

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

FRAÇÕES DE FÓSFORO NO SOLO EM FUNÇÃO DA CALAGEM,
ADUBAÇÃO FOSFATADA E PLANTIO DE LEGUMINOSAS EM ÁREA DE
EXPANSÃO DE CANAVIAL

DARIO PIMENTA ROCHA NETO

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2022

FRAÇÕES DE FÓSFORO NO SOLO EM FUNÇÃO DA CALAGEM,
ADUBAÇÃO FOSFATADA E PLANTIO DE LEGUMINOSAS EM ÁREA DE
EXPANSÃO DE CANAVIAL

DARIO PIMENTA ROCHA NETO

Orientadora: Alessandra Mayumi Tokura Alovisei

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

R672f	<p>Rocha Neto, Dario Pimenta.</p> <p>Frações de fósforo no solo em função da calagem, adubação fosfatada e plantio de leguminosas em áreas de expansão de canavial. / Dario Pimenta Rocha Neto. – Dourados, MS : UFGD, 2022.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Alessandra Mayumi Tokura Alovisio.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados.</p> <p>1. Fracionamento de P. 2. Calcário. 3. Fosfatagem. 4. Gessagem. 5. <i>Saccharum officinarum</i>. I. Título.</p>
-------	---

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

FRAÇÕES DE FÓSFORO NO SOLO EM FUNÇÃO DACALAGEM,
ADUBAÇÃO FOSFATADA E PLANTIO DE LEGUMINOSAS EM
ÁREA DE EXPANSÃO DE CANAVIAL

Por

Dario Pimenta Rocha Neto

Aprovado em: 05/09/2022

Profª. Drª. Alessandra Mayumi Tokura Alovise

Orientador - UFGD

Prof. Dr. Cleidimar João Cassol

EEEFM - Paulo de Assis Ribeiro

Profª. Drª. Elisângela Dupas

UFGD

Dr. Carlos Hissao Kurihara

Coorientador - EMBRAPA

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2022

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Paulo e Renata, meus exemplos de vida, obrigado pelos valores, educação e por acreditarem em mim.

Aos meus avós, Dario, Cecília, Gilberto “in memoriam” e Sonia “in memoriam”, pelos aprendizados e exemplos de vida.

Meus irmãos, Bruno, Tiago e Livia pelo companheirismo, amizade e apoio de toda vida.

Em especial, minha esposa Ludmila, por ser tão importante na minha vida. Sempre a meu lado, me pondo pra cima e me fazendo acreditar que posso mais que imagino.

À vocês, não tenho palavras para expressar meu agradecimento e carinho.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, a Deus.

A minha orientadora Prof. Dra. Alessandra. A você, minhas reais manifestações de admiração, respeito e carinho. O seu apoio foi determinante para que eu chegasse ao fim deste trabalho, com um enorme sentimento de satisfação.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Carlos Kurihara. Muito obrigado por todo apoio do início ao fim desta dissertação. Muito obrigado pelo profissionalismo e conhecimentos divididos.

Ao amigo Robervaldo, por todo suporte nas conduções das análises de fracionamento de fósforo.

A amiga Josiane, por todo apoio e suporte nas análises estatísticas.

A usina Adecoagro, em nome de Jadson, Marcelei e Marcus, pela oportunidade de conciliar o mestrado com o trabalho.

A todo o corpo docente da pós-graduação, pelos conhecimentos divididos.

A todos, enfim, reitero o meu apreço e a minha eterna gratidão.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	X
LISTA DE FIGURAS.....	XIV
RESUMO.....	XVII
ABSTRACT.....	XVIII
1. INTRODUÇÃO	19
2. REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1. Origem e caracterização da cana-de-açúcar.....	20
2.2. Importância da cana-de-açúcar	21
2.3. Manejo da cana-de-açúcar	22
2.4. Sistema de cultivo, calagem e adubação fosfatada corretiva.....	24
2.5. Dinâmica de fósforo no solo e fracionamento das formas de P	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. Localização e caracterização da área experimental	27
3.2 Delineamento experimental	28
3.3 Manejo e condução da cultura	29
3.4. Avaliações efetuadas.....	30
3.4.1. Fracionamento de fósforo	30
3.4.2. Cana-de-açúcar	31
3.4.2.1. Análise foliar.....	31
3.4.2.2. Produção de colmos	31
3.4.2.3. Análises tecnológicas.....	32
3.5. Análise estatística	32
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
3.1. Formas de fósforo no solo da camada de 0-0,1 m de profundidade.....	40
3.1.1. Frações lábeis de P	40
3.1.2. Frações moderadamente lábeis de P.....	43
3.1.3. Frações não lábeis de P.....	48
3.2. Formas de fósforo no solo da camada de 0,1-0,2 m de profundidade.....	50
3.2.1. Frações lábeis de P.....	50

3.2.2.	Frações moderadamente lábeis de P	53
3.2.3.	Frações Não lábeis de P	57
3.3.	Formas de fósforo no solo da camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade.	58
3.3.1.	Frações lábeis de P	58
3.3.2.	Frações moderadamente lábeis de P	61
3.3.3.	Frações não lábeis de P	65
3.4.	Dados nutricionais e de produção da cana planta.....	66
4.	CONCLUSÃO.....	76
5.	REFERÊNCIAS.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química e granulométrica do solo nas profundidades de 0 a 0,1 m, 0,1 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m, antes da implantação do experimento.	28
Tabela 2. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondente as frações lábeis de fósforo, P resina, Pi NaHCO ₃ (0,5 M), Po NaHCO ₃ (0,5 M), PT NaHCO ₃ (0,5 M), na camada de 0 a 0,1 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.	33
Tabela 3. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondente as frações não lábeis de fósforo, P residual, Pi HCl (1,0 M) na camada de 0 a 0,1 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.	33
Tabela 4. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondente as frações moderadamente lábeis de fósforo, Pi NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,1 M), PT NaOH (0,1 M), Pi NaOH (0,5 M), Po NaOH (0,5 M), PT NaOH (0,5 M) na camada de 0 a 0,1 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.	34
Tabela 5. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondente as frações lábeis de fósforo, P resina, Pi NaHCO ₃ (0,5 M), Po NaHCO ₃ (0,5 M), PT NaHCO ₃ (0,5 M) na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.	35
Tabela 6. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondente as frações não lábeis de fósforo, P residual e Pi HCl (1,0 M) na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.	35
Tabela 7. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondente as frações moderadamente lábeis de fósforo, Pi NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,1 M), PT NaOH (0,1 M), Pi NaOH (0,5 M), Po NaOH (0,5 M), PT NaOH (0,5 M) na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.	36
Tabela 8. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondente as frações lábeis de fósforo, P resina, Pi NaHCO ₃ (0,5 M), Po NaHCO ₃ (0,5 M), PT NaHCO ₃ (0,5 M) na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.	37
Tabela 9. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondente as frações não lábeis de fósforo, P residual, Pi HCl (1,0 M) na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.	37
Tabela 10. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondente as frações moderadamente lábeis de fósforo, Pi NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,1 M), PT NaOH (0,1 M), Pi NaOH (0,5 M), Po NaOH (0,5 M), PT NaOH (0,5 M) na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.	38
Tabela 11. Efeito das culturas antecessoras (Soja, <i>C. spectabilis</i> e <i>C. juncea</i>) para as frações Pi NaHCO ₃ e Po NaHCO ₃ e efeito das doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha ⁻¹) para a fração P Residual nas camadas de 0 a 0,1 m. Caarapó – MS, 2022.	40

Tabela 12. Efeito da interação entre doses de termofosfato calcinando (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar para as variáveis P resina e PT NaHCO₃ (0,5 M), nas amostras de solo coletadas na camada de 0 a 0,1 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022. 43

Tabela 13. Efeito da interação entre cultura antecessora (soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e doses de calcário (6 e 12 Mg kg ha⁻¹) para as variáveis Po NaOH (0,5), Po NaOH (0,1 M), PT NaOH (0,1), PT NaOH (0,5 M) das amostras de solo coletadas na camada de 0 a 0,1 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022. 44

Tabela 14. Interação entre doses de termofosfato de cálcio (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e doses de calcário (6 e 12 Mg kg ha⁻¹) para as variáveis Po NaOH (0,5 M), Pi NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,1 M), PT NaOH (0,1 M) nas amostras de solo coletadas na camada de 0 a 0,1 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022. 46

