de doenças (AHRENS; PESKE, 1994; ARANGO et al.; 2006).

Tabela 21. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja, em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Safr	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)						Média
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120	160	
		----- μS cm ⁻¹ g ⁻¹ -----					
2009/10	0	49,6	65,7	64,0	52,8	55,4	57,5
	50	55,6	51,6	57,7	54,9	59,2	55,8
	100	53,7	56,4	56,7	57,4	56,5	56,1
	Média	53,0	57,9	59,4	55,0	57,1	56,5
2010/11	0	57,1	51,8	56,1	52,2	68,3	57,1
	50	59,7	68,0	53,0	56,6	56,8	58,8
	100	56,6	54,3	54,1	63,2	60,1	57,7
	Média	57,8	58,0	54,4	57,3	61,8	57,9
Análise de Variância							
Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Safra	CV (%)		
2009/10	0,76 ^{ns 1}	1,30 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,48 ^{ns}	13,6		
2010/11	0,27 ^{ns}	1,45 ^{ns}	2,52 [*]			13,0	
Análise de regressão para doses de P dentro de doses de K							
Fator	Safr 2009/10			Safr 2010/11			
	Equação ²		R ²	Equação		R ²	
P d. K ₀	-		ns	y = 57,45 - 0,189x + 0,0015x ²		0,77 [*]	
P d. K ₅₀	-		ns	y = 58,8		Ns	
P d. K ₁₀₀	-		ns	y = 57,7		Ns	

¹ ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente. ² a variável "x" significa dose de P₂O₅, em kg ha⁻¹.

Tabela 22. Teste de lixiviação de potássio em sementes de soja, em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Safr	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)					Média	
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120	160	
----- µg de K g ⁻¹ de semente -----							
2009/10	0	45,5	57,3	56,7	60,0	62,4	56,4
	50	60,0	52,1	73,7	49,8	77,5	62,6
	100	54,4	53,3	71,2	53,8	67,1	60,0
	Média	53,3	54,3	67,2	54,6	69,0	59,7 B ¹
2010/11	0	89,9	98,4	89,5	126,5	94,4	99,7
	50	79,0	98,9	111,7	112,7	103,4	101,1
	100	79,9	87,5	104,6	89,1	137,8	99,8
	Média	82,9	95,0	101,9	109,4	111,9	100,2 A
Análise de Variância							
Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Safra	CV (%)		
2009/10	1,01 ^{ns 2}	3,72 [*]	0,94 ^{ns}	104,80 ^{**}	23,3		
2010/11	0,01 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,85 ^{ns}		35,6		
Análise de regressão para doses de P							
Fator	Safr 2009/10		Safr 2010/11				
	Euação ³	R ²	Euação	R ²			
P	y = 0,0792x + 53,32	0,42 [*]	-	ns			

¹ Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra maiúscula para safras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. ² ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente. ³ a variável "x" significa dose de K₂O e de P₂O₅, em kg ha⁻¹.

4.3 Efeitos da adubação com fósforo e potássio na produtividade de sementes de soja

Como resultado da combinação de produtividade, peso de mil sementes e germinação, foi determinado o número de sacos com 300 mil sementes viáveis por hectare (unidade comercial), medida necessária para a semeadura de 1 hectare de soja. Foi constatado efeito da adubação fosfatada neste índice de avaliação, havendo aumento linear na quantidade de unidades comerciais, enquanto a adubação com potássio não afetou os resultados obtidos (Tabela 23). Na safra 2009/2010, o ganho devido à aplicação de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foi de 17,5%, em relação à testemunha, enquanto na safra de 2010/2011 este incremento foi de 26,4%.

Comparando-se a produtividade de sementes com a produtividade de grãos, verifica-se que, na safra 2009/2010, os ganhos devido à aplicação da maior dose de fósforo foram muito similares, de 17,5% para a produtividade de sementes e de 17,6% para a produtividade de grãos. Na safra de 2010/2011, o ganho proporcionado pela aplicação de 160 kg ha^{-1} de P_2O_5 foi maior na produtividade de grãos, aumentando o rendimento em 39,8%, enquanto para a produtividade de sementes este ganho foi menor, de apenas 26,4% (Tabelas 2 e 23). Aumento na produtividade de soja, devido ao uso de doses maiores de fósforo também foi observado por Gonçalves Júnior et al. (2011), sendo que o uso do dobro da quantidade recomendada de fósforo (160 kg ha^{-1} de P_2O_5), em solo com teor médio do nutriente, proporcionou aumento de 29% na produtividade de soja, em relação ao tratamento-testemunha.

A partir das regressões lineares, verifica-se que os ganhos de produtividade, em razão da aplicação da dose de 160 kg ha^{-1} de P_2O_5 , foram de 351 e 1.013 kg ha^{-1} , para as safras de 2009/2010 e 2010/2011, respectivamente. Oliveira Júnior, Prochnow e Klepker (2011) verificaram que o aumento das doses de fósforo resultou em incremento na produtividade da cultura da soja, com variações entre 2.000 e 3.000 kg ha^{-1} , para doses de até 200 kg ha^{-1} de P_2O_5 , com ganho médio equivalente a 1.000 kg ha^{-1} .

Na safra de 2009/2010, as condições climáticas afetaram de forma similar, tanto a produção de grãos quanto a produção de sementes, não sendo atingidos rendimentos elevados para ambos, sem, contudo, haver prejuízo para a qualidade fisiológica das sementes produzidas. Na safra 2010/2011, tanto as condições climáticas quanto a aplicação das maiores doses de fósforo resultaram em maiores produtividades de grãos e de sementes; no entanto, o ganho observado na produção de sementes de qualidade foi menor, devido à ocorrência de condições climáticas desfavoráveis no final do ciclo, com conseqüente queda na germinação e no vigor das sementes produzidas.

Os ganhos proporcionados pela adubação fosfatada, quer para a produção de grãos, quer para a produção de sementes, estão intimamente relacionados com o teor de fósforo no solo, sendo que, em solos com baixo teor do nutriente, a probabilidade de resposta é maior. Para as condições utilizadas neste trabalho, a

utilização da maior dose de fósforo foi a que resultou em maior produtividade de grãos e de sementes. No entanto, quando as condições climáticas foram desfavoráveis na ocasião da colheita das sementes, tal como verificado na safra 2010/2011, houve menor benefício da adubação fosfatada quanto ao rendimento de sementes, devido aos efeitos negativos do excesso de umidade e de precipitação pluvial sobre a qualidade fisiológica das sementes produzidas.

Tabela 23. Número de sacos por hectare contendo 300 mil sementes viáveis de soja, em função de doses de fósforo e de potássio, nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.

