



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ARRANJOS DE CULTIVO DE SOJA, CRUZADA E CONVENCIONAL,  
SUBMETIDA A DOSES E MANEJO DE APLICAÇÃO DO FÓSFORO

PEDRO AFONSO COUTO JUNIOR

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2014

PEDRO AFONSO COUTO JUNIOR

ARRANJOS DE CULTIVO DE SOJA, CRUZADA E CONVENCIONAL,  
SUBMETIDA A DOSES E MANEJO DE APLICAÇÃO DO FÓSFORO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de  
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Agronomia – Mestrado, área de  
concentração em solos, para obtenção do título de  
“Mestre”.

Orientadora

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Regina Maria Quintão Lana

Co-orientadora

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adriane de Andrade Silva

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2014

PEDRO AFONSO COUTO JUNIOR

ARRANJOS DE CULTIVO DE SOJA, CRUZADA E CONVENCIONAL,  
SUBMETIDA A DOSES E MANEJO DE APLICAÇÃO DO FÓSFORO.

Dissertação apresentada à Universidade Federal de  
Uberlândia, como parte das exigências do Programa  
de Pós-Graduação em Agronomia – Mestrado, área  
de concentração em solos, para obtenção do título de  
“Mestre”.

APROVADA em 31 de maio de 2014.

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Regina Maria Quintão Lana

UFU

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adriane de Andrade Silva

UFU

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Larissa Barbosa de Sousa

UFU

Prof. Dr. Luis Augusto da Silva Domingues

IFTM

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

- C871a  
2014      Couto Junior, Pedro Afonso, 1989-  
Arranjos de cultivo de soja, cruzada e convencional, submetida a doses e manejo de aplicações do fósforo / Pedro Afonso Couto Junior. -- 2014.  
88 p.
- Orientadora: Regina Maria Quintão Lana.  
Coorientadora: Adriane de Andrade Silva  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.  
Inclui bibliografia.
1. Agronomia - Teses. 2. Soja – Cultivo – Teses. 3. Soja - Adubação - Teses. 4. Soja - Adubos e fertilizantes - Teses. I. Lana, Regina Maria Quintão. II. Silva, Adriane de Andrade, 1972-. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

---

CDU: 631

Aos meus pais, minhas irmãs com muito amor,  
gratidão e respeito.

## **OFEREÇO**

À minha família, pelo amor, carinho, apoio e compreensão nos  
meus momentos de ausência.

## **DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pelo dom da vida;

Aos meus pais, Pedro Afonso Couto e Rosângela da Conceição Duarte Couto, por todo amor e dedicação, e por sempre insistirem que o conhecimento é o bem mais precioso que temos;

Aos minhas irmãs Karin, Vivian e Ingrid pelo apoio, paciência, convivência, amizade e por todo amor;

Aos meus sobrinhos Rafael e Lucas, que enchem minha vida de felicidades, por serem fonte de esperança e grandes alegrias em todos os momentos;

A minha namorada Yara Rodrigues Bueno e toda sua família, pelo apoio e torcida para a realização de mais uma etapa de minha vida;

Aos familiares, tios e primos, pelo incentivo e pela torcida, ainda que de longe;

Ao meu amigo “ Zé ” pela irmandade que construímos durante anos, e em seu nome cumprimento a todos os amigos de longa data, por que sempre me apoiaram e incentivaram;

Aos amigos que fiz na Universidade Federal de Uberlândia, pelo carinho e por engrandecerem minha vida acadêmica, com conselhos, orientações e aquelas instruções básica e por compartilharem momentos e conhecimentos ao longo das horas de disciplinas e estudos extras;

Aos técnicos do LABAS (Angélica, Eduardo, Gilda, Marco Aurélio, Manoel e Marinho) pela ajuda com todas as análises e pelos momentos de distração e alegria;

Aos queridos Eduardo e Cida, pelos direcionamentos e carinhosa amizade;

Aos professores que compõem o programa de pós graduação, pela paciência, amizade e por terem complementado minha vida profissional e por se dedicarem ao ensino, com tanto esmero;

À orientadora Regina Maria Quintão Lana e co-orientadora Adriane de Andrade Silva por terem me acolhido nesta pós-graduação, pelas orientações no laboratório, no campo, nos textos e, principalmente, por terem sido tão paciente e se comprometerem para que este dia chegasse, além de tuas amizades;

Aos membros da banca por deixarem de lado suas atribuições pessoais e me fornecerem suas experiências, contribuindo para a conclusão deste trabalho;

Aos que acreditaram e desejaram este dia tanto quanto eu e que de forma direta ou indireta me ajudaram;

Agradeço, enfim, aos que colocaram as tantas barreiras no meu caminho, graças a elas aprendi o que é superação e vitória!

A todos vocês, meu muito obrigado!!!!

## SUMÁRIO

<b>LISTAGEM DE ABREVIATURAS</b>	<b>i</b>
<b>RESUMO</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iv</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>3</b>
2.1 CULTURA DA SOJA	3
2.2 MANEJOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO NA SOJA	4
2.3 ARRANJO ESPACIAL NA SOJA	8
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>12</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>17</b>
4.1 VARIÁVEIS FITOTÉCNICAS EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DA SOJA	17
4.2 PRODUÇÃO DE MASSA SECA E VERDE NOS DIFERENTES ESTÁDIOS E FRACIONAMENTO DAS PARTES VEGETATIVAS DA SOJA	21
4.3 TEORES DE NUTRIENTES NAS DIFERENTES FRAÇÕES (FOLHA- HASTE- VAGEM)	30
4.4 ACÚMULO DE NUTRIENTES NAS DIFERENTES FRAÇÕES DA SOJA (FOLHA, HASTE E VAGEM).	46
4.5 PRODUTIVIDADE E MASSA DE MIL GRÃOS	59
4.6 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.	61
<b>5 CONCLUSÕES</b>	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>65</b>



## LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Atributos químicos do solo nas camadas 0,00 - 0,2 m, 0,2 – 0,4 m, da fazenda Capim Branco, Uberlândia, MG, 2013.	12
2	Análise de micronutrientes e enxofre do solo nas camadas de 0,00 - 0,2 m, 0,2 – 0,4 m da fazenda Capim Branco, Uberlândia, MG, 2013.	13
3	Características fitotécnicas da soja em função dos tipos de manejo da adubação, Uberlândia-MG.	17
4	Características fitotécnicas da soja em função do arranjo de semeadura, Uberlândia-MG.	18
5	Massa seca e massa verde das frações folha, haste e total da cultura da soja no estádio V6, sob diferentes arranjos de plantio na região de Uberlândia-MG.	21
6	Massa seca e massa verde das frações folha, haste, vagem e total da cultura da soja no estádio R1, sob diferentes arranjos de plantio na região de Uberlândia-MG.	23
7	Massa seca da haste ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em função da interação entre o manejo no sulco e as doses de $\text{P}_2\text{O}_5$ , no arranjo de plantio convencional, Uberlândia-MG.	24
8	Interações significativas de massa seca da haste e total e massa verde da folha e total no estádio V6 e massa verde da folha e haste no estádio R1 da cultura da soja, sob diferentes arranjos espaciais, Uberlândia-MG.	25
9	Massa seca total, em função da interação entre doses de $\text{P}_2\text{O}_5$ e o arranjo espacial, no estádio R1 da cultura da soja, Uberlândia-MG.	26
10	Massa verde da vagem, no estádio R1, em função da interação entre as doses, o manejo da aplicação de $\text{P}_2\text{O}_5$ e o arranjo espacial da cultura da soja na região de Uberlândia-MG.	27
11	Interação entre dose e arranjo da massa verde total, no estádio R1 da cultura da soja, na região de Uberlândia-MG.	29
12	Teor de nutrientes na folha no estádio V6 e R1, em função dos arranjos espaciais, Uberlândia-MG.	30

13	Teor de cálcio foliar no arranjo convencional, em função da interação entre manejo e doses de $P_2O_5$ no sulco de plantio, no estádio R1, Uberlândia-MG.	33
14	Teor de magnésio foliar no arranjo convencional, em função da interação entre arranjo e doses de $P_2O_5$ , no estádio R1, Uberlândia-MG.	34
15	Teor de boro foliar no arranjo convencional, em função da interação entre arranjo e doses de $P_2O_5$ , no estádio R1, Uberlândia-MG.	36
16	Teores de nutrientes na haste no estádio V6 e R1 no arranjo convencional e cruzado, em função dos manejos adotados, Uberlândia-MG.	39
17	Teor de cobre foliar em função das doses de $P_2O_5$ e o arranjo espacial, no estádio R1, Uberlândia-MG.	40
18	Teores de nutrientes na haste no estádio V6 e R1, em função dos arranjos adotados, Uberlândia-MG.	42
19	Teor de boro na haste ( $mg\ kg^{-1}$ ), em função das doses de $P_2O_5$ , o manejo de adubação e os diferentes arranjos, no estádio V6, Uberlândia-MG.	43
20	Teor de potássio na haste em função dos arranjos e das doses de $P_2O_5$ , no estádio R1, Uberlândia-MG.	44
21	Teores de nutrientes da vagem no estádio R1 nos diferentes arranjos espaciais, em função do manejo da aplicação de $P_2O_5$ , em Uberlândia-MG.	45
22	Teor de enxofre na vagem em função da interação entre dose x manejo no arranjo convencional, no estádio R1, Uberlândia - MG.	46
23	Acúmulo de nutrientes foliar, nos estádios e arranjos da soja, em função dos manejos adotados, Uberlândia-MG.	47
24	Acúmulo de nutrientes foliares no estádio V6 e R1, em função dos arranjos adotados, Uberlândia-MG.	50
25	Acúmulo de cálcio foliar, em função da interação entre doses e arranjos espaciais, no estádio V6, Uberlândia-MG.	51
26	Acúmulo de magnésio foliar, em função da interação entre doses e arranjos espaciais, no estádio V6, Uberlândia-MG.	51

27	Acúmulo de nutrientes na haste, em ambos os estádio e arranjos, em função dos manejos adotados, Uberlândia-MG.	52
28	Teor de boro na haste da soja, em função das doses de $P_2O_5$ e o tipo de manejo adotados no arranjo cruzado, estádio R1, Uberlândia-MG.	53
29	Acúmulo de nutrientes na haste no estádio V6 e R1, em função dos arranjos adotados na cultura da soja, Uberlândia-MG.	54
30	Acúmulo de nutrientes na vagem no estádio R1 em função dos manejos adotados em ambos os arranjos espaciais, Uberlândia-MG.	55
31	Acúmulo de enxofre na vagem no arranjo convencional, estádio R1, Uberlândia-MG.	56
32	Acúmulo de manganês na vagem no arranjo cruzado, estádio R1, Uberlândia-MG.	57
33	Acúmulo de magnésio, cálcio e manganês na vagem, em função das doses e os arranjos, estádio R1, Uberlândia-MG.	58
34	Produtividade arranjos convencional e cruzado, em função dos tipos de manejo de adubação de $P_2O_5$ adotados, Uberlândia-MG.	60
35	Produtividade, em função dos tipos de arranjos adotados, Uberlândia-MG.	60
36	Teores dos atributos químicos do solo nos diferentes tipos de arranjos em função dos manejos de adubação de $P_2O_5$ (lanço e sulco), após a colheita da soja, Uberlândia-MG.	62

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Altura da haste no arranjo cruzado, no estágio V6, em função das doses de fósforo, Uberlândia-MG.	19
2	Número de folhas no arranjo convencional, no estágio V6, em função das doses de fósforo, Uberlândia-MG.	20
3	Massa seca foliar em função das doses de $P_2O_5$ , no arranjo convencional (estádio V6), Uberlândia-MG.	22
4	Massa seca da haste (MSH) em função das doses de $P_2O_5$ , sob o arranjo cruzado, Uberlândia-MG.	25
5	Interação entre dose e arranjo da massa seca total, no estágio R1, sob arranjo cruzado na cultura da soja, Uberlândia-MG.	27
6	Massa verde da vagem, no estágio R1, em função da interação entre as doses, o manejo da aplicação de $P_2O_5$ e o arranjo espacial da cultura da soja no arranjo cruzado, Uberlândia-MG.	28
7	Massa verde total no estágio R1, em função da interação entre as doses de $P_2O_5$ e o arranjo espacial da soja cruzada, Uberlândia-MG.	29
8	Teor de fósforo foliar no arranjo cruzado em função das doses de $P_2O_5$ no estágio V6 e R1, Uberlândia, MG.	31
9	Teor de cálcio foliar no arranjo convencional, em função da interação entre manejo e doses de $P_2O_5$ no sulco de plantio, no estágio R1, Uberlândia-MG.	32
10	Teor de magnésio foliar no arranjo convencional, em função da interação entre arranjo e doses de $P_2O_5$ , no estágio R1, Uberlândia-MG.	33
11	Teor de magnésio foliar no arranjo cruzado em função das doses de $P_2O_5$ , no estágio V6, Uberlândia-MG.	34
12	Teor de magnésio foliar no arranjo convencional em função das doses de $P_2O_5$ , no estágio R1, Uberlândia-MG.	35
13	Teor de boro foliar no arranjo convencional, em função da interação entre arranjo e doses de $P_2O_5$ no estágio R1, Uberlândia-MG.	37
14	Teor de cobre da haste, em função das doses de $P_2O_5$ , no estágio R1,	40

	Uberlândia-MG.	
15	Teor de manganês da haste, em função das doses de $P_2O_5$ , no estádio R1, Uberlândia-MG.	41
16	Teor de boro na haste em função da interação entre o arranjo e a aplicação de $P_2O_5$ manejada a lanço no arranjo convencional, no estádio V6, Uberlândia-MG.	43
17	Teor de potássio na haste, no arranjo convencional, em função das doses de $P_2O_5$ , no estádio R1, Uberlândia-MG.	44
18	Teor de enxofre na vagem em função da interação entre dose x manejo no arranjo convencional, aplicação a lanço, estádio R1, Uberlândia-MG.	46
19	Acúmulo de macronutrientes na folha, em arranjo convencional em função das doses de $P_2O_5$ , no estádio V6, Uberlândia-MG.	48
20	Acúmulo de zinco foliar, no arranjo convencional em função das doses de $P_2O_5$ , no estádio V6, Uberlândia-MG.	49
21	Acúmulo de boro foliar, no arranjo convencional em função das doses de $P_2O_5$ , nos estádios V6 e R1, Uberlândia-MG.	49
22	Acúmulo de ferro na vagem no arranjo cruzado, em função das doses de $P_2O_5$ , estádio R1, Uberlândia-MG.	56
23	Acúmulo de manganês na vagem no arranjo cruzado, em função das doses de $P_2O_5$ , estádio R1, Uberlândia-MG.	58
24	Massa de 1000 grãos em função das doses de $P_2O_5$ no arranjo cruzado, Uberlândia-MG.	59

## LISTAGEM DE ABREVIATURAS

Acidez total	H+Al
Acidez trocável	Al <sup>+3</sup>
Água	H <sub>2</sub> O
Boro	B
Cálcio	Ca
Capacidade de troca catiônica efetiva	t
Capacidade de troca catiônica total	T
Centímetros	cm
Cobre	Cu
Coeficiente de variação	CV
Comissão de fertilidade do solo do estado de minas gerais	CFSEMG
Comitê estratégico soja Brasil	CESB
Companhia nacional de abastecimento	CONAB
Diferença mínima significa	DMS
Empresa brasileira de pesquisa agropecuária	EMBRAPA
Enxofre	S
Estádio fonológico reprodutivo um	R1
Estádio fonológico vegetativo seis	V6
Estados Unidos da América	EUA
Ferro	F
Fósforo	P
Fritas	FT
Graus célsius	°C
Hectare	ha
Magnésio	Mg
Manganês	Mn
Massa seca	MS
Massa seca da haste	MSH
Massa seca da vagem	MSV
Massa seca foliar	MSF
Massa seca total	MST
Massa verde	MV
Massa verde da haste	MVH
Massa verde da vagem	MVV
Massa verde foliar	MVF
Massa verde total	MVT
Matéria orgânica	M.O.
Metros	m
Metros quadrado	m <sup>2</sup>
Miligramas	mg
Milímetro	mn
Nitrogênio	N

Oeste	W
Porcentagem	%
Potássio	K
Probabilidade	p
Quilogramas	kg
Roundap ready	RR
sacas	sc
Saturação por bases	V
Sistema de plantio convencional	SPC
Sistema de plantio direto	SPD
Sistema semeadura direta	SSD
Soma de base	SB
Super fosfato triplo	SFT
Trade Mark	TM
Unidade	Unid.
Universidade Federal de Uberlândia	UFU
Zinco	Zn

COUTO JUNIOR, P. A.. **ARRANJOS DE CULTIVO DE SOJA, CRUZADA E CONVENCIONAL, SUBMETIDA A DOSES E MANEJO DE APLICAÇÃO DO FÓSFORO. 2014.** 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia – MG, 2014.

## RESUMO

A soja é uma cultura que possui elevada produtividade no Brasil, semelhantes às obtidas nos países considerados mais desenvolvidos. Um dos fatores que justifica essa posição de destaque é o investimento nos sistemas de manejo. Entre as opções discutidas para aumentar a produtividade está a adoção de arranjos espaciais de plantios mais adensados e melhoria na eficiência de fornecimento de nutrientes, com formas de aplicações que sejam eficazes e que permitam a otimização do tempo. Sendo assim, objetivou-se avaliar a influência de doses de fósforo em diferentes sistemas de manejo de adubação (sulco e lanço), em arranjo espacial diferenciado (convencional e cruzada) na cultura da soja. Foram feitas análises para quantificar a absorção de nutrientes e parâmetros fitotécnicos, nos estádios V6 e R1, em diferentes frações da planta (haste, folha e vagens) nos arranjos espaciais, além de avaliar os atributos químicos do solo e produtividade em função do manejo de adubação e arranjo espacial. Realizou-se dois experimentos na fazenda experimental Capim Branco, Uberlândia-MG, sendo um soja convencional e outra a soja cruzada. Ambos os experimentos foram instalados em delineamento de blocos casualizados (3 blocos e 27 parcelas), ambos com cinco doses de fósforo (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup>), dois manejos de aplicação de fertilizante (a lanço e no sulco de plantio), sendo que no sistema cruzado havia o dobro do estande de plantas em relação ao convencional. A produtividade da soja e os atributos químicos do solo não foram afetados quanto ao tipo de manejo de adubação avaliado, em ambos os arranjos.

**Palavras-chaves:** *Glycine Max L.*, fertilização a lanço e sulco, manejo de adubação, espaçamento.



COUTO JUNIOR, P. A. **ARRANGEMENTS OF SOYBEANS GROWING, CROSS AND CONVENTIONAL, SUBMITTED TO DOSES AND APPLICATION FORMS OF PHOSPHORUS.** 2014. 71 f. Dissertation (Masters degree in Agronomy) - Federal University of Uberlândia - MG, 2014.

### ABSTRACT

Brazilian soybeans have high productivity which is similar to those obtained in developed countries. Such prominent position is also due to investment in management systems. One potential option for increasing yield is the adoption of denser planting spatial designs and improvement of fertilizer supplying efficacy, with effective application modes that optimize time. Therefore, the purpose was to evaluate the effect of phosphorus doses in different fertilization management systems (furrow or broadcast), in different spatial arrangements (conventional or crossed) in soybeans. Nutrient absorption was quantified, technological parameters in the stages V6 and R1 were analyzed in different plant fractions (stem, leaves, pods) in the spatial arrangements, and soil chemical properties and soybean yield were determined as a function of fertilizer management and spatial arrangement. Two experiments were done at the Experimental Farm Capim Branco, Uberlândia-MG, one with conventional sowing and the other one with crossed sowing. The experimental design in both of them was randomized blocks (3 blocks and 27 plots), with five phosphorus doses (0, 60, 120, 180 or 240 kg ha<sup>-1</sup>), two fertilizer application modes (broadcast or furrow), and the crossed sowing had the double of the conventional sowing plant population. Soybean yield and soil chemical properties were not affected by the fertilizer management type in neither sowing arrangement.

**Keywords:** *Glycine max*, broadcast and furrow fertilization, fertilization management, row spacing

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja se destaca no mercado nacional não só pela área plantada, mas também pelo grande desenvolvimento tecnológico usado em seu cultivo. Entre os fatores que aumentam a produção, observa-se o uso de variedades mais produtivas, tanto pelo melhoramento genético clássico quanto pelo melhoramento que utiliza a tecnologia da soja recombinante (resistência a doenças, seletividade a herbicidas, entre outros), maior absorção de nutrientes (pelo uso de fontes mais disponíveis, formas de aplicação e/ou uso de bioestimulantes, inoculantes, dentre outros produtos), arranjos espaciais diferenciados, controle mais eficaz de pragas e doenças (com o uso de diferentes princípios ativos e controle biológico) e técnicas de manejos adotados em pré e pós-semeadura (manejos de culturas de pousio, adubações antecipadas). Assim, tornam-se necessários estudos que deem suporte ao uso mais intensivo do solo, para impedir o esgotamento dos nutrientes com a manutenção da qualidade física, química e biológica do solo, promovendo um plantio com alta tecnologia e de forma sustentável.

A maioria dessas tecnologias já se encontram disponíveis para o agricultor, que tem tido papel fundamental na implantação e adaptação dessas técnicas, como o aumento de estande pelo plantio cruzado. Esse arranjo começou a ser testado, após a observação de que quando as semeadoras faziam as manobras nas bordaduras da lavoura, promoviam um plantio com o dobro do stand formando um design parecido com um “tabuleiro de xadrez”. Nessas áreas observou-se que nas bordaduras, formavam-se, em função desse plantio cruzado, algumas características diferenciadas como o aumento do estande, menor índice de algumas pragas e doenças, redução de plantas infestantes e aumento de produtividade.

Além disto, há a otimização dos implementos agrícolas e mão de obra, com alteração ou modificação dos manejos. Por exemplo, a antecipação da aplicação de fertilizantes a lanço, em que a aplicação do fertilizante é realizada antes do plantio, quando o maquinário está em uma época de menor demanda. Assim, a semeadura torna-se mais rápida pelo fato da não aplicação do fertilizante junto com a semente. A pesquisa, neste sentido, torna-se necessária visando consolidar essas práticas, fazendo com que sua utilização seja mais eficiente e produtiva.

Em relação aos arranjos espaciais, a soja adaptou-se às alterações no espaçamento, pois possui uma alta adaptabilidade, alterando sua conformação e hábito de crescimento, por exemplo. Existem diferentes arranjos que podem ser praticados,

sendo que o sistema de semeadura chamado “plantio cruzado” surge como uma alternativa e uma inovação para um melhor aproveitamento da área em cultivo de soja, pois busca uma melhor alocação das plantas na área. O sistema possui uma forma diferente de semeadura do plantio “convencional”, onde planta-se em linha de forma normal, paralelas à curva de nível e em seguida, é feita outra passada no sentido perpendicular da linha já plantada.

O simples fato de se utilizar um espaçamento diferenciado provoca mudanças na arquitetura da planta, altura, no número de vagens, na uniformidade, no número de ramificações, além de mudanças no manejo de pragas, doenças e plantas daninhas e na adubação.

A soja é uma cultura exigente em termos nutricionais, bastante eficiente em absorver e utilizar os nutrientes contidos no solo, principalmente nitrogênio, pela fixação biológica. A aplicação de cálcio, magnésio e enxofre normalmente é fornecida pela calagem e gessagem. Sendo o potássio e o fósforo os elementos que são tradicionalmente aplicados juntamente ao plantio. Muitos trabalhos têm relatado que apesar da mobilidade do potássio, a sua aplicação antecipada não tem ocasionado redução na produção e contaminação do subsolo (lençol freático). Já, o fósforo apresenta problemas de limitação nos solos por causa da "fixação" e baixa mobilidade, fazendo que sua recomendação seja ainda no sulco de plantio, sendo então este o único elemento que ainda limita a recomendação da adubação total a lanço, porém com o aumento de sistemas conservacionistas, como o plantio direto, tem-se observado maior disponibilização de fósforo quando aplicado a lanço.

Adquirir o melhor manejo da adubação seja ela no sulco de plantio ou a lanço, a técnica adequada pode interferir na obtenção de uma melhor relação custo/benefício. Há necessidade de se pesquisar também a quantidade da adubação, pois com o aumento no número de plantas deve-se ficar atento ao fornecimento dos nutrientes: se a dose recomendada deverá ser superior, ou apenas com a exploração de um maior volume de solo pelo sistema radicular, as doses recomendadas seriam eficazes.

Sendo assim, objetivou-se avaliar a influência de doses de fósforo em diferentes manejos de adubação (sulco e lanço), em arranjo espacial diferenciado (convencional e cruzado) na cultura da soja.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 CULTURA DA SOJA**

A produção de soja no Brasil é liderada pelos estados de Mato Grosso, com 29,0% da produção nacional; Paraná com 19,5%, Rio Grande do Sul com 15,4%, e Goiás com 10,5%, sendo que áreas com exploração mais recente como o Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, em 2012/13 responderam conjuntamente por 8,4% da produção brasileira, aumentando a participação nesse mercado. A agricultura sempre teve importância para o crescimento econômico do país e a soja é uma commodity de grande relevância principalmente em um país em desenvolvimento como o Brasil, servindo na alimentação humana e animal por milênios e tornando-se umas das principais fontes de proteína e óleo vegetal do mundo (CONAB, 2013).