Tabela 15. Interação entre doses de doses de termofosfato de cálcio (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar para as variáveis Pi NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,5 M), PT NaOH (0,5 M) nas amostras de solo coletadas na camada de 0 a 0,1 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022..... 47

Tabela 16. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e interação entre doses de termofosfato calcinado e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para a variável Pi HCl (1,0 M) nas amostras de solo coletadas na camada de 0 a 0,1 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022. 49

Tabela 17. Interação entre culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para as variáveis Pi NaHCO₃ (0,5M) e Po NaHCO₃ (0,5M) das amostras de solo coletadas na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022. 50

Tabela 18. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para as variáveis P resina e Pi NaHCO₃ (0,5M) nas amostras de solo coletadas na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022..... 52

Tabela 19. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar para as variáveis P resina e Pi NaHCO₃ (0,5 M) nas amostras de solo coletadas na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022. 53

Tabela 20. Interação entre culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para as variáveis Pi NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,1 M), PT NaOH (0,1 M), Pi NaOH (0,5 M), Po NaOH (0,5 M), PT NaOH (0,5 M) das amostras de solo coletadas na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022..... 54

Tabela 21. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para as variáveis Pi NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,1), PT NaOH (0,1 M) e

Po NaOH (0,5 M), nas amostras de solo coletadas na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022. 55

Tabela 22. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar para as variáveis Pi NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,1 M), PT NaOH (0,1 M) e Po NaOH (0,5 M), nas amostras de solo coletadas na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022. 56

Tabela 23. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e interação entre culturas antecessoras e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para a variável Pi HCl (1,0 M) nas amostras de solo coletadas na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022. 58

Tabela 24. Interação entre culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para as variáveis Po NaHCO₃ (0,5 M) e PT NaHCO₃ (0,5 M) das amostras de solo coletadas na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022. 59

Tabela 25. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar para as variáveis Pi NaHCO₃ (0,5 M), Po NaHCO₃ (0,5 M), PT NaHCO₃ (0,5 M) e P resina nas amostras de solo coletadas na camada de 0,2-0,4 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022. 60

Tabela 26. Interação entre culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para as variáveis Po NaOH (0,1 m), PT NaOH (0,1 M), Pi NaOH (0,5 M) e PT NaOH (0,5 M) das amostras de solo coletadas na camada de 0,2-0,4 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022. 62

Tabela 27. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para as variáveis Po NaOH (0,1 M), PT NaOH (0,1 M), Pi NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,5 M), PT NaOH (0,5 M) e Pi NaOH (0,5 M) nas amostras de solo coletadas na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar..... 63

Tabela 28. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar para as variáveis Pi NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,1 M), PT NaOH (0,1 M) e Po NaOH (0,5 M), nas amostras de solo coletadas na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022. 64

Tabela 29. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar, interação entre doses de termofosfato calcinado e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) e interação entre doses de calcário e culturas antecessoras para a variável Pi HCl (1,0 M), assim como interação entre doses de termofosfato calcinado e doses de calcário para P residual nas amostras de solo coletadas na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022. 66

Tabela 30. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondentes aos teores foliares de macronutrientes da cana-de-açúcar Nitrogênio (N), fosforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S). Caarapó – MS, 2022..... 67

- Tabela 31. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondentes aos teores foliares de micronutrientes da cana-de-açúcar boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn). Caarapó – MS, 2022..... 67
- Tabela 32. Efeito das doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹), culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) à cana-de-açúcar para as variáveis correspondentes aos teores foliares de macronutrientes da cana-de-açúcar fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e enxofre (S). Caarapó – MS, 2022. 68
- Tabela 33. Interação entre culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para as variáveis fósforo (P), potássio (K) e nitrogênio e Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para nitrogênio (N) na cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022. 71
- Tabela 34. Interação entre culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) e Doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para as variáveis correspondente aos micronutrientes foliares cobre (Cu) e manganês (Mn) na cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022. 72
- Tabela 35. Interação entre culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) e dose de termo doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) para as variáveis correspondente aos micronutrientes foliares boro (B) e manganês (Mn) na cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022... 72
- Tabela 36. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis de produção acumulada, toneladas de colmo e açúcar por hectare, para a cana planta (PA_CP 2020) e cana soca (PA_CS 2021). Caarapó – MS, 2022. 74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Interação entre cultura antecessora a cana-de-açúcar (soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹), para a variável P resina, nas amostras de solo coletadas na camada de 0 a 0,1 m de profundidade, na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das culturas antecessoras dentro de cada dose de calcário e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito da dose de calcário dentro de cada cultura antecessora.. 41

Figura 2. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e doses de calcário (6 e 12 Mg kg ha⁻¹) para a variável P resina, representante da fração lábil, nas amostras de solo coletadas na camada de 0 a 0,1 m de profundidade, na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das doses de termofosfato calcinado dentro de cada dose de calcário e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito da dose de calcário dentro de cada dose de termofosfato calcinado..... 42

Figura 3. Interação entre culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e doses de calcário (6 e 12 Mg kg ha⁻¹) para a variável Pi NaOH (0,5 M) representante da fração moderadamente lábil, nas amostras de solo coletadas na camada de 0 a 0,1 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das culturas antecessoras dentro de cada dose de calcário e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito da dose de calcário dentro de cada cultura antecessora 45

Figura 4. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar para a variável Pi NaOH (0,5 M) representante da fração moderadamente lábil, nas amostras de solo coletadas na camada de 0 a 0,1 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das doses de termofosfato calcinado dentro de cada cultura antecessora e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito da cultura antecessora dentro de cada dose termofosfato de cálcio. 48

Figura 5. Interação entre culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e dose de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para a variável Pi HCl (1,0 M), representante da fração não lábil, nas amostras de solo coletadas na camada de 0 a 0,1 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das culturas antecessoras dentro de cada dose de calcário e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito da dose de calcário dentro de cada cultura antecessora. 49

Figura 6. Interação entre (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para a variável PT NaHCO₃ (0,5 M), representante da fração lábil, nas amostras de solo coletadas na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das culturas antecessoras dentro de cada dose de calcário e letras minúsculas iguais

indicam ausência de diferença significativa para o efeito da dose de calcário dentro de cada cultura antecessora. 51

Figura 7. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar para a variável PT NaOH (0,5 M) representante da fração moderadamente lábil, nas amostras de solo coletadas na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022 Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das doses de termofosfato calcinado dentro de cada cultura antecessora e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito da cultura antecessora dentro de cada dose termofosfato de cálcio. 57

Figura 8. Interação entre culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para a variável Pi NaHCO₃ (0,5 M), representante da fração lábil, nas amostras de solo coletadas na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das culturas antecessoras dentro de cada dose de calcário e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito das doses de calcário dentro de cada cultura antecessora. 59

Figura 9. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para a variável P resina representante da fração lábil, nas amostras de solo coletadas na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das doses de termofosfato calcinado dentro de cada dose de calcário e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito das doses de calcário dentro de cada dose termofosfato de cálcio. 60

Figura 10. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis*, *C. juncea*) à cana de açúcar para a variável PT NaOH (0,5 M) representante da fração lábil, nas amostras de solo coletadas na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das doses de termofosfato calcinado dentro de cada cultura antecessora e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito das culturas antecessoras dentro de cada dose de termofosfato calcinado. 65

Figura 11. Efeito da cultura antecessora (soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) ao cultivo da cana-de-açúcar nos teores de cobre (Cu) e zinco (Zn) foliar. Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das culturas antecessoras. 69

Figura 12. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) à cana de açúcar para a variável teor de manganês (Mn). Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das doses de calcário dentro de cada dose de termofosfato calcinado e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito das doses de termofosfato calcinado dentro de cada dose de calcário. 73

Figura 13. Produção acumulada, toneladas de colmo e açúcar por hectare, para a cana planta (PA_CP 2020) em função das doses de termofosfato calcinado (kg ha^{-1}). Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das doses de termofosfato calcinado (kg ha^{-1}) 75

Figura 14. Produção acumulada, toneladas de colmo e açúcar por hectare, para a cana soca (PA_CS 2021) em função da interação entre doses de calcário (6 e 12 Mg ha^{-1}) e culturas antecessoras (kg ha^{-1}). Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das doses de calcário dentro de cada cultura antecessora calcinado e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito das culturas antecessoras dentro de cada dose de calcário. 75