Safr	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)					Média	
	K ₂ O	P ₂ O ₅					
		0	40	80	120		160
----- sacos ha ⁻¹ -----							
2009/10	0	49,4	56,1	48,3	52,7	61,5	53,6
	50	50,5	51,8	60,8	54,3	60,9	55,7
	100	47,0	56,1	53,5	58,2	56,8	54,3
	Média	49,0	54,7	54,2	55,1	59,7	54,5
2010/11	0	52,2	55,2	47,9	62,3	51,6	53,8
	50	38,3	42,6	68,3	55,6	64,1	53,8
	100	28,1	51,1	56,9	42,6	41,4	44,0
	Média	39,5	49,6	57,7	53,5	52,3	50,5
Análise de Variância							
Teste F	Dose de K	Dose de P	Int. K x P	Safra	CV (%)		
2009/10	0,37 ^{ns 1}	2,89 [*]	0,97 ^{ns}	2,95 ^{ns}	14,3		
2010/11	2,51 ^{ns}	2,17 ^{ns}	1,41 ^{ns}			31,6	
Análise de regressão para doses de P							
Fator	Safr 2009/10		Safr 2010/11				
	Equação ²	R ²	Equação	R ²			
P	y = 0,0548x + 50,15	0,82 ^{**}	-	ns			

¹ ns, * e **, representam não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente. ² a variável "x" significa dose de P₂O₅, em kg ha⁻¹.

5 CONCLUSÕES

1. Adubação fosfatada, em solo com disponibilidade muito baixa de fósforo:

- a) aumenta a produtividade e os níveis dos componentes de produção de sementes de soja da cultivar Conquista.
- b) não afeta a germinação e o vigor de sementes de soja.
- c) quando as condições climáticas são favoráveis para a produção de sementes, os ganhos proporcionados pela adubação fosfatada são equivalentes para produção de grãos e de sementes de soja.

2. Adubação potássica, em solo com nível médio de potássio:

- a) não afeta a produtividade e os componentes de produção de grãos e de sementes de soja da cultivar Conquista.
- b) melhora a germinação e não altera o vigor de sementes de soja.

6 REFERÊNCIAS

AGOSTINI, J. S.; IDA, E. I.. Caracterização parcial e utilização da fitase extraída de sementes germinadas de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 1041-1047, 2006.

AGRIANUAL 2012 - **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP, 2012. 482 p.

AHRENS, D. C.; PESKE, S. T. Flutuações de umidade e qualidade em sementes de soja após a maturação fisiológica. I. Avaliação do teor de água. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 16, n. 2, p. 107-110, 1994.

ARANGO, M. R.; SALINAS. A. R.; CRAVIOTTO, R. M.; FERRARI, S. A.; BISARO, V.; MONTERO, M. S. Description of the environmental damage on soybean seeds [*Glycine max* (L.) Merr]. **Seed Science and Technology**, v. 34, p. 133-141, 2006.

BALARDIN, R. S.; DALLAGNOL, L. J.; DIDONÉ, H. T.; NAVARINI, L. Influência do fósforo e do potássio na severidade da ferrugem da soja *Phakopsora pachyrhizi*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, p. 462-467, 2006.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. 4ª ed. Jaboticabal: FUNEP. 2006. 237 p.

BASSETO, M. A.; CERESINI, P. C.; VALÉRIO FILHO, W. V. Severidade da mela da soja causada por *Rhizoctonia solani* AG-1 IA em função de doses de potássio. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 1, p. 56-62, 2007.

BEDIN, I.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; FAQUIN, V.; TOKURA, A. M.; SANTOS, J. Z. L. Fertilizantes fosfatados e produção da soja em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 639-646, 2003.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. C. C.; FREDDI, O. S.; SOUSA NETO, E. L.; LEONEL, C. L.; SILVA, A. P. Traffic soil compactation of na oxisol related to soybean development and yield. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 6, p. 608-615, 2007.

BORKERT, C.M.; FARIAS, J.R.B.; SFREDO, G.J.; TUTIDA, F.; SPOLADORI, C.L. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em latossolo roxo álico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n.11, p. 1119-1129, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009. 399 p.

CÂMARA, G. M. S.; PIEDADE, S. M. S.; MONTEIRO, J. H.; GUERZONI, R. A. Desempenho vegetativo e produtivo de cultivares e linhagens de soja de ciclo precoce no município de Piracicaba-SP. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 403-412, 1998.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1986. 94 p. (Boletim Técnico, 106).

CARDOSO, A. M.; CIVIDANES, F. J.; NATALE, W. Influência da adubação fosfatada-potássica na ocorrência de pragas na cultura da soja. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 3, p. 441-444, 2002.

CARMO, C. A. F. S.; ARAÚJO, W. S.; BERNARDI, A. C. C.; SALDANHA, M. F. C. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 41p. (Circular técnica, 6)

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

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CENTURION, J. F. **Caracterização e classificação dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal**. 1998. 85 p. Tese (Livre-Docente) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

CHAUDHARY, M. I.; ADU-GYAMFI, J. J.; SANEAKA, H.; NGGUYEN, N. T.; SUWA, R.; KANAI, S.; EL-SHEMY, H. A.; LIGHTFOOT, D. A.; FUJITA, K. The effect of phosphorus deficiency on nutrient uptake, nitrogen fixation and photosynthetic rate in mashbean, mungbean and soybean. **Acta Physiology Plant**, v. 30, p. 537-544, 2008.

COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M.; MAURINA, A. C.; FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. Qualidade fisiológica, física e sanitária de sementes de soja produzidas no Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 25, n. 1, p. 128-132, 2003.

CUSTÓDIO, C. C.; MARCOS-FILHO, J. Potassium leachate test for the evaluation of soybean seed physiological quality. **Seed Science and Technology**, Madison, v. 25, n. 3, p. 549-564, 1997.

ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA. Normais climatológicas FCAV/UNESP. Disponível em: www.exatas.fca.unesp.br/estacao/est_normal.htm. Acesso em: 15/05/2012.

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

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11p.

FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Produtividade e acúmulo de potássio na soja em função da antecipação da adubação potássica no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1549-1561, 2008.

FRANÇA-NETO, J. B.; COSTA, N. P.; HENNING, A. A.; PALHANO, J. B.; SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M. **Efeito de doses e métodos de aplicação de cloreto de potássio sobre a qualidade de semente de soja**. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Resultados de Pesquisa de Soja 1984/85. Londrina, 1985, p. 467-88.

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

HOWELL, R. W.; COLLINS, F. I.; SEDGEWICK, V. E. Respiration of soybean seeds related to weathering losses during ripening. **Agronomy Journal**, Madison, v. 51, n. 11, p. 677-679, 1959.

