

**PARCELAMENTO DE DOSES DE POTÁSSIO NO RENDIMENTO DA CULTURA
DA SOJA**

AILTON DONIZETE SILVÉRIO

**PARCELAMENTO DE DOSES DE POTÁSSIO NO RENDIMENTO DA CULTURA
DA SOJA**

AILTON DONIZETE SILVÉRIO

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Sergio Tiritan

631.42
S586p

Silvério, Ailton Donizete.

Parcelamento de doses de potássio no rendimento da cultura da soja / Ailton Donizete Silvério. – Presidente Prudente, 2013.
55 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2013.

Bibliografia.

Orientador: Dr. Carlos Sergio Tiritan.

1. Fertilidade do solo 2. Interação entre minerais. 3. Disponibilidade de potássio. I. Título.

AILTON DONIZETE SILVÉRIO

**PARCELAMENTO DE DOSES DE POTÁSSIO NO RENDIMENTO DA
CULTURA DA SOJA**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestrado em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Presidente Prudente, 21 de junho de 2013

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Orientador Carlos Sergio Tiritan
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente-SP

Prof. Dr. Edemar Moro
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente-SP

Prof. Dr. Evaristo Atencio Paredes
Universidade Estadual de Maringá-UEM
Maringá-PR

DEDICATÓRIA

Em princípio a Deus pela benção da vida, e por ter proporcionado a saúde e disposição para esta grande empreitada.

Aos meus pais, Sebastião Silvério e Mirtes Milena Frasson Silvério (*in memorian*), por me trazerem ao mundo, por me ensinarem os primeiros passos, e pela grande preocupação com a minha formação.

À minha querida esposa, Solange Aparecida Boreggio, que com amor e paciência soube compreender e me apoiar nos momentos mais difíceis.

Aos meus filhos (presentes que Deus nos deu), Luna Boreggio Silvério, com três anos e meio e ao pequeno Enzo Boreggio Silvério, com um ano e quatro meses, que sentiram a minha ausência, sem entender a razão.

Às minhas irmãs: Sylvia, Sônia, Sara, Sueli, e as caçulas (gêmeas) Sandra e Selma, pela convivência, pelo carinho e pela contribuição na formação do meu caráter.

Dedico ainda este título de mestre à minha Saudosa Mãe, Mirtes Milena Frasson Silvério, que onde quer esteja... estará orgulhosa de mim.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Carlos Sergio Tiritan por me receber como seu orientando no Curso de Pós-Graduação e por seus ensinamentos, conselhos e amizade.

A todos os professores do Departamento de Pós Graduação-Mestrado em Agronomia da Unoeste por sua valiosa dedicação, ensinamentos, estímulo e amizade.

À secretária do Departamento de Pós-Graduação Keid Ribeiro Kruger, pelas informações repassadas e pela simpatia no atendimento.

A todos os funcionários (as) dos Laboratórios de Análises de Solo e Tecidos da UNOESTE, pelo acolhimento recebido.

Aos colegas Antonio Carlos Rebeschini, Sergio Ricardo Sirotti, Jorge Maurino dos Santos e Erni Limberger, grandes parceiros entre outros, pelo apoio, estímulo e boa companhia durante esta caminhada.

Aos colegas do Instituto Emater, que souberam compreender o meu momento, dando-me a oportunidade de realizar este curso e o apoio necessário para a concretização deste sonho.

Aos amigos José Francisco Lopes Júnior e José Antonio de Andrade, das unidades municipais do Instituto Emater de Nova Esperança, PR e Floraí, PR pelo apoio moral, pelo incentivo na condução dos trabalhos e pela verdadeira amizade.

Ao Produtor Rural L. A. C. G. e sua família, pelo acolhimento e apoio na manutenção, para que se tornasse possível a execução deste trabalho.

Pelo observador diário do experimento e responsável pela leitura e registro do "pluviômetro" Sr. Antonio Mendonça.

Ao meu concunhado, Wilson de Alencar Nunes, meu companheiro de viagens, grande parceiro e fotógrafo dos experimentos.

Ao Engenheiro Agrônomo Wellington Eduardo Xavier Guerra, pesquisador, mestrando do curso de agronomia da UNOESTE, pela grande contribuição na discussão da pesquisa.

Ao meteorologista do INMET/MAPA Luiz Renato Lazinski, pelos comentários sobre as chuvas ocorridas na região de Maringá/PR, entre os meses

de outubro de 2011 a fevereiro de 2012 de grande serventia na interpretação desta pesquisa.

“Um homem não pode fazer o certo numa área da vida, enquanto está ocupado em fazer o errado em outra. A vida é um todo indivisível.”

Mahatma Gandhi

LISTA DE SIGLAS

B - Boro

Ca - Cálcio

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

CTC – Capacidade de troca de cátions

Cu - Cobre

DAE – Dias após a emergência da cultura

DAS – Dias após a semeadura

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

ICP-OES - Espectrometria de Emissão Óptica em Plasma Indutivamente Acoplado

IAPAR- Instituto Agronômico do Paraná

K – Potássio

KCl – Cloreto de Potássio

Mg -Magnésio

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

Mn - Manganês

MO – Matéria orgânica

Na - Sódio

P - Fósforo

SBCS/CQFS - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Comissão de Química e Fertilidade do Solo

SCC - Sistema de Cultivo Convencional

SPD - Sistema de plantio direto

SFS - Superfosfato Simples

USDA - Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

UTM – Sistema Universal Transverso de Mercator

Zn - Zinco

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	Soja em números (safra 2010 / 2011).....	16
TABELA 2 -	Exportação do Complexo Soja em 2012 (grãos,farelo e óleo).....	17
TABELA 3 -	Quantidade absorvida e exportação de macronutrientes pela cultura da soja	24
TABELA 4 -	Tratamentos aplicados na área do experimento, 2011.....	32
TABELA 5 -	Registro das aplicações de insumos realizadas na condução do experimento, Presidente Castelo Branco (PR)	34
TABELA 6 -	Análise química de macronutrientes do solo, Presidente Castelo Branco (PR), 2010.....	36
TABELA 7 -	Análise química de micronutrientes do solo. Presidente Castelo Branco (PR), 2010.....	36
TABELA 8 -	Análise granulométrica do solo. Presidente Castelo Branco (PR), 2010.....	37
TABELA 9 -	Altura, inserção da primeira vagem, peso de 1000 sementes, e produtividade da cultura da soja, submetida a diferentes doses de potássio, Presidente Castelo Branco (PR), 2012.....	38
TABELA 10 -	Diagnose foliar de "Macronutrientes" na cultura da soja, submetida a diferentes doses de potássio, Presidente Castelo Branco (PR), 2012.....	40
TABELA 11 -	Diagnose foliar de "Micronutrientes" na cultura da soja, submetida a diferentes doses de potássio, Presidente Castelo Branco (PR), 2012.....	41

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Zoneamento da cultura da soja – Ciclo Médio	18
FIGURA 2 -	Mapa de localização geográfica da região de Maringá (PR)	28
FIGURA 3 -	Mapa de localização geográfica do município de Presidente Castelo Branco (PR)	29
FIGURA 4 -	Mapa de localização geográfica do Sítio Castelo, município de Presidente Castelo Branco (PR)	30
FIGURA 5 -	Croquis da área do experimento, com os respectivos blocos e tratamentos, Presidente Castelo Branco (PR), 2011.....	33
FIGURA 6 -	Precipitações (out/2011 à fev/2012) na área do experimento, Presidente Castelo Branco (PR)	37
FIGURA 7 -	Teor de Mg foliar em função das doses de potássio na cultura da soja em Presidente Castelo Branco (PR), 2012	40
FIGURA 8 -	Teor de B foliar em função das doses de potássio na cultura da soja em Presidente Castelo Branco (PR), 2012	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 Importância da Cultura da Soja no Brasil.....	16
2.2 Importância de Potássio para a Cultura da Soja.....	19
2.3 Ocorrência, Absorção e Disponibilidade do Potássio no Solo.....	22
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
3.1 Materiais	28
3.2 Métodos	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
5 CONCLUSÕES.....	43
REFERÊNCIAS	44
FIGURAS DO APÊNDICE.....	51

RESUMO

Parcelamento de doses de potássio no rendimento da cultura da soja

A aptidão agrícola dos solos é altamente dependente da capacidade de fornecimento de nutrientes mesmo que a fertilidade seja elevada, construída, ou recuperada através de manejo da fertilidade do solo. A prática do cultivo de soja e milho de forma intensiva por muitos anos sem rotação altera o equilíbrio e a disponibilidade relativa de K do solo, se não houver reposição. O objetivo desta pesquisa é avaliar o desenvolvimento da soja, com a adubação de cloreto de potássio, aplicado em sulco por ocasião da semeadura, e após, em cobertura. Efetuou-se pesquisa de campo, no município de Presidente Castelo Branco-PR, em solo classificado como Argissolo vermelho com textura arenosa. São utilizado o cultivo de soja BMX POTÊNCIA RR de ciclo médio. Os cinco tratamentos experimentais de 22,5m² cada, são feitas com sete repetições em delineamento e blocos ao acaso. Os tratamentos utilizados são doses de 00, 30, 60, 90 e 120 de K₂O fracionadas kg ha⁻¹, aplicadas na semeadura e em cobertura. Avalia-se % de emergência (30 dias, após a germinação), número de vagens/planta, altura da planta, e altura da inserção da primeira vagem (na maturação) e peso de 1000 sementes. Os dados são submetidos à ANOVA e os valores comparados através do teste de regressão polinomial ($p < 0,05$). Na análise estatística utiliza-se o teste de comparação de média por Tukey, a 5%. A aplicação de K não proporcionou ganhos à cultura. Na análise de altura da planta, inserção da primeira vagem, e peso das sementes, observou-se que não houve resultado significativo em função das doses de potássio empregadas. Os resultados obtidos demonstram a influência antagônica da interação entre doses crescentes de potássio, em relação aos níveis de absorção de magnésio e boro no cultivo da soja.

Palavras-chave: fertilidade do solo, interação entre minerais, disponibilidade de potássio.

ABSTRACT

Installment of doses of potassium in yield of soybean crop

The agricultural aptitude of soils is highly dependent on the capacity of supplying nutrients even if fertility is high, built, or recovered through management of soil fertility. The practice of growing intensively soybeans and corn for many years without rotation alters the balance and the relative availability of K into soil, if no replacement is made. The objective of this research is to evaluate the development of soybeans with the fertilization of potassium chloride, applied in furrow at seeding and after topdressing. We conducted field research in the city of Presidente Castelo Branco-PR on classified soil as Red type with sandy texture. It was used soybean cultivation BMX POWER RR medium cycle. The five experimental treatments of 22.5 m² each, was made with seven replications, each one with randomized block design. The treatments used were doses of 00, 30, 60, 90 and 120 fractionated K₂O kg ha⁻¹, applied at sowing and topdressing. It was evaluated % emergency, (30 days after germination), number of pods / plant, height of the plant, height of the seed insertion (on maturity) and weight of 1000 seeds. The data were submitted to ANOVA and values compared by testing polynomial regression ($p < 0,05$). Statistical analysis used the comparison test by Tukey average, 5%. The application of K did not provide gains to culture. On the height analisys of the plant, insertion on the first seed, wheight of the seeds, we observed that we had no significative results related to the K dosis used. The results demonstrate the influence of antagonistic interaction between increasing doses of potassium in relation to levels of absorption of magnesium and boron in soybean cultivation.

Keywords: soil fertility, interaction between minerals, potassium availability.

1 INTRODUÇÃO

A capacidade competitiva da cultura da soja no país esteve sempre associada aos avanços científicos e à disponibilização de tecnologia ao setor produtivo. Paralelamente aos programas de melhoramento genético, que contemplam a criação de cultivos adaptados às diversas regiões brasileiras, com ênfase em produtividade e resistência às principais doenças, foram alcançados, também avanços expressivos em outras áreas da pesquisa, relacionados ao manejo de solos e à rotação de culturas, ao manejo de adubação e calagem, à fixação biológica de nitrogênio, ao manejo de pragas e à caracterização dos principais fatores responsáveis por perdas no processo de colheita (EMBRAPA, 2007).

Embora existam todos esses avanços científicos que permitem a produção da soja com menor agressão ao ambiente, verifica-se que grande parte dessa tecnologia não é adotada pelos agricultores ou é adotada de maneira isolada e ou dissociada, não causando o impacto positivo desejado.

A aptidão agrícola dos solos é altamente dependente da capacidade de fornecimento de nutrientes pelo mesmo. Essa capacidade pode apresentar-se naturalmente elevada, mas pode também ser construída ou recuperada através de ações de manejo da fertilidade do solo (EMBRAPA, 2007).

Nos Estados da região sul do Brasil, é possível, devido ao clima e a distribuição das chuvas, o cultivo sucessivo no mesmo ano, de soja e de milho. Assim a grande maioria dos agricultores, quando o preço destes produtos é favorável, pratica o cultivo de soja e milho, de forma intensiva por muitos anos, sem rotação. Esse procedimento tende a alterar o equilíbrio e a disponibilidade relativa de K do solo, em caso de não haver um retorno da quantidade extraída de K pela cultura.

No Estado do Paraná, foram observados visualmente, sintomas de deficiência de potássio em soja e, com muito mais frequência, foram constatados teores insuficientes de potássio foliar. Os solos do Paraná, próprios para o cultivo intensivo em seu estado natural (antes de serem cultivados), apresentavam normalmente, um suprimento adequado de potássio, porém, com a introdução de uma agricultura mais intensiva, possibilitando a obtenção de maiores rendimentos, surgiu a limitação de produtividade por deficiência de potássio (K).

A justificativa desta pesquisa foi encontrar uma dose limite de potássio, agronomicamente viável que justifique a produtividade da soja, considerando custo benefício.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a resposta da soja, à adubação com cloreto de potássio, aplicado em sulco por ocasião da semeadura, e após, em cobertura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da Cultura da Soja no Brasil

A soja pertence à classe das dicotiledôneas, família leguminosa e subfamília Papilionoides. A espécie cultivada é a *Glycine max* Merrill. O sistema radicular é pivotante, com raiz principal bem desenvolvida e raízes secundárias em grande número, ricas em nódulos de bactérias *Phisobium japonicum* que apresentam capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico (EMBRAPA, 2007).

