

FONTES ALTERNATIVAS DE ADUBAÇÃO NA CULTURA DA SOJA

ALTERNATIVE FERTILIZER SOURCE OF FERTILIZATION IN SOYBEAN CROP

Thomas Newton Martin^I 

Aricia Ritter Corrêa^{II} 

Rodrigo Luiz Ludwig^{III} 

Rosana Taschetto Vey^{IV} 

^I Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. Engenheiro Agrônomo. Professor do Curso de Agronomia. E-mail: martin.ufsm@gmail.com

^{II} Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. Acadêmica de Agronomia. E-mail: ariciaritter18@gmail.com

^{III} Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. Engenheiro Agrônomo. Professor do Curso de Agronomia. E-mail: rodrigo.ludwig@ibiruba.ifrs.edu.br

^{IV} Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. Doutoranda do PPG em Agronomia. E-mail: rosanatv2103@yahoo.com.br

Resumo: A sustentabilidade da produção de soja (*Glycine max* (L.) Merrill.) deve obrigatoriamente considerar a utilização de insumos alternativos, que reduzam o custo de produção e sejam sustentáveis do ponto de vista ambiental. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi comparar duas formulações de adubação organomineral com a adubação mineral, em três cultivares de soja. Objetivou-se também determinar a melhor dose de adubação organomineral para três cultivares de soja. Foram realizados dois experimentos distintos, ambos utilizando três cultivares de soja, de grupo de maturação distinto, submetidas a tipos de adubos (experimento 1) e a doses de adubo organomineral (experimento 2). Os experimentos foram realizados no delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo avaliados, massa seca de plantas, número de nódulos e componentes de produtividade da soja. O organomineral SQ/CP (alternativo ao organomineral comercial) possui resposta intermediária em relação à adubação mineral, não diferindo do organomineral JN1 (produto comercial), sendo superior a testemunha. No primeiro experimento não se observou interação entre adubos e cultivares para produtividade, sendo que os resultados de adubações são aplicáveis independente das cultivares testadas. O fertilizante mineral não diferiu do organomineral JN1, sendo ambos superiores à testemunha. No segundo experimento houve interação entre as doses e cultivares para a variável produtividade, em que a cultivar Nidera 7321 respondeu a até duas vezes a recomendação do organomineral SQ/CP. A adubação organomineral SQ/CP pode ser utilizado em substituição a adubação mineral sem prejuízo a produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Glycine max*, organomineral, sustentabilidade, fertilidade.

Abstract: The sustainability of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.) production must necessarily consider the use of alternative inputs that reduce the cost of production and are environmentally sustainable. Therefore, the objective of this work was to compare

DOI: <https://doi.org/10.31512/vivencias.v18i37.429>

Submissão: 15-01-2021

Aceite: 03-03-2022



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

two formulations of organomineral fertilization with mineral fertilization, in three soybean cultivars. The objective was also to determine the best dose of organomineral fertilization for three soybean cultivars. Two different experiments were carried out, both using three soybean cultivars, from different maturation groups, subjected to types of fertilizers (experiment 1) and doses of organomineral fertilizer (experiment 2). The experiments were carried out in a randomized block design with four replications, being evaluated, plant dry mass, number of nodules and soybean yield components. The organomineral SQ/CP (alternative to the commercial organomineral) has an intermediate response in relation to mineral fertilization, not differing from the organomineral JN1 (commercial product), being superior to the control. In the first experiment, there was no interaction between fertilizers and cultivars for productivity, and the results of fertilization are applicable regardless of the cultivars tested. The mineral fertilizer did not differ from the organomineral JN1, both being superior to the control. In the second experiment, there was an interaction between doses and cultivars for the yield variable, in which the cultivar Nidera 7321 responded to up to twice the recommendation of the organomineral SQ/CP. SQ/CP organomineral fertilization can be used to replace mineral fertilization without harming grain yield.

Keywords: *Glycine max*, organomineral, sustainability, soil fertility.

Introdução

Ao longo dos anos a cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill.) assumiu um papel importante na produção agrícola em todo o mundo. Isso se deve ao seu potencial de gerar produtos com diferentes funções e alto valor biológico, devido ao alto teor de proteína e óleo presente nos grãos (ALBRECHT *et al.*, 2008). Os produtos originados, como o farelo de soja, podem ser utilizados na alimentação animal (PAPADOMICHELAKIS *et al.*, 2010), o óleo (CELLA *et al.*, 2002) e a carne de soja (TAKAHASHI; TAKAHASHI, 2008) na alimentação humana, e também como matéria prima para produção de biocombustíveis (SUAREZ *et al.*, 2009).

Dentre os macronutrientes necessários para a produção, o nitrogênio é um elemento essencial para a cultura e é, normalmente, o nutriente requerido em maior quantidade pelas culturas (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). Este elemento influencia diretamente na formação de raízes, na fotossíntese, na produção e translocação de fotoassimilados, na taxa de crescimento foliar e na produção de matéria seca (TAIZ; ZIEGER, 2004). Por meio da simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, a cultura da soja fixa da atmosfera a quase totalidade desse nitrogênio, necessitando apenas de uma quantidade pequena de nitrogênio, proveniente do solo (ALVES *et al.*, 2006). O fósforo está presente em componentes estruturais das células, como ácidos nucleicos, fosfolipídios das membranas celulares e/ou armazenado na forma de ATP. No solo muitas vezes esse elemento se encontra complexado, se tornando pouco

disponível (COSTA *et al.*, 2009), sendo um dos maiores entraves para sua utilização pelas plantas (SCHONINGER *et al.*, 2013). A quantidade de fósforo presente no solo é grande, porém uma pequena quantidade está presente na solução (BRUNETTO *et al.*, 2013). As plantas cultivadas não possuem habilidades suficientes para fazer uso de formas consideradas não-lábeis de fósforo no solo. Isto faz com que exista a necessidade de aplicação via fertilização. Essa fertilização se dá via fontes minerais, com alto potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas (BERTOL *et al.*, 2011). O potássio possui uma grande importância, mas não é componente de nenhuma estrutura química dentro da planta (MARSCHNER, 1995). O mesmo atua em vários níveis do processo fotossintético, na síntese de ATP, na taxa de assimilação de CO₂, abertura e fechamento estomático, ativação enzimática, promove também maior resistência do colmo possui alta mobilidade tanto dentro da célula como no tecido vegetal e forma moléculas orgânicas de fácil reversibilidade (ROSOLEM *et al.*, 2006).