KOGA, L. J.; CANTERI, M. G.; CALVO, E. S.; XAVIER, S. A.; HARADA, A.; UNFRIED, J. R.; KIIHL, R. A. S. Chemical control and responses of susceptible and resistant soybean cultivars to the progress of soybean rust. **Tropical Plant Pathology**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 294-302, 2011.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J. B. (ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.4.1-26.

LACERDA, A. L. S.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E.; VALÉRIO FILHO, W. V. Efeitos da dessecação de plantas de soja no potencial fisiológico e sanitário das sementes. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 477-457, 2005.

LANA, R. M. Q.; BUCK, G. B.; LANA, A. M. Q.; PEREIRA, R. P. Doses de multifosfato magnesiano aplicados a lanço em pré-semeadura, sob sistema de plantio-direto - cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1654-1660, 2007.

LANTMANN, A. F.; CASTRO, C. Resposta da soja à adubação fosfatada. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. Anais do Simpósio sobre fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: POTAFOS, 2004, 726 p. (p. 223-241).

LAZARINI, E.; SÁ, M. E.; FERREIRA, R. C. Acúmulo de matéria seca em plantas de soja durante os estádios reprodutivos e qualidade fisiológica de sementes colhidas em diferentes fases de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1, p. 153, 162, 2000.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

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, 1999. p.3.1- 3.24.

MONDO, V. H. V.; GOMES JUNIOR, F. G.; PINTO, T. L. F.; MARCHI, J. L.; MOTOMIYA, A. V. A.; MOLIN, J. P.; CICERO, S. M. Spatial variability of soil fertility and its relationship with seed physiological potential in a soybean production area. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 193-201, 2012.

MUNER, L. H.; RUIZ, H. A.; VENEGAS, V. H. A.; NEVES, J. C. L.; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G. S. Disponibilidade de zinco para milho em resposta à localização de fósforo no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 1, p. 29-36, 2011.

NUNES, A. S.; TIMOSSI, P. C.; PAVANI, M. C. M. O. D.; COSTA ALVES, A. P. L. Formação de cobertura vegetal e manejo de plantas daninhas na cultura da soja em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 727-733, 2010.

OLIBONE, D.; ROSOLEM, C. A. Phosphate fertilization and phosphorus forms in an Oxisol under no-till. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 4, p. 465-471, 2010.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. O.; PROCHNOW, L. I.; KLEPKER, D. Soybean yield in response to application of phosphate rock associated triple superphosphate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 3, p. 376-385, 2011.

PÁDUA, G. P.; ZITO, R. K.; ARANTES, N. E.; FRANÇA NETO, J. B. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 9-16, 2010.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Electrical conductivity and deterioration of soybean seeds exposed to different storage conditions. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 97-105, 2007.

PARCIANELLO, G.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; RAMBO, L.; SAGGIN, K. Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entre fileiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 357-364, 2004.

PEIXOTO, C. P.; CÂMARA, G. M. S.; MARTINS, M. C.; MARCHIORI, L. F. S.; GUERZONI, R. A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, 2000.

RABOY, V. Approaches and challenges to engineering seed phytate and total phosphorus. **Plant Science**, Davis, v. 177, p. 281-296, 2009.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (eds.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ª ed. Campinas, Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim técnico, 100).

ROSA, S. D. V. F.; VON PINHO, E. V. R.; VIEIRA, M. G. G. C.; VEIGA, R. D. Eficácia do teste de condutividade elétrica para uso em estudos de danos de secagem em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v. 22, n. 1, p. 54-63, 2000.

SALE, P. W. G.; CAMPBELL, L. C. Yield and composition of soybean seed as a function of potassium supply. **Plant and Soil**, v. 96, n. 3, p. 317-325, 2006.

SALUM, J. D.; ZUCARELI, C.; GAZOLA, E.; NAKAGAWA, J. Características químicas e fisiológicas de sementes de feijão em função do teor de fósforo na semente e doses de fósforo na semente. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 30, n. 1, p. 140-149, 2008.

SERAFIM, M. E.; ONO, F. B.; ZEVIANI, W. M.; NOVELINO, J. O.; SILVA, J. V. Umidade do solo e doses de potássio na cultura da soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 222-227, 2012.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 21-32, 1999.

SPEHAR, C. R. Seed quality of soybean based on mineral composition of seeds of 45 varieties grown in a Brazilian Savanna acid soil. **Euphytica**, Dordrecht, n. 76, p. 127-132, 1994.

TEKRONY, D. M. Accelerated Aging Test: Principles and Procedures. **Seed Technology**, South Tifton, v. 27, n. 1, p. 135-146, 2005.

TOLEDO, M. Z.; CASTRO, G. S. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; NAKAGAWA, J. CAVARIANI, C. Physiological quality of soybean and wheat seeds produced with alternative potassium sources. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 33, n. 2, p. 363-371, 2011.

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

VEIGA, A. D.; VON PINHO, E. V. R.; VEIGA, A. D.; PEREIRA, P. H. A. R.; OLIVEIRA, K. C.; VON PINHO, R. G. 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.

VENTIMIGLIA, L. A.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; PIRES, J. L. F. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.2, p.195-199, 1999.

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.4.1-26.

VIEIRA, R. D.; MALHEIROS, E. B.; SCHIAVON JÚNIOR, A. A.; TANAKA, R. T. Efeito de fontes e doses de fósforo sobre a qualidade de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ciência Agrônômica**, Jaboticabal, v. 2, n. 1, p. 15, 1987a.

VIEIRA, R. D.; SCAPPA NETO, A.; BITTENCOURT, S. R. M.; PANOBIANCO, M. Electrical conductivity of the soaking solution and soybean seedling emergence. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 2, p. 164-168, 2004.

VIEIRA, R. D.; SCHIAVON JÚNIOR, A. A.; MALHEIROS, E. B.; CARNIER, P. E.; SOUZA, D. A. G. Efeito de doses de adubação fosfatada a lanço e no sulco de semeadura sobre a qualidade de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ciência Agrônômica**, Jaboticabal, v. 2, n. 2, p. 20-21, 1987b.

VIEIRA, R. D.; SEDIYAMA, T.; CARVALHO, N. M.; THIEBAUT, J. T. L.; SILVA, R. F.; SEDIYAMA, C. S. Avaliação do efeito de doses de P e K na qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 9, n. 1, p. 83-88, 1987c.

VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C. Manejo químico do solo para alta produtividade da soja. In: SIMPÓSIO DA CULTURA DA SOJA, Piracicaba, 1998. **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba: G. M. S. CÂMARA, 1998. p.84-112.

ZUCARELI, C.; RAMOS JUNIOR, E. U.; BARREIRO, A. A.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 1, p. 09-15, 2006.