A cultura da soja no Brasil assume grande valor social e econômico, devido à importância de seus sub produtos, principalmente farelos, óleo vegetal e seus derivados, destinados tanto para o mercado interno como externo, o que resulta em uma considerável geração de empregos nos diversos setores da cadeia produtiva (EMBRAPA, 2007). A soja é a principal fonte de óleos vegetais no mundo e, é a cultura capaz de produzir mais proteínas, por área, quando comparada com qualquer outra espécie cultivada em larga escala (MINUZZI et al., 2009).

A cadeia produtiva da soja é de suma importância para a economia brasileira (BRASIL, 2007). Com uma produção de 75,0 milhões de toneladas na safra 2010/2011 e utilizando cerca de 24,2 milhões de hectares, a soja destaca-se como uma das principais atividades do agronegócio brasileiro (Tabela 1).

TABELA 1- Soja em números (safra 2010 / 2011).

	Produção (milhões de ton.)	Área plantada (milhões de ha)	Produtividade (kg/ha)	Fonte
Mundo	263,7	103,5	-	USDA
América do Sul	135,7	47,5	-	USDA
EUA	90,6	31,0	2922	USDA
Brasil	75,0	24,2	3106	CONAB
Mato grosso	20,4	6,4	3190	CONAB
Paraná	15,4	4,6	3360	CONAB

Fonte: EMBRAPA (2011).

A soja é a cultura agrícola brasileira que mais cresceu nas últimas três décadas e corresponde a 49% da área plantada em grãos do país. O Paraná apresenta o melhor rendimento de produtividade do mundo, pois produz mais em

menos área plantada devido ao solo fértil, ao processo de adubação, tecnologia de produção, etc. Quase 50% da colheita nacional concentram-se nos estados do Mato Grosso e Paraná, que produziram 20,4 e 15,4 milhões de toneladas, respectivamente.

Segundo dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), em 2012, as exportações do complexo soja, totalizaram US\$ 17,1 bilhões (Tabela 2).

TABELA 2 – Exportação do Complexo soja em 2012 (grãos, farelos e óleo)

Exportações	t (milhões)	US\$ (bilhões)	US\$ (%)
Grãos	29,1	11	64,33
Farelo	13,7	4,7	27,49
Óleo	1,6	1,4	8,19
Total	44,4	17,1	100

Fonte: MDIC (2012) (sistema Aliceweb)

A produção da soja é uma das principais responsáveis pela introdução do conceito do agronegócio no país, não só pelo volume físico e financeiro, mas também pela necessidade empresarial de administração da atividade por parte dos produtores, fornecedores de insumos, processadores da matéria-prima e negociantes (BRUM et al., 2005).

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, atrás apenas dos EUA. Na safra 2010/2011, a cultura ocupou uma área de 24,2 milhões de hectares, o que totalizou uma produção de 75,0 milhões de toneladas. A produtividade média da soja brasileira foi de 3.106 kg por hectare (EMBRAPA, 2010).

O bom desenvolvimento da cultura da soja, em determinada região, está relacionado, entre outras coisas, a condições climáticas favoráveis, entre elas, temperatura, precipitação e fotoperíodo.

O zoneamento Agrícola de Risco Climático é um instrumento de política agrícola e gestão de riscos na agricultura. O estudo é elaborado com o objetivo de minimizar os riscos relacionados aos fenômenos climáticos e permite a cada município identificar a melhor época de plantio das culturas, nos diferentes tipos de solo e ciclos de cultivares (BRASIL, 2007).

São analisados os parâmetros de clima, solo e ciclos de cultivar, a partir de uma metodologia validada pela EMBRAPA - Empresa Brasileira de

Pesquisa Agropecuária, e adotada pelo Ministério da agricultura. Desta forma são quantificados os riscos climáticos envolvidos na condução das lavouras que podem ocasionar perdas na produção. Esse estudo resulta na relação de municípios indicados ao plantio de determinadas culturas, com seus respectivos calendários de plantio.

A Figura 1- representa as épocas de semeadura da cultura da soja no Estado do Paraná.

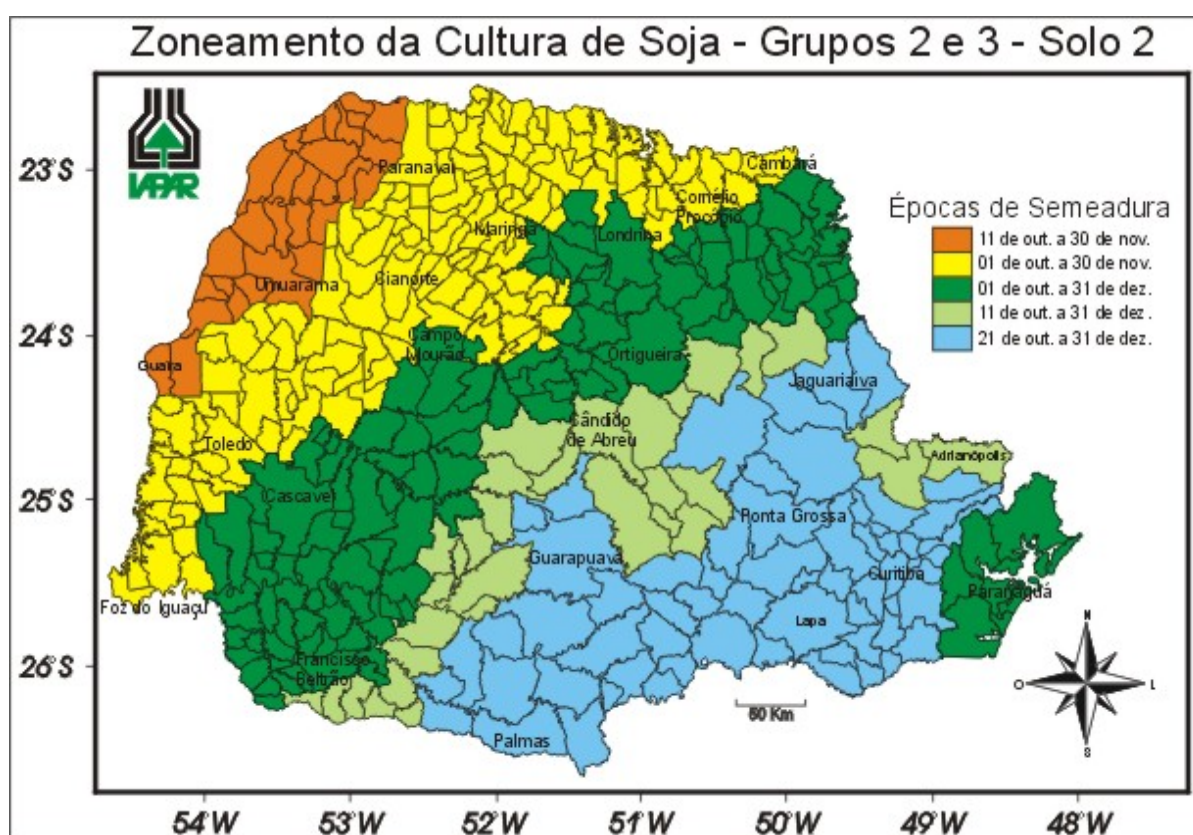


FIGURA 1 – Zoneamento da cultura da soja – Ciclo médio.
Fonte: IAPAR, 2008.

A classificação dos cultivar no zoneamento agrícola é realizada em função do seu ciclo que compreende desde o número de dias da emergência até a maturação, sendo classificadas como grupo I as cultivar com este período inferior a 115 dias, grupo II, as cultivar com o período variando de 115 até 135 dias e as do grupo três com ciclo superior a 135 dias (BRASIL, 2007).

2.2 Importância do Potássio para a Cultura da Soja

O manejo eficiente da fertilidade do solo, envolvendo correção da acidez e adubação, é um fator determinante da produtividade da cultura da soja (TANAKA; MASCARENHAS, 1992). Após o nitrogênio, o potássio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelas plantas, sendo exportado $18,5 \text{ kg t}^{-1}$ (toneladas por ha) de grãos de soja (TANAKA; MASCARENHAS; BORKERT, 1993). O potássio nativo é uma das principais fontes deste mineral para as plantas.

Os experimentos de longa duração para avaliar o efeito direto e/ou residual de doses de K em soja, realizados nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, mostraram que as concentrações daquele nutriente diminuíram tanto no solo como nas folhas, com os cultivos, afetando negativamente a produtividade (ROSOLEM; NAKAGAWA; MACHADO, 1984; YAMADA; TANAKA; MASCARENHAS; BORKERT, 1993; BORKERT et al., 1997a; SCHERER, 1998).

O manejo da adubação, em relação às doses e ao modo de aplicação (sulcos, a lanço e parcelada), também deve ser considerado, devido ao alto potencial de perdas por lixiviação, em alguns solos. A adubação da soja normalmente é realizada aplicando-se parte dos fertilizantes no sulco de semeadura e parte em cobertura. Porém, em algumas condições, existe a possibilidade de antecipação dessas adubações, aplicando-se, a lanço, antes da semeadura. Por sua vez, a aplicação de altas doses de potássio, no sulco de semeadura, deve ser evitada, devido ao efeito salino e, em algumas situações, devido às perdas por lixiviação, principalmente em solos arenosos, com baixa capacidade de troca de cátions. Por isso, doses elevadas devem ser reduzidas na semeadura, podendo o restante ser aplicado em cobertura, no período de maior exigência da cultura. Outro aspecto que deve ser considerado é que a adubação tardia, em cobertura a lanço, em solos argilosos, pode não ser eficiente (FAO, 1998; ISHERWOOD, 1998; JOHNSTON, 2000).

Aspectos relacionados com a adoção de formas de aplicação de fertilizantes e sistemas de manejo do solo e o consequente efeito na dinâmica de nutrientes e crescimento de plantas têm sido pouco estudados no Brasil (MODEL; ANGHINONI, 1992; KLEPKER; ANGHINONI, 1995). O modo de aplicação de fertilizantes potássicos merece especial atenção devido à suscetibilidade do K a perdas por processos erosivos, principalmente em solos com baixa CTC

(MIELNICZUK, 2005), e também ao elevado grau de salinidade do cloreto de K (KCl), principal fonte de K utilizada na agricultura (BEVILAQUA et al., 1996). Os cuidados ao utilizar o KCl como fonte de K se justificam, pois aplicações a lanço podem não fornecer a quantidade de nutriente necessária ao desenvolvimento inicial das plantas (HECKMAN; KAMPRATH, 1992), ao passo que aplicações na linha, em doses elevadas, podem resultar em danos ao sistema radicular (SALTON et al., 2002).

Na maioria dos experimentos com adubação potássica, inclusive em solos com baixos teores trocáveis desse nutriente, não se tem encontrado resposta, ou ela tem sido relativamente pequena (PALHANO et al., 1983; BORKET et al., 1997a; BORKET et al. 1997b). Nesse sentido, Rosolem, Machado e Ribeiro (1988) concluíram que, além do potássio trocável, existem outras formas do nutriente no solo, que podem ser liberadas durante o ciclo da cultura.

Na Região Sul do Brasil, estudou-se a contribuição de diferentes formas de potássio do solo e suas interações na disponibilidade desse nutriente às plantas (SILVA; MEURER, 1988; MEURER; ANGLINONI, 1993; SILVA et al., 1995; MEURER; KÄMPF; ANGHINONI, 1996). A estimativa das formas de potássio tem sido realizada com cultivos sucessivos de plantas (MIELNICZUK; SELBACH, 1978; PATELLA, 1980; NACHTIGALL; VAHL, 1991a) e com o uso de extratores químicos (NACHTIGALL; VAHL, 1991b). Entretanto, são escassos os estudos em campo com experimentos de longa duração que estabelecem o nível crítico e a resposta das culturas à adição de potássio, especialmente em solos de textura arenosa.

Os solos do Paraná, próprios para o cultivo intensivo em seu estado natural (antes de serem cultivados), apresentavam normalmente, um suprimento adequado de potássio, porém, com a introdução de uma agricultura mais intensiva, possibilitando a obtenção de maiores rendimentos, surgiu a limitação de produtividade por deficiência de potássio (SILVA et al., 1995; MEURER; KÄMPF; ANGHINONI, 1996; CASTILHOS; MEURER, 2002; MELO; MEURER; PINTO, 2004).

Segundo Borkert, Sfredo e Silva (1993), alguns trabalhos já realizados indicam que com valores de K disponível menores que 80 g dm^{-3} , a resposta das culturas à adição de fertilizantes potássicos é baixa. O nível crítico de 40 g dm^{-3} de potássio para a cultura da soja nos solos do Norte do Paraná, indica uma boa recomendação de fertilizante por meio do uso de três faixas de teor de potássio disponível no solo: baixo < 23 , médio $23\text{--}40$ e alto $> 40 \text{ g dm}^{-3}$.

A cultura da soja, em solos esgotados em K, apresenta como sintoma de deficiência o amarelecimento dos bordos foliares e, após o florescimento, baixo índice de pegamento das vagens e grande proporção destas, vazias e retorcidas, além da presença de sementes chochas nas vagens normais. A deficiência aguda acarreta retenção de folhas, permanecendo a planta com haste verde e vagens secas, mostrando senescência anormal (MASCARENHAS et al., 1988a). O potássio auxilia na formação dos nódulos, aumenta o teor de óleo nas sementes, beneficiando sua germinação, vigor e qualidade (MASCARENHAS et al., 1988b).

Para que os solos esgotados em potássio possam ser recuperados mediante aplicações de adubos potássicos, devem considerar os problemas causados em parte pela lixiviação do nutriente (RAIJ et al., 2001). Por outro lado, a seleção de cultivares com maior eficiência em absorver o K do solo e/ou utilizar o nutriente absorvido, passa a ser alternativa útil e viável.

Baseando-se em evidências disponíveis, pode-se afirmar que as variáveis consideradas nos processos fisiológicos que abrangem a eficiência nutricional, tais como a absorção de um dado elemento, sua translocação e uso pela planta, sugerem controle genético da nutrição (DUNCAN; BALIGAR, 1990).

Verifica-se que há concordância de opiniões, colocando o requerimento de nutrientes como componente necessário à qualidade e quantidade de produção, seja esta expressa em ganho de matéria seca ou quantidade de grãos produzidos, ao final do ciclo produtivo da planta (GERLOFF; GABELMAN, 1983; EPSTEIN; JEFFERIES, 1984; DUNCAN; BALIGAR, 1990).