A produção de soja projetada para 2023 é de 99,2 milhões de toneladas, esse número representa um acréscimo de 21,8% em relação à produção de 2013, o que representa um percentual abaixo do crescimento ocorrido nos últimos 10 anos no Brasil que foi de 66,0% (CONAB, 2013).

Para 2014, as projeções indicam uma produção entre 80,2 e 88,8 milhões de toneladas (MAPA, 2013). No Centro-Oeste brasileiro, a expansão da soja foi rápida em virtude de terras com bom preço, subsídios do governo e desenvolvimento de pesquisas voltadas para a agricultura do cerrado (CÂMARA; HEIFFIG, 2000). Além disso, a região do cerrado mostrou-se promissora em função do seu relevo plano que possibilitava a mecanização e as limitações de fertilidade já poderiam ser alteradas, tornando a região favorável ao desenvolvimento da cultura. A soja foi a cultura que mais cresceu na região nas últimas três décadas em decorrência do desenvolvimento de novas tecnologias e da necessidade de aumentar a produção devido ao crescimento populacional contínuo, (EMBRAPA, 2000), e pela necessidade de aberturas de novas fronteiras agrícolas.

O cerrado, atualmente, corresponde a uma das principais regiões produtoras do país, sendo responsável por grande parte dos grãos, fibras e carne produzidos. O complexo da soja é responsável por quase 9 % das exportações do país, colocando o Brasil como terceiro maior exportador atrás dos EUA e China. Os custos atuais para produzir soja no cerrado são de aproximadamente a metade dos custos de produção dos EUA (WWF, 2012). Sendo assim, observa-se que a região tem alto potencial produtivo,

utiliza-se de tecnologias modernas, porém ainda tem um deficit em relação ao armazenamento e escoamento dos grãos, necessitando de atenção para que essas deficiências sejam corrigidas a fim de que o produtor tenha uma maior estruturação no complexo do mercado da soja.

## **2.2 MANEJOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO NA SOJA**

A fertilidade do solo adequada é um item básico para quem busca um aumento na produtividade. O fósforo (P) é o nutriente mais limitante da produtividade de biomassa em solos tropicais (NOVAIS; SMYTH, 1999). A sua dinâmica no solo está associada a fatores ambientais, que controlam a atividade dos microrganismos, os quais imobilizam ou liberam os íons ortofosfato, e às propriedades físico-químicas e mineralógicas do solo. Além disso, os solos brasileiros, em consequência do material de origem e da forte interação do P com o solo são deficientes em P, (RAIJ, 1991), e particularmente os solos de cerrado apresentam elevada taxa de fixação de fósforo e lixiviação do potássio, o que reduz a produtividade da soja nestes solos.

Segundo Rosolém (1982), a época em que o P é absorvido pela cultura da soja, em maior quantidade se encontra entre os estádios V4 e R6 com a absorção média de 0,2 a 0,4 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, sendo que do total absorvido, 60%, ocorre após R1. Porém, a cultura da soja necessita, de acordo com sua exigência, suprimento constante de P durante praticamente todo o seu ciclo. De acordo com Novais e Smyth (1999), a recomendação média de fósforo para culturas anuais, em solos com baixos teores de “P-disponível” varia de 90 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

O aproveitamento dos nutrientes pela cultura nem sempre ocorre de maneira eficiente e o manejo adequado dos fertilizantes varia de acordo com as características específicas do solo, da cultura, quantidade de nutriente a ser absorvido, clima, dentre outros, não podendo ser utilizadas decisões generalizadas e ignorar as particularidades que cada tipo de solo possui (químicas, físicas e biológicas) (LANA et al., 2003). Os métodos de aplicação de P mais utilizados são no sulco ou a lanço e, dependendo do sistema de cultivo, podendo ser incorporados ou não. Tradicionalmente, a aplicação a lanço só era utilizada em cultivos perenes como pastagens e cana-de-açúcar, sendo que na maioria das culturas anuais os produtores adotavam a aplicação no sulco. Este cenário tem-se modificado em função dos produtores observarem que a adubação a lanço promove uma maior rapidez na semeadura, e a adubação em manutenção pode ser

feita no pré ou pós-plantio. Em áreas de plantio de soja de primeiro ano a prática da aplicação de fertilizantes fosfatados em área total (fosfatagem), sempre foi utilizada como forma de correção preventiva do solo, sendo utilizadas fontes de baixa ou média solubilidade (como fosfatos naturais). Essa prática tem como base a uniformização do teor de P, principalmente em áreas em que ainda será implantado o sistema plantio direto e não receberá movimentação do solo. Porém o uso de fontes pouco solúveis tem sido alterado pelo uso de fontes com novas tecnologias que tendem a reduzir os processos de perdas de P, como as fontes solúveis revestidas por polímeros ou de liberação lenta ou controlada.

Os fosfatos solúveis reagem com maior intensidade no solo incrementando a fração de P disponível no solo, favorecendo a absorção pelas raízes. Porém, as reações de fixação do nutriente são também favorecidas, principalmente com aplicação de altas doses em solos oxídicos, ácidos e intemperizados o que reduz a eficiência das fontes ao longo do tempo e também os custos. (NOVAIS; SMYTH, 1999; PROCHNOW et al., 2003; RESENDE et al., 2006; LANA et al., 2007).

De acordo com Sousa e Lobato (2004), em substituição a fosfatagem tradicionalmente recomendada com incorporação do adubo, o uso da aplicação de fósforo a lanço junto às espécies de cobertura em sistema de plantio direto (SPD), minimiza a adsorção de P. Essa prática pela presença da palhada e do maior nível de matéria orgânica, proporciona um ambiente menos oxidativo, fazendo com que as reações de fixação sejam minimizadas e que haja menor contato dos resíduos com o solo, promovendo impacto direto na fertilidade das camadas superficiais até 10 cm de profundidade (COSTA; ROSOLÉM, 2000). Com o aumento do uso do sistema plantio direto, novas técnicas de aplicação necessitam ser avaliadas, já que a adoção desse sistema resulta em mudanças no ambiente edáfico.

Motomiya et al. (2004), avaliando métodos de aplicação de fosfato na soja, observaram que há diferença entre a aplicação a lanço e no sulco de plantio, sendo que esta diferença é mais acentuada de acordo com a fonte de fósforo aplicado. A adubação a lanço faz com que o fertilizante fosfatado aplicado entre em contato com o solo, acarretando uma grande adsorção do P e limitando a sua absorção pelas plantas. Para diminuir a adsorção faz-se aplicação localizada do adubo fosfatado, mas pequena porção de raízes entra em contato com o fósforo do fertilizante.

A aplicação localizada no sulco de plantio é recomendada principalmente com fontes de fosfatos solúveis em função do maior contato e proximidade com sistema

radicular das plantas facilitando o processo de absorção (PRADO et al., 2001). De acordo com Miranda e Miranda (2003) a combinação apropriada das adubações corretiva em área total e de manutenção no sulco de plantio, assume grande importância para promover aumento de produtividade. Porém, atualmente em sistemas plantio direto tem-se observado que a camada superficial de 0-10 cm, em função da presença matéria orgânica, reduz à adsorção de P permitindo que a aplicação a lanço não cause redução na produtividade.

Morelli et al. (1991) avaliando o efeito de doses de termofosfato aplicadas a lanço e no sulco de plantio da cana-de-açúcar, em um solo arenoso de baixa fertilidade, verificaram que a aplicação a lanço resultou em maiores produtividades, confirmando que em solos arenosos a aplicação de P em área total é favorecida por ter menor fixação do que em solos argilosos. Tomaz (2009) avaliando doses, fontes e formas de aplicação de P na cultura da cana-de-açúcar, verificou não haver diferença significativa entre a adubação fosfatada em área total e a adubação no sulco de plantio.

Moterle et al. (2009), estudando o efeito da fertilização fosfatada na emergência das plântulas a campo e na produtividade da cultura da soja, com diferentes formulações de fertilizantes e posições da fertilização no solo, constataram que as maiores produtividades foram alcançadas aplicando-se no sulco, sob teor médio de P no solo. De forma semelhante, Prado et al. (2001) observaram que os tratamentos com aplicações no sulco foram mais eficientes que a lanço na cultura do milho. Pottker (1999) indica que em sistema de semeadura direta a aplicação de P deve ser feita na linha de semeadura e no momento do plantio. Porém, Pottker (1999) avaliando o efeito do teor de P do solo sobre a eficiência da adubação na linha de semeadura e a lanço concluiu que, para a soja, o modo de aplicação não interferiu no rendimento de grãos.

Castro et al. (2013) concluíram que a falta de resposta às formas de aplicação de fertilizantes por diferentes formas de aplicação de P a lanço e sulco, pode estar correlacionada ao teor de P disponível no solo adequado. Pavinatto e Ceretta (2004) estudando modos de aplicação do fertilizante fosfatado na cultura do milho em um solo com teor muito alto de P observaram que não houve diferença entre o manejo fertilizante na resposta em produtividade. Santos et al. (2008), verificaram em solos com teores altos de P, que a forma de aplicação, mesmo que forneça condições de menor disponibilidade, não resultaria em diferenças significativas.

Araújo et al. (2005) avaliando resposta de cultivares de soja à adubação fosfatada, observaram que as cultivares de soja Paiaguases, FT 106, Mirador e FT 107

apresentam alturas de inserção da primeira vagem adequadas à colheita mecanizada, e também observaram que a dose de fósforo ideal para se obter maior altura de inserção da primeira vagem e que promove maior estímulo a nodulação foi de 193,8 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 180 a 270 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. As cultivares Paiaguases e FT 107 apresentam rendimento médio diferentes de 2.996 e 2.807 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, em área de cerrados em Roraima, com dose de 270 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. De acordo com EMBRAPA (2004) para cada tonelada de grãos de soja produzida retira do solo 20 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 20 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Corrêa et al. (2004) avaliando P no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal observaram que em função de 50 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de P, o crescimento do sistema radicular da soja foi de 15 à 30 cm, respectivamente, sendo que para a massa seca da parte aérea, a mesma tem um acréscimo quando se utilizou uma dose de 150 kg ha<sup>-1</sup>.

Segundo Vieira e Teixeira (2004), fertilizantes revestidos por polímeros comparados com o uso de adubos sem revestimento, não diferem quanto à época de aplicação. As diferenças ocorrem na eficiência da adubação, pois fertilizantes com polímeros conferem menores perdas de nutrientes por lixiviação, volatilização e fixação, possibilitando reduzir a dose aplicada (ZAHIRANI, 2000). Essa maior eficiência é proporcionada pela estrutura dos grânulos dos fertilizantes revestidos por polímeros, os quais ao absorverem água do solo, solubilizam os nutrientes no interior das cápsulas, que são gradativamente liberados por meio da estrutura porosa na zona da raiz de acordo com a necessidade das plantas (SHAVIV, 1999; HANAFI et al., 2000; TOMASZEWSKA et al., 2002).

A aplicação a lanço, 15 dias antecipada à semeadura, por meio de fertilizantes revestidos por polímeros, conferiu maior produção de massa seca, número de vagens por planta e produtividade de grãos de soja em relação aos fertilizantes convencionais, sendo assim, percebe-se que os fertilizantes revestidos por polímeros são mais eficientes para garantir a nutrição mineral das plantas quando se visa a uma aplicação antecipada à semeadura (GUARESCHI et al., 2011). Em função das particularidades entre as fontes e formas de aplicação são necessários estudos para identificar os melhores resultados nos sistemas distintos de produção praticados no Brasil.



## 2.3 ARRANJO ESPACIAL NA SOJA

A partir da década de 1970, a produção agrícola brasileira, que era realizada sob sistema plantio convencional (SPC), passou gradativamente a ser adotado o sistema plantio direto (SPD), devido às vantagens que o sistema oferece, como maior acúmulo de massa seca, menor trânsito de máquinas evitando a compactação do solo, maior umidade volumétrica superficial, proporcionando uma condição mais favorável à disponibilidade dos nutrientes e desenvolvimento das culturas. Atualmente, mais de 25% da área do cerrado é cultivada sob o sistema plantio direto (LOPES et al., 2004).

De acordo com EMBRAPA (2004), em função de avanços nos sistemas de semeadura (maior precisão das semeadoras), de cultivares mais adaptadas, de melhoria da capacidade produtiva dos solos, de adoção de práticas conservacionistas, de cobertura vegetal do solo e da semeadura direta, entre outros fatores, a população padrão de plantas de soja foi reduzida gradativamente.

Antigamente adotava-se cerca de aproximadamente 400 mil plantas, em função de grandes perdas no plantio e atualmente é aconselhável a manutenção entre 240 a 400 mil plantas por ha<sup>-1</sup> em condições extremas, sendo indicado espaçamento entre fileira de 40 à 50 cm. Observa-se que espaçamentos mais estreitos têm contribuído para o controle de plantas daninhas, em função do fechamento mais rápido da cultura, porém não permitindo realizações de operações de cultivos entre fileiras.

Entre os espaçamentos utilizados no sistema convencional é adotado 45 a 50 cm entre linhas e em espaçamento reduzido de 20 a 30 cm (WATANABE ; PRETE, 2004). Uma restrição para a adoção desta técnica é a inexistência de máquinas para o plantio, sendo uma alternativa para sua utilização o plantio cruzado.

O incremento na produtividade de grãos de soja, comumente verificado em espaçamentos mais estreitos, pode ser atribuído, principalmente, à maior interceptação de luz no início do ciclo de desenvolvimento (DALLEY et al., 2004) ou à redução das perdas de água do solo por evaporação (CALISKAN et al., 2007). Apesar da grande importância da cultura da soja para o agronegócio brasileiro, há carência de pesquisas sobre a possibilidade de incremento da produtividade de grãos por meio do uso de arranjos espaciais.

Nos últimos anos, alguns agricultores vêm testando uma técnica de semeadura denominada “plantio cruzado”, no qual se realiza uma operação de semeadura posicionando metade da densidade de sementes, seguida de outra operação similar no

sentido perpendicular à primeira. O plantio cruzado surgiu no Brasil pela observação dos arremates dos talhões de soja, onde algumas linhas se cruzavam e formava-se um “xadrez” (SIMIONATO et al., 2012).

Essa técnica foi usada por alguns ganhadores do concurso de produtividade promovido pelo Comitê Estratégico Soja Brasil (CESB), na safra 2010/11 e 2011/12. No entanto, na literatura científica, há carência de informações sobre os efeitos dessa técnica na produtividade da soja e a sua relação com cultivares e outras práticas de manejo (SIMIONATO et al., 2012).

Para a adoção do plantio cruzado, a área ser manejada em SPD é mais favorável que pelo SPC, em função da abertura do sulco de plantio em ambos os sentidos e como o plantio da soja é realizado no início do período chuvoso, em solos com menor cobertura vegetal, esta pode acarretar uma maior erosão superficial.

O arranjo espacial de plantas afeta a competição intraespecífica e, conseqüentemente, a quantidade de recursos do ambiente (água, luz e nutrientes) disponíveis para cada planta, podendo ser alterado pela densidade de plantas e pelo espaçamento entre as fileiras (RAMBO et al., 2004).

Rodrigues et al. (2002), estudando o plantio de soja tardio, com diferentes espaçamentos, 0,5 e 0,25 m, observou que a redução do espaçamento, independente da variedade de soja utilizada, promoveu maior produtividade. Estudando apenas cultivares de hábito determinado e ciclo, semiprecoce, precoce e semitardio respectivamente, relataram que em relação ao arranjo de plantas, maiores rendimentos de grãos foram observados no tratamento com espaçamento entre linhas reduzido (20 cm), ou seja, há trabalhos de pesquisa demonstrando que o aumento de produtividade pode ser obtido com o adensamento da cultura da soja (RAMBO et al., 2003; PIRES et al., 2000; PARCIANELLO et al., 2004).

Segundo Rambo et al. (2003) e Pires et al. (2000), arranjos espaciais menores apresentam incremento no rendimento de grãos por fatores como o melhor uso da água por sombrear rapidamente o solo, maior exploração do solo pelas raízes, redução na competição intraespecífica, exploração uniforme da fertilidade do solo e maior interceptação da energia solar.

Simionato et al., (2012) trabalhando com duas densidades de semeadura 375 e 562 mil sementes ha<sup>-1</sup> e dois sistemas de arranjo (cruzada e convencional ) não observaram aumento de produtividade tanto na soja cruzada como nas diferentes

densidades, assim como, não observaram incremento na produtividade quando se utilizou soja de tipo de crescimento indeterminado.

O arranjo espacial compreendendo o espaçamento entre linhas e a densidade de plantas nas linhas pode ser manipulado para estabelecer um arranjo onde o resultado seja a maior produtividade e adaptação à colheita mecanizada (TOURINO et al., 2002). Segundo Moore, (1991); Ikeda, (1992) e Egli, (1994), para se obter maiores produtividades na cultura da soja, o ideal seria um arranjo onde o espaçamento entre linhas e o espaçamento entre plantas dentro da linha fossem iguais.

Observa-se que atualmente tem-se aumentado o número de cultivares transgênicas Roundup Ready<sup>TM</sup> e a introdução de cultivares mais produtivas, sendo que estas têm apresentado maior suscetibilidade ao aparecimento de pragas e doenças. Segundo Almeida et al. (2005) e Pedersen (2008) os espaçamentos mais reduzidos podem ocasionar maiores problemas com doenças como o Mofo Branco (*Sclerotinia sclerotiorum*).

Outra característica dessas novas cultivares de soja são as mudanças quanto ao tipo de crescimento e porte das plantas, que diferem das primeiras cultivares utilizadas no Brasil, promovendo mudanças no arranjo espacial praticado pelos produtores (SOUZA et al., 2010). Nesse sentido, a introdução de cultivares que apresentam tipo de crescimento indeterminado, maior precocidade, arquitetura compacta, com folíolos pequenos e alto potencial de rendimento de grãos, tem gerado vários questionamentos acerca de arranjos espaciais de plantas que podem conferir maiores produtividades de grãos sem grandes mudanças nos custos de produção.

A época de semeadura é o fator que mais influencia na produtividade (PEIXOTO et al., 2000). A semeadura em época inadequada geralmente reduz o rendimento da cultura (NAEVE et al., 2004; EMBRAPA, 2011). O momento de implantação da cultura determina a exposição das plantas às variações na distribuição dos fatores climáticos e interfere de forma significativa na duração do ciclo, na produção, na altura da planta e da inserção das primeiras vagens, no número de ramificações e até mesmo na colheita mecanizada (EMBRAPA, 2011).

No desafio nacional de máxima produtividade da soja safra 2012/2013 o maior produtor na categoria sistema irrigado, com espaçamento reduzido de 22,5cm entre linhas tendo uma população de 475 mil sementes ha<sup>-1</sup>, utilizando adubação no sulco de plantio, obteve uma produtividade de 87,02 sc ha<sup>-1</sup>. Já na categoria não irrigada com

espaçamento convencional de 45 cm entre linhas tendo uma população de 400.000 sementes  $\text{ha}^{-1}$  na região sul obteve-se produtividade de 110,55 sc  $\text{ha}^{-1}$  (CESB, 2014).

Na região centro oeste, com espaçamento convencional de 45 cm entre linhas tendo uma população de 200.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  obteve-se produtividade de 99,86 sc  $\text{ha}^{-1}$ . Na região sudeste, com espaçamento convencional de 50 cm entre linhas tendo uma população de 240 mil sementes  $\text{ha}^{-1}$ , obteve-se produtividade de 93,72 sc  $\text{ha}^{-1}$  e na região norte/nordeste produziu com 220 mil plantas com adubação a lanço em pré-plantio, 102,78 sc  $\text{ha}^{-1}$ . Na safra 2011/2012 o campeão de produtividade da região sudeste utilizou a soja cruzada com 480 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ , com espaçamento 50 cm, obteve produtividade 83,89 sc  $\text{ha}^{-1}$ . No mesmo sistema de plantio na região norte e nordeste com 320 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$  obteve-se 108,71 sc  $\text{ha}^{-1}$  (CESB, 2014).

Observa-se pelos resultados que independente do espaçamento utilizado ou o sistema de irrigação, os mesmos não foram tão determinantes para o aumento da produtividade, sendo que, quando se utilizou mais que o dobro do número de sementes, o menor estande obteve uma produtividade de 15,78 sc  $\text{ha}^{-1}$  superior, o que indica que o conjunto de manejos aplicados faz com que se tenha elevado a produtividade. Os produtores de média a alta produtividade, de maneira geral, tem produzido entre 50 a 70 sc  $\text{ha}^{-1}$ , e espera-se que esse aumento na produtividade aconteça pelo melhor arranjo espacial da cultura.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos na Universidade Federal de Uberlândia - UFU Campus Uberlândia, na Fazenda Experimental Capim Branco, no Município de Uberlândia -MG, localizada nas coordenadas 18° 53' 9" S; 48° 20' 38" W; com aproximadamente 825 m de altitude, em Latossolo Vermelho, com declividade suave.

O clima é do tipo Aw (tropical estacional de savana) na classificação de Koppen. A precipitação e temperatura média em torno de 1200 mm ano<sup>-1</sup> e 25°C, estando as chuvas concentradas nos meses de novembro e março, umidade relativa do ar variando de 50-60% a 85-90%.

Para caracterização da área experimental foram realizadas coletas de solo deformadas nas camadas: 0,00 - 0,2 m, 0,2 – 0,4 m, dividiu-se a mesma em três talhões, coletando dez amostras simples, formando uma amostra composta por talhão. Logo após a coleta, as amostras (total de 3 compostas), onde fez-se a média para caracterização da área. Foram encaminhadas para o laboratório de análises de solo, folhas, corretivos e fertilizantes da Universidade Federal de Uberlândia (LABAS–UFU), para a determinação das propriedades químicas do solo: acidez, matéria orgânica, macro e micronutrientes, alumínio, hidrogênio + alumínio, e saturação de bases de acordo com EMBRAPA (2009), apresentadas.

**TABELA 1:** Atributos químicos do solo nas camadas 0,00 - 0,2 m, 0,2 – 0,4 m, da fazenda Capim Branco, Uberlândia, MG, 2013.

Camada 0- 0,2 m											
pH H <sub>2</sub> O	P	K	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	SB	t	T	V	M.O
1:2,5	.....mg dm <sup>-3</sup> .....					.....cmolc dm <sup>3</sup> .....				.....%	.....
5,3	2,8	42	0,0	1,6	0,7	2,4	2,4	2,41	4,8	50	2,6

Camada 0,2- 0,4 m											
pH H <sub>2</sub> O	P	K	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	SB	t	T	V	M.O
1:2,5	.....mg dm <sup>-3</sup> .....					.....cmolc dm <sup>3</sup> .....				.....%	.....
5,5	4,5	66	0,0	1,4	0,6	2,4	2,2	2,17	4,6	47	2,3

P, K (HCl 0,05mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol L<sup>-1</sup>); Al, Ca, Mg = (KCl mol L<sup>-1</sup>); M.O. = (Walkley-Black), SB= soma de bases/t =CTC efetiva/ T=CTC a pH 7,0/ V= Saturação por bases. (EMBRAPA, 2009).

**TABELA 2:** Análise de micronutrientes e enxofre do solo nas camadas de 0,00 - 0,2 m, 0,2 – 0,4 m da fazenda Capim Branco, Uberlândia, MG, 2013.

Camada 0-0,2 m					
B	Cu	Fe	Mn	Zn	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>
..... mg dm <sup>-3</sup> .....					
0,07	3,0	13	4,4	0,5	12

Camada 0,2-0,4 m					
B	Cu	Fe	Mn	Zn	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>
..... mg dm <sup>-3</sup> .....					
0,07	3,4	11	6,6	0,5	34

B = [BaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O a 0,125% à quente]; Cu,Fe,Mn,Zn = [DTPA 0,005 mol L<sup>-1</sup>+CaCl 0,01 mol L<sup>-1</sup>+ TEA 0,1 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,3]; S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>. EMBRAPA (2009)

Anteriormente à instalação do experimento, o histórico da área é de área com presença de curvas de nível e manejadas no sistema de semeadura direta a mais de 3 anos com rotação soja-braquiária-milho.

O delineamento de ambos os experimentos foi em blocos casualizados, contendo um fatorial 2x5 (2 manejos e 5 doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), com 3 blocos e 27 parcelas cada um. No experimento 1, utilizou-se o arranjo convencional em que a semeadora foi realizada com espaçamento entre linhas de 0,5 m, contendo 18 sementes por metro linear de soja. No experimento 2, utilizou-se plantio diferenciado em que o estande final da parcela apresentava o dobro de plantas do sistema convencional, ou seja, a semeadora realizou a distribuição das sementes em linhas paralelas de 0,5 metros no sentido norte/sul e logo após no sentido leste/oeste, duplicando o número de sementes de cada estande, porém a adubação apenas no sentido norte/sul.