ANEXOS

Anexo A. Dados de precipitação pluvial, de temperatura e de umidade relativa do ar em outubro de 2009 (Fonte: Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – câmpus de Jaboticabal).

Dia	Precipitação pluvial (mm)	Temperatura (°C)			Umidade relativa do ar (%)		
		máxima	mínima	Média	máxima	mínima	Média
1	0	31,3	14,1	22,3	87,2	37,9	66,3
2	0	33,0	18,5	25,1	92,5	33,0	66,3
3	0	30,4	18,6	24,2	88,6	47,8	70,3
4	0	30,9	17,4	23,8	91,3	37,8	67,6
5	23	32,8	19,2	25,2	87,1	29,9	63,5
6	0,5	30,0	19,5	23,7	92,4	42,0	72,3
7	0	29,3	19,1	22,6	92,8	50,7	79,2
8	0	25,3	16,4	20,4	93,4	64,5	81,6
9	0	27,0	13,7	19,8	89,1	46,5	70,1
10	0	30,0	13,7	21,1	88,9	32,2	66,0
11	0	32,6	15,4	24,2	90,5	26,3	58,1
12	7,1	30,5	18,2	21,6	93,0	43,7	75,2
13	0	27,6	17,1	22,1	95,9	49,0	74,7
14	3,6	32,8	17,4	24,3	93,0	33,0	68,3
15	1	26,9	18,4	20,9	90,2	52,2	78,7
16	0	30,5	16,4	23,2	92,0	40,8	68,9
17	2,2	32,4	18,3	24,4	91,0	38,2	70,2
18	0,7	30,4	19,0	23,7	95,2	50,1	78,9
19	7,1	29,3	17,8	22,2	94,5	56,8	80,7
20	0	28,5	16,9	22,7	92,8	49,5	73,2
21	56,7	32,8	19,5	25,1	94,6	35,1	69,8
22	0	27,7	18,6	22,7	95,5	61,6	83,9
23	0	30,6	19,5	24,3	92,7	30,6	67,1
24	0	32,2	17,9	25,4	89,1	30,9	60,7
25	0	31,4	20,0	25,2	89,0	41,9	69,8
26	0	27,8	19,4	22,7	90,2	63,6	80,3
27	0	27,7	18,5	23,0	91,2	52,9	72,6
28	0	29,8	18,1	23,8	87,9	45,4	67,7
29	0	31,2	18,5	24,1	85,7	36,3	65,6
30	0	30,3	17,4	24,1	91,5	38,6	65,8
31	0	31,8	18,6	25,2	83,4	30,4	58,3
Média	-	30,2	17,8	23,3	91,0	42,9	70,7
Soma	101,9	-	-	-			

Anexo B. Dados de precipitação pluvial, de temperatura e de umidade relativa do ar em novembro de 2009 (Fonte: Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – câmpus de Jaboticabal).

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)			Umidade relativa do ar (%)		
		máxima	mínima	Média	máxima	mínima	média
1	0	32,7	18,4	25,8	84,6	29,8	55,5
2	0	34,2	20,2	27,3	83,0	29,1	54,1
3	5,2	34,2	21,1	27,0	82,7	31,1	60,9
4	7,5	33,3	19,4	25,8	91,8	29,3	64,5
5	2,3	30,7	20,7	24,1	94,8	43,7	78,7
6	0	29,8	20,6	24,1	93,1	47,3	76,7
7	30,2	28,1	20,1	23,2	95,5	58,1	80,7
8	15	28,9	19,8	22,8	95,4	51,4	83,5
9	3,4	28,1	20,5	23,5	95,9	60,3	83,7
10	0	31,9	21,1	25,7	95,3	43,2	75,3
11	9,6	30,9	20,9	24,9	93,0	52,1	77,5
12	0	32,2	20,6	25,9	95,0	43,7	71,3
13	0	33,9	20,6	26,8	90,8	40,4	68,3
14	0	33,3	22,1	28,0	88,2	41,6	64,1
15	0	32,8	22,1	26,8	89,3	42,4	69,9
16	0	32,9	20,3	25,3	92,2	40,3	72,5
17	0	32,0	19,7	25,6	92,2	42,7	68,9
18	0,7	34,2	20,4	26,9	86,6	32,9	63,9
19	1,9	33,7	22,2	26,6	88,9	37,8	70,1
20	2,1	33,2	21,2	25,3	90,8	37,3	73,0
21	0	32,4	21,2	25,4	94,3	40,1	73,3
22	0	32,8	20,2	26,2	90,2	34,6	65,3
23	49	30,4	20,5	23,9	95,0	52,4	81,1
24	0,4	27,6	20,5	23,4	95,4	62,8	83,2
25	1,4	32,4	19,2	25,5	91,3	35,1	66,9
26	0	31,4	21,0	25,1	92,2	45,1	74,0
27	0	31,7	21,0	25,3	93,7	42,9	72,9
28	34,3	30,6	20,7	23,5	94,0	51,5	83,2
29	0,3	25,9	20,7	22,7	94,7	70,9	85,9
30	6,6	29,7	20,4	23,8	94,6	56,2	83,4
Média	-	31,5	20,6	25,2	91,8	44,2	72,7
Soma	169,9	-	-	-			

Anexo C. Dados de precipitação pluvial, de temperatura e de umidade relativa do ar em dezembro de 2009 (Fonte: Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – câmpus de Jaboticabal).

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)			Umidade relativa do ar (%)		
		máxima	mínima	média	máxima	mínima	Média
1	0	29,6	20,0	24,4	95,3	53,2	78,6
2	0	29,2	21,7	24,4	93,8	63,0	82,8
3	44,9	29,7	20,8	23,5	94,2	54,8	82,6
4	0	26,3	19,4	22,3	95,5	68,2	83,3
5	0	26,9	18,4	22,5	84,1	55,3	71,6
6	11,4	29,6	19,0	23,5	93,2	54,6	79,4
7	18	22,7	19,7	21,3	95,2	87,3	92,6
8	52,8	26,9	21,1	22,7	95,6	66,8	88,2
9	53,2	28,9	20,8	23,8	96,2	58,0	83,7
10	0	29,5	19,7	23,7	96,2	45,0	78,1
11	13,4	32,3	21,2	25,4	92,7	36,7	72,4
12	7,7	30,5	19,4	23,5	95,5	48,2	80,7
13	3	23,9	20,3	21,8	95,0	75,3	88,4
14	3,5	26,1	19,7	22,0	95,5	67,5	88,8
15	0	31,3	19,4	24,2	96,0	42,4	76,0
16	0	30,8	20,6	24,7	92,2	44,5	72,7
17	0	30,9	19,7	23,4	91,1	40,3	76,2
18	0	30,5	17,8	23,9	100,0	62,6	93,4
19	3,1	31,9	20,7	27,1	92,8	38,9	62,7
20	0	32,2	19,9	25,7	92,8	37,5	70,6
21	15,5	32,3	20,2	25,0	91,8	39,3	72,7
22	0	32,5	19,1	25,5	92,5	33,3	65,5
23	0	32,4	19,8	25,7	90,0	35,2	66,4
24	27,4	31,7	20,2	24,8	94,2	41,5	73,0
25	2,6	28,9	20,4	23,6	95,1	58,6	83,6
26	4,6	30,8	20,9	24,5	95,2	50,3	79,8
27	5	27,7	21,3	23,7	95,0	68,6	86,8
28	32,8	28,7	21,6	23,7	95,2	59,8	86,1
29	51,2	24,4	21,1	22,6	95,8	79,3	91,2
30	23,7	27,7	19,6	22,4	96,5	63,4	88,9
31	2,4	31,1	20,4	24,2	96,2	47,2	81,4
Média	-	29,3	20,1	23,9	94,2	54,1	79,9
Soma	376,2	-	-	-	-	-	-