A absorção de nutrientes por uma espécie vegetal é influenciada por diversos fatores, entre eles as condições climáticas (chuvas e temperaturas), as diferenças genéticas entre cultivares de uma mesma espécie, a disponibilidade de nutrientes no solo e os diversos tratos culturais (EMBRAPA, 2010).

Os possíveis mecanismos de controle das necessidades nutricionais das plantas abrangem a aquisição dos nutrientes do ambiente, sua movimentação através das raízes e liberação no xilema, sua distribuição nas plantas e utilização no metabolismo e crescimento (MARSCHNER, 1986; MENGEL; KIRKBY, 1987).

As plantas, em geral, têm uma demanda inicial de K elevada, acumulando cerca de 40 % de todo o K necessário para seu desenvolvimento em apenas 52 dias após a emergência desde que haja umidade de solo suficiente (KARLEN; FLANNERY; SADLER, 1988). Além disso, pelo fato deste nutriente não

ser componente estrutural da planta, ele tem elevado potencial de ciclagem em sistemas com adição contínua de resíduos (ROSSATO, 2004). Um período em torno de 52 dias pode ser suficiente para que aproximadamente 90 % do K contido no resíduo vegetal seja liberado (LUPWAYI et al., 2005). A dinâmica do K pode ser afetada também pelo aumento dos teores de carbono orgânico (CO) (BAYER; MIELNICZUK, 1997), que a longo prazo, causa um incremento na capacidade de troca de cátions (CTC) do solo, podendo alterar as doses e o manejo da fertilização potássica (KAYSER; ISSELSTEIN, 2005).

2.3 Ocorrência, Absorção e Disponibilidade do Potássio no Solo

O potássio ocorre no solo em duas formas: como componente da fase sólida e como íon K^+ na fase líquida, na solução do solo. O potássio na fase sólida faz parte da estrutura de minerais primários (feldspatos e micas) e de minerais secundários (ilitas, argilominerais interestratificados, vermiculitas) ou adsorvidos na superfície de argilominerais e de compostos orgânicos. No processo de intemperização dos feldspatos potássicos e das micas, o K é liberado da estrutura destes minerais para a solução do solo (MIELNICZUK, 2005). Em solos muito intemperizados das regiões tropicais, como os latossolos (oxisols), os feldspatos potássicos já podem ter sido completamente dissolvidos. Em cada etapa de transformação ou dissolução/neoformação, há liberação de potássio para o solo, sendo que a caulinita não possui mais potássio na sua estrutura. Porém sua forma catiônica apresenta comportamento muito distinto do teor de P no solo. A fração na fase sólida do solo se encontra em torno de 95% do K total, em equilíbrio com a fase líquida, que facilmente passa de uma fração para outra (ELTZ; PEIXOTO; JASTER, 1989; CERETTA; PAVINATO, 2003).

Quando o solo apresenta teores abaixo do teor crítico, aumenta a probabilidade de resposta das culturas onde a aplicação é em linha, criando uma zona de alta concentração do elemento próximo à raiz. De maneira geral, é recomendada uma pequena dose na linha, principalmente quando se objetiva alta produtividades, dose esta que favorece o arranque inicial das plantas, fortalecendo seu crescimento, resistência a doenças e pragas e maior competição com plantas daninhas. Com a adoção do SPD, as perdas de nutrientes são diminuídas enormemente (WENDLING et al., 2000).

A distribuição de nutrientes no solo é influenciada por diversos fatores, entre os quais destacam-se o preparo do solo e o modo de aplicação de fertilizantes. A umidade do solo é outro fator a ser considerado na avaliação do suprimento de nutrientes às raízes, especialmente naqueles em que este processo ocorre predominantemente por difusão, como o K (BARBER, 1995). A disponibilidade de água no solo, por sua vez, é influenciada pelo manejo do solo, afetando o crescimento e desenvolvimento das plantas.

No SPD (Sistema de Plantio Direto), o K é aplicado basicamente de duas formas. A primeira é em conjunto com a semeadura, onde geralmente é feita uma adubação de diversos elementos, sendo posicionado um pouco abaixo e ao lado da posição da semente no solo para evitar a desidratação da semente. A segunda forma é feita a lanço na superfície do solo nas mais diferentes épocas do ano. Quanto à eficiência os dois sistemas de aplicação tem se mostrado semelhantes quando o solo apresenta teores acima do teor crítico (WIETHÖLTER, 1996; PÖTTKER, 1999; PAVINATO, 2004).

Em áreas sob sistema de plantio direto (SPD) consolidado, tem sido verificado um acúmulo de K na camada superficial do solo (0–5 cm) (KETCHESON, 1980; ELTZ; PEIXOTO; JASTER, 1989). Esse acúmulo, aliado à maior disponibilidade hídrica nesse sistema de manejo, pode resultar em maior disponibilidade de K em relação ao sistema convencional de cultivo (SCC) (BORDOLI; MALLARINO, 1998). O revolvimento periódico do solo e a deposição de fertilizantes potássicos em camadas mais profundas parecem ser alternativas viáveis para aumentar os teores de K em profundidade, aliviando o efeito da estiagem sobre o suprimento de K para as plantas (REHM; LAMB, 2004). A distribuição do K no perfil parece ser independente do grau de revolvimento do solo e, ou, do modo de aplicação de K (MODEL; ANGHINONI, 1992).

O sistema de manejo do solo pode afetar também a distribuição de raízes no solo (MELLO IVO; MIELNICZUK, 1999; MOTTA et al., 2006). A longo prazo, essas alterações ocorrem em diferentes profundidades (ISHAQ; IBRAHIM; LAL, 2003). O revolvimento do solo influencia positivamente a taxa de crescimento radicular inicial e o desempenho da cultura (PETERSEN, 2008). Dessa forma, a mobilização intermediária do solo, como ocorre nos preparos em faixa a longo prazo, proporciona melhor movimento e armazenamento de água no perfil do solo, criando condições adequadas para o desenvolvimento inicial da cultura e

aprofundamento do sistema radicular. O acúmulo de matéria orgânica e de nutrientes na superfície do solo em áreas sob SPD pode resultar na restrição do crescimento radicular em profundidade (BALL-COELHO; ROY; SWANTON, 1998). A distribuição do K no solo está, então, relacionada à distribuição do sistema radicular (KLEPKER; ANGHINONI, 1995), inclusive influenciando a morfologia das raízes (ROSOLEM et al., 2003).

A absorção de nutrientes pela soja é medida pela quantidade acumulada nas folhas e caules da planta, e, é crescente até atingir o ponto de máximo acúmulo, que é de 75 dias para a maturação fisiológica. A partir daí, o teor é decrescente, devido à translocação dos nutrientes para os grãos em formação (CORDEIRO et al., 1979).

Os teores de K nas folhas e nas sementes aumentaram com o acréscimo da dose de K_2O , até o nível 120 kg/ha, a partir do qual não foram observadas diferenças estatísticas (SFREDO, 2008).

Na Tabela 3, são apresentadas as quantidades médias de macronutrientes, contidos em 1.000 kg de restos culturais de soja e 1.000 kg de grãos de soja.

TABELA 3- Quantidade absorvida e exportação de macro nutrientes pela cultura da soja).

Parte da planta	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S
Kg (1000 kg) ⁻¹ ou g kg ⁻¹						
Grãos	51	10,0	20	3,0	2,0	5,4
Restos culturais	32	5,4	18	9,2	4,7	10,0
Total	83	15,4	38	12,2	6,7	15,4
% Exportada	61	65	53	25	30	35

Fonte: EMBRAPA, 2011.

O potássio exerce importantes funções reguladoras, participando na ativação de enzimas e no processo fotossintético em vários níveis. Por ser um nutriente de alta mobilidade, pode ser facilmente perdido ao longo do perfil do solo, sendo necessárias aplicações frequentes desse elemento (ELTZ; PEIXOTO; JASTER, 1989; GIANELLO; BISSANI; TEDESCO, 1995).

O potássio no solo aparece na forma iônica K^+ , sendo esta a forma absorvida pelas raízes das plantas. Como o potássio é um íon monovalente, ao competir com elevadas concentrações de cátions divalentes, como o Ca^{+2} e Mg^{+2} sofre inibição competitiva, ou seja, compete com desvantagens pelos mesmo sítio de absorção. Entretanto baixas concentrações de cálcio contribuem para a sua absorção (efeito sinérgico). O potássio é transportado como K^+ , ou seja, da mesma forma que é absorvido no solo, e é caracterizado pela alta mobilidade nas plantas em todos os níveis, dentro da célula, dentro dos tecidos, e é transportado a longa distância via xilema e floema. Isto acontece, porque o potássio não faz parte permanente de nenhum composto orgânico (BONATO et al., 1998).

O potássio, extraído do solo com soluções de NH_4OAc 1 mol L^{-1} ou de Mehlich⁻¹ (K trocável), é considerado como a principal fração do nutriente que está disponível para a absorção pelas plantas, principalmente nos solos muito intemperizados dos trópicos. Entretanto, verificou-se que formas não-trocáveis de potássio também podem contribuir, expressivamente, nesses solos, para o suprimento do potássio às plantas (MIELNICZUK; SELBACH, 1978; NACHTIGALL; VAHL, 1991a; SILVA et al., 1995).

Em latossolos do Estado do Paraná, onde foi verificada a ocorrência de micas e minerais 2:1 com hidróxi-Al entre camadas, Silva et al. (1995), observou-se a contribuição de formas não trocáveis de potássio a culturas de trigo-soja cultivadas em sucessão durante dez anos. Em solos do Estado do Rio Grande do Sul, foram encontradas fontes potenciais de potássio para as plantas, em formas não trocáveis (MEURER; KÄMPF, ANGHINONI, 1996).

Nos últimos anos, os estudos de disponibilidade de potássio do solo têm enfatizado a necessidade da quantificação das taxas com que o potássio é liberado das formas não-trocáveis para as plantas (DHILLON; DHILLON, 1990; COMERFORD; HARRIS; LUCAS, 1990; SIMARD; KIMPE; ZIZKA, 1992). Tais informações poderão melhorar a predição da disponibilidade do potássio no solo e as recomendações de adubação potássica. Apesar da importância desses estudos, existe pouca informação para solos das regiões tropicais. Resinas trocadoras de cátions saturadas com prótons têm sido utilizadas para estudar a cinética de liberação de potássio em solos (DHILLON; DHILLON, 1990). Elas apresentam a vantagem de não dissolver as estruturas dos minerais, como acontece quando ácidos fortes são usados.

Segundo Sfredo (2008), o principal papel do P (fósforo) é fornecer energia para a realização da biossíntese e o metabolismo vegetal. Sua deficiência causa crescimento reduzido, baixa inserção de vagem e folhas mais velhas com coloração verde azulada. O principal papel do K (potássio) é regular a abertura e o fechamento do estômago das células criando condições para melhor fotossíntese e outros processos metabólicos:

- Diminui a incidência de doenças na soja,

- Aumenta a resistência ao acamamento,

A deficiência causa clorose internerval, seguida de necrose nas bordas das folhas.

- Em solos arenosos, aplicado na semeadura, ocorre deficiência, devido à lixiviação.

A avaliação da disponibilidade de K para as plantas é feita pela estimativa de seus teores na forma trocável, a qual é obtida com a utilização de soluções neutras contendo íons, amônio ou sódio, que, por troca iônica, removem a fração considerada trocável. Também são utilizadas soluções ácidas diluídas (MEHLICH, 1984). No entanto, para um método ser eficiente na avaliação da disponibilidade de um determinado nutriente no solo, deve apresentar alto grau de relação com a planta, como rendimento, quantidade absorvida, entre outros, e ser rápido, de baixo custo, boa precisão e exatidão e com ampla capacidade extrativa (COREY, 1990).

A solução considerada padrão para extração desse elemento é o acetato de amônio 1 mol L^{-1} a pH 7,0 (AcNH_4), usado há mais de 55 anos (METSON, 1956). Além disso, o método é utilizado para extração simultânea de K, Ca e Mg, sendo considerado simples, rápido, de baixo custo e de boa exatidão (HABY; RUSSELLE; SKOGLEY, 1990). Contudo, para maior eficiência nos laboratórios de análises de solo, soluções que extraem diversos elementos simultaneamente têm sido preferidas, especialmente pela determinação dos elementos por técnicas de análise multielementar, como a espectrometria de emissão ótica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES).

Nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina é utilizada a solução de Mehlich⁻¹ (M1) para extração de K do solo (TEDESCO et al., 1995). Mehlich (1953) propôs o uso dessa solução para extração de P, K, Ca, Mg, Na, Mn e Zn de solos ácidos. Os teores de K extraídos por essa solução correlacionaram-se

com os extraídos pela solução de AcNH_4 , porém a solução de M1 extraiu teores menores. Em solos do Rio Grande do Sul, alguns estudos foram feitos para verificar a capacidade de extração da solução de Mehlich⁻¹, relacionando com o rendimento de plantas (KROTH, 1998; SCHLINDWEIN; GIANELLO, 2005; BORTOLON; GIANELLO; SCHLINWEIN, 2009a,b); no entanto, nesses trabalhos os solos não foram separados por classes de CTC para interpretação dos resultados, o que é feito para recomendação de adubação potássica para as culturas (SBCS/CQFS, 2004). Outro método que tem recebido atenção de pesquisadores é a solução de Mehlich-3, por possibilitar a extração simultânea de P, K, Ca, Mg, Na, Mn, Cu e Zn (MEHLICH, 1984), aumentando a eficiência dos laboratórios de análises de solo. No caso do K, alguns estudos foram feitos em solos do Rio Grande do Sul para verificar sua adequabilidade para uso em laboratórios de análises de solos, porém nesses estudos também não foi considerado o efeito da separação de classes de CTC na interpretação dos resultados (SCHLINDWEIN; GIANELLO, 2005; BORTOLON; GIANELLO; SCHLINWEIN, 2009a,b).

Os trabalhos publicados recentemente com solos do Rio Grande do Sul, na avaliação de métodos de análise de solo, para estimar a disponibilidade de K às plantas, não têm considerado o efeito da CTC na eficiência dos métodos (SCHLINDWEIN; GIANELLO, 2005; BORTOLON; GIANELLO; SCHLINWEIN, 2009a,b), sendo necessários estudos para verificar se a CTC altera a eficiência desses métodos na estimativa da disponibilidade de K às plantas, pois altera diretamente as recomendações de adubação potássica para as culturas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

A descrição dos materiais, insumos, máquinas e equipamentos, estão descritos no Quadro 1 do Anexo 1.