Nesse sentido, o custo com fertilizantes na safra de soja 2018/19 representou 25% do custo total das lavouras no Brasil (APROSOJA, 2019). Sendo assim, os adubos minerais têm alto potencial de contaminação do ambiente, alto custo de utilização e baixa eficiência, por isso é necessário a buscar por novas formulações de fertilizantes. Trabalhos como o de López-López (2012) demonstram melhorias na qualidade do solo após a utilização de adubos na forma organomineral, bem como o de Triberti *et al.* (2008). Figueiredo *et al.* (2012) observou aumento da produtividade de milho utilizando adubação organomineral. Em solos com alto teor de fósforo, a aplicação de fertilizante organomineral resultou em um aumento de 20% na produtividade de milho em relação ao adubo mineral (Grohskopf *et al.*, 2019). A adubação organomineral apresentou um ganho de produtividade de soja de 17,31% em relação a adubação mineral, (Duarte *et al.*, 2013). Ulsenheimer (2016) afirmam que os adubos organominerais oferecem maior sustentabilidade para a agricultura, visto que proporciona aproveitar dejetos de forma correta, além de redução nos custos, melhoria nos solos e na produção das culturas, nesse caso utilizar esses fertilizantes pode ser uma alternativa viável no ponto de vista agrônomico e econômico.

Para haver uma maior sustentabilidade, o setor de adubos organominerais pode ser uma opção competitiva para propiciar à agricultura, nutrientes e matéria orgânica necessários para os solos e plantas, além de permitir uma melhor destinação dos dejetos e um menor impacto ambiental quando transformados em fertilizantes (Cruz *et al.*, 2017).

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar os componentes de produtividade e rendimento de cultivares de soja, submetidas à adubação de base com fertilizantes organominerais e minerais, bem como avaliar a resposta das cultivares a doses do fertilizante organomineral.

Metodologia

Foram conduzidos dois experimentos na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, em uma área do Departamento de Fitotecnia, situada a 29° 43' 04" S, 53° 44' 01" O, com altitude de 116 metros, em topografia plana. O clima predominante, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical úmido (Cfa) (HELDWEIN *et al.*, 2009). O solo é

classificado como Argissolo Vermelho, unidade de mapeamento São Pedro (EMBRAPA, 2013). Antes da instalação do experimento foi realizada a amostragem de solo, na camada de 0-20 cm, para análise de caracterização química. Os resultados das análises foram: pH (em água): 5,0; P-Mehlich (mg dm^{-3}): 18,9; K^+ (mg dm^{-3}): 88,00; e 8,0; 3,0; 7,7 e 0,7 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; H^+ e Al , respectivamente, ainda com V (%): 59,9; argila (%): 27 e matéria orgânica (%): 2,8.

Foram utilizadas duas fontes de adubação: mineral e organomineral, sendo a organomineral representada por duas formulações distintas (JN1 e SQ/CP). Considerando que a JN1 é a fonte comercial de adubo organomineral e a SQ/CP é a sigla utilizada para a adubação organomineral alternativa, em que sua constituição está apresentada a seguir. Essas formulações foram submetidas à análise química para determinação da quantidade dos nutrientes e outros fatores presentes nas mesmas. No caso do adubo mineral, cada 100 kg do mesmo, continha: 2,1 kg de nitrogênio; 12,51 kg de fósforo ($\text{P-P}_2\text{O}_5$); 7,75 kg de potássio ($\text{K-K}_2\text{O}$); 10,39 kg de enxofre; 23,11 kg de cálcio (CaO); 1,17 kg de magnésio (MgO) e pH 4,1. O adubo organomineral JN1, continha a cada 100 kg: 5,61 kg de nitrogênio; 8,16 kg de fósforo; 13,63 kg de potássio; 1,15 kg de enxofre; 1,14 kg de cálcio; 0,14 kg de magnésio e pH 4,95. O adubo organomineral SQ/CP, continha a cada 100 kg: 4,42 kg de nitrogênio; 13,4 kg de fósforo; 7 kg de potássio; 0 kg de enxofre; 17,64 kg de cálcio; 0 kg de magnésio e pH 5,74.

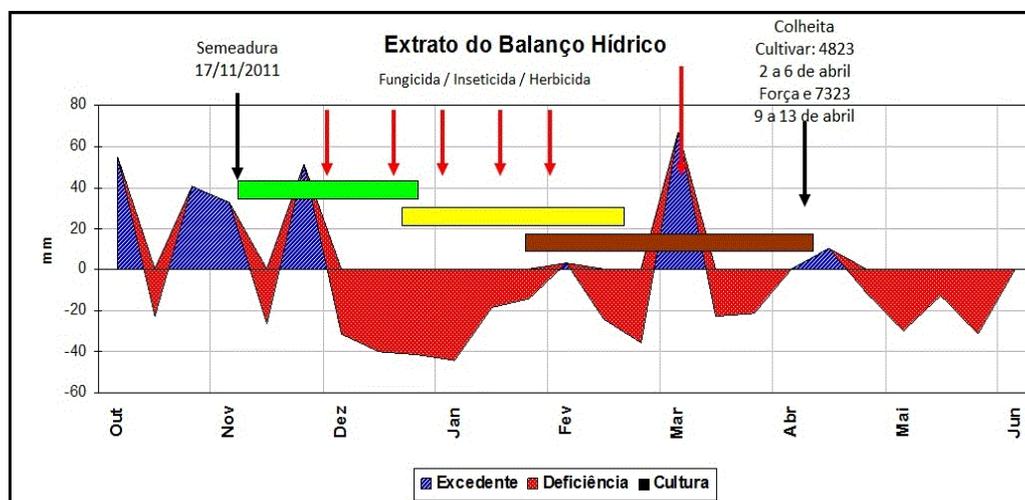
O experimento 1 foi conduzido com os tratamentos distribuídos em um fatorial 3×4 , sendo três cultivares de soja e quatro formas de adubação, em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. As cultivares utilizadas foram as seguintes: Fundacep 62 (grupo de maturação 5,6); BMX Força (grupo de maturação 6,2) e Nidera 7321 (grupo de maturação 7,5). As fontes de adubação de base utilizadas foram: (i) testemunha, sem adubação; (ii) recomendação de adubação conforme a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS) (2004), utilizando-se adubação mineral; (iii) recomendação de adubação conforme a CQFS (2004), utilizando a fonte organomineral JN1 e (iv) recomendação de adubação conforme a CQFS (2004), utilizando-se a fonte organomineral SQ/CP. Os adubos organominerais utilizados, assim como os minerais, estavam na forma granulada. Os organominerais são revestidos com polímero, que possui efeito de liberação lenta dos nutrientes ao longo do ciclo da cultura.