A área útil total para instalação dos dois experimentos foi de 5400 m<sup>2</sup>. As parcelas continham 10 m de largura e 10 m de comprimento. Foi realizado na safra 2012/2013, a semeadura foi realizada no dia 14/11/2012, em que se utilizou a cultivar SYN 1080-RR da empresa Syngenta®, semeado no sistema de semeadura direta e aplicou-se a dose única no plantio de 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, sendo utilizada a fonte cloreto de potássio (58% K<sub>2</sub>O) revestida com polímero (Kimcoat). Foram utilizadas doses crescentes de fósforo equivalentes a: 0, 60, 120, 180, 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, da fonte superfosfato triplo (SFT), também revestido com polímero (Kimcoat).

Para a instalação do experimento, foi realizado um levantamento das plantas infestantes que havia no local do experimento, para a escolha do herbicida aplicado na área para dessecação em pré-semeadura. A semeadura foi realizada por uma semeadora tatu PST2E de 8 linhas, a qual também foi feita a adubação com cloreto de potássio. Para as aplicações das doses crescente de fósforo, foram feitos manualmente sulcos, com auxílio de enxadas, ao lado da linha de semeadura. Foram realizados levantamentos semanais, de pragas e doenças, para controles fitossanitários da cultura (inseticidas, fungicidas e aplicação de micronutrientes foliares).

Para as variáveis fitotécnicas (altura da haste, número de folhas e vagens), optou-se pela coleta e avaliação de três plantas por parcela, em ambos os experimentos, as quais foram consideradas a média de todas as mensurações, em função dos experimentos avaliarem dois arranjos espaciais, em que no arranjo cruzado havia o dobro de plantas do sistema convencional. A intenção era, independente do estande maior, observar se haveria diferenciações individuais nas plantas através das análises fitotécnicas e se os arranjos influenciariam nessas características, uma vez que as diferenças de interceptação luminosa, maior competição por nutrientes poderiam causar maior crescimento de haste, entre outras alterações. Sendo assim, coletou-se três plantas ao acaso na área útil (3 linhas centrais) das parcelas, quando a cultura se encontrava em V6 e R1, de acordo com a escala de Fehr e Caviness (1977), das seguintes variáveis: altura, sendo determinada da base do solo até a última inserção de ramos da haste principal com o uso de régua graduada, número de folhas, sendo contados os números de trifólios, número de ramos e vagens das plantas. Foram realizadas análises de massa verde e seca de todos os materiais coletados em ambos os estádios.

Realizaram-se, tanto para as coletas em V6 e R1, análises dos tecidos vegetativos de macro e micronutrientes das hastes, folhas e vagens, segundo metodologia descrita por EMBRAPA (2009).

Para determinação da massa verde (MV), realizou-se a pesagem em balança analítica com precisão de três casas decimais. Posteriormente, realizou-se a lavagem das partes aéreas para retirada de resíduos de poeira que poderiam interferir nos resultados, utilizou-se para a lavagem água corrente (torneira), após uma solução de HCl (3% v/v) e após a lavagem com água destilada conforme metodologia descrita em EMBRAPA, (2009). Para determinação da massa seca (MS) as amostras foram acondicionadas em sacos de papel; realizou-se a secagem dos materiais em estufa de ventilação forçada a

60° por 72 horas ou até obtenção de peso constante conforme metodologia descrita em EMBRAPA (2009), posteriormente, as amostras foram pesadas.

Após a determinação da MS e o teor de nutrientes nas diferentes frações da planta, foi calculado o acúmulo de nutrientes da seguinte forma:

Acúmulo de macronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) = massa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) x teor de nutriente ( $\text{g kg}^{-1}$ )/1000.

Acúmulo de micronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) = massa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) x teor de nutriente ( $\text{mg kg}^{-1}$ )/1000.

Para a interpretação dos dados foi considerado como o acúmulo da planta o somatório de suas frações no estágio V6 e R1 (folhas, haste e vagem).

A produtividade foi realizada com colheita manual (parcela total) nos dias 29 e 30 de março de 2013. A densidade final da parcela foi avaliada contando-se todas as plantas da parcela e os resultados expressos em números de plantas por hectare. A coleta foi realizada quando mais de 95 % das vagens, apresentava típica coloração de vagem madura. Após a colheita das plantas as sementes foram debulhadas em máquina trilhadora estacionária, limpas com auxílio de peneiras, armazenadas em sacos de papel Kraft. As amostras foram etiquetadas e levadas para o LABAS; as mesmas foram pesadas para obtenção da produtividade. O grau de umidade dos grãos foi determinado por meio de estufa a 105°C e corrigido para 13% de umidade (BRASIL, 2009). O rendimento das sementes foi transformado para produtividade para  $\text{kg ha}^{-1}$  e em seguida foi determinada a massa de 100 sementes por meio da pesagem de 8 subamostras de sementes para cada parcela no campo, com auxílio de balança analítica de precisão.

Após a colheita, retiraram-se amostras compostas de solo de acordo com a recomendação da CFSEMG (1999) na camada 0 - 0,20 m com o uso de trado holandês. As amostras foram transportadas para o LABAS, onde foram analisados os seguintes atributos: teor de macronutrientes (K, S-SO<sub>4</sub>, Ca e Mg), (P) pelo método de mellich-1, e micronutrientes (Cu, Fe, Zn e Mn), além do pH em H<sub>2</sub>O, matéria orgânica (MO), pelo método colorimétrico, e avaliação dos atributos químicos do solo: acidez trocável (Al<sup>3+</sup>); acidez total (H + Al); saturação por alumínio (m%); saturação por bases (V%), segundo metodologias descritas por EMBRAPA (2009).

Os resultados foram submetidos aos testes de normalidade de Komogorov-Smirnov para testar a distribuição dos resíduos, e de homogeneidade de Levene, para as variâncias, todos a 1% de probabilidade, pelo programa SPSS. Os dados sem distribuição normal e com heterogeneidade foram submetidos à transformação de dados



com raiz quadrada. A análise de variância foi feita pelo teste F, a 1 e 5% de probabilidade. Posteriormente, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,01$  e  $0,05$ ) para os fatores qualitativos (sulco e lanço) e para os valores quantitativos (doses) fez-se regressão (linear e quadrática). Para avaliar as diferenciações entre os arranjos espaciais realizou-se a análise conjunta através do programa SISVAR.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 VARIÁVEIS FITOTÉCNICAS EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DA SOJA

Avaliando-se os valores das características fitotécnicas (Tabela 3), observou-se que as características avaliadas não obtiveram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ), sendo que as características avaliadas se assemelharam ao longo do ciclo da soja, independente do arranjo espacial da cultura e manejo de fósforo. Esperava-se que para a altura de haste fossem observadas diferenças quanto ao arranjo espacial, pois no sistema cruzado, em função da maior densidade de plantas, a competição intraespecífica pela busca de luz poderia diferenciar do sistema convencional. Há estudos que comprovam que a cultura da soja tende a crescer mais quando semeada com altas densidades e produzir menos ramificações, vagens e sementes por planta, que as semeadas com baixa densidade (PENDLETON; HARTWIG, 1973; OLIVEIRA, 2010, MAUAD et al., 2010).

**TABELA 3:** Características fitotécnicas da soja em função dos tipos de manejo da adubação.

Características fitotécnicas	Arranjo Convencional <sup>#</sup>							
	V6				R1			
	sulco	lanço	DMS	C.V.%	sulco	Lanço	DMS	C.V.%
Altura Haste	19,74 a	20,28 a	1,08	7,09	55,81 a	56,64 a	3,77	8,74
N° de Folhas	8,99 a	9,60 a	1,30	18,36	23,93 a	27,12 a	4,77	24,39
N° de Vagens	-	-	-	-	51,89 a	62,31 a	13,18	30,1
	Arranjo Cruzada <sup>#</sup>							
Altura Haste	22,99 a	22,63 a	1,00	5,76	61,11 a	61,53 a	6,22	13,23
N° de Folhas	8,60 a	8,69 a	1,27	19,28	19,62 a	17,38 a	4,76	33,55
N° de Vagens	-	-	-	-	44,80 a	41,40 a	10,57	31,77

\* Médias seguidas de letras distintas na linha diferem entre si dentro de cada estágio de coleta, pelo teste de Tukey a 0,05 de significância

Em relação ao comportamento das características fitotécnicas da soja em função aos arranjos (Tabela 4), observa-se no estágio V6 que a soja cruzada obteve melhores respostas em função do arranjo espacial, exceto para número de folhas. Já no estágio R1 a soja cruzada foi superior na altura da haste, porém para o número de folhas e vagens, a soja convencional foi superior 27 e 24 % respectivamente ( $P < 0,05$ ).

**TABELA 4:** Características fitotécnicas da soja em função do arranjo de semeadura.

Características fitotécnicas*	V6 Arranjos		C.V.%	DMS
	Convencional	Cruzada		
Altura Haste (cm)	20,01 b	22,81 a	6,39	0,71
Nº de Folhas (unid)	9,29 a	8,64 a	18,80	0,88
Vagens/planta (unid.)	-	-	-	-
	R1			
Altura Haste	56,22 b	61,32 a	11,41	3,51
Nº de Folhas	25,52 a	18,50 b	28,24	3,25
Nº de Vagens	57,09 a	43,10 b	31,01	8,13

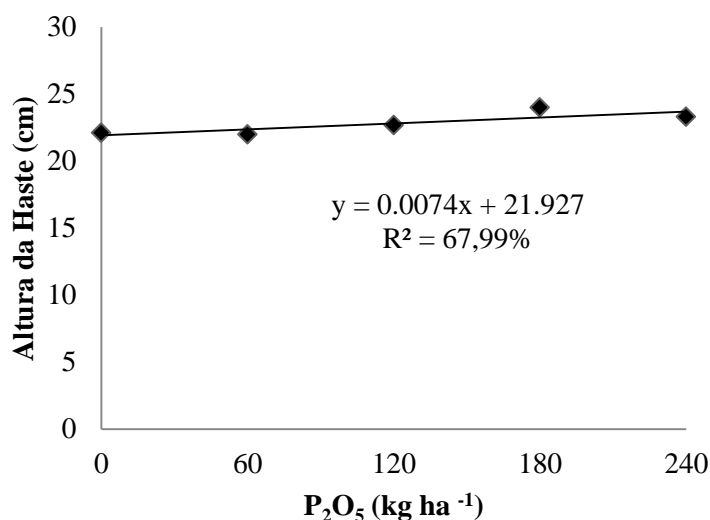
\* Médias seguidas de letras distintas na linha diferem entre si dentro de cada estágio de coleta, pelo teste de Tukey a 0,05 de significância

O crescimento, desenvolvimento e rendimento da soja resultam da interação entre o potencial genético de um determinado cultivar com o ambiente, e através de práticas de manejos pode-se manipular o ambiente de produção, isto é, o tempo específico de duração entre os estádios de desenvolvimento, o número de folhas, a altura de plantas, podem variar de acordo com os diferentes cultivares, estações de crescimento, regiões de cultivo épocas e padrões de semeadura (RITCHIE et al., 1997). Sendo importante a observação dessas alterações quando se realiza manipulação nos arranjos e sistemas de manejo de adubação das culturas.

Na altura da haste (Figura 1), verifica-se resultados significativos em função das doses de  $P_2O_5$  na soja cruzada (estádio V6), independente do manejo da adubação, sendo que a cada  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ , há um acréscimo de 0,0074 cm no comprimento das hastes, porém, para o arranjo convencional não se obteve modelo de regressão ao qual se ajustasse. Este fato pode ter ocorrido em função da maior competição no arranjo cruzado, em que o aumento das doses de P pode ter influenciado no arranque inicial da cultura, pois sua maior disponibilização promove um maior crescimento das raízes, o que leva à melhor captação de nutrientes no solo, sendo que uma planta com condições adequadas de água e nutrição pode ter maior crescimento, na tentativa de reduzir a competição por luz.

Mauad et al., (2010), estudando a influência de diferentes densidades de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja, observaram que houve efeito linear positivo para altura de planta em função dos tratamentos, e o incremento da densidade de plantio aumentou a altura das plantas. Além disso, o aumento na população de plantas faz com que ocorra uma competição intraespecífica entre elas, não

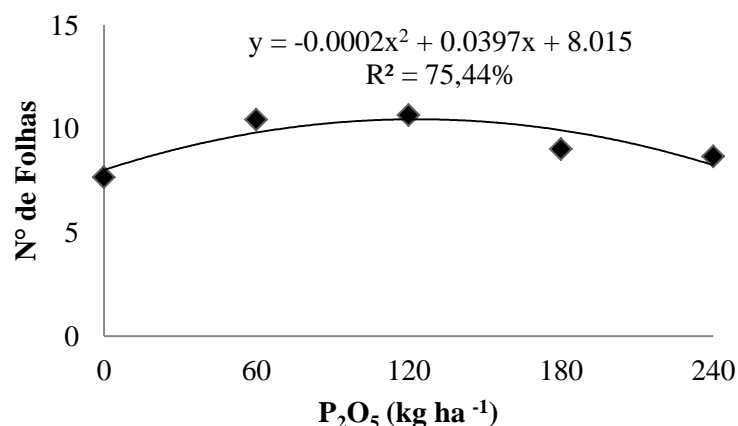
só pelos nutrientes explorando melhor o solo, mas também pela competição de luz, o que pode ter provocado um estiolamento da mesma de forma mais rápida. Martins et al. (1999) relatam que a densidade de semeadura é um fator determinante para o arranjo das plantas no ambiente de produção, o que influencia o crescimento da soja.



**FIGURA 1:** Altura da haste no arranjo cruzado, no estágio V6, em função das doses de fósforo, Uberlândia-MG.

Em relação ao número de folhas (Tabela 3), observou-se que não houve diferença entre os arranjos e entre os sistemas de aplicação de fósforo ( $P < 0,05$ ). No estágio R1, as plantas apresentaram entre 17,38 e 27,12, uma variação máxima de 56%, mas não responderam as doses de P. Já no estágio V6, as plantas apresentaram entre 8,6 e 9,6 folhas, uma variação máxima de 11%. Porém, nesse estágio as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, apresentaram resposta significativa (Figura 2), independente do arranjo espacial e o manejo da adubação.

A aplicação de P promoveu, em relação à testemunha, incrementos no número de folhas variando entre 11 a 28% na menor e maior dose, respectivamente (Figura 2). O ponto de máximo da curva foi obtido quando se utilizou a dose 99 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, obtendo um número equivalente a 10 folhas por planta. O valor observado neste experimento foi similar ao observado por Cruz et al. (2010), neste mesmo estágio vegetativo, ao estudar o desempenho vegetativo e produtivo de cinco cultivares de soja com diferentes ciclos de maturação indicados para a região Oeste da Bahia, em diferentes épocas de semeadura.



**FIGURA 2:** Número de folhas no arranjo convencional, no estágio V6, em função das doses de fósforo, Uberlândia-MG.

Mesmo que não significativo, em R1, observou-se (Tabela 3) que no arranjo convencional as plantas apresentaram entre 23,93 e 27,12 números de trifólios e no arranjo cruzado 19,62 e 17,38 números de trifólios. Essa menor emissão de folhas no sistema cruzado é uma característica não desejável, pois de acordo com Cruz et al. (2010), as plantas com maior número de folhas e bem distribuídas (maior área foliar) possibilitam maior captação da energia solar e conversão desta em massa de matéria seca, podendo refletir em maior produtividade.

Em relação ao número de vagens (Tabela 3), no sistema convencional apresentou maior número, apesar de não diferir ( $P < 0,05$ ) do tratamento cruzado. No arranjo convencional em média com a adubação a lanço obteve-se 62,31 vagens e com a adubação no sulco 51,89 vagens, ou seja, uma diferença de 20%. Já no arranjo cruzado, a produção de vagens foi maior onde se aplicou a adubação no sulco, com produção de 44,80 vagens em relação a adubação à lanço com 41,40 vagens, sendo a diferença entre as formas de aplicação de P, menores 8% nesse sistema. Apesar da não observação de diferença entre os arranjos de plantio, em média houve uma redução de 24,5% na produção de vagens no sistema cruzado.

Resultado semelhante ao observado neste experimento foi encontrado por Lima et al. (2012) estudando o efeito da semeadura em linhas cruzadas e avaliando as características, altura e população de plantas, observaram que essas características foram superiores para soja cruzada, entretanto, o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem foram maiores para soja convencional, ou seja, a alta densidade de plantas por hectare e maior altura de plantas não foram suficientes para

manter o número de vagens e grãos por vagem, pelo menos igual à semeadura não cruzada.

## 4.2 PRODUÇÃO DE MASSA SECA E VERDE NOS DIFERENTES ESTÁDIOS E FRACIONAMENTO DAS PARTES VEGETATIVAS DA SOJA

Observa-se a massa seca (MS) e massa verde (MV) das frações da planta no sistema convencional (Tabela 5), e para a variável massa seca foliar obteve-se diferença significativa quanto ao tipo de manejo, sendo que quando se utilizou o manejo no sulco de plantio no sistema convencional houve um incremento de 76 kg ha<sup>-1</sup>. Para as demais variáveis massa seca da haste (MSH), total (MST) e massa verde da folha (MVF), haste (MVH) e total (MST), não se obteve diferença quanto aos manejos de adubação adotados, porém os dados apresentaram a mesma tendência da massa seca foliar, em que a aplicação no sulco promoveu maior massa.

Atribui-se este fato ao maior coeficiente de variação obtido nestas variáveis, pois a diferença observada na MSH foi de 113,24 kg ha<sup>-1</sup> e de 190,21 kg ha<sup>-1</sup> na MST. Pode-se atribuir o fato de que a aplicação de P a lanço, promoveu no arranjo convencional menor produção de MS. Esse comportamento indica que pode estar havendo uma menor absorção de nutrientes e assim haverá menor ciclagem de nutrientes, em função da deposição da MS no solo quando utilizado o sistema a lanço.

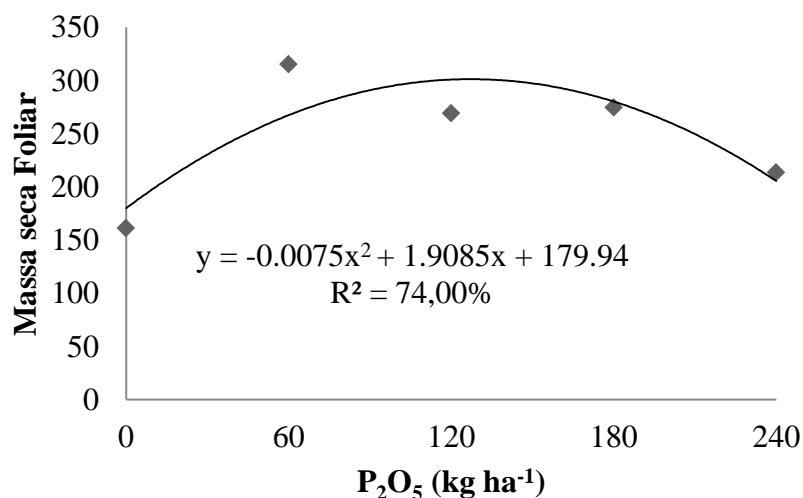
**TABELA 05:** Massa seca e massa verde das frações folha, haste e total da cultura da soja no estágio V6, sob diferentes arranjos de plantio na região de Uberlândia-MG.

Manejo*	Arranjo convencional					
	MSF	MSH	MST	MVF	MVH	MVT
	-----kg ha <sup>-1</sup> -----					
Lanço	208,27 B	362,41 A	570,69 A	757,21 A	842,09 A	1599,31 A
Sulco	285,24 A	475,65 A	760,90 A	801,01 A	1042,19 A	1843,20 A
DMS	44,65	172,62	192,2	282	274,03	481,42
CV %	23,59	53,7	37,64	47,29	37,92	36,46
Manejo*	Arranjo cruzado					
	MSF	MSH	MST	MVF	MVH	MVT
	-----kg ha <sup>-1</sup> -----					
Lanço	560,62 A	608,82 A	1169,44 A	1169,44 A	1856,04 A	3176,91 A
Sulco	609,83 A	688,28 A	1198,11 A	1298,11 A	1929,74 A	3371,01 A
DMS	156,47	170,84	326,46	432,16	556,33	963,13
CV %	34,85	34,34	34,49	40,79	38,31	38,35

MSF: massa seca foliar; MSH: massa seca haste; MST: massa seca total; MVF: massa verde foliar; MVH: massa verde haste; MVT: massa verde total.\* Médias seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

No sistema cruzado, não foram observadas diferenças significativas quanto à massa seca e verde em relação ao manejo de adubação para as frações (folha, haste e total) analisadas (Tabela 5). O arranjo cruzado apresentou o mesmo comportamento que o arranjo convencional, independente do manejo de adubação. Os valores obtidos com aplicação no sulco, foram sempre superiores à aplicação a lanço, sendo neste arranjo as diferenças entre os manejos menores com 49,21 kg ha<sup>-1</sup> de MSF, 79,46 kg ha<sup>-1</sup> de MSH e 28,67 kg ha<sup>-1</sup> de MST. As concentrações de MS observadas nos diferentes arranjos podem indicar que devido a não diferenciação entre os sistemas de aplicação de fósforo, pode ser adotado o manejo de aplicação a lanço, uma vez que este otimiza a aplicação de fertilizantes e facilita a velocidade de plantio reduzindo os custos de implantação da cultura, já que essa estratégia pode reduzir a influência da ciclagem de nutrientes obtida via aplicação no sulco.

Observa-se na figura 3, que houve incremento da massa seca foliar na soja convencional, em função das doses de P, independente da forma de aplicação.



**FIGURA 3:** Massa seca foliar em função das doses de  $P_2O_5$ , no arranjo convencional (estádio V6), Uberlândia-MG.

Os maiores incrementos foram observados (FIGURA 3) nas menores doses de  $P_2O_5$ , sendo que na maior dose (240 kg ha<sup>-1</sup>), a MSF foi a menor entre os tratamentos que foram aplicados P (206 kg ha<sup>-1</sup>). Tal fato vem agregar conhecimentos com os conceitos de manejo de aplicação de fósforo, que com o aumento de doses independe o

aumento de MS indicando, pois, que a forma mais econômica é a aplicação a lanço, contribuindo para a revisão dos sistemas de adubação, principalmente na cultura da soja, em que não é necessária a aplicação de nitrogênio no plantio, este podendo ser implementado a lanço.

Nota-se, pelos valores médios obtidos pela MS e MV, que o aumento do número de estande proporcionou valores médios superiores ao dobro de incremento de massa seca e verde (Tabela 6). PORRAS et al. (1997) avaliando o comportamento fisiológico de genótipos de soja em diferentes arranjos de plantio observaram que houve alteração da área foliar, devido à densidade de população e tipo de planta, o que aumentou a percentagem de interceptação da radiação solar e o acúmulo de matéria seca a valores máximos à medida que a área foliar é incrementada. Neste experimento não se observou aumento do número de folhas em V6 (Tabela 3), e em R1, mesmo que no arranjo convencional obteve-se um maior número de folhas por planta e no arranjo cruzado como havia um maior número de plantas, em função da maior densidade, o que promoveu um maior fechamento da área, pode ter influenciado uma maior interceptação da radiação solar, sendo assim incrementando maior MS.

**TABELA 6:** Massa seca e massa verde das frações folha, haste, vagem e total da cultura da soja no estágio R1, sob diferentes arranjos de plantio na região de Uberlândia-MG.

Manejo*	Arranjo convencional							
	MSF	MSH	MSV	MST	MVF	MVH	MVV	MVT
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----							
Lanço	362,41 A	-	345,95A	1462,03 B	1004,85 A	1722,95 A	1052,09 A	3779,89 A
Sulco	475,65 A	-	419,15 A	1982,09 A	1433,99 A	2175,66 A	1281,91 A	4891,57 A
DMS	99,19	-	85,45	520,11	47,58	751,58	336,17	495,49
CV %	25,06	-	29,1	39,27	48,91		37,55	44,26
Manejo*	Arranjo cruzado							
	MSF	MSH	MSV	MST	MVF	MVH	MVV	MVT
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----							
Lanço	1195,49 A	1752,80 A	822,76 A	3771,06 A	2450,82 A	4158,19 A	2289,47 A	8919,81 A
Sulco	1069,54 A	1708,30 A	803,04 A	3580,88 A	2226,16 A	4179,52 A	2342,25 A	8726,61 A
DMS	425,18	582,2	271,32	1249,05	1022	1547,41	818,66	3307,39
CV %	48,94	43,85	43,51	44,29	57	48,38	46,08	48,86

MSF: massa seca foliar; MSH: massa seca haste; MSV: massa seca vagem; MST: massa seca total; MVF: massa verde foliar; MVH: massa verde haste; MVV: massa verde vagem; MVT: massa verde total. \* Médias seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Para as características de MS e MV (folha, haste, vagem e total) no estágio R1 (Tabela 6), observa-se que no arranjo cruzado não se obteve-se nenhuma diferença



quanto ao tipo de manejo adotado, sendo que no arranjo convencional somente a MST (folha + haste + vagem), resultou um incremento superior quando se aplicou as doses de  $P_2O_5$  no sulco de plantio, e a MSH apresentou interação entre o tipo de manejo e aplicação das doses de P, sendo exceção em relação às demais características analisadas que não se obteve diferenças, seguindo a mesma dinâmica da tabela 4.