Frações de fósforo no solo em função da calagem, adubação fosfatada e plantio de leguminosas em área de expansão de canavial

RESUMO

O fósforo é um dos nutrientes que mais limita o crescimento das plantas, de forma que a adoção de técnicas inovadoras para o sistema de cultivo é essencial para garantir a eficiência de utilização deste nutriente. Assim, objetivou-se avaliar as alterações nas formas de P no solo causadas pela calagem, adubação fosfatada corretiva e cultivo de leguminosas antecedendo o plantio da cana-de-açúcar, em área de expansão, em ambiente restritivo. O experimento foi realizado em Caarapó-MS, em Latossolo Vermelho Distrófico psamítico, no delineamento em blocos casualizados em parcelas sub-subdivididas, com três repetições. Nas parcelas, foram avaliadas duas doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹); nas subparcelas, avaliou-se o efeito de três culturas antecessoras ao plantio da cana-de-açúcar (resteva de soja, *Crotalaria spectabilis* e *C. juncea*); E nas sub-subparcelas três doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹). Foram realizadas coletas de amostras de solo aos 18 meses após aplicação dos tratamentos de calagem e fosfatagem do solo. Foram avaliados os teores de fósforos das diferentes frações (lábil, moderadamente lábil e não lábil) em três camadas de solo 0 a 0,1; 0,1 a 0,2 e 0,2 a 0,4 m, assim como teor foliar da cana-de-açúcar, produção de colmos e açúcar. Os resultados foram submetidos ao teste Tukey, a 5% de probabilidade. Na camada de 0 a 0,1 m a fração lábil (P resina) para todas as doses de P foi maior quando se aplicou 12 Mg ha⁻¹ de calcário. Com relação as culturas antecessoras, na dose de 380 e 760 kg ha⁻¹ a *C. juncea* promoveu maior quantidade de P disponível. Na camada de 0,1 a 0,2 m, para a dose de 380 kg ha⁻¹ de termofosfato, o teor de P resina foi maior quando se aplicou a dose maior de calcário; na dose de 760 kg ha⁻¹ de termofosfato, o teor de P resina na resteva de *C. juncea* foi maior em relação a soja. Na camada de 0,2 a 0,4 m o P resina nas doses de 0 e 380 kg ha⁻¹ foi superior na calagem com 12 Mg ha⁻¹. Conclui-se que as formas de fósforo no solo foram alteradas em função da calagem, adubação fosfatada corretiva e cultivo de leguminosas como plantas antecessoras a cana-de-açúcar. As crotalárias promoveram maior teor de fósforo das frações mais lábeis, especialmente com o emprego de 12 Mg ha⁻¹ até os 40 cm de profundidade. A *C. juncea* associada a calagem com 12 Mg ha⁻¹ e a resteva de soja com calagem de 6 Mg ha⁻¹, consistiram nas melhores combinações para efeito de disponibilidade de fósforo para a cana-de-açúcar. Sendo que, a dose de 6 Mg ha⁻¹ de calcário associado a resteva de soja, proporcionou maior produção acumulada.

PALAVRAS-CHAVE: Fracionamento de P, calcário, crotalária, soja, fosfatagem, *Saccharum officinarum*.

Soil phosphorus fractions as a result of the cultivation, liming and phosphate fertilization system in sugarcane expansion areas

ABSTRACT

Phosphorus is one of the nutrients that most limits plant growth, so the adoption of innovative techniques for the cultivation system is essential to ensure the efficiency of use of this nutrient. Thus, the objective was to evaluate the changes in P forms in the soil caused by liming, corrective phosphate fertilization and leguminous cultivation prior to the planting of sugarcane, in an expansion area, in a restrictive environment. The experiment was carried out in Caarapó-MS, in a psamitic Dystrophic Red Latosol, in a randomized block design in sub-divided plots, with three replications. In the plots, two doses of limestone (6 and 12 Mg ha⁻¹) were evaluated; in the subplots, the effect of three predecessor cultures to the planting of sugarcane was evaluated (soybean residue, *Crotalaria spectabilis* and *C. juncea*); And in the sub-subplots three doses of calcined thermophosphate (0, 380 and 760 kg ha⁻¹). Soil samples were collected at 18 months after application of liming and soil phosphate treatments. Phosphorus content of different fractions (labile, moderately labile and non-labile) in three soil layers 0 to 0.1; 0.1 to 0.2 and 0.2 to 0.4 m, as well as sugarcane leaf content, production of stalks and sugar. The results were submitted to the Tukey test at 5% probability. In the layer from 0 to 0.1 m, the labile fraction (P resin) for all P doses was higher when 12 Mg ha⁻¹ of limestone was applied. Regarding the predecessor cultures, at doses of 380 and 760 kg ha⁻¹, *C. juncea* promoted a greater amount of available P. In the layer from 0.1 to 0.2 m, for the dose of 380 kg ha⁻¹ of thermophosphate, the P resin content was higher when the highest dose of limestone was applied; at the dose of 760 kg ha⁻¹ of thermophosphate, the P resin content in *C. juncea* residue was higher in relation to soybean. In the layer of 0.2 to 0.4 m, P resin at rates of 0 and 380 kg ha⁻¹ was higher in liming with 12 Mg ha⁻¹. It was concluded that the forms of phosphorus in the soil were altered as a function of liming, corrective phosphate fertilization and the cultivation of leguminous plants as predecessor plants to sugarcane. Sunn crotalaria promoted higher phosphorus content in the more labile fractions, especially with the use of 12 Mg ha⁻¹ up to 40 cm of depth. *C. juncea* associated with liming with 12 Mg ha⁻¹ and soybean residue with liming with 6 Mg ha⁻¹, were the best combinations for the effect of phosphorus availability for sugarcane. Since, the dose of 6 Mg ha⁻¹ of limestone associated with soybean residue, provided greater accumulated production.

KEY WORDS: P fractionation, limestone, sunn hemp, soybean, phosphating, *Saccharum officinarum*.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é líder mundial na produção de cana-de-açúcar, com produção superior à 750 milhões de megagramas (FAOSTAT, 2022); o estado de São Paulo possui a maior área cultivada com a cultura, seguido por Goiás, Minas Gerais, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Alagoas e Pernambuco. Esses oito estados são responsáveis por 94,79% da área de produção nacional, os outros 12 estados produtores possuem áreas menores, totalizando os 5,21% da área total do país (CONAB, 2020).

As expansões das áreas de cana-de-açúcar em solos antes ocupados por pastagens, muitas destas degradadas, possuem restrições químicas que impedem o desenvolvimento radicular, levando a deficiência nutricional da planta. Para mitigar essas restrições, faz-se necessário a realização de um preparo de solo adequado nas camadas de 0 a 0,4 m de profundidade, visando a criação de um perfil de fertilidade que garanta a disponibilização de nutrientes e o desenvolvimento do sistema radicular.

O suprimento adequado de fósforo (P) é essencial desde os estádios iniciais de crescimento da planta. Suas limitações no início do ciclo vegetativo, podem resultar em restrições que a planta não consegue se recuperar posteriormente. O P na planta, diferentemente do solo, apresenta uma grande mobilidade; assim, em casos de deficiência, este nutriente tem a propriedade de mover-se dos tecidos velhos para os mais novos (SOUSA JUNIOR, 2016).

A cana-de-açúcar apresenta o sistema radicular do tipo fasciculado, de forma que, para aumentar a distribuição das raízes nas camadas subsuperficiais do solo, torna-se importante o adequado manejo do solo. Práticas como calagem, gessagem e fosfatagem contribuem com o desenvolvimento das raízes, por ampliar sua área de exploração; conseqüentemente, é possível maior absorção de água e nutrientes, com reflexo em maior produtividade (ROSSETO; SANTIAGO, 2022). Elaborar estratégias adequadas como emprego da calagem, culturas de coberturas entre estações e rotação de culturas podem incrementar no sistema de produção da cultura (PAVINATO et al., 2020).

O uso de plantas de cobertura em cultivos antecessores, visa beneficiar a qualidade do sistema produtivo referente a cultura de interesse econômico. No caso de adubos verdes, utiliza-se principalmente leguminosas como *Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis*. Estas atuam

como condicionadores, pois promovem aumento da qualidade e proteção do solo, assim como beneficiam a nutrição e o incremento no teor de matéria orgânica (ABRANCHES et al., 2021).