3.2 Métodos

A metodologia contida no experimento, foi baseado no Boletim da EMBRAPA, **Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil 2011** (2010).

O experimento foi conduzido em condições de campo, no Sítio Castelo, de propriedade particular, localizado na região de Maringá/PR no município de Presidente Castelo Branco (PR), entre as coordenadas geográficas (UTM): latitude $23^{\circ} 16'14.85''S$ e longitude $52^{\circ} 14'03.85''O$ e altitude de 470 m conforme Figuras 2, 3 e 4.

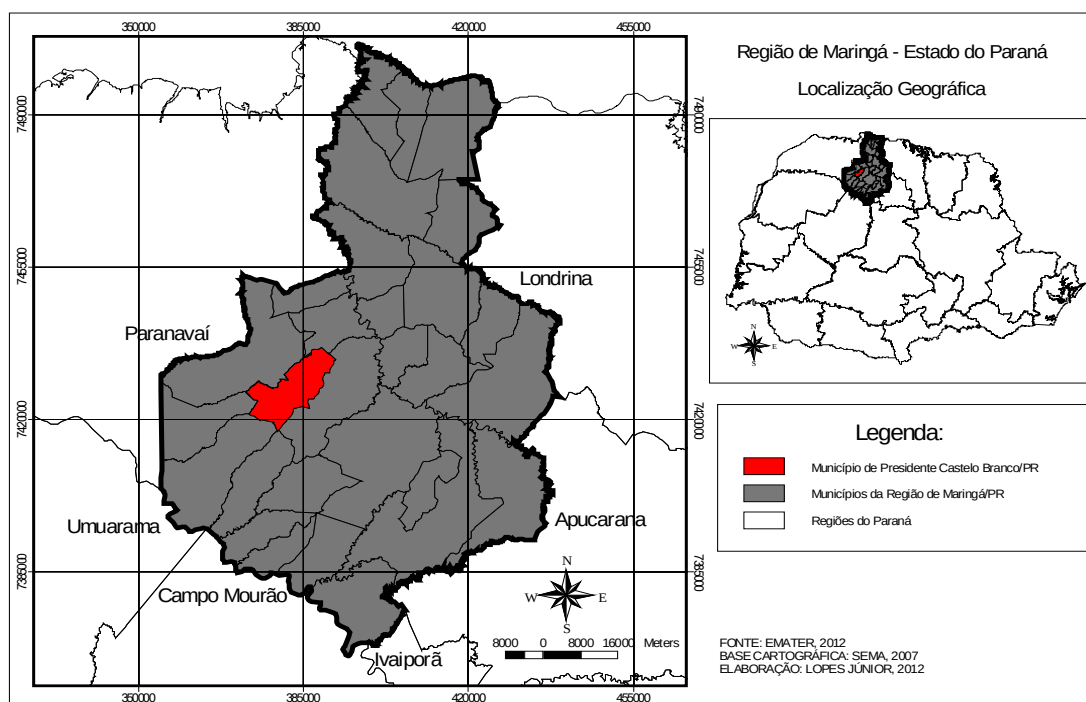


FIGURA 2- Mapa de localização geográfica da região de Maringá (PR), 2012.

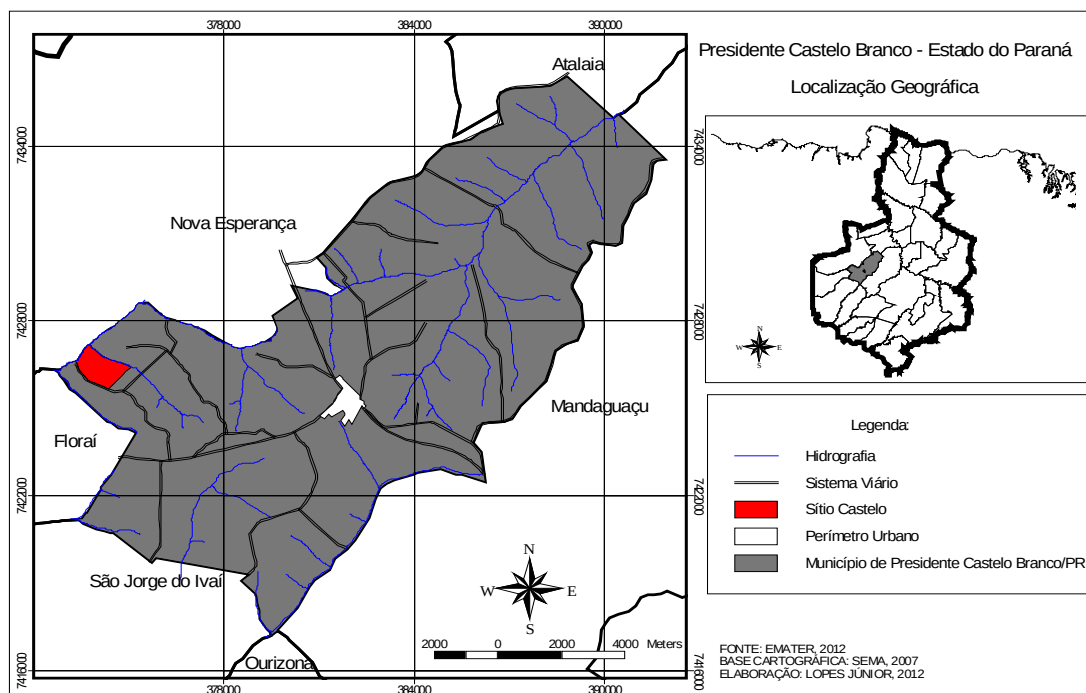


FIGURA 3- Mapa de localização geográfica do município de Presidente Castelo Branco (PR), 2012.

O solo no qual foi desenvolvido o experimento, apresenta boas características químicas, tendo teores de potássio considerados médios ($0,10$ a $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), o que poderia conferir a cultura boas características agronômicas e massa de grãos. Foi caracterizado morfologicamente com Argissolo Vermelho distrófico típico, textura arenosa, declividade média de 5% e relevo suavemente ondulado, considerou-se os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de solos (EMBRAPA, 2007), conforme a Figura 1 do Apêndice.

O clima da região é do tipo Cfa (Clima subtropical húmido, segundo a classificação de Köppen - Geiper), caracterizado como clima mesotérmico úmido sem estação seca, e temperatura média do mês mais quente superior a 22°C . Os ventos dominantes provêm dos quadrantes nordeste e leste.

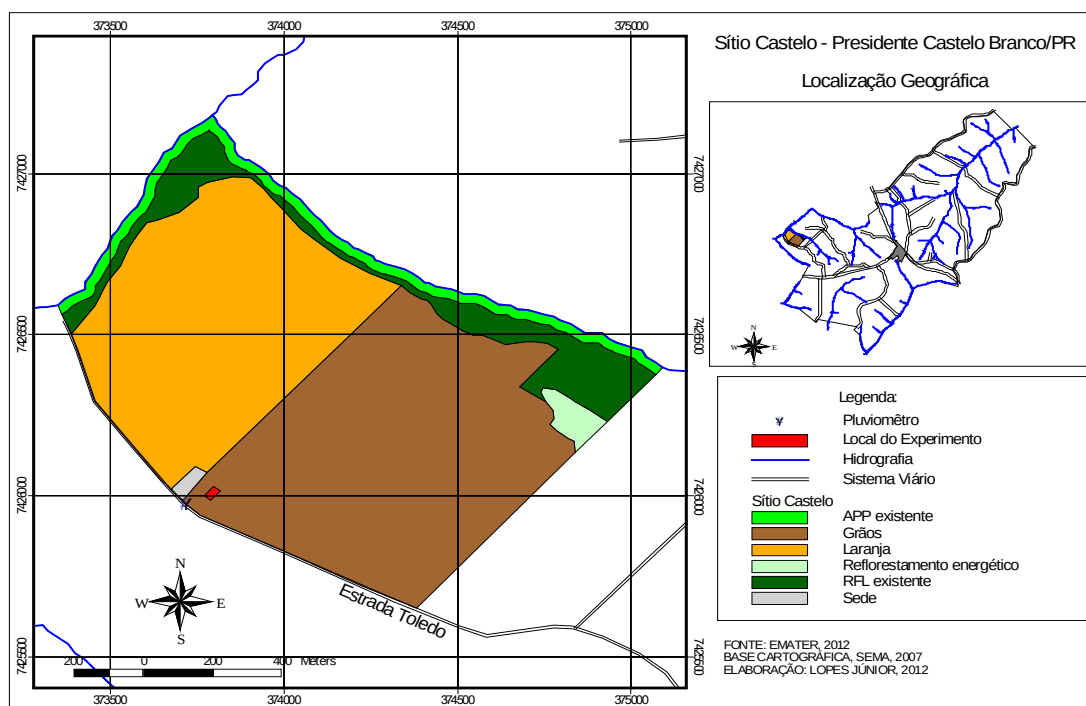


FIGURA 4- Mapa de localização geográfica do Sítio Castelo, município de Presidente Castelo Branco (PR), 2012.

O equipamento utilizado para a medição foi um pluviômetro instalado a 50 metros do experimento, nas margens da Estrada Toledo.

A área na qual o experimento foi instalado foi mantida por quinze anos com *Brachiaria decumbens*, sem correção e/ou adubação. A pastagem foi dessecada, e ocupada inicialmente com a "cultura da mandioca" (2009), que após o arranquio (1º trimestre de 2010), foi feita a calagem com "calcário calcítico" ($2,0 \text{ t ha}^{-1}$). Em seguida, foi semeada aveia preta para rotação de cultura, como adubação de inverno e aumento da cobertura do solo com a palhada. Foi feita a dessecção com glifosato no final de outubro de 2010, período em que foram retiradas as amostras de solo para análise (00 - 20 cm: análise química da terra; - 00 - 50 cm: análise granulométrica) (EMBRAPA, 2010).

A área delimitada para a coleta do solo para análise química e granulométrica, foi de 30m de largura por 40m de comprimento, ou seja 1.200m^2 . Para a análise química da terra, usou-se um trado Holandês. De uma profundidade de 00-20cm foram retiradas 20 sub amostras após batidas em uma lona plástica de 2x2m, para misturar, retirou-se uma amostra composta de 500g, que foi secada à sombra e acondicionada em folhas de jornais, foi colocada em um saco plástico apropriado, etiquetada e levada ao Laboratório de Análise de Solos I da

Universidade do Oeste Paulista- UNOESTE. Para a análise granulométrica, usou-se a mesma área delimitada acima (experimento). Com o trado holandês, na profundidade de 00-50cm, coletaram-se 12 sub amostras, obtendo uma amostra composta. Usando-se o mesmo procedimento da amostra química, foi etiquetada adequadamente, e enviadas, as duas amostras, para o mesmo laboratório, os resultados se encontram nas tabelas 6, 7 e 8 do item 4.

Com base nos resultados da análise química do solo (Tabelas 6 e 7), calculou-se a necessidade de calcário segundo Embrapa (2010), pela seguinte fórmula (Saturação por Bases do Solo):

$$NC \text{ (t/ha}^{-1}\text{)} = [(V_2 - V_1) \times T \times f] / 100$$

onde:

V_1 = valor da saturação por bases trocáveis do solo, em porcentagem, antes da correção. ($V_1 = 100 \times S / T$) sendo:

$$S = Ca^{+2} + Mg^{+2} + K^{+} \text{ (cmol dm}^{-3}\text{)};$$

V_2 = valor da saturação por bases trocáveis que se deseja (70%);

T = capacidade de troca de cátions, T (CTC);

f = fator de correção do PRNT do calcário $f = 100/\text{PRNT}$.

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = [(70 - 65) \times 4,6 \times 1,34] / 100$$

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = 0,3082 \text{ t ha}^{-1}$$

Segundo Embrapa (2010), verificou-se que para esta quantidade (308 kg ha⁻¹), a aplicação de calcário não é compensatória (fica difícil de regular o distribuidor de calcário para esta pequena quantidade). Portanto, não foi feita à calagem.

A adubação química de base (na semeadura), foi realizada com o adubo superfosfato simples (18% de P₂O₅, 18-20% de Ca e 10-12% de S). Para uma produtividade esperada em torno de 3.000 kg/ha, considerando o teor de P de 13 mg/dm³ (baixo) fez-se o uso da dose de 90 kg de P₂O₅/ha. Com o espaçamento entre linha de 0,45m, utilizando-se 22,5 g por metro linear do fertilizante superfosfato simples -SFS.

Os tratamentos foram constituídos de 10 linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,45 m, perfazendo um total de 35 parcelas, conforme Figura 5. Os cinco tratamentos experimentais de 22,5m² cada, foram feitos com sete repetições em delineamento e blocos ao acaso. A população de plantas esperada para a MACRO REGIÃO SOJICOLA 2, gira em torno de 250 a 350.000 plantas/ha⁻¹. Por segurança, acrescentaram-se 30% de sementes ao número de plantas desejadas. A densidade das sementes foi de 18 unidades por metro linear (14 x 30%). A semeadura foi realizada na primeira quinzena de novembro (06 de novembro), utilizando-se uma plantadeira/adubadeira, modelo PST4 de 9 linhas. A cultivar de soja utilizada no experimento foi BMX POTÊNCIA RR, indicada conforme manual de recomendações técnicas do detentor da semente e do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR, 2008), para a MACRORREGIÃO SOJÍCOLA 2. Na semeadura foram utilizados fertilizantes à base de fósforo (SFS) simultaneamente à distribuição da sementes (500 kg/ha⁻¹ de SFS, e 50 kg ha⁻¹ de sementes de soja).

O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados, com cinco tratamento e sete repetições, onde determinou-se, o efeito de doses de K. Os tratamentos estão apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 - Tratamentos aplicados na área do experimento, sítio Castelo, município de Presidente Castelo Branco, 2011.