O experimento 2 foi conduzido em um esquema fatorial 3×5 , sendo mesmas três cultivares de soja e cinco doses de adubação organomineral, em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. As cultivares foram as mesmas já citadas no experimento 1. As doses do organomineral foram as seguintes: (i) testemunha, sem de adubação de base; (ii) $\frac{1}{2}$ x dose da recomendação de adubação de base da CQFS (2004); (iii) 1x a dose da recomendação de adubação de base da CQFS (2004); 1,5x a dose da recomendação de adubação de base da CQFS (2004) e (iv) 2x a dose recomendada de adubação de base da CQFS (2004). Nesse experimento foi utilizado o organomineral SQ/CP. A dose de 294 kg ha^{-1} desse fertilizante foi considerada como a dose recomendada, e as demais calculadas com base nesta.

As unidades experimentais, em ambos os experimentos, foram constituídas por sete fileiras com 7,0 m de comprimento, espaçadas de 0,40 m. A área útil de cada parcela foi composta por cinco fileiras de cinco metros de comprimento, totalizando 10 m^2 . A densidade de semeadura, para todas as cultivares, foi de $26 \text{ plantas m}^{-2}$. Ambos os experimentos foram semeados no dia

17/11/2011. O extrato do balanço hídrico para o período de condução do experimento está representado na Figura 1.

Figura 1: Extrato do balanço hídrico para o período de condução do experimento, safra 2011/2012, Santa Maria - RS



Fonte: Grupo de Pesquisa Manejo de Grandes Culturas de Coxilha, 2012.

A dessecação da área do experimento foi realizada por meio de dessecação com herbicida Glyphosate, na dose de 5 L ha⁻¹, 15 dias antes da instalação do experimento. As sementes foram tratadas com fungicidas (Piraclotrobina e Metil Tiofanato), inseticidas (Fipronil), cobalto e molibidênio. A inoculação das sementes com inoculante comercial contendo a bactéria *Bradyrhizobium sp.*, foi realizada com o objetivo de alcançar a dose de 1x10⁹ células bacterianas por semente. O controle de plantas daninhas foi realizado com o mesmo Glyphosate na dose de 5 L ha⁻¹ quando as plantas se encontravam com 3 folhas completamente desenvolvidas. O controle de percevejos foi realizado com produto sistêmico (Neonicotinoide e Piretroide) na dosagem de 500 mL ha⁻¹, aplicado em duas ocasiões (estádios V2 e R2), assim como o controle de lagartas que foi feito com inseticida piretróide (Permetrina+Xileno) e fisiológico (Teflubenzuron), aplicados também nos estádios V2 e R2. A aplicação de fungicidas foi realizada em dois momentos, utilizando em ambas as ocasiões, uma Estrobilurina e um Triazol, as doses aplicadas seguiram as doses comerciais indicadas para a cultura da soja.

As características avaliadas (ambos os experimentos) foram: número de plantas por parcela (NP ha⁻¹); número de nódulos por planta (NN); massa seca da parte aérea por planta (MSPA); massa seca de raiz por planta (MSR), sendo estas avaliações aos 29, 51 e 87 dias após a emergência (DAE - média de 10 plantas); número de vagens por planta (NV) (média de 10 plantas); número de grãos por planta (NG) (média de 10 plantas); número médio de grãos por vagem; massa de cem grãos (MCG) (g) e produtividade de grãos (PG) (kg ha⁻¹). As variáveis que consideraram o número, seguiram a metodologia de contagem direta, já as que consideraram a massa seca, os materiais foram secos a 65°C até massa constante para posteriormente pesagem e a produtividade de grãos foi ajustada para 13% de umidade, assim como a massa de mil grãos.

Foi realizada a análise de variância para todas as variáveis em ambos os experimentos. O nível de significância adotado foi de 5%. Testou-se inicialmente a interação dos fatores e na sequência os efeitos principais de cada tratamento. O desdobramento do primeiro experimento foi realizado pelo teste de Duncan e para o segundo experimento ajustou-se a regressão polinomial até terceiro grau. O software utilizado para as análises foi o Soc/Ntia (EMBRAPA, 1997).

Resultados e discussões

Houve efeito significativo da interação entre cultivares e fontes de adubação de base para as variáveis: número de vagens por planta e número de grãos por planta. O número de nódulos por planta, massa seca de parte aérea por planta e massa seca de raiz por planta não apresentaram interação entre cultivares e tipo de adubação, bem como massa de cem grãos e produtividade, e o efeito principal de cada um dos fatores está representado na Tabela 1. O fato da testemunha, que não foi fertilizada, apresentar maior número de nódulos por plantas aos 29 DAE, se deve a dissolução de ambas as formas de adubação, que por possuírem nitrogênio em sua constituição, acentuaram a acidificação da zona próxima às raízes. Com isso, um menor número de deformações nos pelos radiculares foi formado, reduzindo-se assim o formato de gancho e a formação do canal de infecção. Essa acidificação se traduz em um ambiente menos favorável para a colonização das raízes pela bactéria, e pode retardar o início da simbiose e nodulação (CORDEIRO *et al.*, 2012).

Tabela 1 - Médias para o efeito principal de cultivar e do tipo de adubação, para as variáveis NN, (nódulos pl⁻¹), massa seca total (MST, g pl⁻¹), MSR, (g pl⁻¹), MSPA, (g pl⁻¹) aos 29, 51 e 87 dias após a emergência, MCG, (g) e PG (kg ha⁻¹)

Tratamentos	NN 29	MST 29	MSR 29	MSPA 29	NN 51	MST 51	MSR 51
Fundacep 62	3,18a*	5,11a	0,94a	4,16a	8,11a	21,65	4,07
BMX Força	3,46a	4,10b	0,70b	3,40b	8,61a	18,68	4,25
Nidera 7321	0,47b	0,55c	0,11c	0,44c	4,03b	22,18	4,07
Testemunha	5,10 a	2,84	0,52	2,31	8,00	17,54	3,56
Adub. Min.	0,72 b	3,75	0,65	3,09	4,93	23,48	4,95
Org. JN1	1,35 b	3,21	0,57	2,63	6,98	24,01	4,45
Org. SQ/CP	2,31 b	3,23	0,59	2,64	7,76	18,31	3,95
Média	2,37	3,25	0,58	2,67	6,92	20,83	4,23
CV (%)	129,21	39,12	42,24	38,97	62,45	35,10	39,13
	MSPA 51	NN 87	MST 87	MSR 87	MSPA 87	MCG	PG
Fundacep 62	17,57	11,64b	51,55b	4,85b	46,69b	15,19c	2141,9 ^a
BMX Força	14,43	21,98a	46,82b	7,16a	39,65b	16,99b	1472,6b
Nidera 7321	17,81	16,33b	72,23a	9,32a	62,90a	18,17 ^a	1801,4ab
Testemunha	13,98b	19,97ab	37,64b	5,35b	32,29b	15,48b	1205,5c
Adub. Min.	18,52ab	12,55c	69,53a	9,17a	60,35a	17,23 ^a	2410,5 ^a
Org. JN1	19,56a ^a	13,75bc	67,77a	7,87ab	59,90a	16,83 ^a	1907,6ab