Em função da limitação dos cultivos de cana de açúcar, ocasionada pela baixa disponibilidade de fósforo nos solos brasileiros, há necessidade de pesquisas sobre alternativas que favorecerão o sistema de cultivo. Neste contexto, com base nestas informações, objetivou-se avaliar as alterações nas formas de P no solo, causadas pelo cultivo de plantas de cobertura, calagem e diferentes doses de fósforo na cultura da cana-de-açúcar.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Origem e caracterização da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma das principais culturas nacionais, introduzida no Brasil em 1532, desde então, se destaca economicamente (SILVA et al., 2016; CONAB, 2020). Sua importância pode ser atribuída à sua grande versatilidade, sendo utilizada desde a forma mais simples como ração animal, até a mais nobre como o açúcar. Os principais produtos derivados são: álcool, açúcar, melado, açúcar mascavo, vinhaça e bagaço. A vinhaça é um subproduto do álcool empregado como fertilizantes, enquanto o bagaço também pode ser empregado por indústrias para geração de energia entre outros fins (SILVA et al., 2016).

É uma planta que apresenta alta eficiência fotossintética e elevado ponto de saturação luminosa, característica dos representantes das plantas C4 (SOUSA JUNIOR, 2016). Pertence à família Poaceae, descrita como uma planta do tipo gramínea semiperene. Possui sistema radicular fasciculado, que pode chegar entre 80 a 100 cm de profundidade do solo (FLORES et al., 2016).

A cultura é propagada assexuadamente através das gemas, por mudas ou colmos. Apresenta dois tipos de plantio, caracterizada como cana de ano, quando realizado na estação chuvosa de setembro a novembro, com ciclo de 12 meses. Já a cana de ano e meio, com ciclo de 18 meses, realiza-se o plantio entre janeiro e início de abril. Após o corte da cultura, devido sua capacidade de rebrotar, tem-se a cana soca ou soqueira. A fase de maior atenção e necessidade de manejo para a cultura é observada durante a brotação, enraizamento e emergência dos brotos. Nesse período, o manejo adotado pode favorecer o perfilhamento, sendo importante adequada adubação para atingir elevada produtividade (SILVA; SILVA, 2012).

A cultura é muito exigente nas condições de cultivo, para maior expressão produtiva, mesmo respondendo em condições de fertilidade baixa. A máxima produção é observada em resposta a solos férteis e características físicas adequadas, como boa aeração e profundidade (MARIN, 2022). Com relação ao clima, a cultura tem adaptação favorável em regiões de clima tropical, com condições quente e úmidas, temperaturas entre 19 e 32°C, com pluviosidade bem distribuídas (MARIN, 2022).

2.2. Importância da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar tem grande expressividade socioeconômica, em virtude do investimento no setor de biocombustíveis. Uma vez que, grande parte de sua produção destina-se a fabricação de etanol, além da importância na produção de açúcar.

A produção da cultura, considerando o intervalo de 1994 a 2020, teve maior concentração de produção nas Américas, correspondendo a 51,2% do total produzido no mundo (FAOSTAT, 2022). O Brasil se destaca como o maior produtor de cana-de-açúcar, seguido da Índia e China, com produção de 757, 370 e 108 Teragramas de cana-de-açúcar produzidos, respectivamente (FAOSTAT, 2022).

O cultivo da cana-de-açúcar, apresenta cenário positivo para o setor sucroenergético, devido aos valores atrativos para comercialização de açúcar e etanol. Na safra de 2021/2022, a produção brasileira de cana-de-açúcar totalizou 585,2 milhões de megagramas, em uma área de 8.317 mil hectares. Enquanto para a safra 2022/2023, que se iniciou em abril de 2022, a estimativa prevê que sejam colhidos cerca de 8.127,7 mil hectares destinados a produção sucroalcooleira com produção de 572,9 milhões de toneladas. A produção de subprodutos, como o açúcar, poderá atingir cerca de 33,89 milhões de toneladas e produção de etanol total equivalente a 25,83 bilhões de litros (CONAB, 2022).

Com relação a importância econômica da cultura e seus subprodutos a nível internacional destaca-se as exportações, tanto do açúcar como etanol. Para os quatro primeiros meses correspondentes a safra 2022/23 demonstram exportação estimada em 607,8 milhões de litros, encaminhados para Holanda, Coreia do Sul e Estados Unidos. Enquanto, exportou 8,1 milhões de toneladas de açúcar no mesmo período, com destino para China, Marrocos e Nigéria (CONAB, 2022).

Em decorrência da grande importância da cultura para economia nacional, o atrativo mercado consumidor e a progressiva redução de áreas destinadas ao seu cultivo, têm elevado a demanda por novas tecnologias de produção. Entre as tecnologias empregadas, técnicas para a correção e a adubação dos solos, constituem alguns dos grandes destaques da pesquisa agrícola nos trópicos.

2.3. Manejo da cana-de-açúcar

As condições de cultivo para as culturas são fundamentais para maior expressão do potencial produtivo. Sendo assim, entre os principais fatores que refletem na produtividade da cana-de-açúcar, destaca-se o manejo da fertilidade do solo. Para as plantas cultivadas, o manejo da adubação e correção da acidez do solo, são imprescindíveis para o sucesso da produção. Neste aspecto, segundo Demattê (2004) o manejo do solo consiste na realização de atividades agrícolas, com o intuito de favorecer o sistema solo-planta, para o adequado desenvolvimento das culturas.

Com a grande expansão do setor sucroalcooleiro nas últimas décadas no Cerrado, foram implantados canaviais no Centro Oeste, englobando os estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Contudo nessas áreas, o cultivo se deu principalmente em áreas cultivadas anteriormente com pastagens; áreas pouco manejadas, originalmente com baixa fertilidade devido ao material de origem do solo da região (REIN et al., 2015).

Os principais entraves para o desenvolvimento e crescimento das culturas em solos tropicais, consistem na acidez do solo e na baixa disponibilidade de fósforo (P), sendo este, um dos nutrientes mais limitantes para o crescimento vegetal. Segundo Pavinato et al. (2020), cerca de 70% do nutriente adicionado, permanece no solo em forma não prontamente disponível para absorção.

Quando adubos fosfatados são aplicados ao solo, depois de sua dissolução, grande parte do P é retido na fase sólida. Forma-se compostos menos solúveis e apenas parte do P é aproveitada pelas plantas. A magnitude dessa recuperação depende, principalmente, da espécie cultivada, textura, tipo de minerais de argila, teor de matéria orgânica e acidez do solo. Além disso, a dose, a fonte, a granulometria e a forma de aplicação do fertilizante, também, influenciam nesse processo (SOUZA et al., 2004).

Na cana-de-açúcar o fósforo assume grande importância no enraizamento e no perfilhamento e, portanto, na produtividade final e rendimento de açúcar (SANTOS, 2009). Sua deficiência também é problemática, visto que reduz a absorção de nitrogênio e dificulta a clarificação do caldo durante a fabricação do açúcar. Assim, há elevação do custo de fabricação, em virtude da necessidade de adição de fosfatos solúveis para atingir o teor ideal de P_2O_5 , fundamental para uma clarificação eficiente (MAHADEVAIAH et al., 2007).

Os nutrientes que a cana-de-açúcar exige em maior quantidade são o nitrogênio e o potássio. O nitrogênio estimula a brotação, enraizamento e desenvolvimento dos perfilhos, enquanto o potássio favorece aumento do teor de carboidratos, armazenamento de açúcar e amido. Contudo, apesar do fósforo ser requerido em menor quantidade, é o nutriente aplicado em maior quantidade. Em função das características dos solos e sua afinidade com a fração mineral (ROSSETO; SANTIAGO, 2022).

O mais tradicional no cultivo de cana-de-açúcar consiste na adubação fosfatada, com doses elevadas no sulco de plantio, podendo chegar a 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Conforme Rein et al. (2015) a adubação corretiva, que se caracteriza pela aplicação a lanço em área total, seguida de incorporação a 15 cm de profundidade visa a obtenção da disponibilidade adequada do nutriente no solo. Para a adubação fosfatada corretiva, geralmente são usadas fontes de P de baixa solubilidade em água, o que resulta em efeitos residuais mais longos (GUALBERTO et al., 2019).