Tratamentos	Doses (kg.ha ⁻¹ K ₂ O)		
	Base	Cobertura	Total
T1	00	00	00
T2	30 *	00	30
T3	60**	00	60
T4	60	30	90
T5	60	60	120

* 30 kg de K₂O = 2,25 gr KCl x 5 metros = 11,25 gramas/linha da parcela de KCl

** 60 kg de K₂O = 4,50 gr KCl x 5 metros = 22,50 gramas/linha da parcela de KCl

Na adubação de cobertura, realizada 30 dias após a semeadura, repetiu-se o processo semelhante ao do plantio, somente nos tratamentos 4 e 5, ou seja, 30 e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente.

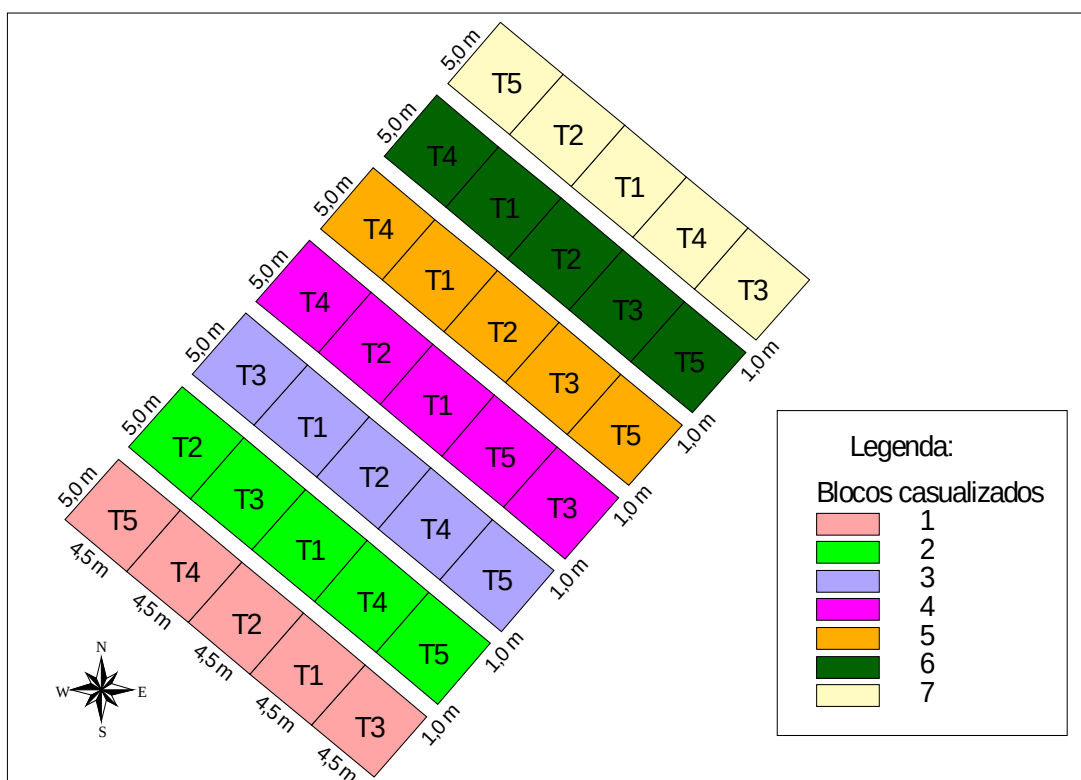


FIGURA -5 Croquis da área do experimento, com os respectivos blocos e tratamentos, Presidente Castelo Branco/PR, 2011.

Na diagnose foliar, as folhas foram coletadas com pecíolo no terceiro ou quarto trifólio do ponteiro para baixo, considerando sua formação plena. O estágio da coleta foi o florescimento pleno (R2). Foram coletadas 30 folhas-parcelas de forma aleatória, em zigue-zague. Foram secadas à sombra, estrategicamente dispostas sobre folhas de jornais. Foram embaladas em envelopes de papel e levadas para o Laboratório de Análise de Solos e Tecido Vegetal da Universidade do Oeste Paulista- UNOESTE, para análise.

Foram analisados os macronutrientes: alumínio, cálcio, magnésio, potássio, fósforo e enxofre, além da matéria orgânica, acidez e pH, e os micronutrientes manganês, ferro, cobre, zinco e boro, (Tabelas 6 e 7) .

A metodologia utilizada para as análises tiveram como unidades:

- ✓ Extratores:
- ✓ Ca, Mg, Al: Extrator Cloreto de Potássio 1N
- ✓ P,K,Cu,ZN, Fe e Mn: Extrator Mehlich
- ✓ Para o B: Extrator Cloreto de Bário a quente
- ✓ S: Extrator Acetato de Amônio - Acido Acético

Para a análise granulométrica a metodologia conforme Embrapa (2010), utilizada foi o método da pipeta, sendo o fracionamento da areia (mm) classificados, como:

- ✓ Frações de Areia: Muito grossa (MG):2-1 / Grossa (G): 1-0,5 / Média (M): 0,5-0,25 / Fina (F): 0,25-0,1 / Muito fina (MF): 0,1-0,05.
- ✓ Fração de silte (mm): 0,05-0,002.
- ✓ Fração de argila (mm): <0,002.

Os tratos fitossanitários tais como controle de pragas, doenças e plantas daninhas foram realizados no momento oportuno de acordo com as ocorrências detectadas e recomendações técnicas para a cultura na região (Tabela 5).

TABELA 5- Registro das aplicações de insumos realizadas na condução do experimento, Presidente Castelo Branco/PR, 2011.

Registro	Concentração (g/L)	Dose (ml.ha ⁻¹)	Estádio/desenv.
Bifentrina	100	40	V1 e V2
Fubendiamida	480	100	
Ciproconazol	160	150	R1 e R2
Trifloxistrobina	375	80	
Beta-ciflutrina	12,5	600	R5 e R6
Impacloprido	100	600	R5 e R6

Antes da colheita foi realizada a avaliação pré-colheita, que consistiu na contagem do número de vagens por planta, e do número de grãos por vagem (manualmente), escolhidas aleatoriamente na área útil da parcela. Concomitantemente, mediu-se a altura da inserção da primeira vagem, assim como a altura das plantas de todas as parcelas, utilizando-se uma mira topográfica.

A colheita foi realizada manualmente (arranquio), após ciclo de 120 dias. O equipamento utilizado no beneficiamento foi uma trilhadeira de 2 rodas, movida pela tomada de força do trator. Cada parcela colhida era acondicionada sobre um encerado ao lado da trilhadeira; uma vez realizado o beneficiamento dos grãos, foi feita a limpeza e uma pré abanação; em seguida os grãos foram armazenados em sacos plásticos de 50 kg, sendo etiquetados. O procedimento acima se repetiu para as 35 parcelas seguintes.

Após a secagem ao sol por 3 dias, em camadas de 1cm de espessura, foi feita outra abanação manual, procedendo a pesagem.

Na pesagem dos grãos colhidos de cada parcela, foi utilizada uma balança eletrônica com peso máximo de 15 kg, e mínimo de 40 gramas.

Logo em seguida à pesagem, utilizaram-se a classificação com uma peneira específica de malha de 4 x 6 mm, para padronização dos grãos.

Para a contagem dos grãos, utilizaram-se uma contadora de sementes manual, que conta 100 sementes de uma única vez.

Quando as unidades experimentais são homogêneas, ou seja, as parcelas são uniformes, os tratamentos podem ser sorteados nas unidades experimentais sem qualquer restrição. Na situação do experimento, o delineamento experimental é chamado de delineamento completamente casualizado (DCC).

Os dados foram submetidos à ANOVA e os valores comparados através do teste de regressão polinomial ($p < 0,05$). Para a análise estatística foi utilizado o teste de comparação de média por Tukey, a 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pode se analisar que o solo no qual foi desenvolvido o experimento, apresenta boas características químicas, tendo teores de potássio ($1,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) considerados médios ($K = 1,6$ a $3,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), sendo que o potássio em termos gerais, é o segundo nutriente em exigência pela cultura da soja, não sendo tão limitante no solo quanto o fósforo ($P = 10$ a 14 mg dm^{-3}).

As características químicas e físicas da área do experimento, podem ser visualizadas a seguir, nas Tabelas 6, 7 e 8.

Os teores dos macronutrientes do solo, onde o experimento foi realizado, estão apresentados na Tabela 6.

TABELA 6 - Análise química de macro nutrientes do solo. Presidente Castelo Branco (PR), 2010.

pH	Acidez Potencial (H + Al)	Alumínio (Al^{+3})	Mat. Org. (M.O)	Cálcio (Ca^{+2})	Magnésio (Mg^{+2})	Potássio (K^{+})	Fósforo (P)	Enxofre ($\text{SO}^{-2/4}$)
CaCl_2	SMP	(mmol/dm^3)	(mmol/dm^3)	(g/dm^3)	(mmol/dm^3)	(mmol/dm^3)	(mg/dm^3)	(mg/dm^3)
6,1	7	16	0	15	18	10	1,8	13
								2,5

Os teores dos micronutrientes do solo, onde o experimento foi conduzido, estão apresentados na Tabela 7.

TABELA 7 - Análise química de micro nutrientes do solo. Presidente Castelo Branco (PR), 2010.

(Mn) (mg dm^3)	(Fe) (mg dm^3)	(Cu) (mg dm^3)	(Zn) (mg dm^3)	(B) (mg dm^3)
44.6	68.0	1.3	33.7	0.28

Na interpretação da análise química de micronutrientes do solo, observou-se que o manganês, o ferro e o zinco, tiveram resultados altos; o cobre valor médio, sendo que o boro foi o nutriente que apresentou o resultado menos expressivo $0,28 \text{ mg dm}^{-3}$, sendo que os teores médios (variam de $0,21$ - $0,60$).

Os teores de areia e argila contidos em g kg^{-1} no solo, onde o experimento foi conduzido, estão apresentados na Tabela 8.

TABELA 8 - Análise granulométrica do solo. Presidente Castelo Branco/PR, 2010.

AREIA (g/kg)						SILTE (g/kg)	ARGILA (g/kg)	Classe textural
MG	G	M	F	MF	Total			
					782	55	163	MD-AR

MD-AR: Classe textural média arenosa

Os resultados obtidos pela análise granulométrica do solo, apresentaram teores de argila de 163g kg^{-1} de solo, sendo classificados como solo de classe textural média arenosa (150 a 250 g kg de solo).

No acompanhamento dos volumes e da distribuição das precipitações, ao longo dos meses de outubro de 2011 a fevereiro de 2012 (Figura 6), observou-se que as precipitações ficaram muito abaixo da média, entre os meses de novembro a fevereiro, causando uma acentuada deficiência de umidade no solo, coincidindo com o Desvio de precipitação em relação a média histórica no período em toda a região de Maringá (PR), publicado pelo IAPAR .

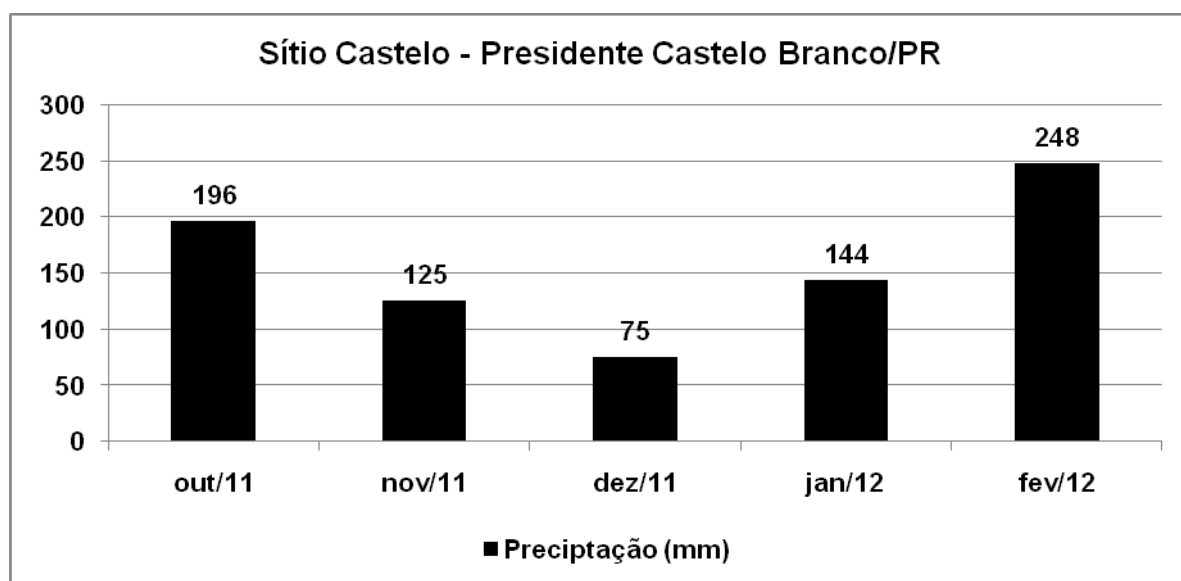


FIGURA -6 Precipitações (out/2011 à fev/2012) na área do experimento, Presidente Castelo Branco (PR).

Pela precipitação ocorrida e pelo potencial de evapotranspiração da cultura nos meses de cultivo, observou-se que ocorreu déficit hídrico para as plantas durante a condução do trabalho, o que pode ter influenciado diretamente no crescimento da planta, comprometendo o bom desenvolvimento do experimento e rendimento da cultura da soja.

As análises descritivas da precipitação pluviométrica na área do experimento de outubro de 2011 a março de 2012, encontram-se descritas, conforme Figuras de 02 a 06 no Apêndice em anexo.

Para Malavolta (1980), o estresse hídrico na fase de desenvolvimento vegetativo reduz o crescimento da planta, diminui a área foliar e o rendimento de grãos, pois, de acordo com Stülp et al. (2009), o período de duas a quatro semanas que precedem à diferenciação floral é de extrema importância para a produtividade da cultura.

O rendimento de grãos variou de 1.526,85 kg/ha⁻¹ até 1.622,14 kg ha⁻¹ (Tabela 09). Os valores obtidos ficaram abaixo da média nacional, safra 2011/2012 de 3.106 kg ha⁻¹ e do Paraná, safra 2011/2012 de 3.360 kg ha⁻¹ (CONAB, 2012). No tocante ao rendimento final não se verificou diferenças significativas para nenhum dos tratamentos.

TABELA 9 - Altura da planta, inserção da primeira vagem, peso de 1000 sementes, e produtividade da cultura da soja, submetida a diferentes doses de potássio, na safra 2011/2012 em Presidente Castelo Branco, PR.