Observando os valores de MST obtidos no estágio R1 (Tabela 6), no arranjo convencional houve diferença no acúmulo de MST no sistema aplicado no sulco, com incremento de 35%. Já no arranjo cruzado não houve diferença entre os manejos e arranjos ( $P < 0,05$ ), mesmo assim o incremento médio observado foi 113% superior, quando comparado ao arranjo convencional, indicando que mesmo com maior absorção pode ocorrer, nesse sistema, a ciclagem de nutrientes via deposição de MS que será igualmente o dobro da obtida no sistema convencional.

As doses de 60 e 240  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  no manejo a lanço (Tabela 7), apresentaram menores incrementos de massa seca. Já nas demais doses não houve diferença entre as formas de aplicação. Sendo que, de maneira geral, a aplicação no sulco resultou maiores valores de MSH. Em função das doses de  $P_2O_5$  ( $kg\ ha^{-1}$ ), não se obteve respostas significativas ( $P < 0,05$ ).

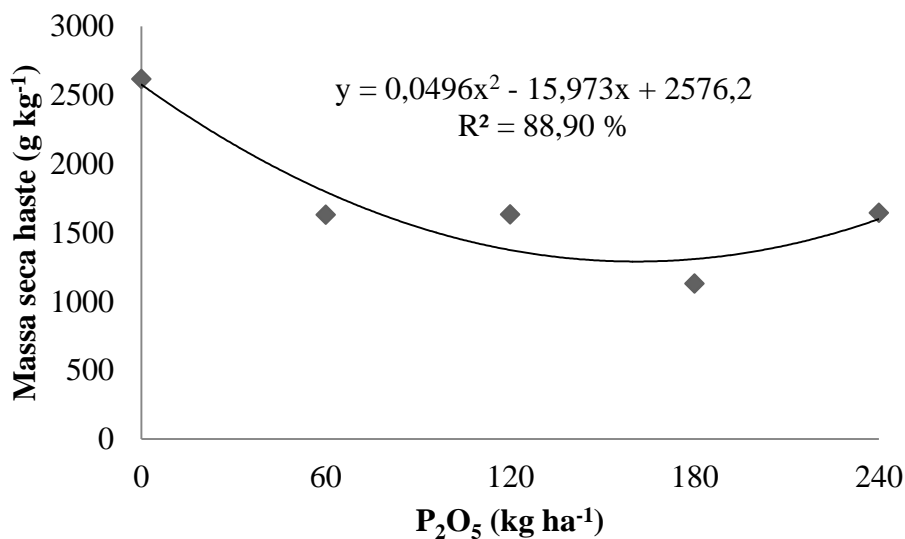
**TABELA 7:** Massa seca da haste ( $kg\ ha^{-1}$ ) em função da interação entre o manejo no sulco e as doses de  $P_2O_5$ , no arranjo de plantio convencional, Uberlândia - MG.

$P_2O_5$ ( $kg\ ha^{-1}$ )	Manejo*	
	Lanço	Sulco
0	517,13 a	517,13 a
60	616,92 b	1070,64 a
120	638,38 a	651,15 a
180	581,93 a	751,09 a
240	573,60 b	1203,29 a
DMS	214,53	
C.V.%	17,65	

\*Médias seguidas por letras distintas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

De acordo com a figura 4, observa-se que com o incremento das doses de  $P_2O_5$ , houve um decréscimo na quantidade de massa seca da haste no sistema de plantio cruzado. Vários estudos relatam (LIMA et al., 2007; PROCÓPIO et al., 2005) que com o incremento das doses de fósforo há um aumento da produção de massa seca, sendo que este comportamento ocorre em função do fósforo ser um elemento que está

correlacionado ao crescimento vegetativo e que tem relação com os eventos energéticos da planta.



**FIGURA 4:** Massa seca da haste (MSH) em função das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, sob o arranjo de plantio cruzado, Uberlândia-MG.

Na tabela 8, observou-se que para o estágio V6, os acúmulos de massa seca (MSH e MST) e massa verde (MVF, MVH e MVT) foram maiores no arranjo cruzado. Tal fato pode ser atribuído ao seu maior número de stand.

**TABELA 8:** Interações significativas de massa seca da haste e total e massa verde da folha e total no estágio V6 e massa verde da folha e haste no estágio R1 da cultura da soja, sob diferentes arranjos espaciais, Uberlândia - MG.

Estádio V6					
Arranjo*	MSH	MST	MVF	MVH	MVT
	kg ha <sup>-1</sup>				
Convencional	419,03 B	665,80 B	779,12 B	942,14 B	1721,26 B
Cruzada	648,56 A	1233,78 A	1381,07 A	1892,89 A	3273,96 A
DMS	117,22	2,93	249,23	299,33	519,71
CV %	41,94	18,73	44,07	40,33	39,74
Estádio R1					
Arranjo*	kg ha <sup>-1</sup>				
			MVF	MVH	
Convencional			1219,42 B	1949,30 B	
Cruzada			2338,49 A	4168,85 A	
DMS			5,54	830,32	
CV %			26,34	51,83	

\* Médias seguidas por letras distintas diferem entre si na coluna, dentro de cada estágio fenológico, pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Observando os somatórios das frações MST e MVT, obteve-se um incremento quando se adotou o arranjo cruzado de 568,00 e 1.552,70 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca e verde total, representando um incremento médio de 85% e 90%, respectivamente (Tabela 8). Já no estágio R1 (Tabela 8), somente foi observada diferença entre os arranjos na MVT e MVH, sendo que na soja cruzada os valores apresentaram incrementos em média 91% e 113%, respectivamente.

De acordo com a tabela 9, a massa seca total obtida no estágio R1 da cultura da soja, o incremento de MST, foi maior na soja cruzada quando se utilizou até 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, não diferindo entre os arranjos na maior dose (240 kg ha<sup>-1</sup>), apesar de nesse tratamento o incremento ter sido de 1932 kg ha<sup>-1</sup> superior na soja cruzada.

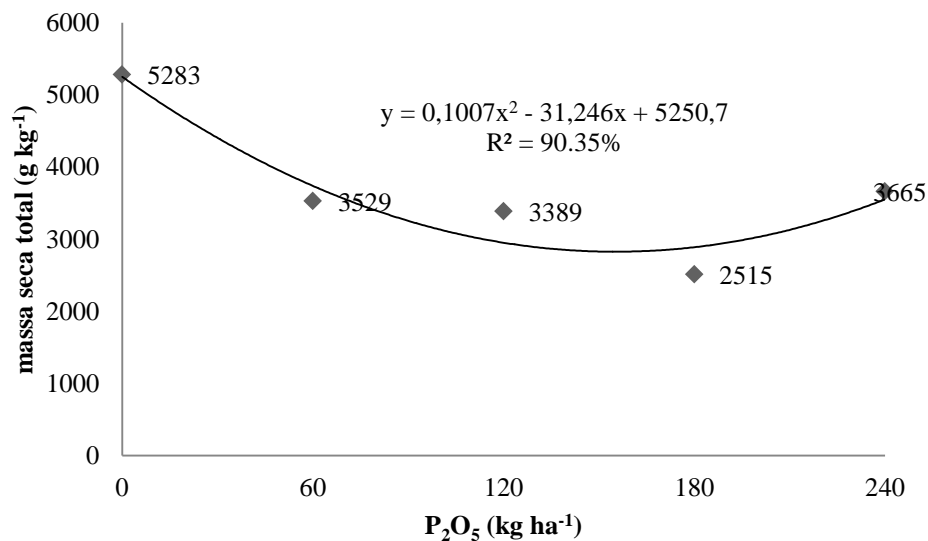
**TABELA 9:** Massa seca total, em função da interação entre doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e o arranjo espacial, no estágio R1 da cultura da soja, Uberlândia - MG.

Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )*	MST (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Arranjos	
	Convencional	Cruzada
0	1202,04 b	5282,56 a
60	2089,99 b	3528,67 a
120	1947,96 b	3388,76 a
180	1637,23 b	2514,70 a
240	1733,08 a	3665,16 a
CV % <sup>#</sup> :	21,13	

<sup>#</sup> Dados transformados; \* Médias seguidas por letras distintas diferem entre si na linha, pelo teste de Tukey a 0,01 de significância.

Não se explica o fato da produção de MST no tratamento controle, no arranjo cruzado, ter sido superior aos demais tratamentos (Tabela 9), o que propiciou o comportamento do decréscimo no acúmulo de massa seca total (Figura 5) da soja no arranjo cruzado, estágio R1, com o incremento das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Esse comportamento difere do comportamento encontrado por CORRÊA et al., (2004) que avaliando fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal, observaram um comportamento crescente na massa seca da planta em função das doses de P, sendo que o menor acúmulo foi quando se utilizou 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, observando que nesta mesma dose, neste experimento, foi obtido um acúmulo de

2.829,55 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca total, ou seja, 2.454,01 kg ha<sup>-1</sup> a menos que o tratamento controle.



**FIGURA 5:** Interação entre dose e arranjo da massa seca total, no estágio R1, sob arranjo cruzado na cultura da soja, Uberlândia-MG.

Para a variável da massa verde da vagem (MVV), observou-se interação entre os três fatores estudados, sendo que nas doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, no arranjo convencional, as equações da análise de regressão não se ajustaram aos principais modelos (Tabela 10).

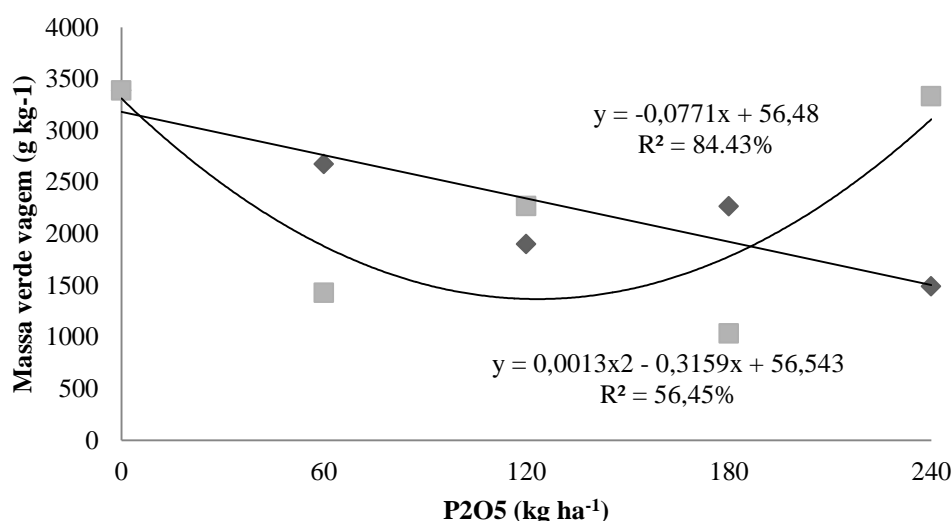
**TABELA 10:** Massa verde da vagem, no estágio R1, em função da interação entre as doses, o manejo da aplicação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e o arranjo espacial da cultura da soja na região de Uberlândia - MG.

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	Manejo	MVV (kg ha <sup>-1</sup> )	
		Convencional	Cruzada
0	Sulco	872,53 Ab	386,26 Aa
	Lanço	872,53 Ab	386,26 Aa
60	Sulco	1742,08 Aa	2672,28 Aa
	Lanço	1167,69 Aa	1428,54 Ba
120	Sulco	1238,78 Aa	1897,28 Aa
	Lanço	1315,09 Aa	2266,79 Aa
180	Sulco	1127,78 Aa	2265,05 Aa
	Lanço	1093,14 Aa	1033,64 Ba
240	Sulco	1546,00 Aa	1490,39 Ba
	Lanço	811,99 Ab	3332,11 Aa
DMS <sub>manejo/arranjo</sub> :		14,35	
CV % :		21,68	

\*Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, dentro de cada nível de dose, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Em relação aos manejos e arranjos (Tabela 10), os menores incrementos em relação aos arranjos adotados foram obtidos quando se manejou as doses de  $P_2O_5$  no sistema convencional no tratamento controle, e na maior dose quando se manejou a aplicação a lanço, sendo que nas demais doses não houve diferença ( $P < 0,05$ ). Já dentre os manejos de adubação, houve também uma redução na massa verde da vagem, no arranjo cruzado com a dose de 60 e 180  $kg\ ha^{-1}$  a lanço e 240  $kg\ ha^{-1}$  no sulco de plantio.

De acordo com a figura 6, a aplicação de  $P_2O_5$ , promoveu um decréscimo na MVV, tanto na utilização do manejo a sulco quanto a lanço. Sendo que com a utilização da aplicação a lanço, com a adição de 121  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ , obteve-se menor incremento de 1366,5  $kg\ ha^{-1}$  MVV. Já com aplicação no sulco de plantio observou-se um decréscimo linear de 0,08  $kg\ ha^{-1}$  de MVV, a cada  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  adicionado.



**FIGURA 6:** Massa verde da vagem, no estágio R1, em função da interação entre as doses, o manejo da aplicação de  $P_2O_5$  e o arranjo espacial da cultura da soja no sistema cruzado, Uberlândia-MG.

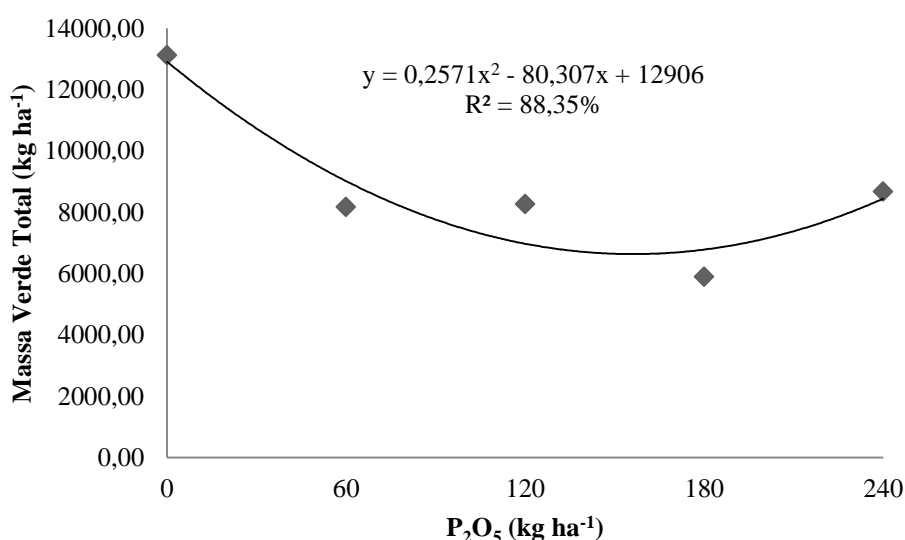
Em função dos arranjos espaciais da cultura da soja, o comportamento do acúmulo de massa verde total no estágio R1, encontra-se na Tabela 11. Houve diferença estatística apenas na ausência (tratamento controle) e na dose máxima de  $P_2O_5$  (240  $kg\ ha^{-1}$ ), sendo que o arranjo cruzado obteve maiores incrementos, 24 e 51% respectivamente (TABELA 11). Esperava-se o maior incremento de MVT realmente no arranjo cruzado, pois havia o dobro do estande nesse arranjo.

**TABELA 11:** Interação entre dose e arranjo da massa verde total, no estágio R1 da cultura da soja, na região de Uberlândia - MG.

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	MVT (kg ha <sup>-1</sup> ) *	
	Arranjos	
	Convencional	Cruzada
0	3.119,32 b	13.110,32 a
60	5.215,08 a	8.172,59 a
120	4.965,43 a	8.264,88 a
180	3.993,89 a	5.898,21 a
240	4.384,92 b	8.670,06 a
#CV % :	23,59	

# Dados transformados; \* Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Guareschi et al. (2011), trabalhando com adubação antecipada na cultura da soja com superfosfato triplo e cloreto de potássio revestidos por polímeros observaram que houve resposta à aplicação da adubação com P e K na produção de massa fresca e produtividade, sendo a ausência de adubação prejudicial ao desenvolvimento da cultura da soja. Neste experimento trabalhando com a mesma fonte de adubação, observou-se um comportamento diferente em relação às doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg ha<sup>-1</sup>). De acordo com a figura 7, com o incremento das doses crescentes de fósforo, obteve-se um decréscimo na quantidade de massa verde no arranjo cruzado, sendo que utilizando 156 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, obteve-se o menor incremento de 663488 kg ha<sup>-1</sup> de massa verde total.



**FIGURA 7:** Massa verde total no estágio R1, em função da interação entre as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e o arranjo espacial da soja cruzada, Uberlândia-MG.

### 4.3 TEORES DE NUTRIENTES NAS DIFERENTES FRAÇÕES (FOLHA-HASTE- VAGEM)

Na tabela 12, o teor de nutrientes foliar no estágio V6, seguiu a seguinte ordem na soja convencional: N > K > S > Ca > Mg > P > Fe > Mn > B > Zn > Cu; e na soja cruzada: N > K > S > Ca > Mg > P > Fe > B > Mn > Zn > Cu, sendo observado que apenas para boro e manganês, os mesmos apresentaram ordem de absorção diferenciada. Já para o estágio R1, seguiram as seguintes ordens: N > Ca > K > S > Mg > P > Fe > Mn > Zn > B > Cu para soja convencional, já na soja cruzada obteve-se N > Ca > K > S > Mg > P > Fe > Mn > B > Zn > Cu.

**Tabela 12:** Teor de nutrientes na folha no estágio V6 e R1, em função dos arranjos espaciais, Uberlândia - MG.

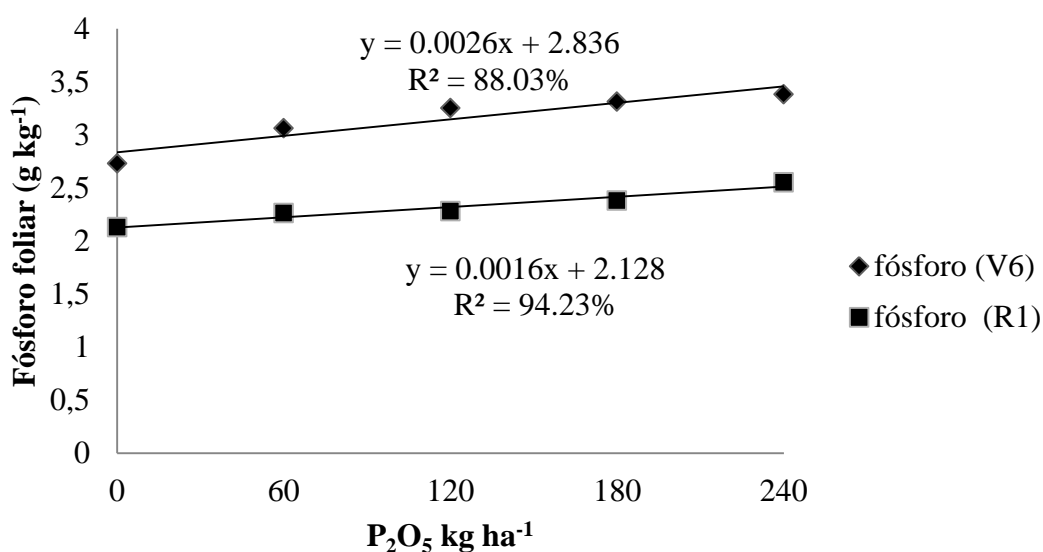
Nutrientes		V6			
		Arranjos		C.V.%	DMS
		Convencional	Cruzada		
g kg <sup>-1</sup>	N	53,67 a	53,52 a	8,52	2,39
	P	3,27 a	3,15 a	12,38	0,29
	K	20,58 a	20,43 a	10,31	1,1
	Ca	12,44 a	10,99 a	32,42	1,98
	Mg	5,63 a	5,08 a	28,3	0,79
	S	12,66 a	12,67 a	14,5	0,96
mg kg <sup>-1</sup>	B	90,19 b	101,98 a	20,39	10,26
	Cu	8,50 a	7,28 a	31,49	1,3
	Fe	2359,76 a	1728,00 a	97,22	1040,53
	Zn	47,16 a	45,40 a	29,21	7,07
	Mn	94,87 a	74,68 a	19,39	8,6
		R1			
g kg <sup>-1</sup>	N	43,75 a	45,24 a	6,89	1,60
	P	2,31 a	2,32 a	9,54	0,11
	K	17,10 a	16,80 a	8,93	0,79
	Ca	16,59 a	16,49 a	6,90	0,20
	Mg	4,69 a	4,67 a	8,70	0,21
	S	12,46 a	11,74 b	8,60	0,54
mg kg <sup>-1</sup>	B	45,66 b	61,30 a	19,51	5,46
	Cu	11,84 b	12,98 a	14,36	0,93
	Fe	1045,74 a	1062,63 a	53,35	294,49
	Zn	49,93 a	50,60 a	14,94	3,93
	Mn	148,80 a	113,64 b	18,13	12,46

\*Médias seguidas por letras distintas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

O teor de nitrogênio no estágio V6 e R1 não variaram entre os arranjos. Em V6 apresentou valor médio de 53 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 12), valor 36% superior ao obtido por Bataglia et al. (1976) que estudando marcha de absorção de nutrientes pela soja obtiveram o teor de 34 g kg<sup>-1</sup> de N. Indicando que nessa fase a soja não se encontrava em deficiência nutricional desse elemento. Já em R1, o valor médio foi de 44 g kg<sup>-1</sup>, o que de acordo com Sfredo et al. (2001), pode ser classificado como baixo teor de N, porém o valor é muito próximo (45 à 55 g kg<sup>-1</sup>) ao limite inferior da classe de suficiência. A média dos valores de N no estágio V6, se encontravam muito abaixo do obtido por Gonçalves (2012) avaliando acúmulos de nutrientes na marcha de absorção de N em linhagem de soja, entretanto no estágio R1 o comportamento foi inverso.

Observa-se que os teores de fósforo no estágio V6 e R1 não variaram entre os arranjos. Em V6 apresentou valor médio de 3,2 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 12), equivalente ao obtido por Bataglia et al. (1976) que obteve o teor de 3,1 g kg<sup>-1</sup> de P na marcha de absorção de nutrientes da soja, indicando que nestes estádios os tratamentos atenderam ao nível crítico da cultura. Em R1, o valor médio de 2,3 g kg<sup>-1</sup> encontra-se classificado como baixo (1,6 e 2,5 g kg<sup>-1</sup>) de acordo com Sfredo et al (2001), enquanto a faixa de suficiência é de 2,5 a 5,0 g kg<sup>-1</sup>.

De acordo com a figura 8, no arranjo cruzado, independente do manejo adotado, à medida que foi aumentando as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, obteve-se um acréscimo no teor de P foliar de 0,0026 e 0,0016 g kg<sup>-1</sup>, no estágio V6 e R1 respectivamente.



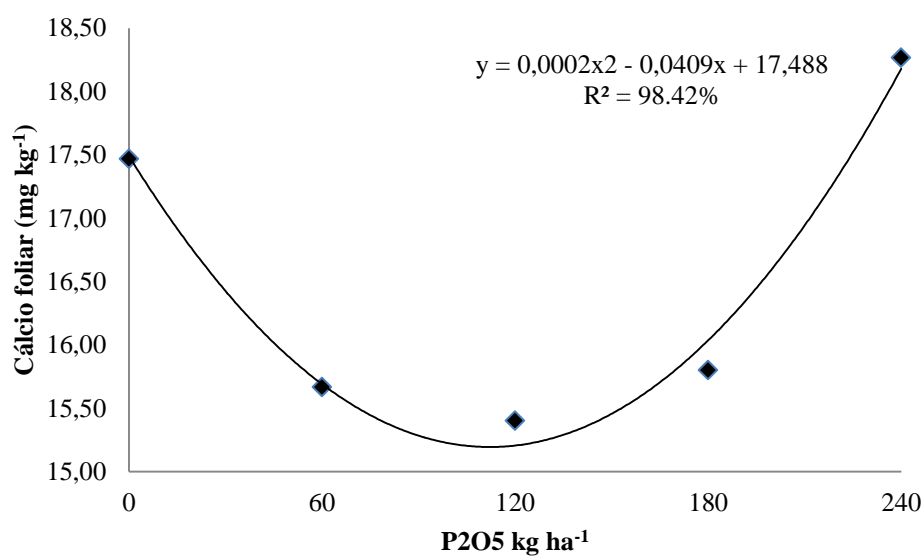
**FIGURA 8:** Teor de fósforo foliar no arranjo cruzado em função das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no estágio V6 e R1, Uberlândia, MG.