Org. SQ/CP	14,36ab	20,33a	52,53ab	6,07b	46,46ab	17,59 ^a	1697,5bc
Média	16,60	16,65	56,87	7,11	49,75	16,78	1805,31
CV (%)	36,42	45,28	41,89	44,84	43,29	9,55	35,46

*Letras minúsculas na vertical diferenciam as médias pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade

Na avaliação feita 51 DAE, não houve diferença entre os tratamentos para o número de nódulos. O número de nódulos apresentou diferença significativa entre os tratamentos na avaliação feita aos 87 DAE, quando o tratamento com organomineral SQ/CP apresentou resultado superior aos demais. Quanto as variáveis de massa seca (de raiz, parte aérea e total), na avaliação feita aos 51 DAE, apenas a variável massa seca de parte aérea apresentou diferença significativa, diferindo entre as fontes de adubação, mas não diferindo entre cultivares. No entanto, não foi observada diferença entre as fontes de fertilizante organomineral, diferindo apenas da testemunha. A última avaliação feita para essas variáveis, aos 87 DAE, apresentou diferença entre cultivares, onde o genótipo Nidera 7321 foi superior aos demais para massa seca total e massa seca de parte aérea, e não diferiu do genótipo BMX Força para massa seca de raiz, os quais foram superiores ao genótipo Fundacep 62. As causas desses efeitos estão relacionadas a capacidades das cultivares realizarem a simbiose a partir dos fatores Nod (JANCZAREK *et al.*, 2015) juntamente, com a maior nodulação que ocorre próximo ao florescimento (CHRISTOPHE *et al.*, 2011).

Com relação à influência da fonte de adubação para as variáveis massa seca total e massa seca da parte aérea aos 87 DAE, esta foi positivamente influenciada pela fonte mineral e pelo organomineral JN1, não diferindo do organomineral SQ/CP, que por sua vez não diferiu da testemunha. Quanto à massa seca de raiz, esta foi semelhante para a adubação mineral e organomineral JN1, sendo a adubação mineral superior ao organomineral SQ/CP e a testemunha.

A interação entre cultivares e tipo de adubação demonstrou que a cultivar BMX Força não é responsiva a adubação para o número de vagens e o número de grãos por planta (Tabela 2). Isso evidencia uma certa característica de rusticidade ou adaptabilidade maior desse material a ambientes desfavoráveis. Quanto ao número de vagens, Fundacep 62 e Nidera 7321 apresentaram resposta semelhante à adubação mineral. Porém, o organomineral SQ/CP diminuiu o número de vagens para Fundacep 62, mas não difere da adubação mineral, e aumentou o número de vagens para Nidera 7321, quando comparado a JN1 (Tabela 2). Isso demonstra que diferentes materiais genéticos respondem distintamente a fonte organomineral utilizada, para uma variável altamente correlacionada com a produtividade. Quanto ao número de grãos por planta (Tabela 2), além da BMX Força, a cultivar Nidera 7321 não demonstrou resposta no aumento do número de grãos por meio de nenhuma das formas de adubação, visto que não diferiu da testemunha. A cultivar Fundacep 62 mostrou comportamento semelhante ao apresentado para a variável número de vagens, visto que adubação mineral não diferiu do organomineral SQ/CP e o melhor resultado foi observado junto ao organomineral JN1, que não diferiu da adubação mineral. A variabilidade de resultados desse conjunto de variáveis é esperada, pois cada uma relação de causa e efeito com a disponibilidade de nutrientes no solo (ZONTA *et al.*, 2014) e também com o

dimensionamento amostral (SANA *et al.*, 2014). Isso faz, com que existam variabilidade dos resultados.

Tabela 2 - Média para o efeito fonte de adubação utilizada sob as cultivares Fundacep 62 (62), BMX Força (Força) e Nidera 7321 (7321), para as variáveis: número de vagens por planta (NV) e número de grãos por planta (NG)

	NV			NG		
	62	Força	7321	62	Força	7321
Testemunha	55,80cA*	38,75aA	49,85bA	104,90cA	76,45aB	89,65aB
Adub. mineral	122,40abA	69,30aB	96,30aAB	239,50abA	119,33aB	163,25aB
Org. JN1	150,10aA	44,50aB	58,10bB	258,15aA	91,30aA	98,95aA
Org. SQ/CP	91,85bcAB	56,90aB	100,65aA	164,60bcA	97,60aA	142,50abA
Média		77,87			137,18	
CV (%)		29,98			30,34	

*Letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical diferenciam as médias pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade

Observando o extrato do balanço hídrico (Figura 1) e o período em que a instalação do experimento foi realizada, percebe-se que as plantas foram submetidas, durante e após o florescimento, a um período de déficit de umidade no solo. Essa deficiência de umidade pode ter influenciado a expressão do potencial produtivo das cultivares, tendo também influenciado a resposta dos componentes de rendimento, nas diferentes formas de adubação. Destaca-se que a acidez do solo pode ter sido acentuada nessas situações de estresse hídrico (ZANDONÁ *et al.*, 2015). Fioreze *et al.* (2011) trabalhando com diferentes cultivares de soja sob condições com e sem déficit hídrico intenso após florescimento (estádio R1), constataram influência no número de vagens por planta e massa dos grãos. Os autores também constataram que o número de vagens por planta foi negativamente afetado pelo déficit hídrico, enquanto que o número de grãos por planta não diferiu em ambas as condições. No presente estudo, esses dois componentes de rendimento foram os únicos a apresentar interação entre cultivares e tipo de adubação (Tabela 2), sob a condição de déficit hídrico observada no período. O número de vagens e número de grãos por planta, bem como a massa de mil grãos, são os mais importantes componentes de rendimento da soja, sendo que o efeito do déficit hídrico normalmente é mais intenso nesses componentes. Um estudo realizado por Navarro Junior e Costa (2002) indicou a importância de cada um desses componentes de rendimento na produtividade de grãos da soja. Sendo assim, o fato da produção de grãos não ter apresentado diferenças significativas entre as diferentes interações, é devido aos tratamentos não terem sido eficientes em interferir em componentes de rendimento com influência na produtividade da soja, sob o baixo regime pluviométrico observado no corrente ano agrícola.

A produção de grãos da cultivar Fundacep 62, foi de 2141,9 kg ha⁻¹, não diferindo estatisticamente da cultivar Nidera 7321 (1801,4 kg ha⁻¹), não diferiu estatisticamente do alcançado pela cultivar BMX Força, de ciclo médio, que obteve produtividade de 1472,5 kg ha⁻¹ (Tabela 2). A baixa produtividade alcançada pelas cultivares está estreitamente ligada ao

fenômeno La Niña, que suprimiu o potencial produtivo, diminuindo, de maneira geral, a média das lavouras afetadas pelo fenômeno. Quando as condições de disponibilidade de água no solo estão abaixo do exigido pela planta, as restrições ao pleno desenvolvimento dos vegetais se manifestam mais fortemente (SILVA *et al.*, 2013).