Tratamento	Altura da planta (cm)	Inserção da 1ª vagem (cm)	Peso de 1000 sementes (g)	Produtividade (kg/ha ⁻¹)
T1	84,14 a	12,28 a	68,85 a	1526,85 a
T2	86,28 a	11,85 a	68,71 a	1569,71 a
T3	81,57 a	11,28 a	69,14 a	1536,42 a
T4	82,14 a	12,28 a	71,57 a	1305,42 b
T5	81,42 a	11,57 a	69,57 a	1622,14 ab
CV (%)*	8,19	9,39	4,47	11,26
DMS**	10,72	1,75	4,8975	268,1318

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*Coeficiente de variação (%)

** Diferença mínima significativa

Os valores médios da produtividade da soja em função dos tratamentos com doses e modo de aplicação de fertilizantes potássicos, indicam que houve efeito

significativo, porém verifica-se que não foram encontradas respostas significativas à doses crescentes de potássio para as condições locais.

Na análise altura da planta, inserção da primeira vagem e peso de 1000 sementes de soja observa-se que não houve mudança significativa destes fatores, em função das doses de potássio empregadas. A falta de efeito para estes fatores pode ser relacionada com o constante estresse hídrico que a cultura foi submetida antes da coleta do tecido vegetal (florescimento pleno).

A cultura da soja, normalmente, responde a adubações potássicas, em solos de clima tropical (FOLONI; ROSOLEM, 2008). Uma das práticas culturais que visam aumentar a eficiência de uso da água pelas culturas, é o fornecimento adequado de nutrientes, e tem um papel importante neste processo o nutriente K pelas funções que desempenha no metabolismo vegetal (NELSON; MONTAVALLI; NATHAN, 2005). Em Dourados (MS), a precipitação acumulada durante o ciclo de uma lavoura de soja semeada dentro da época recomendada, normalmente de 750 mm, é suficiente para atender a demanda total da cultura em um ciclo. No entanto, a distribuição irregular das chuvas, ocasiona períodos de veranicos e/ou estiagens, sendo também a principal causa de perdas agrícolas na região (FIETZ; URCHEI, 2002).

A necessidade de água da cultura da soja aumenta com o desenvolvimento da planta, sendo que a máxima necessidade ocorre durante a floração-enchimento de grãos, decrescendo após esse período. Neste momento em que a demanda é máxima, a ocorrência de déficit hídrico provoca alterações fisiológicas nas plantas, causando a queda de folhas, flores e abortamento de vagens, resultando em menor rendimento de grãos (NELSON; MONTAVALLI; NATHAN, 2005).

O coeficiente de variação para os teores de N, P, K, Ca, Mg e S no tecido foliar das plantas, coletadas na época de florescimento da soja, estão contidas na Tabela 10. Pode-se observar que a análise de variância demonstrou diferença significativa ($P > 0,05$) apenas para o P e Mg no tecido foliar.

Na análise do teor de nitrogênio total, potássio, cálcio e enxofre no tecido foliar da soja (g/kg^{-1}), observa-se que não houve resultado significativo para teores desses nutrientes (N, K, Ca e S) no tecido foliar em função das doses de potássio empregadas.

Ao analisar o teor de fósforo (g kg^{-1}), observa-se resultado significativo

a 5% de probabilidade para teor de P foliar em função das doses de potássio empregadas.

TABELA 10 Diagnose foliar de "Macronutrientes" da cultura da soja, submetida a diferentes doses de potássio ($\text{kg ha}^{-1} \text{K}_2\text{O}$), na safra 2011/2012 em Presidente Castelo Branco, PR

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg^{-1}					
T1	44,8000 a	3,9371 a	16,2857 a	7,8428 a	4,7142 a	2,3571 a
T2	42,7571 a	3,7185 ab	16,8285 a	7,5285 a	4,5857 ab	2,4000 a
T3	39,9285 a	3,6814 ab	17,8428 a	7,4285 a	4,3714 ab	2,4285 a
T4	41,0857 a	3,4371 b	17,7428 a	7,2142 a	4,0857 b	2,5000 a
T5	41,9857 a	3,7742 ab	18,0857 a	7,3000 a	4,3142 ab	2,6714 a
CV (%)*	9,3300	7,5500	10,3300	9,0100	8,0000	11,2600
DMS**	6,1913	0,4411	2,8245	1,0596	0,5559	0,4383

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*Coeficiente de variação (%)

** Diferença mínima significativa

Quanto ao teor de magnésio foliar da soja em (g kg^{-1}), observa-se resultado significativo a 5% de probabilidade para teor de Mg foliar em função das doses de potássio empregadas (Figura 7).

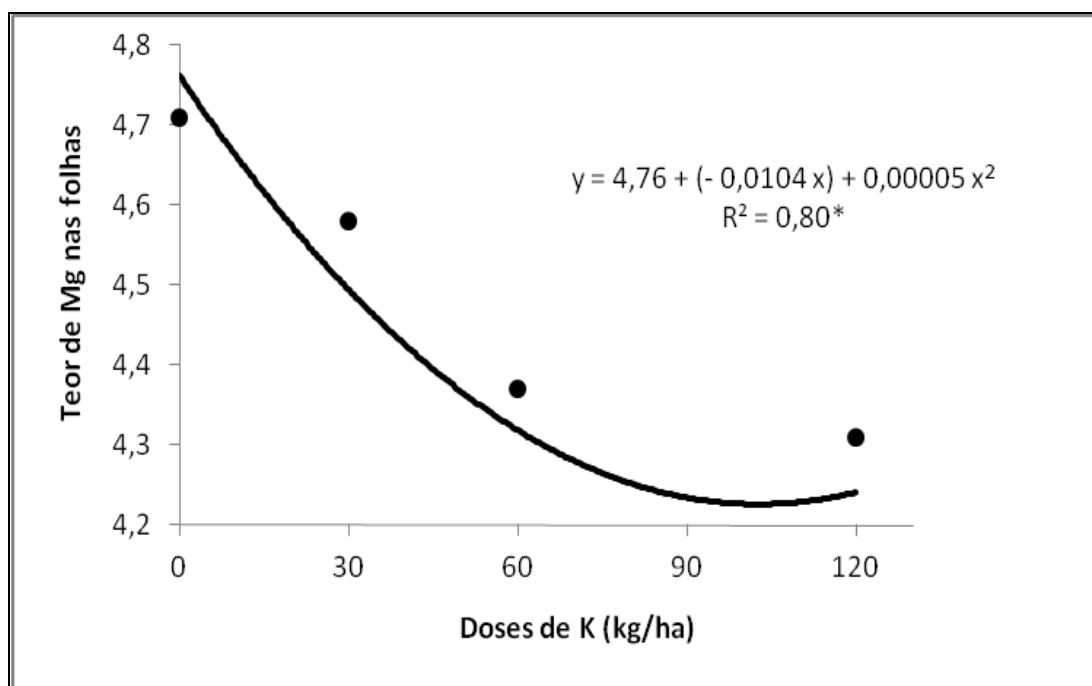


FIGURA -7 Teor de Mg foliar em função das doses crescentes de potássio na cultura da soja em Presidente Castelo Branco (PR), 2012.

Os resultados obtidos demonstram a influência antagônica da interação entre doses crescentes de potássio, em relação a absorção de magnésio pelas plantas de soja.

Houve diminuição do teor de Mg foliar, com ajuste quadrático significativo, ($p < 0,05$) para as doses de K aplicadas. A Figura 8 demonstra que, conforme se elevam os níveis de adubação potássica, obtém-se uma redução nos níveis de absorção de magnésio (Mg^{2+}) pela soja, demonstrando que a alta concentração de potássio tem ação antagônica sobre absorção de Mg^{2+} (FAGERIA, 2001). Sua influência sobre a absorção do magnésio advém da competição por compostos ligantes do metabolismo do vegetal. Outro fator é a concorrência do potássio por sítios de absorção, favorecendo a lixiviação do Mg^{2+} pelas águas das chuvas, principalmente em solos com baixos teores de argila, pobres em cargas (positivas e negativas).

A Tabela 11 contém os dados dos teores de micronutrientes no tecido foliar.

TABELA 11 Diagnose foliar de "Micronutrientes" na cultura da soja, submetida a diferentes doses de potássio ($kg\ ha^{-1}\ K_2O$), safra 2011/2012 em Presidente Castelo Branco, PR¹

Tratamento	B	Cu	Fe mg/kg ⁻¹	Mn	Zn
T1	44,4285 a	12,6857 a	39,0428 a	64,8428 a	37,7857 a
T2	39,8571 b	11,0428 a	67,3285 a	67,9285 a	37,9857 a
T3	35,8571 ab	10,6571 a	67,1571 a	61,9285 a	38,0571 a
T4	34,7857 ab	13,2714 a	56,9571 a	69,2571 a	37,0428 a
T5	35,2142 ab	18,4000 a	61,3142 a	67,4285 a	38,7571 a
CV (%)*	12,04	43,62	18,3	16,03	7,03
DMS**	7,2143	13,2114	18,5507	16,7405	4,1986

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*Coeficiente de variação (%)

** Diferença mínima significativa

Observa-se que não houve resultado significativo para teores de cobre, ferro, manganês e zinco no tecido foliar da soja, em função das doses de potássio empregadas.

Na análise de teor de boro foliar da soja ($mg\ kg^{-1}$) observa-se resultado significativo a 1% de probabilidade para teor de B foliar em função das doses de

potássio empregadas (Tabela 11). Verificou-se que com o aumento das doses de potássio ocorreu redução do teor de boro foliar, o que evidencia a competição, entre os elementos, pela absorção pela planta. Constatou-se diminuição do teor de B foliar, com ajuste quadrático significativo, ($p < 0,05$) para as doses de K aplicadas.

Doses crescentes de potássio causaram a redução do teor de boro, corroborando com Raji et al. (2001), que descreve a ação antagônica do potássio sobre a disponibilidade de boro no solo (Figura 8).

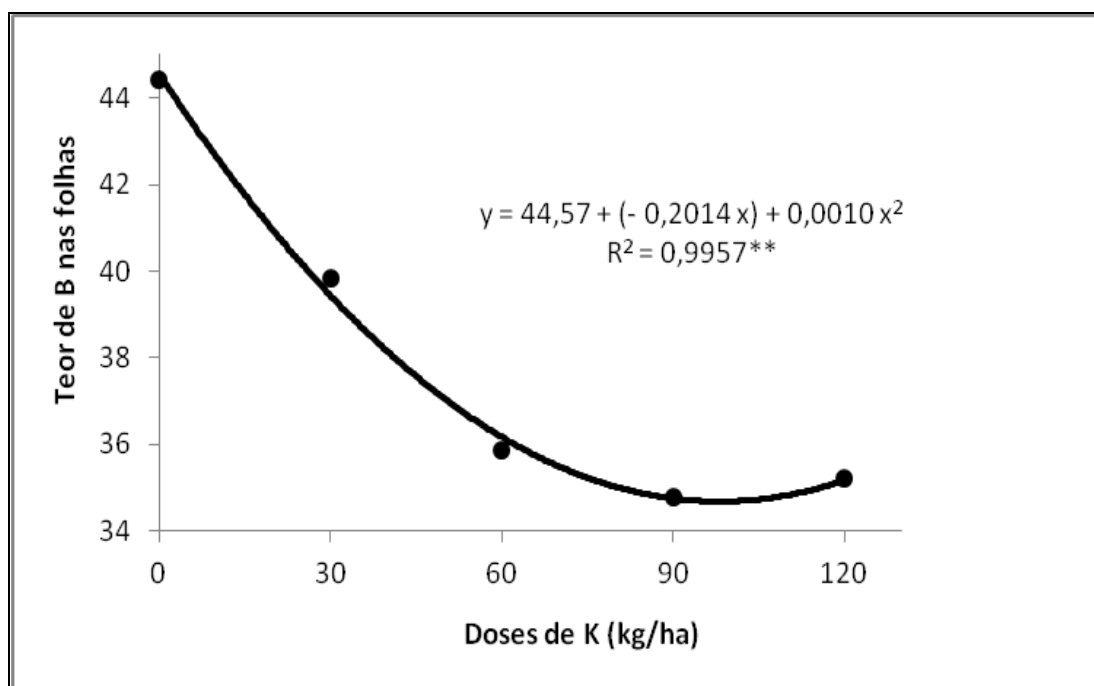


FIGURA -8 Teor foliar de B em função das doses crescentes de potássio na cultura da soja em Presidente Castelo Branco - PR, 2012.

Os resultados obtidos no experimento, demonstram a influencia antagônica da interação entre doses crescentes de potássio, em relação aos níveis de teor foliar de boro nas plantas.

5 CONCLUSÕES

- Neste experimento não houve influência das doses de potássio aplicados na produtividade final de soja.
- O aumento das doses de potássio inibiu a absorção e translocação de magnésio e boro pelas plantas.

REFERÊNCIAS

- BALL-COELHO, B.R.; ROY, R.C.; SWANTON, C.J. Tillage alters corn root distribution in coarse-textured soil. **Soil & Tillage Research**, n.45, p.237-249, 1998.
- BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability**. New York: John Wiley & Sons, 1995. 414p.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.21, p.105-112, 1997.
- BEVILAQUA, G.A.P. et al. Posição do fósforo e potássio na adubação da semente e no crescimento de plântulas de milho. **Revista Brasileira Agrociência**, n.2, p.87-92, 1996.
- BONATO C. M. et al. **Nutrição mineral de plantas**. Maringá: UEM, 1998.
- BORDOLI, J.M.; MALLARINO, A.P. Deep and shallow banding of phosphorus and potassium as alternatives to broadcast fertilization for no-till corn. **Agronomy Journal**, n.90, p.27-33, 1998.
- BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J.; SILVA, D.N. Calibração de potássio trocável para soja em Latossolo Roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.17, p.223-226, 1993.
- BORKERT, C.M. et al. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em latossolo roxo álico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.11, p.1119-1129, nov. 1997a.
- BORKERT, C.M. et al. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em latossolo roxo distrófico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.12, p.1235-1249, dez. 1997b.
- BORTOLON, L.; GIANELLO, C.; SCHLINDWEIN, J.A. Avaliação da disponibilidade de fósforo no solo para o milho pelos métodos Mehlich-1 e Mehlich-3. **Scientia Agricola**, n.10, p.305-312, 2009a.
- BORTOLON, L.; GIANELLO, C.; SCHLINDWEIN, J.A. Métodos de extração de fósforo e potássio no solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, n.39, p.2400-2407, 2009b.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cadeia Produtiva da Soja**. Brasília: IICA: MAPA/SPA, 2007. (Agronegócios; v. 2).
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior (MIDIC). Secretária de Comércio Exterior (SECEX). Ano 2012. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/sitio/secex/secex/informativo.php>>. Acesso em: 22 de fev. 2012.