Para o arranjo convencional não se obteve diferenças significativas quanto às doses crescentes de  $P_2O_5$  e manejo da adubação (lanço e sulco) (FIGURA 8).

Nota-se que os teores de potássio estão em V6 e R1 dentro da faixa de suficiência descrita por Bataglia et al. (1976) e Sfredo et al. (2001) com valores de 14,9 e 17,0  $g\ kg^{-1}$ , respectivamente. Tanaka et al. (1993) descreveram, que o período de maior exigência de potássio se dá no estágio de crescimento vegetativo e aos trinta dias que antecedem o florescimento. Neste experimento, nestas duas fases os teores se encontravam dentro da faixa de suficiência.

De acordo com a tabela 12, os valores do teor de cálcio na folha não variaram em relação aos arranjos adotados e aos estádios fenológicos. Caires; Fonseca (2000) trabalhando com soja em sistema de plantio direto demonstraram que para extração de nutrientes da parte aérea pela planta a soja responde à seguinte sequência  $N > K > Ca > P > Mg > S$ , próximo ao encontrado neste experimento, sendo o cálcio o quarto elemento com maior teor na folha. Os valores de Ca obtidos neste experimento se encontram dentro do ideal, de acordo com Sfredo et al. (2001), no estágio R1 e Bataglia et al. (1976) no estágio V6. De acordo com a figura 9, obteve-se com a dose de 102  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ , o mínimo incremento no teor de cálcio de 15  $g\ kg^{-1}$ .



**FIGURA 9:** Teor de cálcio foliar no arranjo convencional, em função da interação entre manejo e doses de  $P_2O_5$  no sulco de plantio, no estágio R1, Uberlândia-MG.

Os teores de cálcio foliar no arranjo convencional estão descritas na Tabela 13.

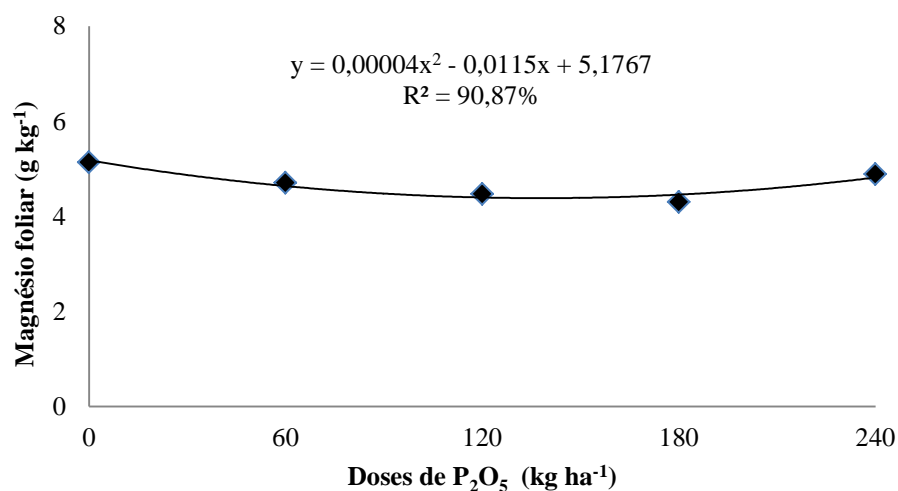
**TABELA 13:** Teor de cálcio foliar no arranjo convencional, em função da interação entre manejo e doses de  $P_2O_5$  no sulco de plantio, no estádio R1, Uberlândia -MG.

$P_2O_5$ (kg ha <sup>-1</sup> )	Manejo (g kg <sup>-1</sup> )*	
	Lanço	Sulco
0	17,46 a	17,46 a
60	16,70 a	15,66 a
120	16,70 a	15,40 b
180	15,86 a	15,80 a
240	16,60 b	18,26 a
CV%	4,40	
DMS	1,25	

\* Médias seguidas por letras distintas na linha diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

De acordo com a tabela 13, quando se utilizou a dose intermediária a sulco e a maior dose a lanço, relatou-se um menor incremento de cálcio foliar na soja convencional em R1. Os demais tratamentos não diferiram entre si quanto ao manejo de aplicação de fósforo (lanço ou sulco), o que indica que na maioria das doses não houve efeito do fósforo na absorção de cálcio.

O magnésio no estádio V6 não apresentou diferenças quanto aos arranjos, sendo que os teores se encontravam abaixo do nível de suficiência estudado por Bataglia et al. (1976), com média de 5,3, sendo o nível crítico de 6,6 g kg<sup>-1</sup>. De acordo com a figura 10, observou-se interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre arranjo e doses de  $P_2O_5$ , sendo que com o aumento das doses de P, houve redução nos teores de magnésio, observando-se que em todas as doses os níveis encontravam-se dentro da faixa de suficiência proposta por Sfredo et al. (2001).



**FIGURA 10:** Teor de magnésio foliar no arranjo convencional, em função da interação entre arranjo e doses de  $P_2O_5$ , no estádio R1, Uberlândia-MG.

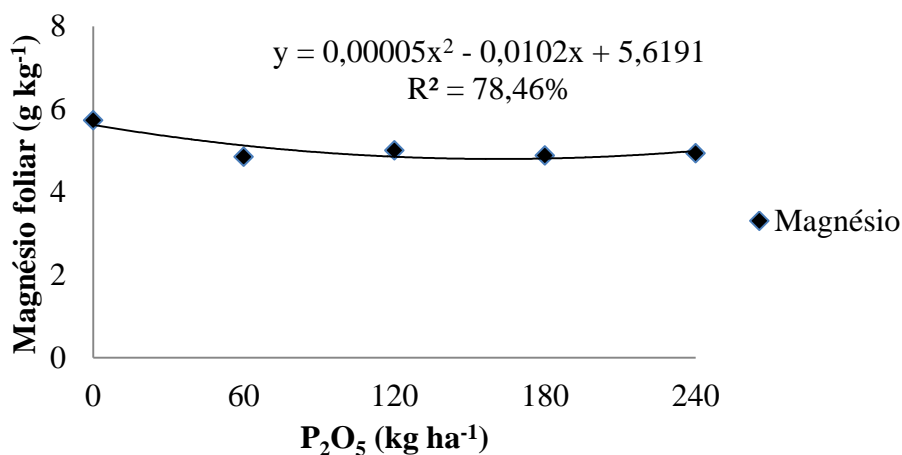
De acordo com a tabela 14 observou-se interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre arranjo e doses de  $P_2O_5$ , sendo que no arranjo convencional na dose de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  observa-se menor teor de magnésio na folha, porém o mesmo se encontra acima do nível crítico. Salvador et al. (2011) observaram que o aumento das doses de carbonato de cálcio no solo proporcionaram efeito diminutivo no teor foliar de magnésio, sendo que a relação Ca:Mg de 3:1 na solução do solo manteve o equilíbrio no teor foliar dos nutrientes cálcio e magnésio, com teores médios de 28 e  $12 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente, valores acima do encontrado neste experimento.

**TABELA 14:** Teor de magnésio foliar no arranjo convencional, em função da interação entre arranjo e doses de  $P_2O_5$ , no estágio R1, Uberlândia-MG.

Doses ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Arranjo ( $\text{g kg}^{-1}$ )*	
	Convencional	Cruzada
0	5,13 a	4,63 a
60	4,70 a	4,47 a
120	4,47 a	4,47 a
180	4,30 b	5,10 a
240	4,88 a	4,70 a
CV	8,70	
DMS	0,47	

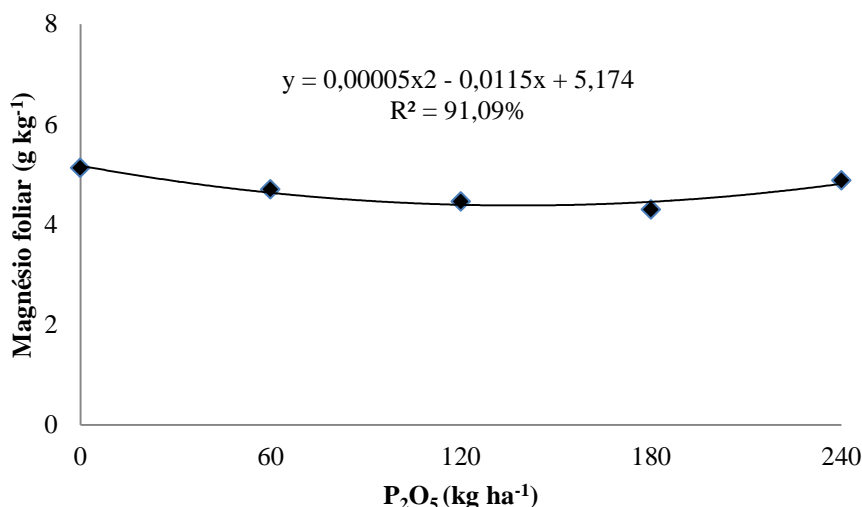
\*Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey á 0,05 de significância,

Observou-se um comportamento quadrático no efeito de doses de  $P_2O_5$  em relação ao teor de magnésio foliar em ambos os arranjos estudados, sendo os modelos significativos apenas no arranjo cruzado, estágio V6 e no convencional, estágio R1(FIGURA 11 e 12).



**FIGURA 11:** Teor de magnésio foliar no arranjo cruzado em função das doses de  $P_2O_5$ , no estágio V6, Uberlândia-MG.

No arranjo cruzado, na dose de 102 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> obteve-se um ponto de mínimo no teor de magnésio de 5,09 g kg<sup>-1</sup>. Já no arranjo convencional esse teor máximo foi de 4,5 g kg<sup>-1</sup>, com a dose de 115 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,



**FIGURA 12:** Teor de magnésio foliar no arranjo convencional em função das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, no estágio R1, Uberlândia-MG.

Dentre os macronutrientes, o enxofre (Tabela 12) foi o único elemento que obteve diferenças significativas (estádio R1), sendo 0,72 g kg<sup>-1</sup> superior ao teor de enxofre utilizando o arranjo convencional, ou seja, aproximadamente 6% maior. Já para o estágio V6, não foram observadas diferenças significativas.

Ressalta-se que o teor de S na folha está acima dos valores considerados adequados pela faixa de interpretação (2,1 a 4,0 g kg<sup>-1</sup>), em plantas de soja na condição de campo (MALAVOLTA et al. 1997). Urano et al. (2006) estudando a avaliação do estado nutricional da soja, coletando amostras foliares no estágio R2 em lavouras de alta e baixa produtividade, encontram valores médios de 2,3 e 2,4 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Os teores foliares obtidos nesse experimento, se encontram em média, cerca de 77% acima do encontrados por Malavolta et al. (1997) e Urano et al. (2006).

O teor de boro foliar no estágio R1 obteve diferenças significativas quanto à interação entre dose e arranjo. Exceto na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> no arranjo cruzado, os maiores teores na folha, foram obtidos na cultura quando se utilizou o arranjo cruzado (TABELA 15). O menor acúmulo de boro foliar observado neste experimento na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> se encaixa na classe de suficiência descrita por Sfredo et al. (2001).

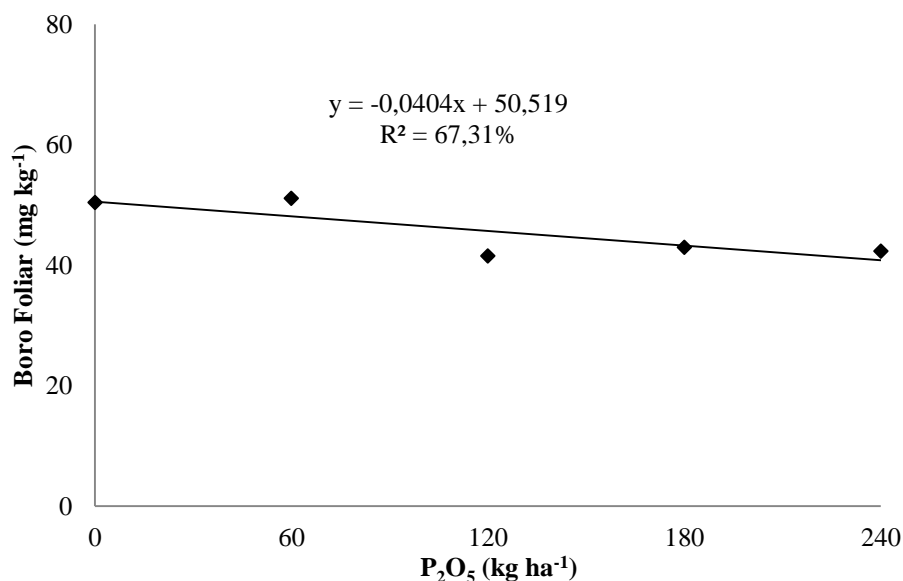
**TABELA 15:** Teor de boro foliar no arranjo convencional, em função da interação entre arranjo e doses de  $P_2O_5$ , no estágio R1, Uberlândia-MG.

Doses ( $kg\ ha^{-1}$ )	Arranjo ( $mg\ kg^{-1}$ )*	
	Convencional	Cruzada
0	50,41b	65,65 a
60	51,08 b	49,89 b
120	41,52 b	67,98 a
180	42,98 b	65,88 a
240	42,34 b	57,08 a
CV %	19,51	
DMS	12,22	

\*Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey á 0,05 de significância,

Em relação ao aumento das doses de  $P_2O_5$  no arranjo convencional, observou-se um decréscimo no teor de boro foliar (FIGURA 13), sendo o mesmo relatado por Rosolém et al., (2008) estudando a adubação com boro na soja observou uma redução no comportamento do teor foliar da soja. Segundo Marschner (1995), as espécies de plantas diferem quanto ao requerimento de B para o crescimento, e cita, como exemplo, que a faixa crítica de deficiência varia de 5 a 10  $mg\ kg^{-1}$  de B em gramíneas, 20 a 70  $mg\ kg^{-1}$  de B na maioria das dicotiledôneas, sendo que neste experimento no arranjo convencional com o aumento das doses de  $P_2O_5$ , o menor incremento de boro se encontrava dentro da fase crítica, segundo este autor. Sendo que para as doses de  $P_2O_5$  no arranjo cruzado, não se obteve nenhum modelo de regressão que se ajustasse ( $P<0,05$ ).

O cobre (tabela 12) foi o nutriente que menos se acumulou nas folhas em ambos os estádios (V6 e R1), tendo diferença entre os arranjos apenas no estágio R1 ( $P<0,05$ ), O arranjo cruzado obteve 1,14  $mg\ kg^{-1}$  de cobre a mais que o arranjo convencional. Em ambos os estádios e arranjos os mesmo se encontravam dentro do nível crítico, sendo superiores ao valor médio encontrados por Urano et al. (2006) coletando amostras foliares no estágio R2 em lavouras de alta e baixa produtividade, porém abaixo dos valores de máximo encontrado nas lavouras.



**FIGURA 13:** Teor de boro foliar no arranjo convencional, em função da interação entre arranjo e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no estádio R1, Uberlândia-MG.

Os micronutrientes ferro e zinco obtiveram comportamentos semelhantes e também não houve diferenças significativas quanto aos arranjos adotados nos diferentes estádios. Observa-se que entre os micronutrientes o ferro foi o nutriente com maior teor foliar; de acordo com a CFSEMG (1999), para a cultura da soja, o teor adequado é de 50 mg kg<sup>-1</sup>, valor médio 34 vezes inferior ao obtido neste experimento.

Para o zinco o teor considerado adequado para a CFSEMG (1999) é de 20 mg kg<sup>-1</sup>, valor 50% inferior ao observado (TABELA 12). O zinco é um micronutriente que, com mais frequência, se mostra deficiente em solos brasileiros, além disso, um fator que pode interferir na disponibilidade de Zn e Cu, segundo Vitti e Trevisan (2000), é a adubação fosfatada, que forma precipitados pouco solúveis do H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> com cátions metálicos, sendo que a aplicação foliar é uma das maneiras mais eficientes para seu fornecimento.

O manganês obteve comportamento semelhante ao enxofre, com maior concentração para o sistema convencional no estádio R1. Gonçalves (2012) observou que o teor inicial do manganês era baixo, aumentando ao longo da cultura, com maior teor no estádio reprodutivo, na parte aérea da soja, comportamento também observado neste experimento.

Sfredo et al. (2001) indicaram que o nível de suficiência de manganês no estádio R1 para cultura da soja é entre a faixa de 20 a 100 mg kg<sup>-1</sup>, ou seja, comparado com este autor, os valores obtidos neste experimento estão com níveis altos em ambos os

arranjos. De acordo com a CFSEMG (1999), o teor adequado é de 20 mg kg<sup>-1</sup>, o que indica que em ambos os estádios o teor encontrava-se elevado. Porém, de acordo com Zobiole; Oliveira Jr (2009) algumas cultivares de soja RR, demandam maior teor de Mn, em função de efeito de fitointoxicação causada pelo uso do glifosato, sendo que sua aplicação ou absorção minimiza os efeitos, o que pode explicar os maiores teores obtidos.

De acordo com a tabela 16, na soja convencional com exceção do enxofre (S) os teores médios de nutrientes na haste da soja, não diferiram estatisticamente em relação ao manejo de adubação adotado, tanto na primeira coleta (estádio V6) como na segunda (estádio R1). Sendo que para o enxofre, o mesmo obteve diferença apenas no estágio V6, sendo que quando se praticou o manejo da aplicação de doses crescentes de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no sulco de plantio, obteve-se menor incremento deste elemento. Já o contrário foi observado para o plantio cruzado, que na aplicação no sulco, o acúmulo de S foi de 1,16 g kg<sup>-1</sup> superior ao observado a lanço. O enxofre é necessário para o bom desenvolvimento da planta por participar da cadeia transportadora de elétrons além de fazer parte de diversas proteínas (KERBAUY, 2008).

De acordo com Gonçalves (2012), estudando o acúmulo dos nutrientes na soja transgênica no cerrado goiano, com diferentes cultivares, observou-se que inicialmente o acúmulo nas folhas e caules é baixo, sendo progressivo com acúmulo máximo aos 100 dias após o plantio, sendo que há diferenças também em relação às cultivares.

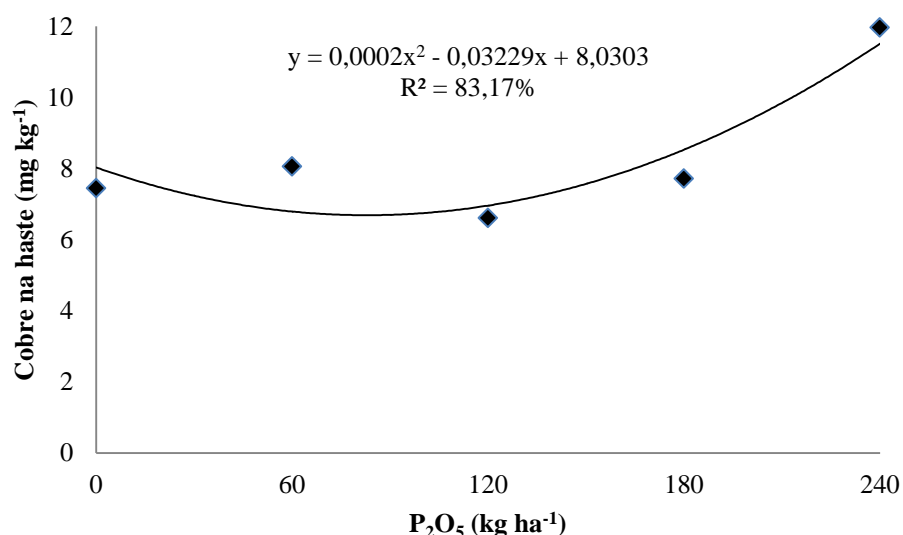
**TABELA 16:** Teores de nutrientes na haste no estágio V6 e R1 no arranjo convencional e cruzado, em função dos manejos adotados, Uberlândia-MG.

Arranjo convencional							
	Nutrientes	V6			R1		
		Sulco	Lanço	DMS	Sulco	Lanço	DMS
g kg <sup>-1</sup>	N	20,63 A	21,19 A	2,11	19,44 A	19,67 A	1,588
	P	1,60 A	1,65 A	0,26	1,20 A	1,36 A	0,159
	K	28,00 A	28,06 A	8,80	17,93 A	18,36 A	1,87
	Ca	12,55 A	12,03 A	0,99	37,11 A	42,47 A	8,23
	Mg	4,22 A	4,04 A	0,467	11,7 A	12,68 A	2,15
	S	2,22 b	2,56 a	0,32	0,91 A	0,96 A	0,14
mg kg <sup>-1</sup>	B	47,15 A	53,29 A	21,93	40,68 A	42,02 A	7,42
	Cu	9,11 A	10,02 A	2,33	7,76 A	8,97 A	1,79
	Fe	2448,31 A	3092,49 A	1340,15	3164,89 A	3795,72 A	1525,81
	Zn	30,80 A	30,65 A	4,79	16,58 A	16,95 A	3,39
	Mn	44,29 A	46,96 A	13,01	57,89 A	60,38 A	9,92
Arranjo cruzado							
	Nutrientes	V6			R1		
		Sulco	Lanço	DMS	Sulco	Lanço	DMS
g kg <sup>-1</sup>	N	18,95 a	19,18 a	2,15	16,89 a	17,47 a	1,77
	P	1,64 a	1,5 a	0,23	1,12	1,30	0,15
	K	30,36 a	29,4 a	3,24	19,23 a	18,96 a	1,54
	Ca	12,01 a	12,3 a	1,29	38,56 a	35,62 a	4,28
	Mg	4,3 a	4,3 a	0,37	11,39 a	11,97 a	1,67
	S	3,07 a	1,91 b	1,13	0,76 a	0,78 a	0,21
mg kg <sup>-1</sup>	B	50,60	44,75	9,52	40,58 a	44,77 a	5,61
	Cu	8,91 a	8,57 a	1,60	7,97 a	7,95 a	2,04
	Fe	4185,02 a	2441,75 a	2500,69	4437,39 a	4187,77 a	3142,52
	Zn	25,86 a	25,82 a	5,64	14,8 a	14,9 a	3,13
	Mn	40,14 a	33,59 a	10,17	46,46 a	44,5 a	12,23

\*Médias seguidas por letras distintas na linha dentro de cada estágio fenológico diferem entre si pelo teste de Tukey a (P,0,05).

De acordo com a figura 14, observou-se um comportamento quadrático sobre teor de cobre na haste em função das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na soja, independente do arranjo e o manejo, sendo que obteve-se um ponto mínimo de 6,71 mg kg<sup>-1</sup> de cobre, quando se utilizou 81 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.





**FIGURA 14:** Teor de cobre da haste, em função das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, no estágio R1, Uberlândia-MG.

Já em função dos arranjos, observou-se que utilizando a menor dose (60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) no arranjo convencional e na máxima dose estudada no arranjo cruzado, obteve-se diferenças significativas, sendo inferior no teor de cobre 3,31 e 4,74 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente (tabela 17).

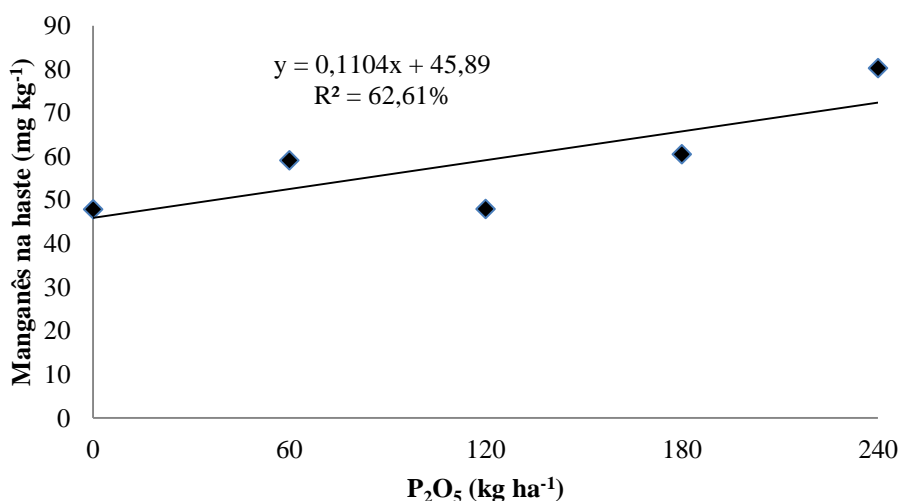
**TABELA 17:** Teor de cobre foliar em função das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e o arranjo espacial, no estágio R1, Uberlândia-MG.

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	Arranjo (mg kg <sup>-1</sup> )*	
	Convencional	Cruzado
0	7,45 a	7,09 a
60	8,06 b	11,37 a
120	6,61 a	6,12 a
180	7,72 a	8,00 a
240	11,97 a	7,23 b
DMS	2,94	
CV%	30,74	

\*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

O ferro juntamente com o enxofre formam os centros de captação de elétrons na cadeia transportadora que é responsável pela formação de energia na planta (KERBAUY, 2008). De acordo com Gonçalves (2012), estudando o acúmulo dos nutrientes na soja transgênica no cerrado goiano, com diferentes cultivares, observou que com a dose de 33 dias após o plantio, a cultura da soja já obtinha o máximo de ferro acumulado, sendo aproximadamente de 165 g ha<sup>-1</sup>.