Estratégias adequadas como emprego da calagem, culturas de coberturas entre estações, rotação de culturas, sistemas integrados e o uso de microrganismos solubilizadores; podem ser alternativas viáveis para aumentar a eficiência de uso do fósforo do solo (PAVINATO et al., 2020). Demattê (2004) relaciona que o emprego de culturas como soja, amendoim e crotalária podem atuar protegendo o solo. Além de, serem capazes de extrair nutrientes e, ao serem mantidas na superfície do solo realizam a ciclagem destes nutrientes, reduzindo a necessidade de adubação para a cultura da cana-de-açúcar.

O uso cultivos que antecedam a cana-de-açúcar são importantes para o potencial de reciclagem de nutrientes. De acordo com (Teodoro et al., 2011) espécies caracterizadas como adubos verde, foram selecionados para esta finalidade, devido ao elevado potencial em produzir matéria seca, que proporciona a ciclagem de nutrientes. O adubo verde, devido as características morfológicas de desenvolvimento e a elevada produção de biomassa, extraem teores significativos do solo, que ao retornar a matéria seca, conseguem reciclar o nutriente retirado (KURIHARA et

al., 2013; BARBOSA et al., 2020). O diferencial entre a leguminosa utilizada, pode ser de extrema importância para a qualidade do sistema de cultivo e objetivos da produção.

2.4. Sistema de cultivo, calagem e adubação fosfatada corretiva

A cana-de-açúcar caracteriza-se por ser uma cultura relativamente tolerante a acidez, mas responde de modo positivo à calagem e gessagem. O pH pode ser mantido ente 5,3 a 6,3, no qual conseguem absorver os principais nutrientes, como N, P e K. Como a cana é uma cultura que produz elevada quantidade de massa, ela acumula e retira do solo grande quantia de nutrientes. Dessa forma, para cultivo da cana-de-açúcar é recomendado para sistemas sequeiro, elevar a saturação por bases V (%) a 50% para atingir teor de $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg e $1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca no solo, em casos de solo com textura arenoso ou médio, que a V (%) a 50% não seja efetiva em elevar os teores de Ca e Mg ao necessário recomenda-se elevar a saturação a V a 70% (SOUSA et al., 2015).

Em solos de textura arenosa, os problemas quanto aos fatores que envolvem a dinâmica dos nutrientes, matéria orgânica e manutenção da água, como acidez do solo, estratificação de fósforo, níveis de toxicidade ocasiona pelo alumínio nas camadas mais profundas são mais evidentes. Dessa forma, a prática de correção do solo em profundidade, é uma atividade consolidada, especialmente nesse tipo de textura do solo. Neste caso, devido ao elevado custo para investimento nessas práticas, para recomendação assertiva é necessário considerar, além da saturação do solo, todos os atributos, como teor de cálcio, alumínio, magnésio e pH, principalmente em solo com textura arenosa (BONFADA et al., 2019).

Os solos brasileiros, são caracterizados como solos ácidos, especialmente pela intensidade de intemperização que ocasiona a lixiviação de bases. Para manejar áreas agrícolas com solos ácidos, é primordial considerar as características do solo, como pH, textura e teor de matéria orgânica. A textura é fundamental, pois um solo arenoso difere de um solo argiloso quanto as respostas a prática de calagem. Os solos arenosos, tendem a ser mais limitantes, por possuem menor capacidade de troca de cátions (CTC) (SILVA et al., 2021). O critério mais efetivo para correção do solo consiste no método da elevação da saturação por bases, sendo calculado o teor de

calcário a partir das porcentagens de cátions da CTC, elevando a 70% em regiões como Sul e Sudeste e 50% no Cerrado (RONQUIM et al., 2020)

O calcário é fundamental para redução da acidez do solo, para que este processo ocorra, tem-se várias reações de redução, uma vez que o calcário ativado com a água, ocasiona a formação de íons de cálcio e magnésio, além de ânions HCO_3^- e OH^- . Os ânions são utilizados para neutralizar a acidez do solo ao ligar-se aos H^+ e AL^{3+} (VITTI; PRIORI, 2009).

A textura do solo, se faz importante para determinar a dose de calcário aplicada, pois em solos com este tipo de textura, os seja, com teor de argila inferior a 20%, tem-se alta concentração de areia. Este solo tende a secar facilmente e lixiviar com facilidade os nutrientes para camadas mais profundas, conseqüentemente tem menor CTC, por isso a calagem em solos arenosos, devem ser realizados com maior frequência e menor necessidade de calcário, são recomendado dose máxima de 2 Mg ha^{-1} , pois o excesso pode causar inibição da assimilação de outro, como o excesso de Ca^{2+} e Mg^{2+} podem afetar absorção do K^+ (RONQUIM et al., 2020).

O solo tem diferentes resistências a alteração do pH, que caracteriza o poder tampão, solos arenosos tendem a teor menor poder tampão, em condições tropicais, podem facilmente serem desequilibrados pela adição de fertilizantes (RONQUIM et al., 2020). Desse modo, ao empregar-se dose elevada de calcário em um solo arenoso, pode ocorrer alcalinização, por isso é recomendado menor dose, pois em excesso, podem restringir a disponibilidade de nutrientes.

A aplicação quando não manejada adequadamente, interfere diretamente na fixação do fósforo, seja pela dose ou forma de aplicação; este irá se unir as cargas do solo, e ao depender do mineral argila, pode ocorrer rapidamente, tornando-se indisponível em poucas horas (KURIHARA; RICHETTI, 2017). Em casos de pH elevados ocorrerá a ligação do fósforo com o cálcio, enquanto em pH menor, este unir-se á ao Al e Fe, ficando menos disponível as plantas. Com relação ao sistema de cultivo, abordar como a cultura antecessora pode influir no cultivo de interesse é fundamental para realizar práticas que visem o aumento da produtividade e produção.

Ao analisar a eficiência da adubação fosfatada corretiva e de manutenção, Rein et al. (2021) verificaram a produtividade da cana-de-açúcar em Latossolo em duas condições, área de expansão do cultivo e área de reforma, com baixa e elevada disponibilidade do nutriente. Aplicaram 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 a lanço, seguido de incorporação e adubação de manutenção com 40 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Os resultados evidenciaram que, em áreas de expansão, quando instaladas em

locais com deficiência de fósforo, a adubação corretiva demonstrou promover aumento na produtividade de colmos.

Resultados obtidos por Silva et al. (2019) também demonstraram a eficiência da fosfatagem, ao analisarem doses de 50, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Relacionaram que a dose estimada de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ beneficiou o aumento de 8,5% da produtividade de colmos, por elevar em 25% a biomassa seca da parte aérea da planta. O estudo com o emprego de diferentes fontes de fósforo caracteriza alternativas eficientes para aumentar a eficiência da adubação e aumentar a disponibilidade no solo conforme Khun et al. (2018).

2.5. Dinâmica de fósforo no solo e fracionamento das formas de P

A complementação com adubação orgânica em canaviais, como o emprego de torta de filtro de cana-de-açúcar, contribui por fornecer nutrientes através da matéria orgânica, entre estes o fósforo, que é mineralizado próximos as raízes. Devido a necessidade nutricional, mesmo com adição de material orgânico é determinante a complementação com fertilizantes químicos (GAZOLA et al., 2017).

A quantidade de fósforo adicionada na lavoura, sempre é superior ao exigido pela espécie, em consequência de o solo competir com a planta pelo fósforo presente na solução. O seu acúmulo no solo, ainda é potencializado dependendo da solubilidade do fosfato adicionado e o tipo de solo. A dinâmica de fósforo no solo está diretamente relacionada, com as propriedades químicas e físicas do mesmo. Assim como, minerais do solo e microrganismos que atuam no processo de liberação e retenção dos íons de ortofosfato. O fósforo (P) no solo é um nutriente que pode ser encontrado de duas formas. Em sua forma orgânica ou inorgânica, também considerada como mineral, representado respectivamente como Po e Pi. O fósforo inorgânico, pode ser dividido em fósforo de minerais primários e adsorvido.