Anexo D. Dados de precipitação pluvial, de temperatura e de umidade relativa do ar em janeiro de 2010 (Fonte: Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – câmpus de Jaboticabal).

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)			Umidade relativa do ar (%)		
		máxima	mínima	Média	máxima	mínima	média
1	2,8	29,8	20,6	23,7	93,1	56,4	81,5
2	0,2	31,6	22,0	25,9	93,5	47,6	74,4
3	0	33,3	21,0	26,9	93,1	35,7	65,3
4	0	33,8	21,3	27,2	88,0	29,5	61,9
5	0	33,8	21,5	26,5	87,5	34,2	66,2
6	3,8	31,8	21,3	25,4	91,7	44,1	73,5
7	20	31,3	21,0	24,5	95,1	50,3	81,6
8	8,9	28,9	20,7	22,7	95,7	59,6	89,4
9	0	30,9	20,4	25,0	95,7	43,6	75,1
10	0	31,6	20,6	24,9	92,9	46,6	77,1
11	0	29,8	21,5	25,1	94,3	52,9	77,9
12	7,2	31,8	20,2	23,8	94,6	45,8	79,4
13	0,3	30,4	20,1	24,7	93,2	50,0	74,2
14	25	29,3	20,4	22,6	95,4	55,0	85,4
15	0	28,5	20,0	23,0	95,8	51,7	83,7
16	17	31,2	20,3	22,7	96,2	51,5	86,2
17	1,4	30,3	20,1	23,3	96,2	51,9	84,5
18	0,4	31,4	21,0	25,5	92,5	41,4	71,7
19	0	31,7	20,9	24,8	93,0	41,5	76,5
20	50,5	32,1	20,1	25,4	93,8	43,3	74,0
21	16,6	28,7	20,2	22,2	96,4	59,0	88,7
22	0	26,0	19,8	22,1	95,8	59,0	84,0
23	0	25,2	21,0	22,6	90,5	65,4	81,2
24	0,5	30,0	19,4	23,3	94,5	48,2	79,4
25	0	27,8	19,6	23,2	92,9	56,9	78,6
26	30,6	30,7	19,8	24,7	94,9	47,0	74,5
27	0	27,2	19,4	22,9	95,7	61,7	82,6
28	38,8	28,8	21,0	22,5	95,1	63,8	88,3
29	16,7	23,4	20,1	21,4	96,6	83,8	92,6
30	1,3	27,0	20,4	22,7	92,7	69,6	85,6
31	0,6	31,2	19,7	23,9	92,4	49,6	78,5
Média	-	30,0	20,5	24,0	93,8	51,5	79,1
Soma	242,6	-	-	-			

Anexo E. Dados de precipitação pluvial, de temperatura e de umidade relativa do ar em fevereiro de 2010 (Fonte: Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – câmpus de Jaboticabal).

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)			Umidade relativa do ar (%)		
		máxima	mínima	média	máxima	mínima	média
1	0	33,7	18,8	25,5	91,8	33,3	67,3
2	0	33,9	19,7	26,7	87,6	34,4	63,4
3	0	33,9	21,0	27,1	88,7	34,3	65,0
4	1,9	33,3	21,2	26,1	92,1	40,0	70,9
5	0	32,7	21,2	26,1	92,5	34,6	68,0
6	0	32,9	19,7	25,5	94,2	36,0	69,5
7	5,1	32,1	19,5	24,1	92,8	38,6	75,9
8	0	31,0	18,9	24,5	94,6	40,6	72,9
9	1,4	30,9	19,6	24,3	91,9	39,9	73,4
10	11,5	30,0	20,6	23,6	94,1	47,7	81,2
11	3,5	29,3	20,4	22,9	95,8	57,1	85,8
12	3,8	31,7	20,7	24,8	93,2	45,7	77,2
13	0	32,4	19,0	25,7	87,8	34,2	63,8
14	0	32,9	19,5	26,5	86,1	35,6	62,3
15	3	33,7	21,1	26,9	91,1	34,4	67,1
16	0	31,9	21,5	25,8	92,7	44,3	73,4
17	12,3	32,0	20,0	24,2	93,4	42,7	78,8
18	5	27,3	19,8	22,6	96,1	63,4	87,3
19	0,2	28,5	20,1	23,5	93,5	56,1	79,3
20	18,9	30,9	19,9	23,0	93,8	51,6	80,9
21	0	33,3	18,1	24,9	95,1	33,7	72,5
22	0	33,1	20,3	26,6	93,2	35,6	68,2
23	0	33,8	20,6	26,4	91,8	30,1	70,5
24	53,7	32,4	21,3	25,2	95,0	44,6	76,2
25	0	30,1	20,3	23,7	96,5	49,5	81,0
26	0	29,0	18,5	23,2	90,1	58,3	76,2
27	29,8	30,0	18,8	23,1	95,1	54,4	82,8
28	41,1	27,9	20,9	23,5	100,0	75,0	92,6
Média	-	31,6	20,0	24,9	92,9	43,8	74,4
Soma	191,2	-	-	-			

Anexo F. Dados de precipitação pluvial, de temperatura e de umidade relativa do ar em março de 2010 (Fonte: Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – câmpus de Jaboticabal).