A qualidade do solo é fundamente para a sustentabilidade produtiva e nesse sentido a taxa de transpiração de CO₂ no solo e transformação do nitrogênio no solo estão correlacionados com a produtividade (LÓPEZ-LÓPEZ *et al.*, 2012). A adição de material orgânico nos solos aumenta os níveis de carbono, nitrogênio e fósforo, além da respiração do solo ser maior. Isso relaciona-se ao a quantidade de microrganismos no solo que é maior em comparação aos solos adubados apenas com adubação mineral. Estudos de longo prazo (iniciados em 1966), com a aplicação de material orgânico no solo, mostraram que houve aumento no conteúdo de carbono orgânico e na fertilidade do mesmo (TRIBERTI *et al.*, 2008). Porém essas alterações foram observadas em uma adequada disponibilidade hídrica no solo e avaliações e inclusões mais longas. As respostas observadas para a adubação organomineral podem ser amplificadas em melhores condições hídricas, possibilitando assim que os nutrientes permaneçam por maior tempo na solução do solo, interagindo com o solo e liberando gradativamente os nutrientes, melhorando a qualidade química e biológica do solo.

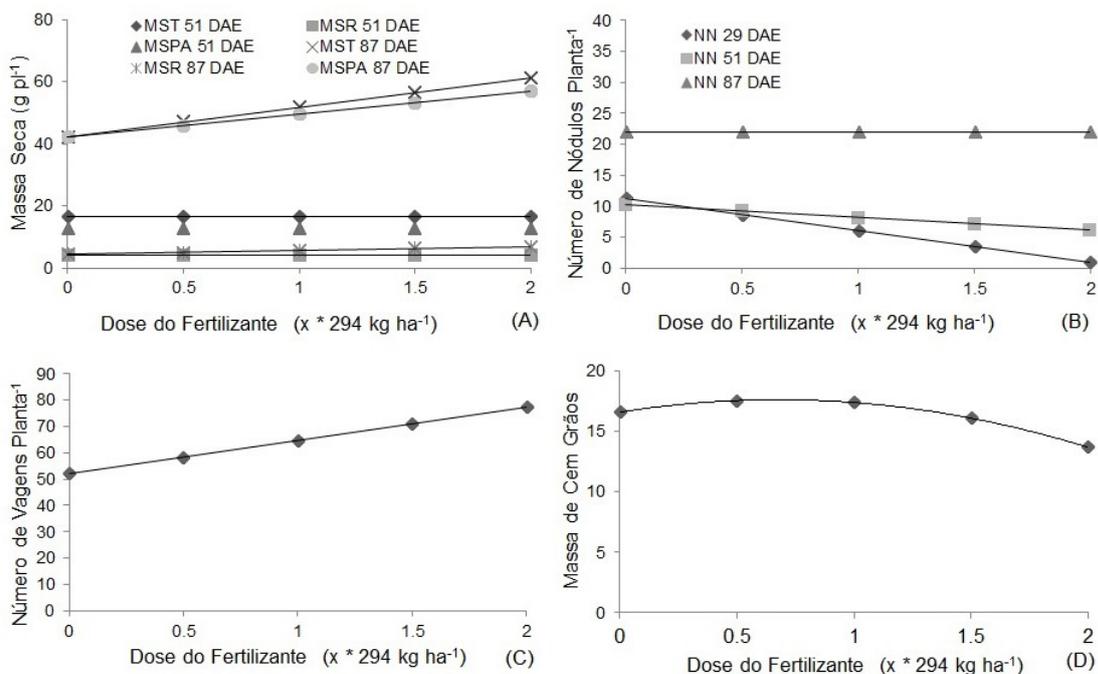
O efeito das fontes de adubação propiciou níveis distintos de produtividade. A fonte mineral, que teve média produtiva de 2410,5 kg ha⁻¹, não diferiu estatisticamente da adubação com o organomineral JN1, que alcançou a média de 1907,6 kg ha⁻¹, diferindo apenas do organimeral SQ/CP, com média produtiva de 1697,5 kg ha⁻¹, e do tratamento sem adubação, o qual obteve média de produtividade de 1205,5 kg ha⁻¹. Ambos os produtos organominerais utilizados apresentaram resultados semelhantes, sendo que o organimeral SQ/CP não diferiu da testemunha (Tabela 1). Figueiredo *et al.* (2012) observaram resposta significativa na produtividade de milho com utilização de adubos fosfatados revestidos com polímeros na faixa de pH de 5,4 e quando a saturação de bases estava entre 40 e 50%, onde se observou incrementos de produtividade de 3400 e 3480 kg ha⁻¹ de milho, respectivamente. Em saturações de bases maiores ou menores que esses valores, não sendo observado incremento por parte dessa forma diferente de adubação.

Ao considerar-se a adubação mineral com a produtividade de 2410 kg ha⁻¹ e a organomineral de 1802,55 kg ha⁻¹, observa que esta última representa 74,8% da produtividade estabelecida pela adubação mineral (Tabela 1). Dessa forma, nessas condições de linearidade das estimativas, se a diferença do custo de produção com adubação organomineral for menor que o aporte dado pela adubação mineral (607,97 kg ha⁻¹), como no presente estudo, deve-se considerar a adubação organomineral para a produção de soja. Em alguns casos realizar o aumento da quantidade de adubo por área para aproximar-se de tetos produtivos obtidos pela adubação mineral.

No experimento de doses de organomineral não houve interação entre os fatores para as variáveis número de nódulos aos 29, 51 e 87 DAE, massa seca total aos 51 e 87 DAE, massa seca de raiz aos 51 e 87 DAE, massa seca de parte aérea aos 51 e 87 DAE, número de vagens por planta e massa de cem grãos. As variáveis massa seca total aos 51 DAE, massa seca de raiz

a 51 DAE, massa seca de parte aérea aos 51 DAE e o número de nódulos aos 87 DAE não se ajustaram a nenhum grau do modelo de regressão. Apenas a variável massa de cem grãos se ajustou ao modelo quadrático de regressão, sendo que os melhores resultados se situam entre 0,5 a 1 vezes a dose recomendada. As demais variáveis se ajustaram ao modelo linear (Figura 2). Gonçalves Junior *et al.* (2010) trabalhando com doses crescentes de adubos fosfatados e potássicos observaram comportamento linear para as variáveis número de vagens por planta e massa de grãos. Esses resultados corroboram com os observados no presente estudo para o número de vagens, que teve aumento com o aumento da dose. Porém para massa de cem grãos os resultados encontrados foram divergentes, pois a equação ajustada foi quadrática. A massa de grãos é altamente influenciada pela disponibilidade e absorção de nutrientes pela planta. Embora níveis crescentes de adubação, em teoria, propiciem níveis maiores de disponibilidade, é necessário um adequado nível de umidade no solo para que estes possam ser absorvidos (VEIGA *et al.*, 2010), o que em certos estádios foram limitantes para o desenvolvimento das plantas.