O fósforo é caracterizado por frações, devido a sua capacidade de repor o nutriente na solução do solo, relacionado ao seu grau de estabilidade. Classifica-se como frações lábeis, moderadamente lábeis e não lábeis, em todas estão presentes as duas formas, Po e Pi. A fração lábil atua como um depósito, contendo o nutriente prontamente disponível para consumo pela planta. A fração não lábil, pelo contrário, constitui o fósforo indisponível, devido sua ligação com as frações minerais do solo, caracterizado como fósforo adsorvido. O estudo da dinâmica do

fósforo deve ser feito, por meio da quantificação destas frações, pois seu entendimento, desde as mais disponíveis às indisponíveis, favorecem a recomendação de manejo (PINTO et al., 2020).

Em condições que não se realiza a adubação fosfatada, o fósforo é proveniente do processo de transformação das formas orgânicas. Por outro lado, em lavouras supridas com fertilizantes, a maior parte de fósforo disponível é decorrente da forma inorgânica. A fração moderadamente lábil constitui um fator intermediário da disponibilidade dos nutrientes, que contribui para fornecer o nutriente na solução do solo. determinações quantificação destas frações é realizada por meio de extratores, sendo a lábil determinada pelos extratores resina e NaCO_3 $0,5 \text{ mol L}^{-1}$, moderadamente lábeis pelo extrator NaOH a $0,1$ e $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ e não lábeis pelo HCl e P residual (LEITE et al, 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido na Fazenda SOEBE, no município de Caarapó em Mato Grosso do Sul ($22^\circ 37' 47''$ Latitude Sul, $54^\circ 49' 31''$ Longitude Oeste, com altitude média de 467 m). O clima, segundo classificação de Köppen, é Cwa, mesotérmico úmido, com verões quentes e invernos secos (FIETZ et al., 2017). O solo da área de implantação é caracterizado como Latossolo Vermelho Distrófico psamítico (SANTOS et al., 2018). Amostras de solo foram retiradas das camadas de 0 a 0,1 m, 0,1 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m para a caracterização química e física.

As amostras de solo foram encaminhadas ao laboratório de análises físico-químicas da Embrapa Agropecuária Oeste, para a determinação de pH em água e em CaCl_2 por potenciometria; acidez potencial e alumínio por titulometria; fósforo, por espectrometria de absorção molecular; potássio, por espectrofotometria de emissão de chama; cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco por espectrofotometria de absorção atômica; e carbono total por espectroscopia de absorção no infravermelho (TOC por via seca), conforme Teixeira et al. (2017) (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química e granulométrica do solo nas profundidades de 0 a 0,1 m, 0,1 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m, antes da implantação do experimento.

Prof	pH Água	pH CaCl ₂	Al ³⁺	Ca	Mg	K	P ¹	V
m	----- cmol _c dm ⁻³ -----				mg dm ⁻³			
0 a 0,1	5,16	4,36	0,30	0,41	0,35	0,06	3,67	26,5
0,1 a 0,2	5,18	4,39	0,30	0,42	0,17	0,04	1,30	16,1
20 a 40	4,93	4,10	0,50	0,43	0,11	0,03	0,63	14,4

	Cu	Fe	Mn	Zn	Matéria orgânica	Areia	Silte	Argila
	----- mg dm ⁻³ -----				----- g kg ⁻¹ -----			
0 a 0,1	0,84	15,1	87,8	0,44	9,51	856	57	87
0,1 a 0,2	1,01	12,8	94,1	0,22	6,59	857	51	92
20 a 40	1,06	7,9	103,1	0,11	7,03	842	50	108

¹ Teor de fósforo disponível determinado pelo método Mehlich⁻¹.

3.2 Delineamento experimental

O experimento foi realizado no delineamento experimental de blocos ao acaso, com distribuição em parcelas sub-subdivididas, com três repetições. Nas parcelas foram avaliados dois tratamentos, com as doses de calcário (38,0% CaO e 11,2% MgO, PRNT = 74,9%) 6 e 12 Mg ha⁻¹. Nas subparcelas, foram avaliados o efeito de três espécies cultivadas na sequência da *Urochloa brizanta* cultivar Xaraés (resteva de soja, *Crotalaria spectabilis* e *C. juncea*), antecedendo o plantio de cana-de-açúcar. Nas sub-subparcelas avaliou-se o efeito de três doses de termofosfato calcinado Phosfaz (0; 380 e 760 kg ha⁻¹, equivalentes a 0; 87,4 e 174,8 kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicado à lanço, após o gesso, e incorporado junto com o calcário e o gesso.

Nas parcelas, procedeu-se a aplicação da metade da dose de calcário, seguida da incorporação com arado de aiveca, aplicação da outra metade da dose de 2 Mg ha⁻¹ de gesso, e incorporação com grade intermediária (discos dentados com 70 cm de diâmetro); na sequência, foi realizado o plantio de capim Xaraés em toda a área experimental, seguido posteriormente de soja, *Crotalaria spectabilis* ou *C. juncea*, nas subparcelas, antecedendo a cana-de-açúcar.

A área de cada sub-subparcela (tratamento de doses de termofosfato) foi de 105 m², sendo constituída por 7 linhas de cana espaçadas de 1,50 m, com 10 m de comprimento; a subparcela (tratamento de cultura antecessora) área de 345 m² (10 m x 34,5 m); e a parcela

(tratamento de sistema de manejo da fertilidade, prática de calagem) área de 1.104 m² (32 x 34,5 m).

3.3 Manejo e condução da cultura

Nas parcelas, foi feito o plantio de capim Xaraés em 24 de janeiro de 2018, usando-se 8 kg ha⁻¹ de sementes com VC = 80%. O capim foi dessecado em 10 de setembro de 2018, com 5 L ha⁻¹ de herbicida glifosate + 1 L ha⁻¹ de herbicida 2,4D, utilizando-se vazão de 200 L ha⁻¹. Na sequência, foi feita a semeadura de soja, *C. spectabilis* (12 kg ha⁻¹ de sementes com pureza de 90% e germinação mínima de 80%) ou *C. juncea* (25 kg ha⁻¹ de sementes com pureza de 90% e germinação mínima de 80%) nas subparcelas.

Somente nas subparcelas com soja, foram aplicados 267 kg ha⁻¹ de adubo formulado 07-34-12 contendo 0,15% B, 0,10% Cu, 0,15% Mn, 2% Se e 0,2% Zn no plantio; 1 L ha⁻¹ de adubo foliar contendo 0,50% B, 0,50% Cu, 6% Mn, 0,1% Mo e 1% Zn (em 21/11/2018, aos 26 dias após a emergência); 160 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (96 kg ha⁻¹ de K₂O) à lanço, em cobertura (em 22/11/2018, aos 27 dias após a emergência); 1 L ha⁻¹ de adubo foliar contendo 10% Zn + 40% P₂O₅ + 1 L ha⁻¹ de adubo foliar contendo 5% N, 4% S, 0,3% B, 0,3% Cu, 5% Mn, 0,05% Mo e 3% Zn + 0,3 L ha⁻¹ de adubo foliar contendo 10% B + 0,075 L ha⁻¹ de adubo foliar contendo 2,8% P₂O₅, 15% Mo e 1,5% Co + 0,8 L ha⁻¹ de adubo foliar contendo 1% N e 51% P (em 07/12/2018, aos 42 dias após a emergência); e 1,0 L ha⁻¹ de adubo foliar contendo 5% Ca, 0,5% B e 0,1% Mo + 1 L ha⁻¹ de adubo foliar contendo 5% N, 4% S, 0,3% B, 0,3% Cu, 5% Mn, 0,05% Mo e 3% Zn + 0,3 L ha⁻¹ de adubo foliar contendo 10% B + 0,1 L ha⁻¹ de adubo foliar contendo 5% Cu e 1% Mn + 0,8 L ha⁻¹ de adubo foliar contendo 1% N e 51% P (em 18/01/2019, aos 84 dias após a emergência).

A soja foi colhida em 19 de fevereiro de 2019 e as crotalárias foram manejadas com rolo faca em 01 de março de 2019. Em 10 de abril de 2019 foi realizado o plantio mecanizado de cana, variedade SP 832847, com espaçamento de 1,50 m. No sulco de plantio da cana-de-açúcar foi aplicado 500 kg ha⁻¹ de adubo formulado 10-25-25.

A coleta de amostras de solo foi feita no dia 01/08/2019, aos 18 meses após a aplicação de calcário, gesso e termofosfato calcinado. A coleta de amostras de solo foi feita em trincheiras abertas na entrelinha da cana. Nesta data, as plantas de cana estavam com 113 dias de idade.