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)			Umidade relativa do ar (%)		
		máxima	mínima	Média	máxima	mínima	média
1	19	27,1	19,7	22,4	96,8	67,0	89,9
2	0	27,4	19,2	22,2	90,4	65,0	82,2
3	1,1	28,3	20,3	23,4	91,4	64,3	83,0
4	0	30,5	19,4	24,2	94,2	52,1	79,3
5	0	32,3	20,3	24,3	92,0	44,0	77,3
6	0	30,3	19,4	23,9	95,7	48,7	77,5
7	0	30,0	17,5	23,4	94,7	31,7	67,0
8	0	30,9	17,7	24,0	87,2	33,4	61,0
9	0	32,2	17,9	25,1	90,9	30,7	64,0
10	0	32,0	19,5	25,7	88,0	29,1	59,5
11	0	32,8	18,6	25,6	89,3	30,9	59,5
12	0,7	33,0	18,3	24,9	90,3	41,1	69,6
13	0	32,7	18,9	25,4	94,0	42,0	72,4
14	9,4	33,5	21,2	25,8	93,9	39,9	71,4
15	0,3	29,2	20,6	23,7	96,0	56,4	83,7
16	0	27,5	21,3	23,9	91,6	60,9	79,9
17	0	30,2	18,3	23,6	89,8	44,8	72,9
18	0	32,1	19,1	24,9	92,5	34,1	68,0
19	0	32,7	19,4	25,6	91,3	34,0	65,7
20	0	32,5	20,0	25,8	91,4	38,7	66,0
21	0,3	31,0	20,8	24,7	91,3	49,0	74,7
22	31,8	31,6	20,3	23,8	95,0	47,8	81,0
23	3,1	31,4	20,0	24,3	96,5	47,2	80,8
24	0	31,8	20,6	25,6	96,1	41,7	75,0
25	8	31,7	20,3	24,4	92,7	44,2	77,4
26	58,3	31,0	19,8	23,5	94,9	48,5	82,9
27	0	30,7	20,4	24,3	95,4	43,2	76,4
28	0	31,2	20,6	25,1	93,0	42,9	72,8
29	4,3	30,4	20,4	24,9	93,2	51,0	75,2
30	5,6	30,2	20,6	24,3	93,9	52,7	80,2
31	0	28,3	20,5	23,6	94,8	58,7	81,8
Média	-	30,9	19,7	24,4	92,8	45,7	74,5
Soma	141,9	-	-	-	96,8	67,0	89,9

Anexo G. Dados de precipitação pluvial, de temperatura e de umidade relativa do ar em outubro de 2010 (Fonte: Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – câmpus de Jaboticabal).

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)			Umidade relativa do ar (%)		
		máxima	mínima	Média	máxima	mínima	média
1	9,8	31,7	18,9	22,4	94,5	47,8	81,0
2	0,8	25,0	18,6	21,2	94,6	67,4	86,2
3	0,2	25,9	17,7	20,9	93,5	54,7	76,8
4	0	30,9	15,7	22,7	88,5	42,8	69,7
5	0	32,8	19,1	25,5	92,6	30,2	63,1
6	7	34,4	17,7	26,3	89,2	23,2	56,3
7	10,1	27,1	18,1	21,8	93,4	42,9	77,8
8	0	25,4	16,6	20,4	93,6	31,3	65,5
9	0	27,2	13,1	19,8	78,6	29,4	55,9
10	0	25,4	13,1	18,5	85,2	41,4	66,0
11	0	27,6	12,2	19,6	87,9	31,3	62,0
12	0	27,4	11,3	19,2	81,3	30,2	55,2
13	0	31,6	12,1	21,8	77,8	28,3	52,6
14	0,8	35,0	17,1	26,1	80,7	26,9	54,6
15	4	29,7	19,6	23,7	92,5	39,6	70,9
16	0	30,8	18,8	23,8	93,2	38,4	70,9
17	0	31,9	19,2	25,5	86,9	35,3	62,8
18	0,5	27,1	18,3	22,4	88,7	50,4	72,7
19	0	29,4	14,6	21,8	87,8	25,9	57,5
20	0	30,6	12,9	21,8	85,4	15,1	47,7
21	0	33,1	15,5	24,7	67,5	14,4	39,0
22	6,1	34,9	17,1	26,7	73,9	22,5	43,6
23	0,7	24,5	19,6	21,8	92,1	64,0	83,4
24	12,6	31,3	19,3	23,7	95,0	38,0	75,2
25	7,1	31,8	18,4	25,0	91,0	34,2	66,8
26	0	30,1	17,6	23,4	90,9	30,9	62,5
27	0	29,0	14,8	22,1	88,3	24,4	54,5
28	0	31,6	15,2	23,8	77,4	14,9	41,2
29	0	34,8	16,6	26,5	67,7	14,1	33,1
30	6	30,4	18,2	22,9	92,4	35,1	65,1
31	0	25,2	18,6	19,4	95,0	71,9	80,1
Média	-	29,8	16,6	22,7	87,0	35,4	62,9
Soma	65,7	-	-	-	-	-	-

Anexo H. Dados de precipitação pluvial, de temperatura e de umidade relativa do ar em novembro de 2010 (Fonte: Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – câmpus de Jaboticabal).

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)			Umidade relativa do ar (%)		
		máxima	mínima	média	máxima	mínima	média
1	1,3	27,3	21,2	23,4	85,8	55,6	74,1
2	0,2	28,7	19,1	23,2	91,1	34,8	66,2
3	0	31,3	17,8	24,3	91,9	25,8	58,1
4	0	33,1	17,7	25,5	72,6	26,9	51,1
5	21	31,0	19,2	23,6	94,5	37,4	69,8
6	0	26,2	19,3	22,0	94,7	58,9	78,2
7	0	29,6	15,2	23,4	86,4	25,8	53,0
8	0	32,8	18,1	25,4	78,3	29,0	57,8
9	2,5	32,0	20,5	25,2	88,2	40,0	66,9
10	0	29,9	18,9	23,9	93,9	43,5	70,9
11	0	30,4	17,8	23,2	80,3	41,7	62,4
12	2,5	30,5	15,8	23,3	77,0	51,0	64,0
13	1	28,3	16,5	23,3	80,6	51,9	72,1
14	4	26,6	16,5	20,6	90,4	53,8	78,7
15	21,4	30,0	17,2	22,8	92,7	33,6	70,1
16	4,5	26,2	16,7	20,6	95,0	57,2	83,8
17	0	29,0	17,9	23,1	93,1	38,4	68,5
18	0	29,4	16,4	23,4	87,9	25,4	51,2
19	0	32,1	14,7	24,6	75,6	22,7	42,8
20	1,6	33,3	19,4	25,1	89,9	29,3	56,4
21	0	32,2	19,0	24,8	92,7	38,8	70,3
22	18,8	28,1	19,4	22,7	94,7	50,1	79,6
23	0	29,5	19,2	23,2	95,7	52,4	81,9
24	0	31,8	19,8	25,5	88,5	35,4	65,3
25	11	32,6	20,8	26,2	90,5	33,2	61,9
26	0	31,9	19,3	25,1	93,2	32,9	66,2
27	0	33,0	18,9	25,9	87,9	25,7	54,7
28	0	34,1	19,4	27,0	82,5	20,2	47,1
29	10,3	32,3	19,7	24,7	89,6	39,8	65,0
30	0,6	29,6	21,1	23,5	93,4	51,2	80,9
Média	-	30,4	18,4	24,0	88,3	38,7	65,6
Soma	100,7	-	-	-	-	-	-

Anexo I. Dados de precipitação pluvial, de temperatura e de umidade relativa do ar em dezembro de 2010 (Fonte: Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – câmpus de Jaboticabal).