Em relação ao comportamento da absorção de manganês na cultura da soja, (FIGURA 15), observa-se um incremento linear no incremento deste nutriente na haste da cultura, em relação as dose de  $P_2O_5$ , sendo que a cada  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ , observou-se um incremento de  $0,1\ g\ kg^{-1}$  de manganês na haste até a dose máxima estudada ( $240\ kg\ ha^{-1}$ ), o mesmo sendo encontrado por Gonçalves (2012), observando um comportamento linear ao longo 100 dias após o plantio da soja.



**FIGURA 15:** Teor de manganês da haste, em função das doses de  $P_2O_5$ , no estágio R1, Uberlândia-MG.

Os manejos na aplicação dos fertilizantes assim como a distribuição espacial das plantas, interferem na quantidade dos nutrientes absorvidos pelas culturas, porém vários autores afirmam que a cultura da soja apresenta grande faixa de adaptação a variações de população de plantas por área (MARCOS FILHO, 1986), portanto, a densidade pode ser reduzida sem que ocorra alteração significativa na produtividade, com o uso de cultivares geneticamente melhorados, aliados à população adequada de plantas no sistema de produção (MOORE, 1991).

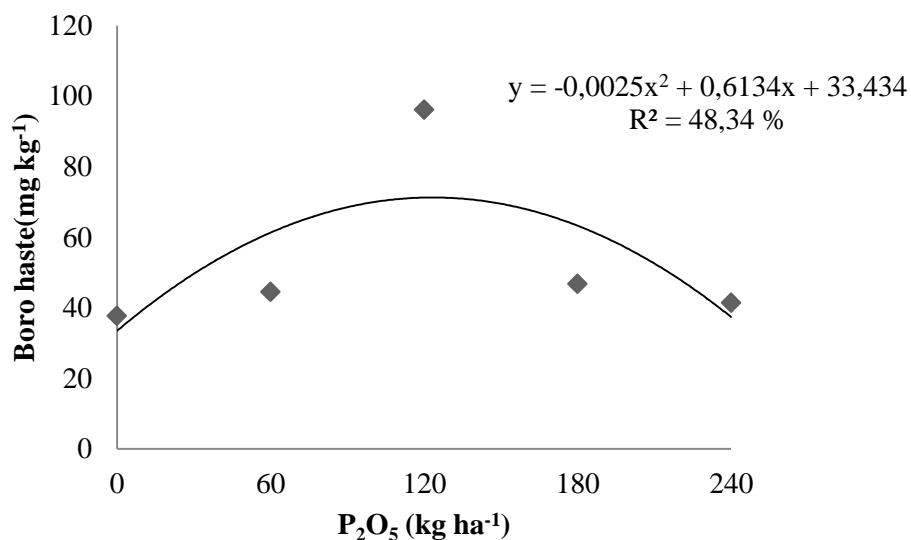
Dentro dos diferentes arranjos espaciais da cultura utilizados neste experimento (convencional e o cruzado), foram observadas algumas variações significativas em alguns nutrientes, relacionadas aos teores de nutrientes na haste da cultura. De acordo com a tabela 18, os teores de nutrientes em função dos arranjos adotados em ambos os estádios de coleta, a adoção do sistema cruzado obteve menores teores de N, Zn e Mn no estágio V6, e N e S em R1. Já onde havia um menor estande de plantas (arranjo convencional), apenas em V6, observou-se um menor teor de K na haste, havendo no arranjo cruzado um acúmulo de  $1,85\ g\ mg^{-1}$  superior.

**TABELA 18:** Teores de nutrientes na haste no estágio V6 e R1, em função dos arranjos adotados, Uberlândia-MG.

		V6		C,V,%	DMS
Nutrientes		Convencional	Cruzada		
g kg <sup>-1</sup>	N	20,91 a	19,07 b	13,95	1,45
	P	1,62 a	1,57 a	20,73	0,17
	K	28,03 b	29,88 a	11,73	1,77
	Ca	12,28 a	12,16 a	11,31	0,72
	Mg	4,13 a	4,30 a	13,65	0,3
	S	2,39 a	2,48 a	28,51	0,36
mg kg <sup>-1</sup>	B	-	-	-	-
	Cu	9,57 a	8,74 a	27,07	1,29
	Fe	2770,4 a	3313,39 a	82,99	1322,01
	Zn	45,63 a	36,86 b	33,32	7,19
	Mn	30,72 a	25,84 b	19,58	2,9
		R1		C,V,%	DMS
Nutrientes		Convencional	Cruzada		
g kg <sup>-1</sup>	N	19,55 a	17,18 b	11,94	1,14
	P	1,28 a	1,21 a	16,04	0,1
	K	-	-	-	-
	Ca	39,79 a	37,09 a	22,26	4,48
	Mg	12,19 a	11,68 a	21,07	1,31
	S	0,94 a	0,77 b	27,66	0,12
mg kg <sup>-1</sup>	B	41,35 a	42,67 a	20,41	4,49
	Cu	-	-	-	-
	Fe	3480,31 a	4312,58 a	82,64	1686,12
	Zn	16,76 a	14,85 a	26,93	2,23
	Mn	59,13	45,48	-	-

\*Médias seguidas por letras distintas na linha dentro de cada estágio fenológico diferem entre si pelo teste de Tukey a (P < 0,05).

Em relação ao teor de boro no estágio V6, observa-se na figura 16, que quando se aplicou a dose de 123 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> manejado a lanço, obteve-se um incremento máximo de 71 mg kg<sup>-1</sup> de boro na haste da cultura da soja no arranjo convencional. Para as demais combinações entre os tipos de manejos e arranjos, ou seja, na soja convencional com aplicação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no sulco de plantio e na soja cruzada em ambos os manejos de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, as curvas de regressão para as doses não foram significativas.



**FIGURA 16:** Teor de boro na haste em função da interação entre o arranjo e a aplicação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> manejada a lanço no sistema convencional, no estádio V6, Uberlândia-MG.

Já em função dos arranjos e manejos (tabela 19), foram observadas diferenças significativas, obtendo menores incrementos de boro na haste quando se manejou a adubação no sulco de plantio com 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na soja convencional.

**TABELA 19:** Teor de boro na haste (mg kg<sup>-1</sup>), em função das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, o manejo de adubação e os diferentes arranjos, no estádio V6, Uberlândia-MG.

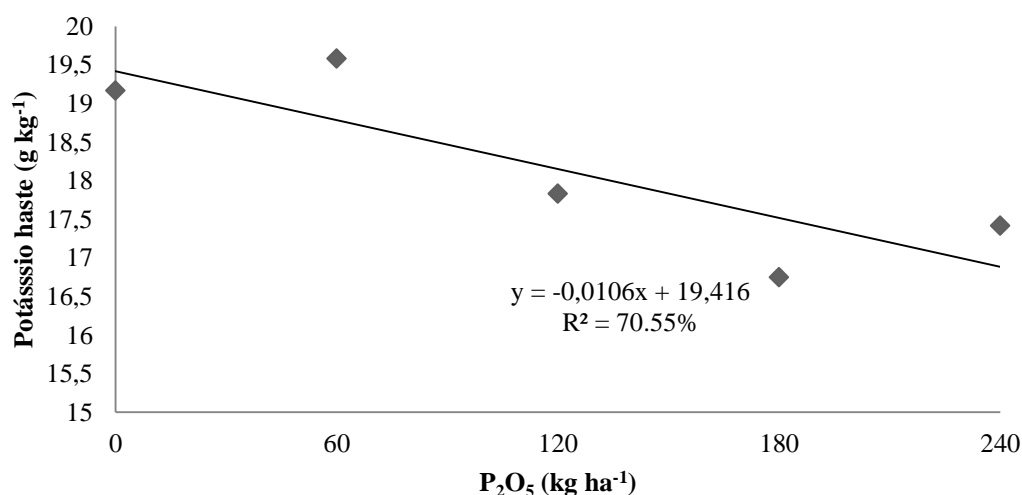
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	Manejo	Arranjo*	
		Convencional	Cruzada
0	sulco	37,66 Aa	41,79 Aa
	lanço	37,66 Aa	41,79 Aa
60	sulco	54,55 Aa	49,63 Aa
	lanço	44,51 Aa	62,75 Aa
120	sulco	39,36 Ba	55,13 Aa
	lanço	96,16 Aa	26,68 Ab
180	sulco	48,91 Aa	43,39 Aa
	lanço	46,72 Aa	58,19 Aa
240	sulco	55,26 Aa	58,21 Aa
	lanço	41,41 Aa	39,18 Aa

\*Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas linhas e maiúsculas na coluna, dentro de cada nível de dose, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Já em relação aos arranjos, no sistema cruzado na mesma dose, porém com a aplicação a lanço também obteve-se uma redução no teor de boro (69,5 mg kg<sup>-1</sup>) na haste. Gonçalves (2012) observou que o acúmulo máximo de cobre nas folhas ocorreu

aos 80 dias após o plantio, sendo que é oscilante o acúmulo nos caules, obtendo o máximo aos 100 dias, diferindo dos resultados obtidos neste experimento, sendo que os maiores valores encontrados de cobre na haste da soja estão até o estágio V6, logo após há um decréscimo.

Assim como os teores de cobre, o potássio no estágio R1 obteve interação significativa em relação às doses de  $P_2O_5$  e os arranjos. De acordo com a figura 17, observou-se um comportamento linear negativo em relação aos teores de potássio na haste no arranjo convencional, sendo que na ausência do incremento das doses de  $P_2O_5$ , a mesma obteve  $19,41 \text{ g kg}^{-1}$  na haste e a cada kg de  $P_2O_5$  adicionado, independente do manejo, acarretou em um decréscimo de  $0,0106 \text{ g kg}^{-1}$ . Para o arranjo cruzado, os modelos das curvas de regressão não se ajustaram. Já em relação aos arranjos adotados, obteve-se diferenças significativas ( $P < 0.05$ ), apenas na maior dose  $P_2O_5$  no arranjo cruzado, sendo que o mesmo obteve  $3,67 \text{ g kg}^{-1}$  a mais quando se utilizou o arranjo convencional (TABELA 20).



**FIGURA 17:** Teor de potássio na haste da soja no arranjo convencional, em função das doses de  $P_2O_5$ , no estágio R1, Uberlândia-MG.

**TABELA 20:** Teor de potássio na haste em função dos arranjos e das doses de  $P_2O_5$ , no estágio R1, Uberlândia-MG.

$P_2O_5$ (kg ha $^{-1}$ )	Arranjo*	
	Convencional	Cruzado
0	19,16 a	18,83 a
60	19,58 a	17,25 a
120	17,83 a	19,83 a
180	16,75 a	18,50 a
240	17,41 b	21,08 a
DMS	2,62	
CV%	12,00	

\*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a  $P < 0,05$  de significância.

De acordo com os teores de macro e micronutrientes na vagem (TABELA 21), exceto para o enxofre, que apresentou interação, na soja convencional não foram observadas diferenças significativas entre os valores de macro e micronutrientes obtidos em ambos os arranjos, submetidos aos diferentes manejos de adubação de  $P_2O_5$ .

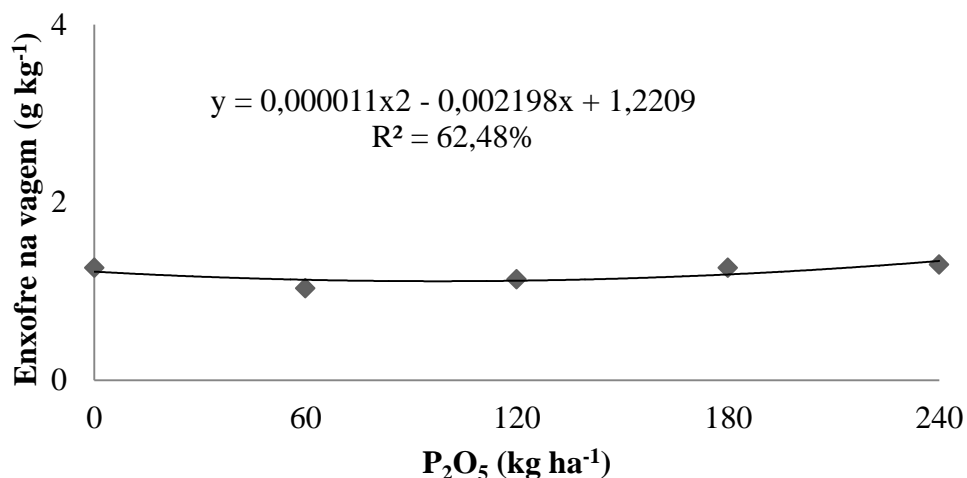
**TABELA 21:** Teores de nutrientes da vagem no estágio R1 nos diferentes arranjos espaciais, em função do manejo da aplicação de  $P_2O_5$ , em Uberlândia - MG.

		Arranjo Convencional			
	Nutrientes	Sulco	Lanço	C.V.%	DMS
$g\ kg^{-1}$	N	34,09 a	34,30 a	25,23	6,62
	P	4,05 a	4,22 a	11,85	0,37
	K	23,90 a	23,93 a	6,35	1,16
	Ca	36,28 a	36,98 a	6,44	1,81
	Mg	19,92 a	20,45 a	8,12	0,42
	S	1,24	1,20	9,61	0,08
$mg\ kg^{-1}$	B	67,56 a	65,15 a	9,42	4,79
	Cu	9,56 a	9,98 a	8,4	0,63
	Fe	931,28 a	1310,26 a	63,75	548,10
	Zn	43,13 a	43,93 a	10,09	3,37
	Mn	64,69 a	63,38 a	18,73	9,20
		Arranjo Cruzada			
	Nutrientes	Sulco	Lanço	C,V,%	DMS
$g\ kg^{-1}$	N	35,86 a	35,86 a	7,58	2,08
	P	3,84 a	4,08 a	10,40	0,31
	K	24,66 a	25,16 a	8,09	1,54
	Ca	34,30 a	33,68 a	12,49	3,25
	Mg	15,83 a	19,54 a	43,17	5,85
	S	1,20 a	1,18 a	12,31	0,11
$mg\ kg^{-1}$	B	64,11 a	61,18 a	15,00	7,20
	Cu	9,64 a	9,40 a	8,28	0,60
	Fe	760,32 a	650,27 a	39,02	211,10
	Zn	41,06 a	41,16 a	7,55	2,38
	Mn	48,30 a	46,77 a	15,05	5,48

\*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a  $P < 0,05$  de significância.

De acordo com a figura 18, com 62% de probabilidade, o incremento das doses de fósforo gerou uma relação quadrática em relação aos teores de S na vagem, no sistema convencional com o manejo a lanço, sendo que utilizando a dose de  $100\ kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  obteve-se o ponto mínimo de  $1,1\ g\ kg^{-1}$ . Para os demais arranjos e sistemas, ou

seja, no arranjo convencional no sulco e no sistema cruzado tanto o manejo do  $P_2O_5$  a lanço e no sulco, não obtiveram equações que se ajustaram aos modelos.



**FIGURA 18:** Teor de enxofre na vagem em função da interação entre dose x manejo no arranjo convencional, aplicação a lanço, estádio R1, Uberlândia-MG.

De acordo com os teores de enxofre (tabela 22), no arranjo convencional, em função dos manejos, observou-se que apenas quando se utilizou a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de  $P_2O_5$  no manejo a lanço houve uma redução no teor de S em relação à aplicação a sulco, sendo que esta redução representou 0,33 g kg<sup>-1</sup>.

**TABELA 22:** Teor de enxofre na vagem em função da interação entre dose x manejo no arranjo convencional, no estádio R1, Uberlândia - MG.

$P_2O_5$ (kg ha <sup>-1</sup> )	Manejo *	
	Lanço	Sulco
0	1,27 a	1,27 a
60	1,03 b	1,36 a
120	1,13 a	1,20 a
180	1,26 a	1,13 a
240	1,30 a	1,23 a
CV%	9,61	
DMS	0,2	

\*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a  $P < 0,05$  de significância.

#### 4.4 ACÚMULO DE NUTRIENTES NAS DIFERENTES FRAÇÕES DA SOJA (FOLHA, HASTE E VAGEM).

Em relação ao acúmulo de nutrientes nas frações da soja, observou-se que na fração foliar, em ambos os estádios sobre as diferentes formas de aplicações de  $P_2O_5$

(TABELA 23), nota-se que quando a aplicação foi feita a lanço no estádio V6, exceto para o micronutriente ferro, todos os demais apresentaram acúmulos inferiores comparados à aplicação no sulco de plantio ( $P < 0,05$ ).

**TABELA 23:** Acúmulo de nutrientes foliar, nos estádios e arranjos da soja, em função dos manejos adotados, Uberlândia - MG.

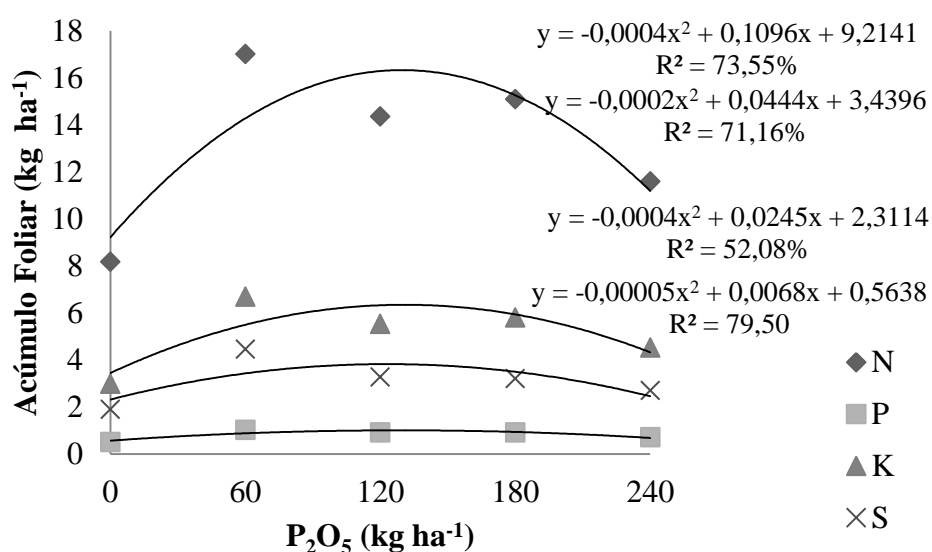
Arranjo convencional							
	Nutrientes	V6			R1		
		Sulco	Lanço	DMS	Sulco	Lanço	DMS
$g\ kg^{-1}$	N	15,17 a	11,30 b	2,57	24,80 a	20,29 a	4,85
	P	0,92 a	0,70 b	0,17	1,28 a	1,10 a	0,27
	K	5,91 a	4,28 b	0,88	9,55 a	7,91 b	1,57
	Ca	3,55 a	2,42 b	0,95	9,33 a	7,92 a	1,59
	Mg	1,65 a	1,10 b	0,41	2,66 a	2,12 b	0,47
	S	3,64 a	2,56 b	0,89	7,08 a	5,55 a	1,74
$mg\ kg^{-1}$	B	26,36 a	18,82 b	5,47	26,16 a	20,90 b	4,77
	Cu	2,60 a	1,71 b	0,57	7,20 a	5,26 a	2,04
	Fe	572,49 a	620,78 a	520	553,84 a	539,01 a	206,09
	Zn	14,45 a	9,44 b	2,62	28,35 a	23,20 a	6,47
	Mn	26,99 a	19,55 b	4,04	89,14 a	66,93 a	24,14
Arranjo cruzada							
$g\ kg^{-1}$	N	32,72 a	30,67 a	9,52	48,46 a	54,39 a	21,81
	P	1,89 a	1,71 a	0,46	2,40 a	2,81 a	1,04
	K	12,08 a	11,67 a	3,04	18,01 a	20,00 a	6,42
	Ca	6,68 a	6,22 a	1,84	53,50 a	19,35 a	77,72
	Mg	3,09 a	2,90 a	0,83	5,04 a	5,76 a	2,44
	S	7,17 a	7,61 a	2,28	13,82 a	15,02 a	6,75
$mg\ kg^{-1}$	B	59,14 a	55,65 a	15,75	67,29 a	72,40 a	21,48
	Cu	4,10 a	3,76 a	1,16	14,65 a	15,65 a	7,98
	Fe	819,18 a	959,19 a	384,00	1243,87 a	1215,46 a	648,08
	Zn	30,52 a	23,60 a	12,65	56,60 a	58,73 a	23,28
	Mn	46,06 a	41,18 a	16,72	126,24 a	131,92 a	56,17

\*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância;

Já no estádio R1 (tabela 22), esta mesma observação foi feita apenas para alguns nutrientes que são: potássio, manganês e boro, sendo que para os demais apesar de obterem maiores incrementos no sulco de plantio, os mesmos não se diferiram estatisticamente. Em ambos os estádios, para o sistema cruzado, não foi observada nenhuma diferença estatística em relação aos manejos adotados.



Independente do tipo de manejo e arranjo adotado observou-se para alguns macronutrientes um comportamento quadrático em função das doses de  $P_2O_5$  (Figura 19), sendo que o fósforo foi o elemento que obteve um menor acúmulo, o que pode ser esperado, visto que este elemento tem uma alta capacidade de adsorção no solo, sendo pouco móvel no solo e com alta mobilidade na planta. Dentre os macronutrientes primários (NPK), o fósforo é o nutriente que sempre é mais fornecido na adubação em pré-plantio com doses superiores aos elementos N e K. Em relação aos demais nutrientes na figura 19, os mesmos obtiveram os maiores incrementos nas doses de 68, 55 e 31  $kg\ ha^{-1}$   $P_2O_5$  com teores de 13, 5 e 3  $kg\ ha^{-1}$  de nitrogênio, fósforo e potássio respectivamente.

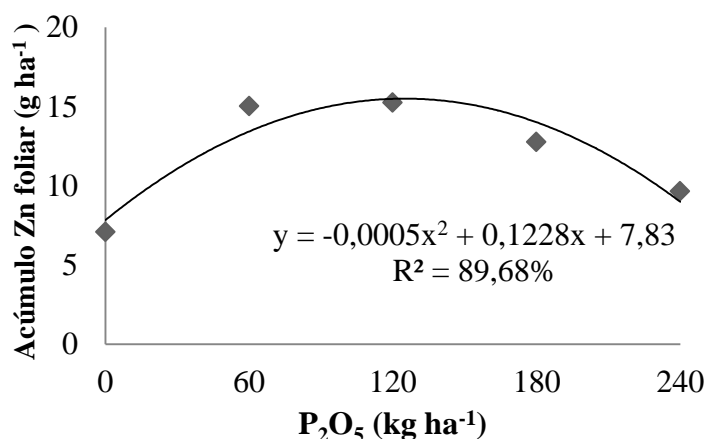


**FIGURA 19:** Acúmulo de macronutrientes na folha, em arranjo convencional em função das doses de  $P_2O_5$ , no estágio V6, Uberlândia-MG.

Gonçalves (2012) avaliando o acúmulo de nutrientes na soja, ao longo do ciclo da cultura da mesma, encontrou para o nitrogênio e potássio valores superiores aos deste experimento, sendo que na mesma época de colheita (estádio V6), a mesma autora obteve acúmulo de aproximadamente 35 e 18  $kg\ ha^{-1}$ , respectivamente, valores estes que não foram obtidos até a maior dose de  $P_2O_5$  utilizada.

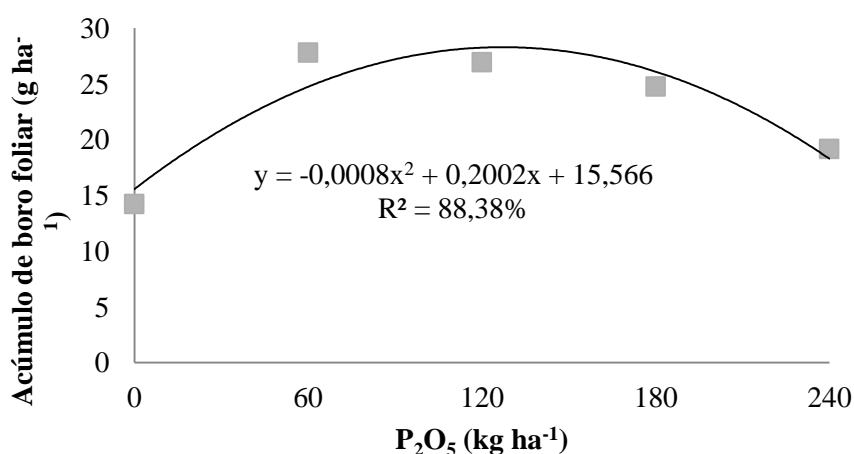
Para o fósforo e o enxofre, a mesma autora, obteve respostas um pouco abaixo, 3 e 1  $kg\ ha^{-1}$  de P e S, respectivamente, representando aproximadamente a metade dos valores obtidos neste experimento. Segundo Kerbauy (2008) o enxofre é necessário para o bom desenvolvimento da planta por participar da cadeia transportadora de elétrons além de fazer parte de diversas proteínas.