Em cada unidade experimental, foi aberta uma trincheira na entrelinha da cana-de-açúcar, com 1,0 m de largura x 0,4 m de comprimento x 0,4 m de profundidade; em uma das paredes da trincheira, perpendicular à linha de cana, foi feita a coleta de amostra de solo nas camadas de 0 a 0,1, 0,1 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m, com o auxílio de calha de PVC e espátula de aço inox; cortou-se uma fatia de terra de cerca de 0,02 m de espessura, 0,75 m de comprimento e largura correspondente à profundidade de amostragem. As amostras de solo foram encaminhadas ao Laboratório de Fertilidade do solo da FCA/UFGD, correspondente aos dois tratamentos de calagem (6 e 12 Mg ha⁻¹ de calcário), três culturas antecessoras (restingas de soja, *C. juncea* e *C. spectabilis*), três tratamentos de fosfatagem corretiva (0, 380 e 760 kg ha⁻¹ de termofosfato calcinado Phosfaz), 3 blocos e 3 profundidades de amostragem (0 a 0,1, 0,1 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m), totalizando 162 amostras de solo.

No dia 07 de janeiro de 2020, aos 272 dias após o plantio da cana-de-açúcar, realizou-se a coleta de amostras de folhas para análise foliar e no dia 14 de julho de 2020, aos 461 dias após o plantio, realizou a colheita da cana-de-açúcar para a análise tecnológica e de produção.

3.4. Avaliações efetuadas

3.4.1. Fracionamento de fósforo

A extração das frações inorgânicas e orgânicas de fósforo no solo foi realizada conforme metodologia de Hedley et al. (1982), com modificações de Condrón e Goh (1989). No fracionamento foi utilizado 0,5 g de solo para cada amostra, visando extrair o Po (fósforo orgânico) e Pi (fósforo inorgânico) com os seguintes extratores em ordem sequencial: resina trocadora aniônica (Pi) (Placas AMI-7001), bicarbonato de sódio - NaHCO₃ 0,5 mol L⁻¹ a pH 8,5 (Pi + Po); hidróxido de sódio - NaOH 0,1 mol L⁻¹ (Pi e Po); ácido clorídrico - HCl 1,0 mol L⁻¹ (Pi); hidróxido de sódio - NaOH 0,5 mol L⁻¹ (Pi e Po) e digestão com H₂SO₄ + H₂O₂ + MgCl₂ (P residual).

Para o Pi dos extratos alcalinos de NaHCO₃ 0,5 mol L⁻¹ e NaOH 0,1 e 0,5 mol L⁻¹ foi realizada a acidificação e posteriormente o P dos extratos ácidos foi determinado pelo método de Murphy e Riley (1962). A acidificação do extrato alcalino é uma alternativa como substituição ao método proposto por Dick e Tabatabai (1977).

Uma parte do extrato alcalino foi utilizado para determinar o P total por digestão com persulfato de amônio + ácido sulfúrico em autoclave, sendo o Po obtido pela diferença entre P total e P inorgânico das amostras. O Pi do extrato ácido foi determinado pelo método de Murphy e Riley (1962). Já o P residual foi determinado através da digestão com $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{MgCl}_2$.

As frações de P obtidas através do fracionamento foram separadas pela labilidade descrita por Rotta (2012), onde o P lábil é composto pelas frações de Pi extraído por resina e os teores de Po e Pi extraídos por NaHCO_3 $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 8,5; o P moderadamente lábil é composto pelos teores de NaOH $0,1$ e $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ nas frações de Pi e Po e o P não lábil foi extraído com HCl $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ e $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{MgCl}_2$ (P residual), sendo expresso em g kg^{-1} .

3.4.2. Cana-de-açúcar

3.4.2.1. Análise foliar

Em cada unidade experimental, foi coletada amostra foliar (folha +3, terceira folha com lígula visível, na parte superior da planta), conforme Malavolta (1997), em 12 plantas. As amostras foram constituídas pelo terço mediano das folhas, excluindo-se a nervura principal.

No laboratório de análises físico-químicas da Embrapa Agropecuária Oeste, procedeu-se a secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 h e moagem em moinho tipo Wiley, utilizando-se a peneira com malha de 20 mesh (0,85 mm). A análise química de amostras de tecido foliar foi efetuada conforme Oliveira et al. (2005). O N foi determinado por combustão seca, em analisador CHNS Elementar, de acordo com o método Dumas. O P, K, Ca, Mg e S foram determinadas por espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES, Perkin Elmer, modelo óptica 8300, N/S), os resultados para os macronutrientes e micronutrientes são expressos em g kg^{-1} e mg kg^{-1} respectivamente.

3.4.2.2. Produção de colmos

A produtividade de colmos despalhados (tonelada de colmos por hectare – TCH) foi realizada a partir de 20 colmos, coletados ao acaso no momento da colheita da cana-planta, seguida de pesagem em balança eletrônica.

3.4.2.3. Análises tecnológicas

Os colmos foram encaminhados ao laboratório de análises tecnológicas da Usina para as análises de POL da cana (PC), teor de fibra e a pureza do caldo, segundo a metodologia descrita por Caldas (1998). A partir destas determinações, foi estimada a quantidade de açúcar total recuperável do colmo (ATR) na indústria. E a partir dos valores de ATR e TCH, foi determinada a produtividade de açúcares dos colmos da cana-de-açúcar por hectare (TAH), conforme a equação (1):

$$TAH = (ART \times TCH)/1.000 \quad (1)$$

A partir do somatório dos resultados obtidos para a produtividade de colmos despalhados (tonelada de colmos por hectare – TCH) e a produtividade de açúcares dos colmos da cana-de-açúcar por hectare (TAH) foi determinado a produção acumulada de colmos e de açúcar para a cana-planta (2020) e cana-soca (2021)

3.5. Análise estatística

Os resultados obtidos no presente estudo foram submetidos à análise de variância (teste F) e, as diferenças entre os tratamentos foram avaliadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade (BANZATTO e KRONKA, 2006), sendo analisado somente as interações duplas. As análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para os efeitos das doses de calcário, cultura antecessora e fosfatagem corretiva indicaram modificações significativas nas frações de fósforo, nas três camadas de solo avaliadas; entretanto, para as frações Pi NaHCO₃, Po NaHCO₃ e P Residual da camada de 0 a 0,1 m e P Residual da camada de 0,1 a 0,2 m, não houve interação dupla significativa entre os fatores (Tabelas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10). Somente efeito isolado para cultura (Pi NaHCO₃, Po NaHCO₃) e dose (P Residual) (Tabelas 2 e 3), sendo estes analisados individualmente (Tabela 11).

Tabela 2. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondente as frações lábeis de fósforo, P resina, Pi NaHCO₃ (0,5 M), Po NaHCO₃ (0,5 M), PT NaHCO₃ (0,5 M), na camada de 0 a 0,1 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.

Frações Lábeis de fósforo					
FV	GL	Fcalculado			
		P resina	Pi NaHCO ₃	Po NaHCO ₃	PT NaHCO ₃
Bloco	2	0,6169	0,4766	0,9153	0,3134
Calagem	1	0,0536ns	0,8550ns	0,1575ns	0,4193ns
Erro 1	2	1,45	6,07	4,17	1,04
Cultura	2	0,0000**	0,0000**	0,0033**	0,0000**
Cultura*Calagem	2	0,0031*	0,7377ns	0,2365ns	0,0682ns
Erro 2	8	0,93	1,48	3,17	4,07
Dose	2	0,0559ns	0,2963ns	0,8106ns	0,3742ns
Dose*Calagem	2	0,0514ns	0,5537ns	0,1786ns	0,1756ns
Dose*Cultura	4	0,0006**	0,1345ns	0,4773ns	0,0286*
Dose*Calagem*Cultura	4	0,0079**	0,0003**	0,0015**	0,0023**
Erro 3	24	1,28	1,92	2,45	4,43
CV 1 (%)		21,24	16,79	38,64	5,13
CV 2 (%)		17,04	8,29	33,70	10,10
CV 3 (%)		19,96	9,44	29,60	10,55
MG		5,68	14,68	5,28	19,98

ns= não significativo; * = significativo a 0,05; ** = significativo a 0,01; CV=Coeficiente de variação; MG= Média geral; GL=graus de liberdade.