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)			Umidade relativa do ar (%)		
		máxima	mínima	média	máxima	mínima	média
1	34,6	32,2	19,8	25,8	95,2	38,8	71,4
2	0,5	31,2	19,9	25,2	95,7	46,6	76,0
3	12,5	32,1	21,7	24,7	94,3	46,6	81,4
4	0	33,2	20,5	26,6	95,0	39,3	71,3
5	9,4	33,4	20,9	26,3	94,7	42,3	74,5
6	0	30,7	19,8	24,7	94,4	45,8	74,9
7	0	32,1	19,9	26,2	89,8	43,7	67,0
8	0	32,1	22,9	27,3	89,4	43,4	64,7
9	0	32,5	19,5	26,2	90,2	39,1	64,8
10	0	33,4	19,9	26,9	87,0	39,5	63,1
11	2,6	33,3	22,6	27,9	87,1	40,8	65,0
12	0	33,6	22,3	27,6	92,0	36,8	65,9
13	17,1	31,3	20,4	23,9	94,6	51,8	81,7
14	0,4	25,3	19,3	21,4	94,2	71,7	88,0
15	3,3	28,0	18,5	22,0	93,2	61,4	85,3
16	3,9	29,5	20,0	23,3	93,3	54,2	81,1
17	0	30,5	19,9	23,7	94,6	37,2	78,5
18	41,4	26,3	19,1	22,0	94,7	59,0	84,1
19	4,3	30,4	19,1	22,2	95,5	47,6	82,3
20	0,5	32,6	19,3	25,6	91,7	32,8	66,0
21	9,8	32,4	20,3	25,9	90,5	33,7	66,0
22	0,7	30,2	19,7	24,8	92,4	48,7	74,0
23	0,1	30,3	20,2	24,7	92,1	44,7	73,7
24	33,1	28,9	20,7	23,0	94,3	56,2	84,2
25	0	30,1	21,0	24,2	92,9	50,0	79,3
26	14,9	26,9	21,2	23,0	93,6	69,8	88,4
27	35,5	28,1	20,4	23,2	94,0	62,4	86,3
28	0,2	29,8	20,4	24,3	95,0	53,5	79,6
29	0	30,6	18,1	24,0	87,8	32,7	64,4
30	0	30,9	17,0	23,8	89,3	30,1	64,8
31	0	30,8	17,8	24,5	88,0	45,7	67,7
Média	-	30,7	20,1	24,7	92,5	46,6	74,7
Soma	224,8	-	-	-	-	-	-

Anexo J. Dados de precipitação pluvial, de temperatura e de umidade relativa do ar em janeiro de 2011 (Fonte: Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – câmpus de Jaboticabal).

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)			Umidade relativa do ar (%)		
		máxima	mínima	média	máxima	mínima	média
1	0	30,4	20,4	24,0	90,1	49,4	77,4
2	44,5	28,1	20,6	22,0	94,4	62,4	89,7
3	69,4	22,9	20,3	21,0	95,0	90,4	93,3
4	0	30,5	20,6	23,7	94,9	46,7	80,7
5	0	30,8	19,7	24,5	95,4	48,5	77,9
6	2	29,6	20,6	22,9	94,9	52,7	85,9
7	1,5	29,1	21,0	23,4	95,1	53,1	84,5
8	38	27,5	20,5	22,4	94,8	62,2	88,0
9	0	29,3	20,3	23,4	95,2	56,1	82,1
10	2,5	30,3	20,2	23,9	94,3	50,8	80,9
11	2,4	26,5	20,8	22,9	94,3	69,3	87,7
12	3,3	28,5	21,5	24,2	93,0	61,9	83,0
13	75,4	27,9	20,8	22,5	95,4	61,8	90,4
14	1,3	29,4	20,9	24,1	95,4	58,6	82,9
15	0	30,7	19,9	23,9	95,2	53,8	82,7
16	4,2	31,3	20,6	24,3	93,6	50,2	81,3
17	14,8	29,9	20,6	23,0	94,5	52,9	84,7
18	0,2	27,4	20,4	23,0	94,0	68,8	86,4
19	0	31,2	20,7	24,9	96,0	73,8	84,9
20	0,6	29,8	20,4	23,1	94,2	57,2	83,9
21	0	33,1	20,8	26,0	94,1	36,6	69,7
22	0	32,4	21,1	25,7	92,3	39,7	71,7
23	0	32,1	20,2	26,1	89,7	41,3	68,2
24	0	33,0	20,6	26,5	88,1	38,4	68,4
25	0	31,8	21,2	26,2	90,3	39,9	68,7
26	0	32,6	20,1	25,8	92,6	35,2	66,4
27	0	32,5	21,2	26,0	87,1	35,8	67,0
28	0	32,9	20,3	26,4	89,2	36,7	64,6
29	0	34,1	20,4	25,5	90,4	34,5	70,5
30	0	32,8	20,0	26,2	92,1	38,2	66,9
31	7	32,2	21,0	24,9	88,9	44,7	72,7
Média	-	30,3	20,6	24,3	93,0	51,7	78,8
Soma	267,1	-	-	-			

Anexo K. Dados de precipitação pluvial, de temperatura e de umidade relativa do ar em fevereiro de 2011 (Fonte: Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – câmpus de Jaboticabal).