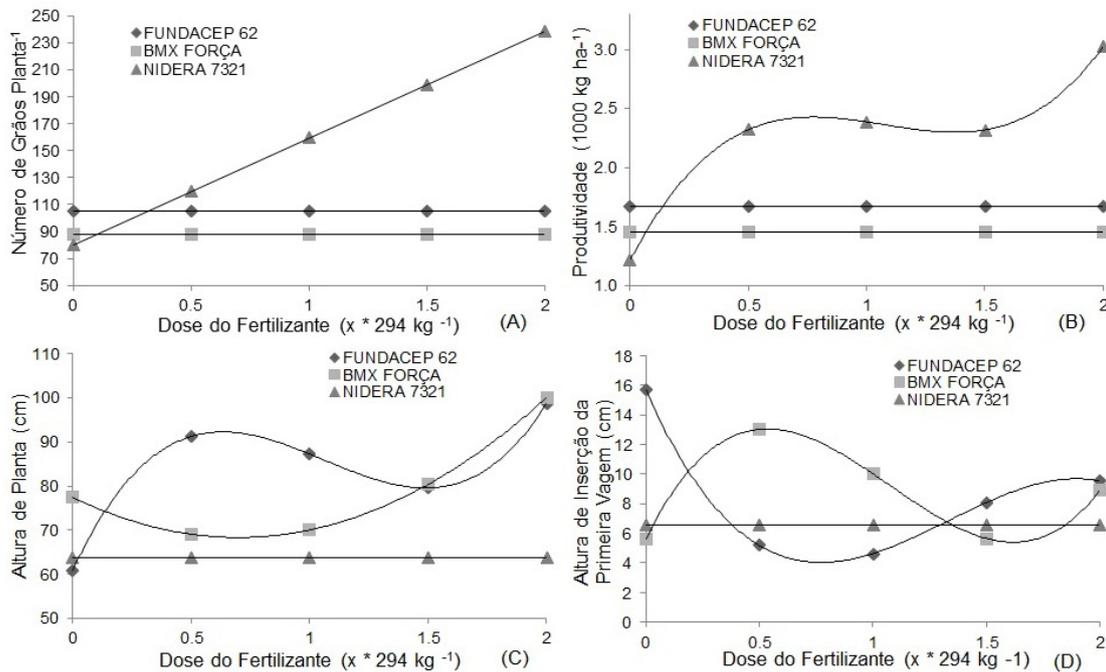
Figura 1 - Análise de regressão para o efeito principal das doses do organomineral SQ/CP para as variáveis



(A) MST 51 DAE, (g pl⁻¹), (Y=16,68; PR > F = 0,939); MST 87 DAE, (g pl⁻¹) (Y=42,09+9,37X; r²=0,91; PR > F = 0,233); 51 DAE, (g pl⁻¹) (Y=4,17; PR > F = 0,987); MSR 87 DAE, (g pl⁻¹) (Y=4,45+1,23X, r²=0,71; PR > F = 0,119); MSPA 51 DAE, (g pl⁻¹) (Y=12,55; PR > F = 0,865); MSPA 87 DAE, (g pl⁻¹) (Y=42,06+7,46X, r²=0,79; PR > F = 0,158); (B) NN 29 DAE, (nódulos pl⁻¹) (Y=11,18-5,11X; r²=0,97; PR > F = 0,072); NN 51 DAE, (nódulos pl⁻¹) (Y=10,27-2,04X; r²=0,92; PR > F = 0,997); NN 87 DAE, (nódulos pl⁻¹) (Y=21,91; PR > F = 0,078); (C) NV (Y=51,94+12,60; r²=0,95; PR > F = 0,634); (D) MCG (Y=16,56+3,05X-1,50X²; r²=0,85; PR > F = 0,960).

O número de grãos por planta é um dos componentes mais importantes para a definição da produtividade da cultura da soja. A resposta do número de grãos por planta para as doses de adubação organomineral (Figura 3), foi o componente que mais influenciou a resposta em produtividade. A cultivar Nidera 7321 (apresentou resposta linear crescente para fertilização, o que não se observou para as demais cultivares. A resposta diferenciada entre cultivares quanto à adubação também foi observada por Araújo *et al.* (2005), e se deve a fatores inerentes ao genótipo e ao ambiente.

Figura 2 - Análise de regressão para as variáveis: (A) NG; (B) PG (1000 kg ha⁻¹); (C) Altura de Planta (cm); (D) Altura de Inserção da Primeira Vagem, para as cultivares Fundacep 62, BMX Força e Nidera 7321, sob cinco doses de fertilizante organomineral



A cultivar Nidera 7321 apresentou um comportamento uniforme quanto a sua altura, mesmo em diferentes doses de adubação (Figura 3). Essa uniformidade que deu sustentação ao maior número de grãos, uma vez que a planta investiu os nutrientes disponibilizados pelo organomineral para chegar a um determinado porte e o restante foi utilizado para formação de grãos. As cultivares Fundacep 62 e BMX Força não foram eficientes no aumento do número de grãos por planta, pois utilizaram grande parte dos nutrientes absorvidos para formar uma planta mais robusta, porém menos produtiva.

O parâmetro relacionado à altura de inserção da primeira vagem (Figura 3) é um componente relacionado tanto com a produtividade quanto com a colheita mecanizada dos grãos. Plantas com vagens inseridas próximas ao solo tendem a ter uma distribuição melhor na planta, bem como um maior número ao longo da mesma. Porém vagens localizadas mais próximas ao solo tendem a aumentar perdas na colheita ou mesmo dificultar o processo, uma vez que obriga o operador a colher com a plataforma próxima ao solo, o que diminui a eficiência do processo de colheita.

Outro aspecto importante a ser observado é do efeito principal das cultivares para o número de vagens por planta (Tabela 3). Embora este componente do rendimento não tenha sofrido interação entre as cultivares e as doses de organomineral, a cultivar Nidera 7321 apresentou um número de vagens por planta maior, o que influencia diretamente no número de grãos por planta.