BRASMAX Genética Ltda. 2011. Disponível em:
<<http://www.brasmaxgenetica.com.br>> Acesso em: 29 out. 2012.

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

CASTILHOS, R.M.V.; MEURER, E.J. Suprimento de potássio de solos do Rio Grande do Sul para arroz irrigado por alagamento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.26, p.977-982, 2002.

CERETTA, C.A.; PAVINATO, P.S. Adubação em linha ou a lanço no plantio direto. In: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 6., 2003, Ibirubá, RS. **Anais...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 2003. p.23-35.

COMERFORD, N.B.; HARRIS, W.G.; LUCAS, D. Release of nonexchangeable potassium from a highly weathered forest Quartzipsamment. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, n.54, p.1421-1426, 1990.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, sétimo levantamento, abril 2012. Brasília: Conab, 2012.

CORDEIRO, D.S. et al. Calagem, adubação e nutrição mineral. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Ecologia, manejo e adubação da soja**. Londrina: EMBRAPA, 1979. p.19-49. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 2).

COREY, R.B. Physical-chemical aspects of nutrient availability. In: WESTWERNMAN, R.L. (ed.). **Soil testing and plant analysis**. Madison, Wisconsin: SSSA, 1990. p.11-27.

DHILLON, S.K.; DHILLON, K.S. Kinetics of realease of nonexchangeable potassium by cation saturated resins from red (Alfisols), black (Vertisols) and alluvial (Inceptisols) soils of India. **Geoderma**, Amsterdam, v.47, p.283-300, 1990.

DUNCAN, R.R.; BALIGAR, V.C. Genetics, breeding and physiological mechanisms of nutrient uptake and use efficiency: an overview. In: BALIGAR, V.C.; DUNCAN, R.R. **Crops as enhancers of nutrient use**. San Diego: Academic Press, 1990. p.3-35.

ELTZ, F.L.P.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um latossolo bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n.13, p.259-267, 1989.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: Paraná** – 2008. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 217p.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil** 2011. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2010. 255p.

EMBRAPA. **Evolução e perspectiva de desempenho econômico associados com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 319)

EPSTEIN, E.; JEFFERIES, R.L. The genetic basis of selective ion transport in plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, n.15, p.169-184, 1984.

FAGERIA, V.D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.24, n.8, p.1269-1290, 2001.

FIETZ, C.R.; URCHEI, M.A. Deficiência hídrica na cultura da soja na região de Dourados, MS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.06, n.02, p.262-265, 2002.

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

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Guide to efficient plant nutrition management**. Rome: FAO, 1998.

GERLOFF, G.C.; GABELMAN, W.H. Genetics basis of inorganic plant nutrition. In: LAUCHLI, A.; BIELESKI, R.L. **Inorganic plant nutrition**. New York: Springer-Verlag, 1983. p.453-480.

GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; TEDESCO, M.J. **Princípios de fertilidade do solo**. Porto Alegre: UFRGS/Departamento de Solos, 1995. 277p.

HABY, V.A.; RUSSELLE, M.P.; SKOGLEY, E.O. Testing soils for potassium, calcium and magnesium. In: WESTWERMANN, R.L. (ed). **Soil testing and plant analysis**. Madison, Wisconsin: SSSA, 1990. p.181-227.

HECKMAN, J.R.; KAMPRATH, E.J. Potassium accumulation and corn yield related to potassium fertilizer rate and placement. **Soil Science Society of America Journal**, n.56, p.141-148, 1992.

IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. Área de Difusão de Tecnologia. **Mapa de solos do estado do Paraná**. 2008. Disponível em: <<http://www.iapar.br>>. Acesso em 12 ago. 2012.

ISHAQ, M.; IBRAHIM, M.; LAL, R. Tillage and fertilizer effects on root growth of wheat and cotton on a sandy clay loam in Pakistan. **J. Sust. Agric.**, n.22, p.43-57, 2003.

ISHERWOOD, K.F. **Fertilizer use and the environment**. Paris: IFA/UNEP, 1998.

JOHNSTON, A.E. **The efficient use of plant nutrients in agriculture**. Paris: IFA, 2000.

KARLEN, D.L.; FLANNERY, R.L.; SADLER, E.J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. **Agronomy Journal**, n.80, p.232-242, 1988.

KAYSER, M.; ISSELSTEIN, J. Potassium cycling and losses in grassland systems. **Grass and Forage Science**, n.60, p.213-224, 2005.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.19, p.395-401, 1995.

KETCHESON, W.J. Effect of tillage on fertilizer requirements for corn on a silt loam soil. **Agronomy Journal**, n.72, p.540-542, 1980.

KROTH, P.L. **Disponibilidade de fósforo no solo para as plantas e fatores que afetam a extração por resina de troca em membrana**. 1998. 168p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

LUPWAYI, N.Z. et al. Impact of crop residue type on potassium release. **Better Crops**, n.89, p.14-15, 2005.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação da soja**. Piracicaba: ESALQ, 1980. 40p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Londres: Academic Press, 1986. 647p.

MASCARENHAS, H.A.A. et al. Deficiência de potássio em soja no Estado de São Paulo: melhor entendimento do problema e possíveis soluções. **O Agrônomo**, Campinas, v.40, p.1, p.34-43, 1988a.

MASCARENHAS, H.A.A. et al. Senescência anormal em soja decorrente de distúrbios fisiológicos. **O Agrônomo**, Campinas, v.40, n.2, p.130-138, 1988b.

MEHLICH, A. **Determination of P, Ca, Mg, K, Na and NH₄ by North Carolina soil testing laboratories**. Raleigh: University of North Carolina, 1953. 4p.

MEHLICH, A. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. **Soil Science and Plant Analysis**, n.15, p.1409-1416, 1984.

MELLO IVO, W.M.P.; MIELNICZUK, J. Influência da estrutura do solo na distribuição e na morfologia do sistema radicular do milho sob três métodos de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.23, p.135-143, 1999.

MELO, G.W.; MEURER, E. J.; PINTO, L.F.S. Fontes de potássio em solos distroféricos cauliniticos originados de basalto no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.28, p.597-603, 2004.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.

METSON, A.J. **Methods of chemical analysis for survey samples**. Wellington: D.S.I.R., 1956. 207p. (Soil Bureau Bulletin, 12)

MEURER, E.J.; ANGHINONI, I. Disponibilidade de potássio e sua relação com parâmetros de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.17, p. 375-382, 1993.

MEURER, E.J.; KÄMPF, N.; ANGHINONI, I. Fontes potenciais de potássio em alguns solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n.20, p.41-47, 1996.

MIELNICZUK, J.; SELBACH, P.A. Efeito de cultivos sucessivos sobre os parâmetros de potássio do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.2, p.120-125, 1978.

MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, 2005. p.165-178.

MINUZZI, A. et al. Rendimento, teores de óleo e proteínas de quatro cultivares de soja, produzidas em dois locais no Estado do Mato Grosso do Sul. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.1047-1054, 2009.

MODEL, N.S.; ANGHINONI, I. Respostas do milho a modos e técnicas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.16, p.55-59, 1992.

MOTTA, A.C.V. et al. Distribuição horizontal e vertical da fertilidade do solo e das raízes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cultivar Catuaí. **Acta Scientiarum. Agronomy**, n.28, p.455-463, 2006.

NACHTIGALL, G.R.; VAHL, L.C. Dinâmica de liberação de potássio dos solos da região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.15, p.43-47, 1991a.

NACHTIGALL, G.R.; VAHL, L.C. Capacidade de suprimento de potássio dos solos da região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.15, p.37-42, 1991b.

NELSON, K.A.; MOTAVALLI, P.P.; NATHAN, M. Response of No-Till Soybean [(L.) Merr.] to Timing of Preplant and Foliar Potassium Applications in a Claypan Soil. **Agronomy Journal**, v.97, n.03, p.832-838, 2005.

PALHANO, J.P. et al. Adubação fosfatada e potássica em cultura de soja no Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.18, n.4, p.357-362, 1983.

PATELLA, J.F. Influência de quinze anos de adubação NPK sobre o rendimento de trigo em algumas propriedades químicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.4, p.31-35, 1980.

PAVINATO, P.S. **Adubação em sistemas de culturas com milho em condições de sequeiro ou irrigado por aspersão**. 2004. 71f. Dissertação (Mestrado em

Ciência do Solo) - Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

PETERSEN, M. **Tillage and root development in corn- Is there a connection?**- 2008. Disponível em: <http://www.precisiontillage.com/assets/uploads/tillage_root%20development%20article.pdf> Acesso em: 15 out. 2012.

PÖTTKER, D. **Aplicação de fósforo no sistema plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 32 p. ver FL-7163 (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa, 2).

RAIJ, B.V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

REHM, G.W.; LAMB, J.A. Impact of banded potassium on crop yield and soil potassium in ridge-till planting. **Soil Science Society of America Journal**, n.68, p.629-636, 2004.

ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; RIBEIRO, D.B.O. Formas de potássio no solo e nutrição potássica da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, n.1, p.121-125, 1988.

ROSOLEM, C. A. et al. Morfologia radicular e suprimento de potássio às raízes de milho de acordo com a disponibilidade de água e potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.27, p.875-884, 2003.

ROSOLEM, C.A.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, J.R. Adubação potássica da soja em Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, p.1319-1326, 1984.

ROSSATO, R.R. **Potencial de ciclagem de nitrogênio e potássio pelo nabo forrageiro intercalar ao cultivo do milho e trigo em plantio direto**. 2004. 106f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

SALTON, J.C. et al. **Cloreto de potássio na linha de semeadura pode causar danos a soja**. Dourados: Embrapa, 2002. (Comunicado Técnico, 64)

SCHERER, E.E. Resposta da soja à adubação potássica em Latossolo húmico distrófico num período de doze anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.49-55, 1998.

SCHLINDWEIN, J.A.; GIANELLO, C. Doses de máxima eficiência econômica de fósforo e potássio para as culturas cultivadas no sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, n.85, p.20-25, 2005.

SFREDO, G.J. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Londrina: Embrapa Soja, 2008.

SILVA, D.N. et al. Mineralogia e formas de potássio em dois latossolos do estado do Paraná e suas relações com a disponibilidade para as plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n.19, p.433-439, 1995.

SILVA, J.R.T.; MEURER, E.J. Disponibilidade de potássio para as plantas em solos do Rio Grande do Sul em função da capacidade de troca de cátions. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.12, p.137-142, 1988.

SIMARD, R.R.; KIMPE, C.R.; ZIZKA, J. Release of potassium and magnesium from soil fractions and its kinetics. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, n.56, p.1421-1428, 1992.

SBCS. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. CQFS. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS/CQFS, 2004. 400p.

STÜLP, M. et al. Desempenho agrônômico de três cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura em duas safras. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.5, p.1240-1248, set./out. 2009.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A. **Soja, nutrição correção do solo e adubação**. Campinas: Fundação Cargill, 1992. 60p. (Série Técnica, 7).

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A. A.; BORKERT, C.M. Nutrição mineral da soja. In: **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafos, 1993. p.105-135.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5)

WENDLING, I. et al. Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus* spp. por miniestquia. **Revista Árvore**, v.24, n.2, p.181-186, 2000.

WIETHÖLTER, S. **Adubação nitrogenada no sistema plantio direto**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. 44p.

YAMADA, T.; BORKERT, C.M. Nutrição e produtividade da soja. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, Piracicaba, 1992. **Anais...** Piracicaba: USP, ESALQ; FEALQ, 1992. p.180-212.

FIGURAS DO APÊNDICE

Anexo 1

Quadro 1 Descrição dos materiais, insumos, máquinas e equipamentos, utilizados no experimento.

Descrição	Unidade	Quantidade
Amostras de solo para análise	unidade	02
Balança eletrônica (FILIZOLA) - Modelo Pluris 6/15 - Peso máximo de 15 kg, e mínimo de 40 g	unidade	01
Balde de 20 lt	unidade	05
Beta-ciflutrina,	lt	1,00
Bifentrina,	lt	0,10
Bolinhas de gude	unidade	5
Ciproconazol,	lt	1,00
Cloreto de Potássio	kg	10
Contadeira manual, nominada maquina (capacidade 100 sementes/vez).	unidade	01
Encerado 6x4 m	unidade	01
Envelopes de jornais para acondicionar as folhas	unidade	35
Enxada - 2,5 libras	unidade	02
Folhas coletadas na época de florescimento da soja	unidade	1200
Folhas de jornais	unidade	100
Fubendiamida,	lt	0,25
Impacloprido.	lt	1,00
Lona plástica	M2	04
Luvas	pares	03
Máquina fotográfica - (OLYMPUS VG-120 14 MEGAPIXEL)	unidade	01
Mira topográfica	unidade	1
Peneira de malhas de 4 x 6 mm,	unidade	02
Plantadeira/adubadeira, modelo PST4 de 9 linhas,	unidade	01
Pluviômetro	unidade	01
Quadro negro	unidade	01
Sacos de lona enumerados	unidade	35
Sementes de soja BMX POTÊNCIA RR (Brasmax genética)	kg	10
Superfosfato simples	kg	12
Trado holandês	unidade	01
Trado holandês	unidade	01
Trator	unidade	01
Trena	unidade	1
Trifloxistrobina,	lt	0,25
Trilhadeira da marca nogueira, ano de fabricação 1960 (4 rodas),	unidade	01

Anexo 2

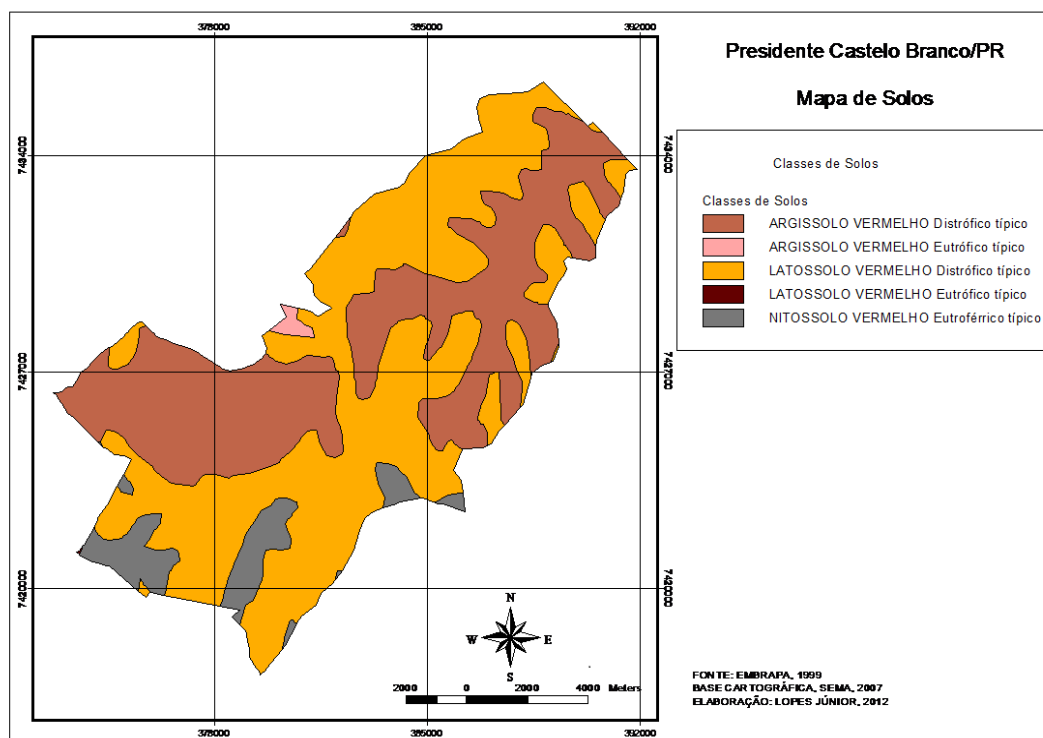


FIGURA 1. Mapa de classes de solos do município de Presidente Castelo Branco/PR.