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)			Umidade relativa do ar (%)		
		máxima	mínima	média	máxima	mínima	média
1	0	29,0	19,4	23,7	93,3	48,8	76,5
2	20,4	31,5	20,0	23,6	94,2	44,0	80,9
3	23	30,4	19,9	23,2	94,3	51,4	82,1
4	28	30,7	20,1	23,5	94,7	50,0	79,6
5	3,5	31,8	19,3	24,3	94,7	41,9	75,2
6	0	32,9	19,6	25,8	92,3	32,6	67,8
7	0	31,4	21,2	24,4	89,7	43,3	74,0
8	0	32,0	20,3	25,4	90,6	40,3	69,6
9	0	31,6	20,8	25,7	91,5	40,3	68,8
10	0	31,8	20,7	25,1	93,1	43,9	72,9
11	0	31,0	20,1	24,7	92,2	46,9	75,2
12	0	32,6	20,4	24,9	90,8	39,4	72,5
13	3,2	31,1	19,7	23,7	93,5	49,3	79,2
14	1,6	30,3	19,8	23,6	95,2	46,5	80,1
15	18,7	29,3	20,4	23,3	94,3	53,5	82,8
16	1,9	30,6	20,7	23,8	93,3	47,5	80,2
17	8,7	29,5	19,8	22,8	93,8	53,9	81,7
18	0,7	29,4	20,1	23,3	93,7	53,6	81,4
19	0	31,4	19,4	24,6	91,5	34,6	68,6
20	0	33,3	19,1	25,7	90,2	30,0	62,4
21	0	33,2	19,4	25,6	86,5	31,0	64,1
22	7,9	32,6	19,6	25,0	90,2	35,5	70,1
23	12,9	32,8	20,3	25,1	94,5	39,2	74,7
24	0,8	32,3	20,1	24,9	95,1	42,4	75,6
25	25,5	32,1	20,5	25,2	94,7	45,6	77,2
26	0,7	29,8	20,9	24,1	95,2	52,9	84,0
27	37,5	31,4	21,1	23,9	96,6	48,1	85,1
28	7,2	26,2	20,3	22,2	95,9	69,8	88,8
Média	-	31,1	20,1	24,3	93,1	44,9	76,1
Soma	202,2	-	-	-	-	-	-

Anexo L. Dados de precipitação pluvial, de temperatura e de umidade relativa do ar em março de 2011 (Fonte: Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – câmpus de Jaboticabal).

Dia	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)			Umidade relativa do ar (%)		
		máxima	mínima	média	máxima	mínima	média
1	8,7	26,5	19,4	22,3	94,1	69,1	86,6
2	14,5	24,8	20,3	22,0	95,7	71,4	87,6
3	45,1	20,9	18,9	19,8	96,1	88,4	94,8
4	42,6	21,4	18,1	19,7	96,0	92,9	95,0
5	80,7	22,2	18,9	20,1	96,7	91,9	96,1
6	43,1	23,4	19,4	20,8	96,3	81,3	94,5
7	17,9	25,4	18,7	21,2	96,3	74,5	91,9
8	21,6	26,0	19,1	21,5	96,5	68,6	89,1
9	0,1	28,7	19,8	23,3	96,5	57,0	83,7
10	21	29,6	20,4	22,6	95,7	52,8	86,3
11	6,4	27,6	20,0	21,8	95,8	63,9	84,5
12	4,6	28,2	20,1	22,8	95,2	62,2	86,2
13	0	29,8	19,2	23,9	95,2	51,7	78,6
14	27,4	29,3	19,3	23,8	95,5	57,2	82,1
15	8	28,9	20,2	23,1	95,9	59,4	85,4
16	0	29,1	19,4	23,3	92,3	56,5	78,7
17	42,1	30,5	19,2	24,0	95,8	49,8	77,9
18	5,5	29,2	21,0	23,2	95,9	55,2	86,6
19	0	29,6	21,0	23,6	93,7	54,2	80,6
20	5,8	24,0	19,6	21,3	92,8	65,7	83,0
21	8,2	24,9	19,2	20,6	94,3	62,4	86,1
22	4,5	23,0	19,3	20,8	94,4	81,7	89,4
23	65,9	26,3	19,5	21,3	96,1	62,4	87,5
24	0	27,6	19,3	22,5	95,6	52,0	81,8
25	0	31,0	18,3	24,2	94,9	45,5	73,4
26	0	32,1	19,5	25,5	94,1	39,9	72,2
27	18,5	33,7	20,6	26,4	93,2	40,3	70,1
28	2,8	30,5	19,1	24,3	95,5	51,9	78,1
29	0	31,4	21,1	24,2	92,5	46,4	80,2
30	0	30,4	20,0	24,1	95,1	48,7	78,5
31	0	30,7	18,8	23,9	92,2	46,7	74,1
Média	-	27,6	19,6	22,6	95,0	61,3	83,9
Soma	495	-	-	-			

Anexo M. Descrição dos estádios vegetativos da soja.

Símbolo	Denominação	Descrição
VE	Emergência	Os cotilédones estão acima da superfície do solo.
VC	Cotilédone desenvolvido	Os cotilédones apresentam-se bem abertos e as folhas unifolioladas estão suficientemente abertas, de tal modo que os bordos de cada unifolíolo não estão se tocando.
V ₁	Primeiro nó maduro	As folhas unifolioladas estão estendidas e a primeira folha trifoliolada está suficientemente aberta, de tal modo que os bordos de cada folíolo não estão se tocando.
V ₂	Segundo nó maduro	A primeira folha trifoliolada está estendida, isto é, com os três folíolos expandidos e a segunda folha trifoliolada está suficientemente aberta, de tal modo que os bordos de cada folíolo não estão se tocando.
V ₃	Terceiro nó maduro	A segunda folha trifoliolada está estendida, isto é, com os três folíolos expandidos e a terceira folha trifoliolada está suficientemente aberta, de tal modo que os bordos de cada folíolo não estão se tocando.
V _n	“Enésimo” nó maduro	A “enésima” folha trifoliolada está estendida, isto é, com os três folíolos expandidos e a folha trifoliolada “n + 1” está suficientemente aberta, de tal modo que os bordos de cada folíolo não estão se tocando.

Fonte: Fehr e Caviness (1977), adaptada por Câmara (1998).

Anexo N. Descrição dos estádios reprodutivos da soja.

Símbolo	Denominação	Descrição
R ₁	Início do florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó da haste principal.
R ₂	Florescimento pleno	Uma flor aberta em um dos dois últimos nós da haste principal, com a folha completamente desenvolvida.
R ₃	Início da frutificação	Vagem com 5 mm de comprimento em um dos quatro últimos nós superiores, sobre a haste principal, com a folha completamente desenvolvida.
R ₄	Vagem formada	Vagem com 20 mm de comprimento em um dos quatro últimos nós superiores, sobre a haste principal, com a folha completamente desenvolvida (“canivete”).
R ₅	Início da formação da semente ou início da granação	Semente com 3 mm de comprimento em uma vagem localizada em um dos quatro últimos nós superiores, sobre a haste principal, com a folha completamente desenvolvida.
R ₆	Granação plena ou semente desenvolvida	Vagem verde, contendo semente verde que preenche a cavidade da vagem localizada em um dos quatro últimos nós superiores, sobre a haste principal, com a folha completamente desenvolvida.
R ₇	Início da maturação ou maturação fisiológica	Uma vagem normal sobre a haste principal que tenha atingido a cor da vagem madura.
R ₈	Maturação plena ou maturação a campo	95% de vagens que tenham atingido a cor da vagem madura.

Fonte: Fehr e Caviness (1977), adaptada por Câmara (1998).