Em relação aos micronutrientes, apenas o zinco em V6 e o boro em ambas as coletas (Figuras 21 e 22, respectivamente), obtiveram acúmulos foliares diferenciados em função do aumento das doses de  $P_2O_5$ , independente do manejo e arranjo adotados. Para o zinco, observou-se que o maior incremento foi obtido na dose de  $123 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ , obtendo um acúmulo de  $15 \text{ g ha}^{-1}$ .



**FIGURA 20:** Acúmulo de zinco foliar, no arranjo convencional em função das doses de  $P_2O_5$ , no estágio V6, Uberlândia-MG.

Para o acúmulo de boro (Figura 21), o mesmo obteve comportamentos distintos nas diferentes fases de coletas da planta, sendo que no estágio fonológico V6 observou-se que o acúmulo máximo obtido foi quando se aplicou  $125 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ , obtendo  $28 \text{ g ha}^{-1}$  de boro na folha, entretanto no estágio R1, não se obteve ajustes nos modelos de regressão.



**FIGURA 21:** Acúmulo de boro foliar, no arranjo convencional em função das doses de  $P_2O_5$ , nos estádios V6 e R1, Uberlândia-MG.

De acordo com a tabela 24, observa-se que em função dos arranjos adotados, em R1 os maiores acúmulos foram obtidos pelo arranjo cruzado, o mesmo observado em V6 para S, Cu, sendo que para Fe não se obteve diferenças ( $P < 0,05$ ), porém no arranjo cruzado obteve-se um incremento de 33 % a mais que no arranjo convencional. Nota-se que o aumento do número de plantas por área, não prejudicou a absorção dos nutrientes, visto que o estande com maior número de plantas obteve o dobro ou mais de Ca, Mg, S, Cu, Fe e Mn. Isto foi, provavelmente, devido ao aumento da massa seca das plantas e pela melhor exploração pelas raízes.

**TABELA 24:** Acúmulo de nutrientes foliares no estágio V6 e R1, em função dos arranjos adotados, Uberlândia – MG.

Nutrientes		V6			
		Convencional	Cruzada	C.V.%	DMS
g kg <sup>-1</sup>	Ca	2,99	6,45	40,53	-
	Mg	1,37	2,99	39,35	-
	S	3,10 b	7,39 a	43,06	1,18
	Cu	2,16 b	3,93 a	39,22	0,62
	Fe	596,64 a	889,18 a	80,16	311,83
	Mn	23,27	43,62	47,43	8,31
		R1			
g kg <sup>-1</sup>	Ca	8,62 a	36,42 a	318,1	37,52
	Mg	2,39 b	5,40 a	58,95	1,2
	S	6,31 b	14,42 a	61,99	3,36
	Cu	6,23 b	15,15 a	71,71	3,97
	Fe	546,42 b	1229,66 a	72,48	337,06
	Mn	78,04 b	129,08 a	54,42	29,5

\*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância,

Dentre os nutrientes citados na tabela 24, o cálcio e o magnésio obtiveram interações entre o incremento das doses de  $P_2O_5$  e os diferentes tipos de arranjos ( $P < 0,05$ ). O acúmulo de cálcio foliar no estágio V6 (TABELA 25) foi maior quando se utilizou o arranjo cruzado, exceto na maior dose onde não houve diferenças significativas ( $P < 0,05$ ). Em função das doses de  $P_2O_5$  em kg ha<sup>-1</sup>, não se obtiveram curvas de regressão que se ajustassem aos modelos estudados para ambos os arranjos avaliados (convencional e cruzado).

**TABELA 25:** Acúmulo de cálcio foliar, em função da interação entre doses e arranjos espaciais, no estágio V6, Uberlândia – MG.

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	Arranjo * (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Convencional	Cruzada
0	1,80 b	8,52 a
60	3,11 b	6,07 a
120	3,16 b	6,50 a
180	3,27 b	5,38 a
240	3,60 a	5,78 a
DMS	2,24	

\*Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância,

O acúmulo de magnésio foliar no estágio V6 (TABELA 26) foi maior quando se utilizou o arranjo cruzado, exceto na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, onde não houve diferenças significativas (P<0,05). Em função das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em kg ha<sup>-1</sup>, não se obteve curvas de regressão que se ajustasse aos modelos estudados para ambos os arranjos avaliados (convencional e cruzado). Pedrinho Junior et al. (2004), avaliando a massa seca e macronutrientes na soja, observaram um acúmulo de 171 g de magnésio, valores próximos encontrados neste experimento. Vasconcelos et al. (1998) encontraram valores de Mg acumulados nas folhas entre 4,2 a 7,7 kg ha<sup>-1</sup> na cultura do milho.

**TABELA 26:** Acúmulo de magnésio foliar, em função da interação entre doses e arranjos espaciais, no estágio V6, Uberlândia – MG.

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	Arranjo * (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Convencional	Cruzada
0	0,79 b	4,14 a
60	1,65 b	2,86 a
120	1,39 b	2,92 a
180	1,49 a	2,47 a
240	1,56 b	2,58 a
DMS	1,00	

\*Médias seguidas por letras distintas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância,

O acúmulo dos nutrientes na haste encontram-se na Tabela 27.

**TABELA 27:** Acúmulo de nutrientes na haste, em ambos os estádio e arranjos, em função dos manejos adotados, Uberlândia-MG.

Arranjo convencional							
Nutrientes	V6			R1			
	Sulco	Lanço	DMS	Sulco	Lanço	DMS	
g kg <sup>-1</sup>	N	10,24 a	7,66 a	4,13	15,98 a	11,42 b	1,53
	P	0,82 a	0,60 a	0,36	1,02 a	0,80 b	0,16
	K	13,70 a	10,35 a	5,37	14,87 a	10,78 b	2,15
	Ca	6,08 a	4,23 a	2,63	28,79 a	25,58 a	9,07
	Mg	2,01 a	1,43 a	0,81	8,98 a	7,58 a	3,27
	S	1,23 a	1,19 a	0,61	0,77 a	0,57 b	0,14
mg kg <sup>-1</sup>	B	21,70 a	21,74 a	15,29	33,91 a	24,57 b	7,71
	Cu	4,22 a	3,35 a	2,11	6,75 a	5,28 a	1,92
	Fe	1166,32 a	1152,58 a	953,27	2746,01 a	2314,66 a	1381
	Zn	14,63 a	10,36 a	5,76	14,02 a	10,01 b	3,54
	Mn	21,18 a	16,68 a	11,67	49,28 a	35,40 b	10,09
Arranjo cruzada							
g kg <sup>-1</sup>	N	13,23 a	11,66 a	3,67	28,76 a	30,73 a	3,55
	P	1,13 a	0,89 a	0,25	1,87 a	2,16 a	0,72
	K	20,89 a	18,14 a	5,9	32,41 a	33,67 a	11,67
	Ca	8,32 a	7,29 a	2,24	71,89 a	64,74 a	19,88
	Mg	3,03 a	2,54 a	0,76	21,77 a	21,40 a	6,29
	S	2,27 a	1,21 a	1,06	1,23 a	1,34 a	0,52
mg kg <sup>-1</sup>	B	34,64 a	27,54 a	11,5	70,71	77,87	-
	Cu	6,11 a	4,97 a	1,58	13,34 a	13,54 a	5,9
	Fe	2761,39 a	1301,97 a	1675,63	7513,42 a	8157,52 a	5826,64
	Zn	17,80 a	15,15 a	4,86	24,76 a	25,37 a	9,04
	Mn	27,49 a	18,87 a	8,76	80,52 a	78,19 a	34,66

\*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

O acúmulo dos nutrientes na haste (tabela 27), na soja convencional em V6, obteve comportamento diferente do obtido pelas folhas, sendo que quando se aplicou o fósforo a lanço, este acúmulo de nutrientes foi menor que quando a aplicação a sulco. Na haste (tabela 27), não se observou diferenças significativas quanto aos diferentes manejos de aplicação do fertilizante, porém os dados coletados na fase reprodutiva (R1) da cultura, exceto para o cobre e ferro, resultaram maiores acúmulos para os demais nutrientes, quando se aplicou as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no sulco de plantio. No arranjo cruzado das plantas obteve-se comportamento semelhante ao arranjo convencional, comparados em V6. Já na coleta em R1, o comportamento dos nutrientes foi diferente em relação ao

convencional, exceto para o boro, visto que houve uma interação significativa entre as doses e o manejo. Quanto aos demais nutrientes não se diferiram em relação aos seus acúmulos na haste em função dos manejos adotados (aplicação no sulco e lanço).

De acordo com a tabela 28, os teores de boro acumulados na haste, foram elevados quando se manejou até 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no sulco ou lanço e na maior dose apenas quando se manejou a lanço, sendo que nesta dose obteve-se um acúmulo superior de 36 % de boro na haste.

**TABELA 28:** Teor de boro na haste da soja, em função das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e o tipo de manejo adotados no arranjo cruzado, estágio R1, Uberlândia – MG.

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	Manejo* (g ha <sup>-1</sup> )	
	Sulco	Lanço
0	105,04 a	105,04 a
60	98,18 a	55,84 a
120	51,79 a	77,00 a
180	38,40 a	56,96 a
240	41,61 b	113,05 a
DMS	53,25	

\*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância.

Gonçalves (2012) observando os valores percentuais nas partes da planta inteira aos 100 dias após plantio, para cada nutriente, encontrou que para a formação das hastes, a demanda de nutriente acumulado seguiu a seguinte ordem: Mn>Ca>Fe=Zn>Mg>Cu>N>K=S>P, diferindo na maioria dos nutrientes, comparado a ordem encontrada neste experimento no estágio V6, que seguem na seguinte ordem Fe>B>Mn>Zn>K>N>Ca>Cu>Mg>S>P, e no estágio R1 Fe>Mn>B>Ca>N>K>Zn>Mg>Cu>P>S. Para o arranjo cruzado no estágio V6 e R1, a ordem de acúmulo, Fe>B>Mn>K>Zn>N>Ca>Cu>Mg>S>P; e Fe>Mn>Ca>B>N>K>Zn>Mg>Cu>P>S, respectivamente, também se difere do encontrado por Gonçalves (2012), porém, tem um comportamento semelhante a ordem de acúmulo observado do arranjo convencional neste experimento.

Observando a tabela 29, em função dos arranjos adotados, no estágio V6, os maiores acúmulos foram obtidos no arranjo cruzado das plantas, não obtendo diferenças estatísticas, apenas para S, Fe e Zn. Os valores de enxofre acumulados variam de 1,21 e 1,74 kg ha<sup>-1</sup>, para soja convencional e cruzada respectivamente. Estes valores são próximos aos obtidos por Gonçalves (2012), e estudos realizados por Kerbaudy (2008)

relatam que o enxofre é necessário para o bom desenvolvimento da planta por participar da cadeia transportadora de elétrons além de fazer parte de diversas proteínas.

Os valores de ferro e zinco obtidos neste experimento, na coleta em V6, são superiores aos obtidos por Gonçalves (2012), que observou que há um acúmulo progressivo de ferro nas folhas e nos caules, sendo que o máximo em ambos ocorre aos 100 dias após o plantio.

**TABELA 29:** Acúmulo de nutrientes na haste no estágio V6 e R1, em função dos arranjos adotados na cultura da soja, Uberlândia-MG.

V6					
	Nutrientes	Convencional	Cruzada	C.V.%	DMS
g kg <sup>-1</sup>	N	8,95 b	12,44 a	47,67	2,67
	P	0,71	1,01	47,89	-
	K	12,03 b	19,52 a	46,64	3,85
	Ca	5,15 b	7,81 a	49,28	1,67
	Mg	1,72 b	2,78 a	45,63	0,53
	S	1,21 a	1,74 a	76,66	0,59
mg kg <sup>-1</sup>	B	21,72 b	31,09 a	66,8	9,23
	Cu	3,79 b	5,54 a	52,07	1,27
	Fe	1159,45 a	2031,68 a	111,37	930,49
	Zn	12,49 a	16,48 a	47,97	3,63
	Mn	18,93	23,18	63,91	7,04
R1					
g kg <sup>-1</sup>	N	13,70	29,74	42,95	-
	P	0,91 b	2,01 a	46,67	-
	K	12,83	33,04	47,7	-
	Ca	27,19 b	68,31 a	42,19	10,54
	Mg	8,28 b	21,58 a	43,8	-
	S	0,67 b	1,28 a	50,91	0,26
mg kg <sup>-1</sup>	B	29,24 b	74,29 a	44,57	12,08
	Cu	6,01 b	13,44 a	58,86	2,99
	Fe	2530,34 b	7835,47 a	106,49	-
	Zn	12,01	25,07	48,29	-
	Mn	42,34 b	79,36 a	54,69	17,42

\*Médias seguidas por letras distintas na linha, dentro de cada nível de coleta, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância; # Macronutrientes estão em kg ha<sup>-1</sup> e dos micronutrientes em g ha<sup>-1</sup>.

Em relação ao acúmulo de nutrientes na vagem (TABELA 30), observa-se que exceto para o boro e o enxofre no arranjo convencional e a para manganês e zinco no arranjo cruzado, os demais macros e micronutrientes não obtiveram diferenças

significativas quanto ao tipo de manejo adotado na aplicação de  $P_2O_5$ . Apesar dessa não significância, nota-se que na maioria dos nutrientes quando a adubação foi no sulco de plantio, os valores acumulados foram maiores. Segundo Bataglia (1976) avaliando a matéria seca e o acúmulo de nutrientes na soja, observou-se que a cultura aos 90 dias obteve um acúmulo de 30,5; 4,8; 23,9; 12,6; 6,0 e 1,8  $kg\ ha^{-1}$  de N, P, K, Ca, Mg e S respectivamente, valores próximos também encontrados por Gonçalves (2012). Estes valores, exceto para Ca e Mg que estão semelhantes, para os demais nutrientes avaliados os mesmos se encontraram com valores superiores ao avaliado neste experimento.

**TABELA 30:** Acúmulo de nutrientes na vagem no estágio R1 em função dos manejos adotados em ambos os arranjos espaciais, Uberlândia-MG.

		Arranjo convencional			
	Nutrientes <sup>#</sup>	Sulco	Lanço	C.V.%	DMS
$g\ kg^{-1}$	N	15,12 a	12,58 a	31,76	3,37
	P	1,68 a	1,45 a	29,52	0,35
	K	9,98 a	8,35 a	31,39	2,2
	Ca	14,15 a	12,49 a	45,5	4,65
	Mg	7,77 a	6,89 a	44,96	2,53
	S	0,51	0,51	23,04	-
$mg\ kg^{-1}$	B	28,22 a	22,42 b	26,5	5,14
	Cu	3,99 a	3,47 a	33,81	0,96
	Fe	366,93 a	436,69 a	58,9	181,54
	Mn	27,41 a	21,78 a	37,81	7,13
	Zn	17,89 a	15,16 a	27,61	3,5
		Arranjo cruzada			
$g\ kg^{-1}$	N	28,78 a	29,95 a	50,86	11,45
	P	3,07 a	3,36 a	48,75	1,2
	K	19,91 a	20,95 a	46,88	7,34
	Ca	29,78 a	27,86 a	26,7	5,9
	Mg	13,58 a	16,37 a	55,65	6,39
	S	0,94 a	0,96 a	44,32	0,32
$mg\ kg^{-1}$	B	50,97 a	50,68 a	46,6	18,16
	Cu	7,80 a	7,91 a	48,01	2,89
	Fe	620,72 a	532,57 a	37,12	164,21
	Mn	38,06	37,61	40,41	-
	Zn	33,16	33,98	41,65	10,72

\*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si, dentro de cada arranjo, pelo teste de Tukey a 0.05 de significância.



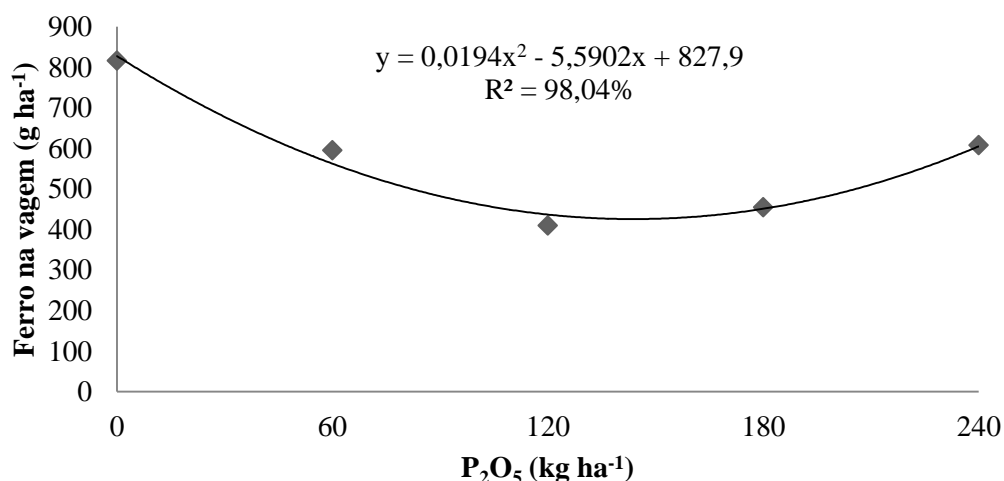
O acúmulo de enxofre na vagem (Tabela 31) somente apresentou diferença entre os manejos de adubação fosfatada no arranjo convencional, nas doses de 60 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, que o maior acúmulo foi obtido utilizando a aplicação no sulco de plantio. O maior acúmulo encontrado foi de 0,77 kg ha<sup>-1</sup> quando se manejou a adubação no sulco de plantio na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup>. Este valor foi inferior ao encontrado por alguns autores como Bataglia (1976) de 1,8 kg ha<sup>-1</sup> e Gonçalves (2012) de 1,5 kg ha<sup>-1</sup>.

**TABELA 31:** Acúmulo de enxofre na vagem no arranjo convencional, estágio R1, Uberlândia-MG.

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> * (kg ha <sup>-1</sup> )	Manejo (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Sulco	Lanço
0	0,37 a	0,37 a
60	0,77 a	0,40 b
120	0,41 a	0,45 a
180	0,45 a	0,44 a
240	0,58 a	0,38 b
DMS	0,18	

\*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

De acordo com a Figura 22, no arranjo cruzado, com a utilização da dose de 144 kg ha<sup>-1</sup>, obteve-se o menor acúmulo de ferro na vagem, chegando a 1.230,6 g ha<sup>-1</sup>.



**FIGURA 22:** Acúmulo de ferro na vagem no arranjo cruzado, em função das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, estágio R1, Uberlândia-MG.

Gonçalves (2012) observou sobre os valores percentuais nas partes da planta inteira aos 100 dias após plantio, que na sequência de acúmulo de nutrientes nas vagens o ferro foi o oitavo elemento mais acumulado, sendo que o menor acúmulo de ferro na

planta foi observado na vagem, indicando uma baixa exportação do nutriente para a mesma.

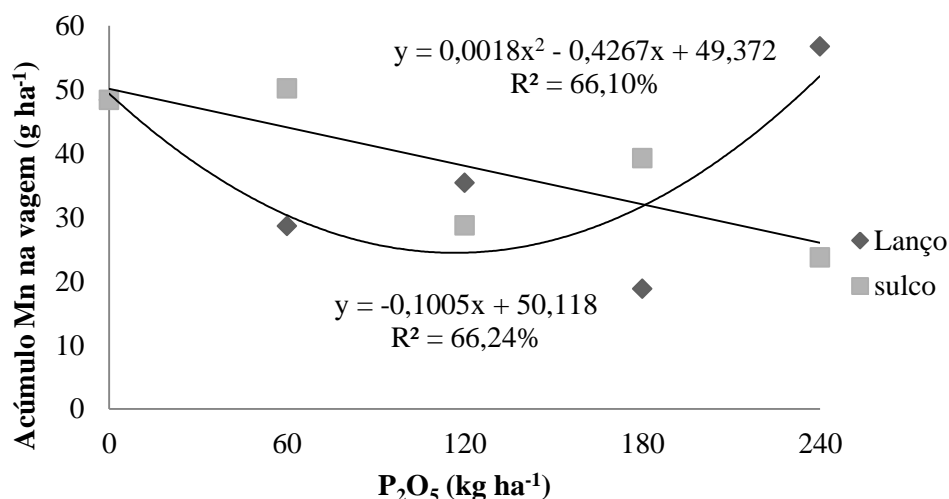
Diversos autores Randall, Schulte e Corey (1975); Oliveira Junior (1996), avaliando aplicação de manganês na cultura da soja, observaram que a variável vagem por planta mostrou valores superiores à testemunha em todos os tratamentos que receberam manganês, sugerindo um menor abortamento de flores e de vagens. De acordo com a tabela 32, com a utilização da maior dose de  $P_2O_5$ , no manejo a lanço obteve-se um maior acúmulo de manganês na vagem, sendo 139 % superior quando se manejou a adubação no sulco de plantio.

**TABELA 32:** Acúmulo de manganês na vagem no arranjo cruzado, estágio R1, Uberlândia-MG.

$P_2O_5$ (kg ha <sup>-1</sup> )	Manejo (g ha <sup>-1</sup> )	
	Sulco	Lanço
0	48,39 a	48.39 a
60	50,20 a	28.65 a
120	28,73 a	35.43 a
180	39,28 a	18.80 a
240	23,71 b	56.79 a
DMS	26,22	

\* Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Com 66% de probabilidade (Figura 23), o aumento de doses de  $P_2O_5$ , ocasionou uma redução no acúmulo de manganês na vagem, sendo que quando se manejou o  $P_2O_5$  a lanço, com a aplicação de 118 kg ha<sup>-1</sup> de  $P_2O_5$  obteve o menor acúmulo de manganês (24 kg ha<sup>-1</sup>) e no manejo no sulco de plantio observou uma reta linear decrescente para o acúmulo de manganês, ou seja, a cada kg ha<sup>-1</sup> de  $P_2O_5$  adicionado ao solo, obteve um decréscimo de 0,10 kg ha<sup>-1</sup> em relação à testemunha (50 kg ha<sup>-1</sup>).



**FIGURA 23:** Acúmulo de manganês na vagem no arranjo cruzado, em função das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, estágio R1, Uberlândia-MG.

Em função dos arranjos adotados neste experimento, o acúmulo de nutrientes da haste também obteve variações (tabela 33), observou-se uma redução na quantidade de magnésio e manganês no arranjo convencional na ausência da adubação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg ha<sup>-1</sup>) e na maior dose avaliada. Em relação ao cálcio, o arranjo cruzado obteve maior acúmulo, o que era se esperado para todos os nutrientes, pois como no arranjo cruzado há o dobro do número de plantas e o acúmulo se refere ao teor de nutrientes na vagem multiplicado a massa seca dividida por 1000, com a massa seca maior, o acúmulo deverá ser maior. Em relação às doses, os modelos das curvas de regressão não obtiveram ajustes.

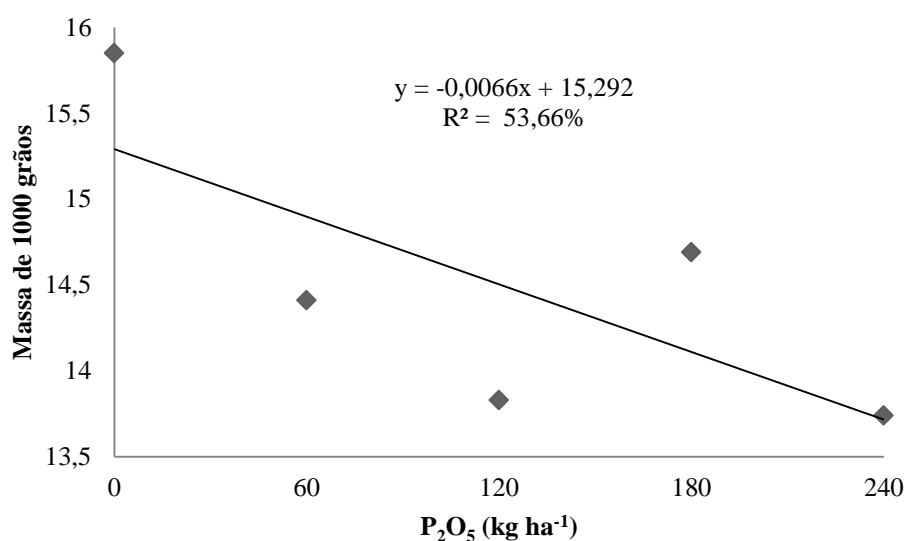
**TABELA 33:** Acúmulo de magnésio, cálcio e manganês na vagem, em função das doses e os arranjos, estágio R1, Uberlândia-MG.