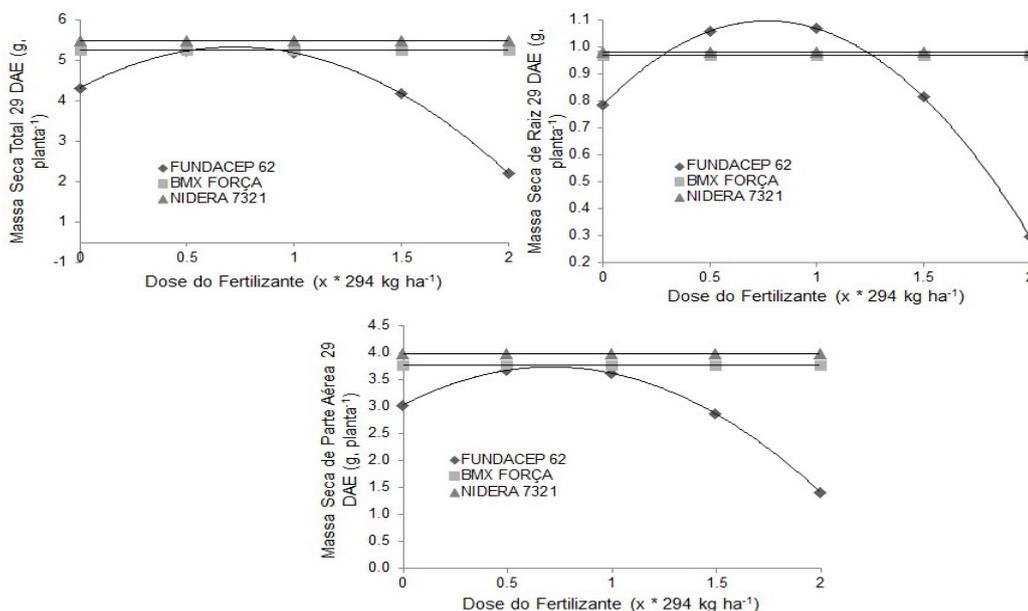
Tabela 3 - Médias para o efeito principal de cultivares para NN 29 DAE, (nódulos pl^{-1}), NN 51 DAE, (nódulos pl^{-1}) e NN 87 DAE, (nódulos pl^{-1}), MST 51 DAE, (g pl^{-1}) e MST 87 DAE, (g pl^{-1}), MSRA 51 DAE, (g pl^{-1}) e MSR 87 DAE, (g pl^{-1}), MSPA 51 DAE, (g pl^{-1}) e MSPA 87 DAE, (g pl^{-1}), (NV) e (MCG) em grãos em gramas por planta

	NN 29	NN 51	NN 87	MST 51	MSR 51	MSPA 51
Fundacep 62	4,03 c*	8,08	29,36 a	16,69	4,05	12,63
BMX Força	8,17 a	9,36	20,31 b	16,19	4,21	12,10
Nidera 7321	5,98 b	7,24	16,07 c	17,16	4,23	12,92
Média	6,06	8,22	21,91	16,68	4,17	12,55
CV (%)	46,56	49,64	26,94	29,75	37,94	29,75
	MST 87	MSR 87	MSPA 87	NV	MCG	
Fundacep 62	57,13 a	6,82 a	58,09 a	55,98 b	16,6	
BMX Força	51,48 ab	5,77 ab	48,37 ab	47,22 b	17,8	
Nidera 7321	46,71 b	4,46 b	42,12 b	90,46 a	17,5	
Média	21,91	5,68	49,53	64,55	17,53	
CV (%)	26,94	43,84	33,11	31,25	12,68	

*Letras minúsculas na vertical diferenciam as médias pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

As variáveis massa seca total, massa seca de raiz e massa seca de parte aérea, todas aos 29 dias após a emergência (Figura 4), não tiveram relação com os resultados de produtividade, embora tenham sofrido interação entre cultivares e doses de adubação, uma vez que a cultivar Nidera 7321 comportou-se melhor entre 0,5 e 1x a dose recomendada, e em doses mais elevadas apresentou resultados inferiores as demais. Esse comportamento pode estar relacionado ao ciclo desta cultivar, que é mais longo que o das demais, e ao período de déficit hídrico observado. Cultivares de ciclo longo normalmente apresentam melhores respostas a períodos de seca, em comparação as de ciclos curtos.

Figura 4 - MST 29 DAE, (g planta⁻¹), MSR 29 DAE, (g planta⁻¹) e MSPA 29 DAE, (g planta⁻¹) para as cultivares Fundacep 62, BMX Força e Nidera 7321, sob doses de fertilizante organomineral



Considerações finais

A adubação organomineral possui desempenho semelhante a adubação mineral no que diz respeito a produtividade da cultura da soja.

As cultivares de soja possuem resposta diferenciada a doses de adubação organomineral. A adubação organomineral SQ/CP pode ser utilizado em substituição a adubação mineral sem prejuízo a produtividade de grãos.

Referências

- ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; ÁVILA, M. S; SUZUKI, L. S; SCAPIM, C. A; BARBOSA, M. C. Teor de óleo, proteínas e produtividade de soja em função da antecipação da semeadura na região oeste do paraná. **Revista Bragantia**, v. 67, n. 4, p. 865-873, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000400008>
- ALMEIDA, L. V; MARINHO, C. S; MUNIZ, R. D; CARVALHO, A. D. Disponibilidade de nutrientes e crescimento de porta-enxertos de citros fertilizados com fertilizantes convencionais e de liberação lenta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 289-296, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452012000100038>
- ALVES, B. J; ZOTARELLI, L. F; FERNANDES, F. M; HECKLER, J. C.; MACEDO, R. A.; BODDEY, R. M; JANTALIA, C.; URQUIAGA, S. Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. **Pesquisa**

Agropecuária Brasileira, v. 41, n. 3, p. 449-456, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2006000300011>

APROSOJA BRASIL. **Custo de Produção de Soja safras 2018/2019 - 2019/2020**.

Disponível em: <https://aprosojabrasil.com.br>. Acesso em: 09 nov. 2020.

ARAÚJO, W. F.; SAMPAIO, R. A.; MEDEIROS, R. D. Resposta de cultivares de soja a adubação fosfatada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 2, p. 129-124, 2005.

BERTOL, O. J.; LANA, M. D.; FEY, E.; RIZZI, N. Mobilidade de íons em solo sob sistema de semeadura direta submetido a adubações mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 4, p. 1311-1321, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000400025>

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação de nitrogênio nas plantas. **Revista Ciência Rural**, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782000000200029>

BRUNETO, G.; LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; GATIBONI, L. C.; TRENTIN, G.; GIROTTO, E.; MIOTTO, A.; LOURENZI, C.; MELO, G. W. Soil Phosphorus Fractions in a Sandy Typic Hapludalf as Affected by Phosphorus Fertilization and Grapevine Cultivation Period. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 44, n. 13, p. 1937-1950, 2013. <https://doi.org/10.1080/00103624.2013.794819>

CELLA, R. C.; REGITANO-D'ARCE, M. A.; SPOTO, M. H. Soybean oil performance in vegetable deep-fat frying. **Food Science and Technology**, v. 22, n. 2, p. 111-116, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612002000200002>

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS) – CQFS/RS-SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2004.