Anexo 3

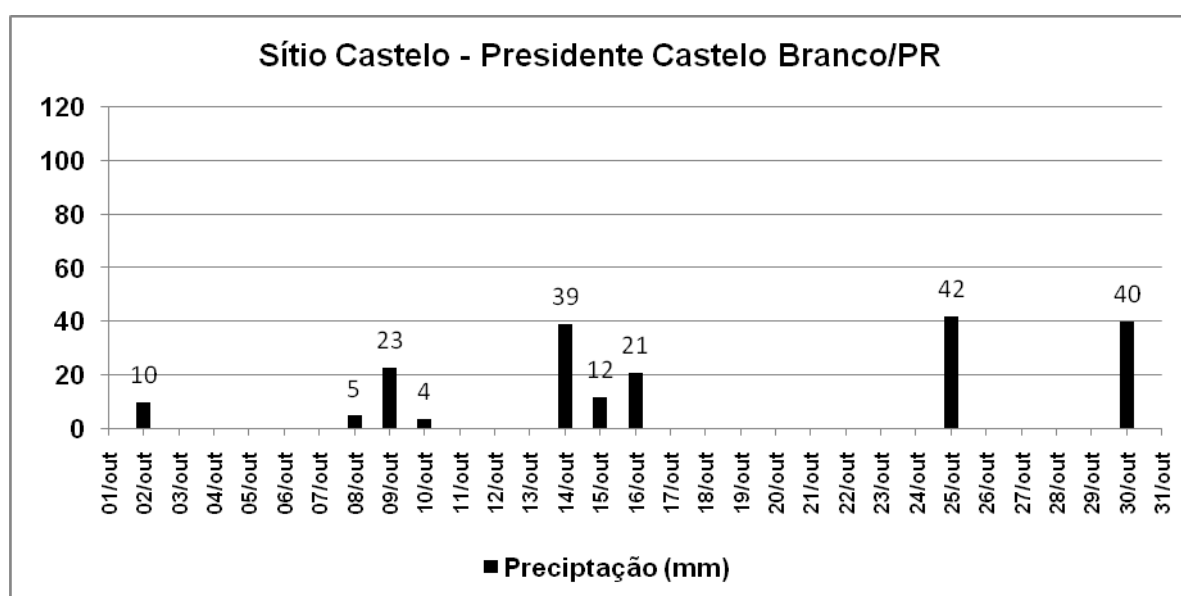


FIGURA 2. Precipitação em outubro de 2011, na área do experimento, Presidente Castelo Branco (PR).

Anexo 4

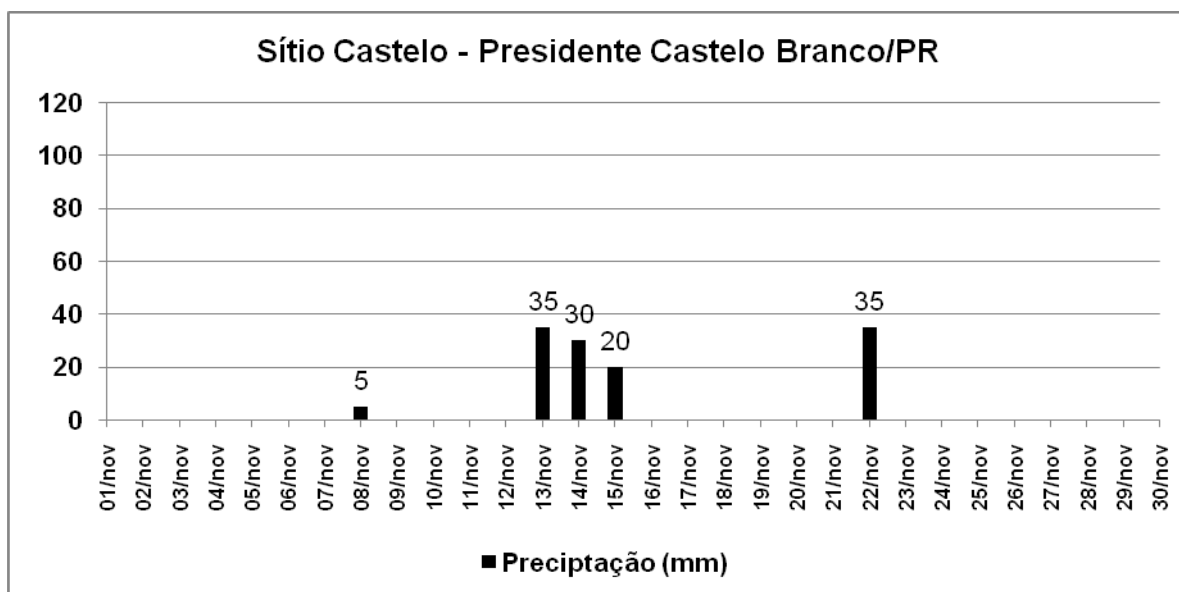


FIGURA 3. Precipitação em novembro de 2011, na área do experimento, Presidente Castelo Branco (PR).

Anexo 5

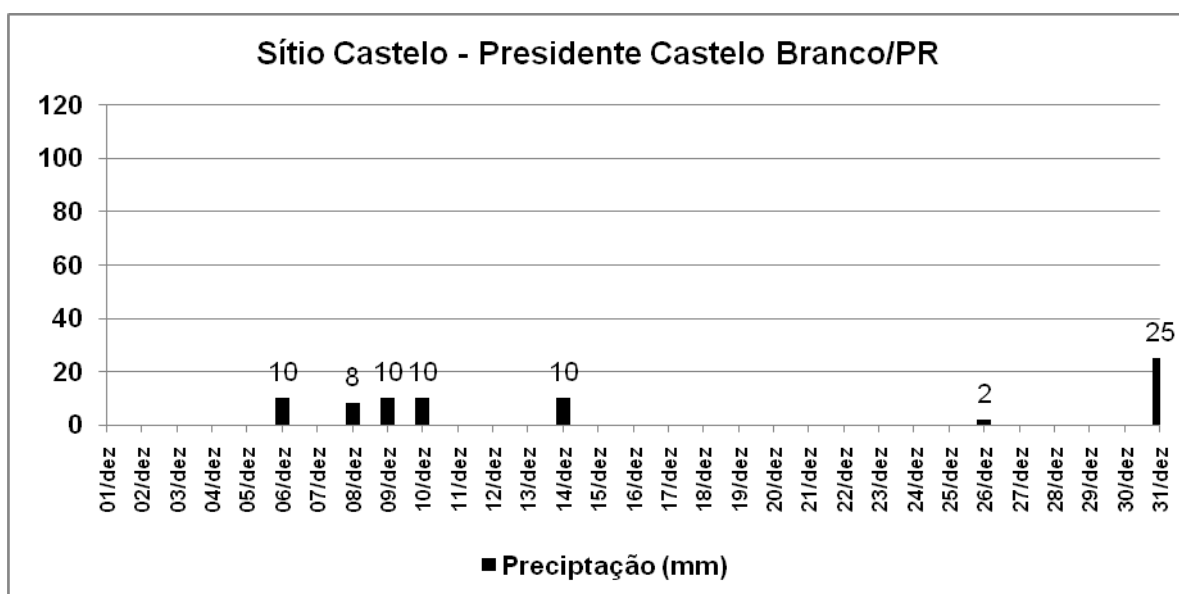


FIGURA 4. Precipitação em dezembro de 2011, na área do experimento, Presidente Castelo Branco (PR).

Anexo 6

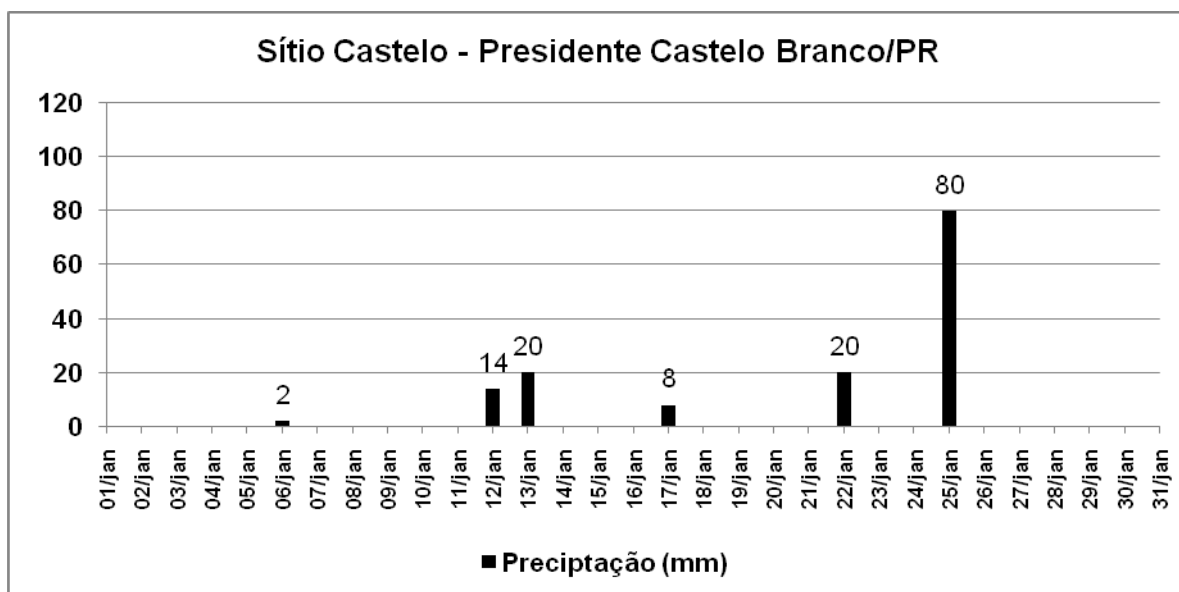


FIGURA 5. Precipitação em janeiro de 2012, na área do experimento, Presidente Castelo Branco (PR).

Anexo 7

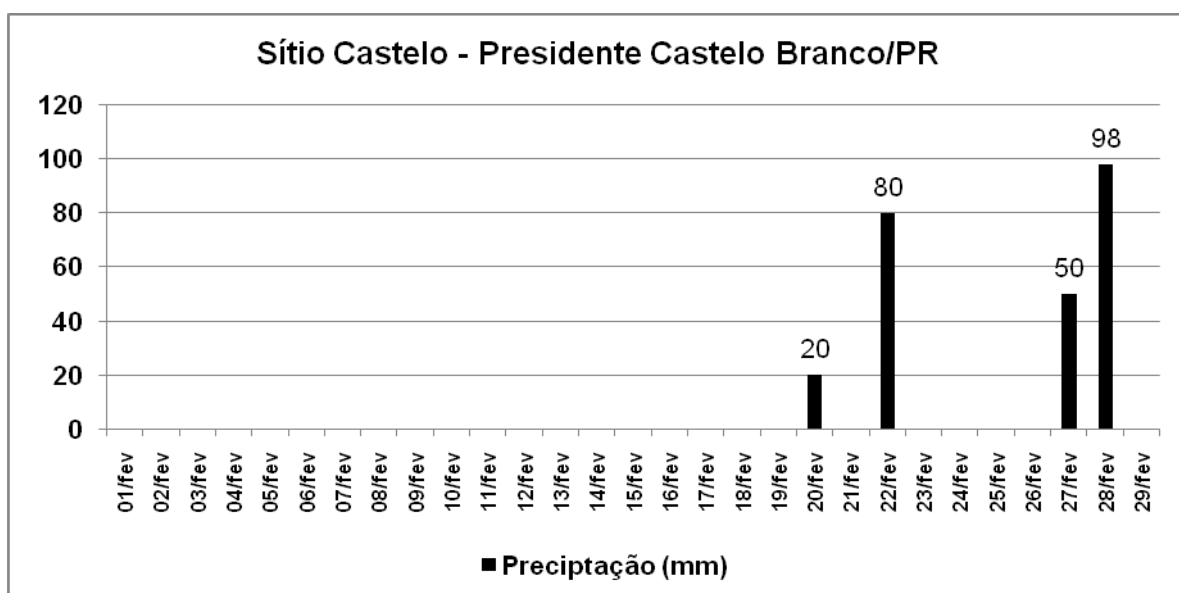


FIGURA 6. Precipitação em fevereiro de 2012, na área do experimento, Presidente Castelo Branco (PR).