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	Mg (kg ha <sup>-1</sup> )		Ca (kg ha <sup>-1</sup> )		Mn (g ha <sup>-1</sup> )	
	Arranjo*		Arranjo*			
	Convencional	Cruzada	Convencional	Cruzada	Convencional	Cruzada
0	5,62 b	23,85 a	10,30 b	36,93 a	16,56 b	48,39 a
60	10,66 a	11,80 a	19,19 b	27,34 a	33,87 a	39,42 a
120	6,93 a	13,91 a	12,16 b	23,8 a	24,42 a	32,08 a
180	6,00 a	9,00 a	10,96 b	26,87 a	24,62 a	29,03 a
240	7,45 b	16,32 a	13,98 b	29,15 a	23,50 b	40,25 a
DMS	7,42		8,11		14,81	
C.V.%	56,81		32,88		56,81	

\*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si, dentro de cada nutriente, pelo teste de Tukey a 0.05 de significância.

#### 4.5 PRODUTIVIDADE E MASSA DE MIL GRÃOS

Em relação à massa de 1000 grãos, foi reduzido com as doses crescentes de  $P_2O_5$  no arranjo cruzado (FIGURA 24), sendo que 53% indica que esta redução observada foi em função do aumento de doses, e que a cada  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  adicionado, obteve-se uma redução de 0,01 mil grãos. Para o arranjo convencional e em relação ao manejo da adubação, não se observou diferenças significativas. A ausência de resposta da massa de grãos à variação do espaçamento foi relatada também por Cardoso; Rezende (1987).



**FIGURA 24:** Massa de 1000 grãos em função das doses de  $P_2O_5$  no arranjo cruzado, Uberlândia-MG.

Perini et al. (2012), observou que há uma correlação entre a massa de mil grãos por meio do efeito indireto via número de grãos por planta: à medida que o número de grãos aumenta a massa individual diminui. Esperava-se que mesmo com a redução do peso da massa de mil grãos observada na Figura 26, em função das doses de P, essa variável pudesse interferir na produtividade, o que não foi confirmado.

Heiffig et al. (2006), avaliando o fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais, não constataram diferenças significativas entre os espaçamentos entre linhas para massa de mil grãos e produtividade agrícola; o mesmo comportamento observado neste experimento.

De acordo com a tabela 34 não se observaram diferenças quanto ao manejo de adubação adotados em relação à massa de mil grãos, produtividade em  $sc\ ha^{-1}$ .

Entretanto, mesmo com esta diferença não significativa, apenas quando se

utilizou a aplicação das doses de  $P_2O_5$  kg ha<sup>-1</sup> no sulco de plantio, na soja convencional, a mesma apresentou maior produtividade, obtendo o equivalente a 1,88 sc ha<sup>-1</sup>, representando um lucro na produtividade final (preço médio de R\$ 60, 00 sc ha<sup>-1</sup>) de aproximadamente 120 reais por hectare. No sistema convencional, no sulco de plantio o mesmo obteve comportamento contrário diante da aplicação a lanço, sendo que a lanço obteve-se um acréscimo de aproximadamente 1 sc ha<sup>-1</sup>.

**TABELA 34:** Produtividade no arranjo convencional e cruzado, em função dos tipos de manejo de adubação de  $P_2O_5$  adotados, Uberlândia-MG.

Características	Manejo*		CV%	DMS
	Sulco	Lanço		
Arranjo convencional				
mil grãos	15,08 a	14,65 a	8,92	1,01
Sc ha	33,03 a	31,15 a	26,72	6,58
Arranjo cruzada				
mil grãos	14,50 a	14,51 a	7,28	0,81
Sc ha	30,47 a	31,35 a	52,05	12,34

\*Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Entre os sistemas de arranjo (Tabela 35), o convencional produziu 1,2 sc ha<sup>-1</sup> a mais em relação ao sistema cruzado, independente das doses e formas de aplicação de  $P_2O_5$ .

**TABELA 35:** Produtividade, em função dos tipos de arranjos adotados, Uberlândia-MG.

Características	Arranjo*		CV%	DMS
	Convencional	Cruzado		
mil grãos	14,87 a	14,50 a	8,17	0,62
peso (sc ha)	32,09 a	30,91 a	40,93	6,75
peso (kg ha)	1925,69 a	1854,95 a	40,93	405,11

\*Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Tourino et al. (2002), estudando espaçamento, densidade e uniformidade observaram que a produtividade da soja aumenta com a redução do espaçamento entre linhas aliado à redução da densidade de plantas nas linhas, sendo que quando utilizaram espaçamento de 45 cm com a densidade de 10 plantas m<sup>-1</sup> proporciona melhor

distribuição das plantas na área. Observa-se que este espaçamento adotado, é diferente do utilizado no experimento, indicando que arranjos espaciais podem trazer benefícios, tais como aumento de produtividade. A maior disponibilidade de espaços nas entrelinhas no espaçamento de 60 cm pode ter compensado a redução dos espaços dentro das linhas e houve maior emissão de ramos laterais. No menor espaçamento, esta compensação deve ter sido menor, e assim, o aumento da densidade causou maior competição entre as plantas, reduzindo a produtividade de cada planta,

Segundo Marcos Filho (1986), a adaptação das plantas de soja aos espaços disponíveis justifica a falta de resposta em muitos experimentos que visam avaliar esses efeitos sobre a produtividade dessa leguminosa. Mauad et al. (2010) relataram que a produtividade de uma cultura é definida pela interação entre a planta, o ambiente de produção e o manejo, visto que dentre as práticas de manejo, a época de semeadura, a escolha da cultivar, o espaçamento e a densidades de semeadura são fatores que influenciam o rendimento da soja e seus componentes da produção, (MAEHLER, 2000). Por sua vez, não obteve aumento no rendimento com a redução do espaçamento entre linhas de 40 cm para 20 cm, utilizando a população de 40 plantas  $m^2$ . Freitas et al. (2010) e Luca e Hungria (2010), também verificaram que o aumento da densidade de semeadura não proporcionou maiores rendimentos para a cultura da soja, entretanto, essa constatação foi feita somente para a semeadura em linhas não cruzadas.

Há relatos de produtores de alta tecnologia que obtiveram grandes aumentos de produtividade com a adoção do sistema cruzado, obtendo entre 83,89 e 108,71 sc  $ha^{-1}$  (CESB 2014). Estes resultados divergentes mostram que há uma necessidade maior de estudos mais eficazes quanto às indicações de espaçamentos a serem utilizados, uma vez que não há uma uniformidade em relação aos manejos adotados em densidades da cultura da soja.

Lima et al. (2012), observaram que com a aplicação da dose recomendada e o dobro da dose recomendada de adubação de plantio, não se observou aumento na produtividade. Assim como, na soja com maior densidade, foi observada uma menor produção (54 sc  $ha^{-1}$ ) do que com a densidade convencional (57 sc  $ha^{-1}$ ).

#### **4.6 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.**

Em relação à acidez ativa (pH em água), observa-se que não houve variação entre os diferentes manejos em ambos os arranjos ( $P < 0,05$ ). Observa-se que o valor de

pH encontra-se acima de 5.8 o que indica, de acordo com a CFSEMG (1999), ser adequado para o desenvolvimento da cultura da soja (TABELA 36).

**TABELA 36:** Teores dos atributos químicos do solo nos diferentes tipos de arranjos em função dos manejos de adubação de  $P_2O_5$  (lanço e sulco), após a colheita da soja, Uberlândia-MG.

		ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO								
Arranjo	Manejo	pH	P	K	Ca	Mg	t	T	V	M.O.
		H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			%	(dag kg <sup>-1</sup> )
Conv. <sup>#</sup>	Sulco	5,86 A	10,36 A	96,13 A	1,75 A	0,74 A	2,74 A	5,92 A	46,38 A	2,52 A
	Lanço	5,89 A	9,46 A	100,20 A	1,71 A	0,75 A	2,72 A	5,85 A	46,40 A	2,58 A
	DMS	0,16	4,27	12,97	0,13	0,08	0,19	0,27	2,5	0,23
	C.V. %	3,55	56,17	17,23	10,25	14,19	9,45	5,99	7,03	11,64
Cruz. <sup>#</sup>	Lanço	5,98 A	10,62 A	93,40 A	1,86 A	0,84 A	2,95 A	5,81 A	50,62 A	2,45 A
	Sulco	5,90 A	12,09 A	94,20 A	1,75 A	0,78 A	2,77 A	5,61 A	49,24 A	2,51 A
	DMS	0,12	6,59	13,55	0,18	0,1	0,28	0,24	3,16	0,2
	C.V.%	2,8	75,67	18,83	13,5	16,68	12,95	5,62	8,26	10,77

<sup>#</sup>Conv.: soja convencional; Cruz.: soja cruzada; \* Médias seguidas por letras distintas na coluna dentro de cada arranjo, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Os teores de fósforo não variaram quanto às doses e aos manejos de adubação, para os dois tipos de arranjos adotados. Esperava-se que no arranjo cruzado fossem observados menores teores em função da maior extração desse arranjo, pelo fato de apresentar o dobro da população de plantas. Pode ser que ao longo de anos adotando este sistema, haja uma depauperação do solo. Neste primeiro ano, pode-se atribuir que independente do manejo adotado, o solo apresentou os mesmos comportamentos, sendo assim devem ser realizados mais estudos para comprovar que a adubação a lanço pode ser utilizada para o fósforo.

O manejo comum da adubação fosfatada na região do cerrado constitui-se de aplicações no sulco de semeadura de fontes solúveis de P. Apesar de ampliar o gradiente natural de P no perfil do solo, principalmente sob SPD, aplicações de adubos fosfatados na superfície tornam-se uma interessante alternativa em sistemas de produção que se beneficiem com maior rapidez no plantio, a qual pode ser obtida com a adubação antecipada ou após este (NUNES et al. 2011).

Araújo (2013) observou que no sistema de plantio direto os teores P disponíveis, independente da fonte e do modo de aplicação, foram superiores ao sistema de plantio

convencional, o que indica que pode não ter sido observada diferença significativa neste experimento em função do manejo da área estar sob o sistema de plantio direto.

Nunes et al. (2011), concluíram que a distribuição de P extraível no solo após 14 anos de cultivo é influenciada pela fonte do fertilizante fosfatado, pelo modo de aplicação e pelo sistema de cultivo. O rendimento de grãos de soja no 14º ano de cultivo da área não foi alterado pela fonte do fertilizante fosfatado ou pelo modo de aplicação, e sim pelo sistema de cultivo. O maior rendimento foi obtido no sistema plantio direto, sendo explicado pela maior disponibilidade de P neste sistema em relação ao preparo convencional.

Em relação aos demais atributos, não foram observadas diferenças significativas ( $P < 0.05$ ), porém em relação ao potássio o mesmo apresentava teor acima do considerado adequado ( $70 \text{ mg dm}^{-3}$ ) considerado pela CFSEMG (1999). Já os teores de cálcio e magnésio também encontravam-se próximos ao recomendado, sendo o teor médio encontrado de  $1,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de cálcio e  $0,78 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de magnésio.

A saturação por bases apresenta-se inferior ao desejado para a produção de soja de alta produtividade, com teor médio abaixo de 50% sendo desejado um valor acima de 65%.



## **5 CONCLUSÕES**

Conclui-se que o arranjo espacial influenciou as características fitotécnicas da cultura da soja, não interferindo em aumento de produtividade. Em relação às doses de fósforo, as mesmas foram pouco influenciadas em função do manejo de aplicação, sendo que pode ser utilizado o manejo no sulco e a lanço como métodos eficientes de adubação de fósforo.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA A.M.R.; FERREIRA L.P.; YORINORI J.T.; SILVA J.F.V.; HENNING A.A.; GODOY C.V.; COSTAMILAN L.M.; MEYER M.C. **Manual de fitopatologia: doenças da soja**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq), São Paulo: Agronômica Ceres, p. 569-588, 2005. v.2.
- ARAÚJO F.F., HENNING A.A., HUNGRIA M. Phytohormones and Antibiotics Produced by *Bacillus subtilis* and their Effects on Seed Pathogenic Fungi and on Soybean Root Development. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v. 21 p. 1639-1645, 2005.
- BATAGLIA, O. C.; MASCARENHAS, H. A. A.; TEIXEIRA, J. P. F.; TISSELI FILHO, O. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em soja cultivar Santa Rosa. **Bragantia**, Campinas, v. 35, n. 21, p. 237-247, 1976.
- CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F. da. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema plantio direto em função da calagem na superfície. **Bragantia**, Campinas, SP, v.59, n. 2, p. 213-220, 2000.
- CALISKAN, S.; ARSLAN, M.; UREMIS, I.; CALISKAN, M.E. The effects of row spacing on yield and yield components of full season and double-cropped soybean. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 31, n. 3, p.147-154, 2007.
- CÂMARA, G. M. S.; HEIFFIG, L.S. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja. In: CÂMARA, G. M. S **Soja tecnologia da produção II**. Piracicaba ESALQ, 2000, p 81 -119.
- CARDOSO, D. A. D. B.; REZENDE, P. M. de. Arranjo de plantas. I. Efeito do espaçamento e da densidade no rendimento de grãos e outras características da soja. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 23-33, 1987.
- CASTRO, C. de; OLIVEIRA JUNIOR, A. de; OLIVEIRA, F. A.; RODAK, B. W.; JORDÃO, L. T. Produtividade de soja em resposta à utilização de fontes/formulações com nitrogênio aplicadas a lanço ou sulco de semeadura. In: **Reunião Paranaense Ciência do Solo**. Londrina, 2013.p.84
- CESB -COMITÊ ESTRATÉGICO SOJA BRASIL. **Desafio Nacional de Máxima Produtividade Safra 2012/2013**. 2013. Disponível em: <<http://www.cesbrasil.org.br/home.aspx>>. Acesso em: 14 out. 2013.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (Lavras, MG). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Lavras, 1989. 159 p.
- CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, quarto levantamento, janeiro 2013. Brasília, DF, 2013. 28 p. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_01\\_09\\_17\\_44\\_20\\_boletim\\_gaos\\_janeiro\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_01_09_17_44_20_boletim_gaos_janeiro_2013.pdf)>. Acesso em: 21 setembro. 2013.

CORRÊA, J. C; MAUAD, M; ROSOLÉM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 39, n. 12, p. 1231-1237, 2004.

CRUZ, T. V.; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. C. Crescimento e produtividade de soja em diferentes épocas de semeadura no oeste da Bahia, **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n.1, p.33-42, Jan./Feb. 2010.

DALLEY, C.D., KELLS, J.J.; RENNER, K.A. Effect of glyphosate application timing and row spacing on corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*) yields. Weed Technology, de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agrícola**, v.57, n.1, p.153-162, 2004.

EGLI, D. B. Mechanisms responsible for soybean yield response to equidistant planting patterns. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 6, p. 1046-1049, 1994.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná: safra 2000/2001**. Londrina, 2000. 255 p.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção da soja – Região Central do Brasil**, 2005. Londrina – PR, 2004, 239 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2 ed. rev. e ampliada. Brasília, DF: **Embrapa informação tecnológica**. 627 p.2009.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil 2012 e 2013**. - Londrina: Embrapa Soja, 2011.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: **Iowa State University**. Special Report, 80, Iowa Cooperative Extensive Service, Iowa, 12 p, 1977.

FREITAS, M. C. M.; HAMAWAKI, O. T.; BUENO, M. R.; MARQUES, M. C. Época de semeadura e densidade populacional de linhagens de soja UFU de ciclo semitardio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 698-708, 2010.

GONÇALVES, J.M. **Acúmulo de nutrientes em soja transgênica no Cerrado Goiano**. - 2012.xv, 62 f.

GUARESCHI, R. F. et al.; GAZOLLA, P.R.; PERIN, A.P.; SANTINI, J.M.K. Adubação antecipada na cultura da soja com superfosfato triplo e cloreto de potássio revestidos por polímeros. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 643-648, jul./ago., 2011.

HANIFI, M.; ELTAIB, S.M.; AHMAD, M.B. Physical and chemical characteristics of controlled release compound fertilizer. **European Plymer Jounal**, Oxford, v.36, p.2081–2088, 2000.

HEIFFIG, S.L.; CÂMARA, S.M.G.; MARQUES, A.L.; PEDROSO, B.D.; STÉFANO PIEDADE, M.S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, Campinas, SP, v.65, n.2, p.285-295, 2006.

IKEDA, T. Soybean planting patterns in relation to yield and yield components. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 6, p. 923-926, 1992.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 452p.

LANA, R.M.Q.; VILELA FILHO, C. E.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; PEREIRA, H.S.; LANA, A, M, Q, Adubação superficial com fósforo e potássio para a soja em diferentes épocas em pré-semeadura na instalação do sistema de plantio direto. **Scientia Agraria**, v4, n1-2, p.53-60, 2003.

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

LIMA, S.F.; ALVAREZ, R.C.F.; THEODORO, G. de F.; BAVARESCO, M.; SILVA, K.S. Efeito da semeadura em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e a severidade da ferrugem asiática da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 954-962, nov./dez, 2012

LOPES;A.S.; WIETHOLTER, S.; GUILHERME, L.R.G.; SILVA, C.A. **Sistema de Plantio Direto: Bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), 2004.

LUCA, M. J. de; HUNGRIA, M. Nodulação e rendimento da soja em diferentes densidades de plantas. In.: FERTIBIO, 2010, Guarapari. **Anais**. Guarapari, 2010.

MAEHLER, A.R. **Crescimento e rendimento de duas cultivares de soja em resposta ao arranjo de plantas e regime hídrico**. 108f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

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

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

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

MAUAD, M.; SILVA, T.L.B.; ALMEIDA NETO, A.I.; ABREU, V.G. Influência da densidade de semeadura sobre características agrônômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, Dourados, v.3, n.9, p.175-181, 2010.

MIRANDA, L.N.; MIRANDA, J.C.C. **Efeito residual da adubação fosfatada para a cultura do arroz em solo de cerrado**. Comunicado Técnico 87. Planaltina, DF, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2003.

MOORE, S. H. Uniformity of planting effect on soybean population parameters. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 4, p. 1049-1051, 1991.

MORELLI, J.L.; NELLI, E.J.; BAPTISTELLA, J.R.; DEMATTÊ, J.L.I. Termofosfato na produtividade da cana-de-açúcar e nas propriedades químicas de um solo arenoso de baixa fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.15, p.57-61. 1991.

MOTERLE, L. M.; SANTOS, R. F.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; LANA, M. C. Influência da adubação com fósforo e potássio na emergência das plântulas e produtividade da cultura da soja. **Revista Ciência Agronômica, Paraná**, v. 40, n. 02, p. 256-265, 2009.

MOTOMIYA, W. R.; FABRÍCIO, A.C.; MARCHETTI, M.E.; GONÇALVES, M.C.; ROBAINA, A.D.; NOVELINO, J.O. Métodos de aplicação de fosfato na soja em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 4, p. 307-312, 2004.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio** : Brasil 2012/2013 a 2022/2023 / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Assessoria de Gestão Estratégica, – Brasília, DF: Mapa/ACS, 2013, 96p.

NAEVE S.L. e QUIRING S.R. **Influence of soybean row spacing and plant population on development and yield across planting dates in Minnesota**. University of Minnesota, 2004, Poster 5672.

NOVAIS, F.R.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399p.

NUNES, R. de S. **Distribuição do fósforo no solo sob dois sistemas de cultivos de diferentes manejos da adubação fosfatada**. 2010, 88 p. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. Dissertação (Mestrado).

OLIVEIRA, A. B. **Fenologia, desenvolvimento e produtividade de cultivares de soja em função de épocas de semeadura e densidades de plantas**, Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, 2010, 78f, Dissertação de Mestrado.

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.

PAVINATO, P.S.; CERETTA, C.A. Fósforo e potássio na sucessão trigo/milho: épocas e formas de aplicação. **Ciência Rural**, Santa Maria 34, n.6, p.1779-1784, 2004.

PEDERSEN P. **Row spacing in Soybean**. Iowa State University – Department of Agronomy, 2008.

PEDRINHO JÚNIOR, A. F. F.; BIANCO, S.; PITELLI, R. A. Acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de *Glycine max* e *Richardia brasiliensis*. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 22, n. 1, p. 53-61, 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 Agricola**, Piracicaba, SP, 2000.v.57, n.1, p.153-162.

PERINI; L.J.; FONSECA JUNIOR, N.S.; DESTRO, D.; PRETE, C.E.C. Componentes da produção em cultivares de soja com crescimento determinado e indeterminado. **Seminário: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33,suplemento 1, p.2531-2544,2012.

PENDLETON, J. W.; HARTWIG, E. E. Management, In: CALDWELL, B. E. (Ed.), Soybeans: improvement, production, and uses, Madison, Wisconsin, USA: **American Society of Agronomy**, 1973, p, 211-237.

PIRES, J. L. **Efeito da redução do espaçamento entre linhas da soja sobre o rendimento de grãos e seus componentes, em semeadura direta**. 2000. 94f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

PORRAS, C.A.; CAYÓN, D.G.; DELGADO, O.A. Comportamiento fisiológico de genotipos de soya em diferentes arreglos de siembra. **Acta Agronómica**, Palmira, v. 47, n. 1, p. 9-15, 1997.

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

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; ROQUE, C. G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 25, n. 1, p. 85-92, 2001.

PROCHNOW, L. I. et al. Characterization and agronomic evaluation of single superphosphates varying in iron phosphate impurities. **Agronomy Journal**, Madison, v. 95, p. 293-302, 2003.

PROCÓPIO, S. de O.; SANTOS, J. B. dos.; PIRES, F. R.; SILVA, A. A. da.; MENDONÇA, E. de S. Absorção e utilização do fósforo pelas culturas da soja e do feijão e por plantas daninhas. **Revista brasileira ciência do solo**, Viçosa-MG, v.29, p. 911-921, 2005.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres; Potafos, 1991. 343p.

RAMBO, L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.P.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.3, p.405-411, mai-jun, 2003.

RAMBO, L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F.G. Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes arranjos de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.1, p.33-40, 2004.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; ALVES, V. M.C.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARG, D. I.; SANTOS, J. Z. L.; CARNEIRO, L. F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 453-466, 2006.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; THOMPSON, H.E. & BENSON, G.O. **Como a planta de soja se desenvolve**. Ames, Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service, 1997.(POTAFOS. Arquivo do Agrônomo, 11).

ROSOLÉM, C.A **Nutrição mineral adubação em soja**. Piracicaba: Instituto Potassa e Fosfato, 1982.80p (Boletim técnico, 6).

ROSOLÉM, C. A.; ZANCANARO, L.; BISCARO, T. Boro disponível e resposta da soja em latossolo vermelho-amarelo do Mato Grosso. **Revista brasileira ciência do solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, dez. 2008.

SHAVIV, A. Preparation methods and release mechanisms of controlled release fertilizers: Agronomic efficiency and environmental significance. Proceedings N° 431 pp. 1-35. **International Fertiliser Society**, York, UK, 1999.

SIMIONATO, U.R.; PROCÓPIO, S.O.; BALBINOT JR., A.A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C. ; BABOLIM, R.C.G. **Plantio cruzado na cultura da soja em uma cultivar de tipo de crescimento indeterminado**, VIII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja,2012.

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 416p.

SOUZA, C.A.; GAVA, F.; CASA, R.T.; BOLZAN, J.M.; KUHNEM JUNIOR, P.R. Relação entre densidade de plantas e genótipos de soja Roundup Ready™. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.28, n.4, p.887-896, 2010.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; BORKERT, C. M. Nutrição mineral da Soja. In: ARANTES, N, E.; SOUZA, P, I, de M, de, **Cultura da soja nos cerrados**, Piracicaba: Potafos, p.105-135, 1993.

TEIXEIRA, C.M. **Diferentes palhadas e doses de nitrogênio no plantio direto do feijoeiro**. 2004. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

TOMAZ, H.V.Q. **Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo na cana-de-açúcar**. 2009. 93 f. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, Piracicaba, SP, 2009.

TOMASZEWSKA, M.; JAROSIEWICZ, A.; KARAKULSKI, K. Physical and chemical characteristics of polymer coatings in CRF formulation. **Desalination**, Nottingham, v.146, n.3, p. 319-323, 2002.

TOURINO, M.C.C.; REZENDE, P.M. de.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, ago. 2002

URANO, E. O. M.; KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; VITORINO, A. C. T.; GONÇALVES, M. C.; MARCHETTI, M. E. Avaliação do estado nutricional da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília,DF, v.41, n.9, p.1421-1428, set. 2006.

ZAHRANI, S. Utilization of polyethylene and paraffin waxes controlled delivery systems for different fertilizers. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, Washington, v.39, n.3, p.367–371, 2000.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JUNIOR., R.S. Interações fisiológicas entre glifosato e complexos metálicos. Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil – in: EMBRAPA SOJA - **Anais da XXX Documentos 310**: 101-109, 2009.

WWF; **Produção e Exportação de Soja Brasileira do Cerrado 2001 a 2010**; Disponível em [WWF.org.br/WWF\\_soja\\_cerrado\\_web.pdf](http://WWF.org.br/WWF_soja_cerrado_web.pdf); p.5-15, 2012.Acesso: 20-09-2013.