CORDEIRO, M. A.; CORÁ, J. E.; NAHAS, E. Atributos bioquímicos e químicos do solo rizosférico e não rizosférico de culturas em rotação no sistema de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1794-1803, 2012.

COSTA, J. P.; BASTOS, A. L.; REIS, L. S.; MARTINS, G.; SANTOS, A. F. Difusão de fósforo em solos de Alagoas influenciada por fontes do elemento e pela umidade. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 229-235, 2009.

CHRISTOPHE, S. *et al.* Plant N fluxes and modulation by nitrogen, heat and water stresses: a review based on comparison of legumes and non-legume plants. *In*: SHANKER, A.; VENKATESWARLU, B. (Eds.). **Abiotic Stress in Plants: Mechanisms and Adaptations**. Croatia, 2011.

CRUZ, A. C.; PEREIRA, F. S.; FIGUEIREDO, V. S. **Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro.** Indústria química, BNDES Setorial 45, p 137-187, março, 2017.

DUARTE, I. N. *et al.* Produtividade da soja cultivada com fertilizante organomineral. **XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo.** Santa Catarina, 2013.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa, 2018.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura (Campinas, SP). **Ambiente de software NTIA: versão 4.2.2: manual do usuário - ferramental estatístico.** Campinas, 1997.

FIGUEIREDO, C. C.; BARBOSA, D. V.; OLIVEIRA, S. A.; FAGIOLI, M.; SATO, J. H. Adubo fosfatado revestido com polímero e calagem na produção e parâmetros morfológicos do milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 446-452, 2012.

FIGOREZE, S. L.; PIVETTA, L. G.; FANO, A.; MACHADO, F. R.; GUIMARÃES, V. Comportamento de genótipos de soja submetidos a déficit hídrico intenso em casa de vegetação. **Revista Ceres**, v. 58, n. 3, p. 342-349, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2011000300015>

GROHSKOPF, M. A.; CORRÊA, J. C.; FERNANDES, D. M.; BENITES, V. M.; TEIXEIRA, P. C.; CRUZ, C. V.; Phosphate fertilization with organomineral fertilizer on corn crops on a Rhodic Khandiudox with a high phosphorus content. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e00434, 2019.

HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, v. 38, n. 1, p. 43-58, 2009.

JANCZAREK, M., RACHWAL, K., MARZEC, A., GRZADZIEL, J.; PALUSINSKA-SZYSZ, M. Signal molecules and cell-surface components involved in early stages of the legume-rhizobium interactions. **Applied Soil Ecology**, v. 85, p. 94-113, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.08.010>

LOPEZ-LOPEZ, G.; LOBO, M.; NEGRE, A.; COLOMBÀS, M.; ROVIRA, J.; MARTORELL, REOLID, C.; SASTRE-CONDE. Impact of fertilisation practices on soil respiration, as measured by the metabolic index of short-term nitrogen input behavior. **Journal of Environmental Management**, v. 113, p. 517-526, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.03.010>

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants.** London: Academic Press, 1995.

NAVARRO JÚNIOR, H.; COSTA. Contribuição relativa dos componentes de rendimento para a produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 260-274, 2002.

PAPADOMICHELAKIS, G. Effects of dietary digestible fibre and soybean oil level on the odd-numbered, branched-chain and hydroxy-fatty acid composition of caecotrophs in rabbits. **Animal Feed Science and Technology**, v. 158, n. 95, p. 95-103, 2010.

ROSOLEM, C. A.; SANTOS, F. P.; FOLONI, J. S.; CALONEGO, J. C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre palha de milho e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 6, p. 1033-1040, 2006.

SANA, R. S.; ANGHINONI, I.; BRANDÃO, Z. N.; HOLZSCHUH, M. J. Variabilidade espacial de atributos físico-químicos do solo e seus efeitos na produtividade do algodoeiro. **Revista brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n. 10, p. 994-1002, 2014. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n10p994-1002>

SCHIAVONI, E. A.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M.; COSTA, F. G. Influence of organic mineral fertilization of an oxisol on soil chemical properties and *Bracharia brizantha* production. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 2219-2226, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832011000600037>

SCHONINGER, E. L.; GATIBONI, L. C.; ERNANI, P. R. Fertilização com fosfato natural e cinética de absorção de fósforo de soja e plantas de cobertura do cerrado. **Semina**, v. 34, n. 1, p. 95-106, 2013. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n1p95>

SILVA, M. A.; SANTOS, C. M.; ARANTES, M. T.; BRUNELLI, M. C.; DE HOLANDA, L. A. Respostas fisiológicas de cultivares de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica e a reidratação. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 3, p. 28-35, 2013

SUAREZ, P. A.; SANTOS, A.S.; RODRIGUES, J.P.; ALVES, M. B. Biocombustíveis a partir de óleos e gorduras: desafios tecnológicos para viabilizá-los. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p.768-775, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422009000300020>

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre, Artmed, 2004.

TAKAHASHI, Y.; TAKAHASHI, I. Effects of soy protein and isoflavone on hepatic fatty acid synthesis and oxidation and mRNA expression of uncoupling proteins and peroxisome proliferator activated receptor γ in adipose tissues of rats. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 19, n. 1, p. 682-693, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2007.09.003>

TRIBERTI, L.; NASTRI, A.; GIORDANI, G.; COMELLINI, F.; BALDONI, G.; TODERI, G. Can mineral and organic fertilization help sequester carbon dioxide in cropland. **European Agronomy Journal**, v. 29, n. 1, p. 13-20, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.01.009>

ULSENHEIMER, A. M.; SORDI, A.; CERICATO, A.; LAJÚS, C. Formulação de fertilizantes organominerais e ensaio de produtividade. **Unoesc e Ciência**, v. 7, n. 2, p. 195-202, 2016.

VEIGA, A.; VON PINHO, E.; VEIGA, A.; PEREIRA, P.; OLIVEIRA, K.; VON PINHO, R. Influência do potássio, e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 953-960, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000400022>

ZANDONÁ, R. R.; BEUTLER, A. N.; BURG, G. M.; BARRETO, C. F.; SCHMIDT, M. R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. Ciência do Solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 128-137, 2015. <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4530301>

ZONTA, J. H.; BRANDÃO, Z. N.; MEDEIROS, J. C.; SANA, R. S.; SOFIATTI, V. Variabilidade espacial do solo em área cultivada com algodoeiro no Cerrado do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 595-602, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000600005>