Tabela 3. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondente as frações não lábeis de fósforo, P residual, Pi HCl (1,0 M) na camada de 0 a 0,1 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022

Frações Não Lábeis de fósforo			
FV	GL	Fcalculado	
		P residual	Pi HCl (1,0 M)
Bloco	2	0,9726	0,6914
Calagem	1	0,1907ns	0,0152*
Erro 1	2	8,26	2,50
Cultura	2	0,8822ns	0,0000**
Cultura*Calagem	2	0,9914ns	0,0001**
Erro 2	8	4,36	2,13
Dose	2	0,0344*	0,0000**
Dose*Calagem	2	0,3560ns	0,0002**
Dose*Cultura	4	0,2648ns	0,0000**
Dose*Calagem *Cultura	4	0,2682ns	0,0014**
Erro 3	24	1,77	1,36
CV 1 (%)		1,22	24,10
CV 2 (%)		0,87	22,23
CV 3 (%)		0,55	17,82
MG		241,36	6,56

ns= não significativo; * = significativo a 0,05; ** = significativo a 0,01; CV=Coeficiente de variação; MG= Média geral; GL=graus de liberdade.

Tabela 4. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondente as frações moderadamente lábeis de fósforo, Pi NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,1 M), PT NaOH (0,1 M), Pi NaOH (0,5 M), Po NaOH (0,5 M), PT NaOH (0,5 M) na camada de 0 a 0,1 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.

Frações Moderadamente Lábeis de fósforo				
FV	GL	Fcalculado		
		Pi NaOH (0,1 M)	Po NaOH (0,1 M)	PT NaOH (0,1 M)
Bloco	2	0,1591	0,6611	0,5252
Calagem	1	0,0589ns	0,0163*	0,0030**
Erro 1	2	2,05	261,79	72,07
Cultura	2	0,0002**	0,0000**	0,0000**
Cultura*Calagem	2	0,1939ns	0,000**	0,0000**
Erro 2	8	12,36	106,72	156,59
Dose	2	0,0000**	0,0001**	0,0000**
Dose*Calagem	2	0,0000**	0,0000**	0,0000**
Dose*Cultura	4	0,0022**	0,0005**	0,0911ns
Dose*Calagem*Cultura	4	0,0000**	0,0000**	0,0000**
Erro 3	24	6,83	260,76	241,04
CV 1 (%)		6,09	18,16	7,36
CV 2 (%)		14,94	11,60	10,85
CV 3 (%)		11,11	18,13	13,46
MG		23,53	89,08	115,38
FV	GL	Fcalculado		
		Pi NaOH (0,5 M)	Po NaOH (0,5 M)	PT NaOH (0,5 M)
Bloco	2	0,5491	0,9128	0,3237
Calagem	1	0,2760ns	0,0831ns	0,0141*
Erro 1	2	5,68	6,96	5,24
Cultura	2	0,0001**	0,1550ns	0,0052**
Cultura*Calagem	2	0,0043**	0,0058**	0,0002**
Erro 2	8	5,55	6,36	7,36
Dose	2	0,0113*	0,0012**	0,0060**
Dose*Calagem	2	0,0607ns	0,0001**	0,3486ns
Dose*Cultura	4	0,0094**	0,0001**	0,0167*
Dose*Calagem*Cultura	4	0,6361ns	0,0000**	0,1652ns
Erro 3	24	4,86	2,15	11,39
CV 1 (%)		18,60	30,46	10,46
CV 2 (%)		1836	29,11	13,39
CV 3 (%)		17,18	16,95	15,41
MG		12,83	8,66	21,90

ns= não significativo; * = significativo a 0,05; ** = significativo a 0,01; CV=Coeficiente de variação; MG= Média geral; GL=graus de liberdade.

Tabela 5. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondente as frações lábeis de fósforo, P resina, Pi NaHCO₃ (0,5 M), Po NaHCO₃ (0,5 M), PT NaHCO₃ (0,5 M) na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.

FV	GL	Frações Lábeis de fósforo			
		Fcalculado			
		P resina	Pi NaHCO ₃	Po NaHCO ₃	PT NaHCO ₃
Bloco	2	0,0824	0,8639	0,1864	0,0859
Calagem	1	0,0108*	0,0384*	0,0441*	0,0086**
Erro 1	2	0,14	2,15	0,30	0,28
Cultura	2	0,1696ns	0,0000**	0,0044**	0,0000**
Cultura*Calagem	2	0,2382ns	0,0000**	0,0001**	0,0000**
Erro 2	8	1,90	0,58	1,09	1,66
Dose	2	0,1082ns	0,0222*	0,2872ns	0,4274ns
Dose*Calagem	2	0,0422*	0,0273*	0,1281ns	0,0967ns
Dose*Cultura	4	0,0183*	0,0106**	0,1343ns	0,1143ns
Dose*Calagem*Cultura	4	0,0607ns	0,0477*	0,2206ns	0,0003**
Erro 3	24	0,48	2,28	1,33	1,90
CV 1 (%)		13,65	12,38	13,43	3,41
CV 2 (%)		49,23	6,45	25,57	8,18
CV 3 (%)		24,87	12,76	28,28	8,48
MG		2,80	11,84	4,09	15,79

ns= não significativo; * = significativo a 0,05; ** = significativo a 0,01; CV=Coeficiente de variação; MG= Média geral; GL=graus de liberdade.

Tabela 6. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondente as frações não lábeis de fósforo, P residual e Pi HCl (1,0 M) na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.

FV	GL	Frações Não Lábeis de fósforo	
		Fcalculado	
		P residual	Pi HCl (1,0 M)
Bloco	2	0,8803	0,0592
Calagem	1	0,2947ns	0,0089**
Erro 1	2	38,29	0,52
Cultura	2	0,2188ns	0,0000**
Cultura*Calagem	2	0,9444ns	0,0000**
Erro 2	8	20,48	0,85
Dose	2	0,0617ns	0,3825ns
Dose*Calagem	2	0,6292ns	0,2951ns
Dose*Cultura	4	0,3241ns	0,0036**
Dose*Calagem*Cultura	4	0,9804ns	0,0009**
Erro 3	24	16,35	2,40
CV 1 (%)		2,57	17,54
CV 2 (%)		1,88	22,35
CV 3 (%)		1,68	39,70
MG		240,47	4,14

ns= não significativo; * = significativo a 0,05; ** = significativo a 0,01; CV=Coeficiente de variação; MG= Média geral; GL=graus de liberdade.

Tabela 7. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondente as frações moderadamente lábeis de fósforo, Pi NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,1 M), PT NaOH (0,1 M), Pi NaOH (0,5 M), Po NaOH (0,5 M), PT NaOH (0,5 M) na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.

Frações Moderadamente Lábeis de fósforo				
FV	GL	Fcalculado		
		Pi NaOH (0,1 M)	Po NaOH (0,1 M)	PT NaOH (0,1 M)
Bloco	2	0,8349	0,0222	0,6920
Calagem	1	0,1023ns	0,4401ns	0,5878ns
Erro 1	2	13,70	5,08	192,97
Cultura	2	0,0000**	0,0001**	0,0008**
Cultura*Calagem	2	0,0007**	0,0000**	0,0000**
Erro 2	8	2,97	212,09	246,16
Dose	2	0,0000**	0,0000**	0,0004**
Dose*Calagem	2	0,0000**	0,0000**	0,0000**
Dose*Cultura	4	0,0000**	0,0000**	0,0000**
Dose*Calagem*Cultura	4	0,0000**	0,0000**	0,0010**
Erro 3	24	3,79	134,63	125,00
CV 1 (%)		22,71	3,45	16,94
CV 2 (%)		10,58	22,29	19,13
CV 3 (%)		11,96	17,59	14,65
MG		16,29	65,33	82,00
FV	GL	Fcalculado		
		Pi NaOH (0,5 M)	Po NaOH (0,5 M)	PT NaOH (0,5 M)
Bloco	2	0,9476	0,8262	0,0406
Calagem	1	0,0127*	0,0686ns	0,0003**
Erro 1	2	1,31	2,43	0,09
Cultura	2	0,0000**	0,0002**	0,0001**
Cultura*Calagem	2	0,0003**	0,0084**	0,0001**
Erro 2	8	2,41	2,11	3,65
Dose	2	0,0054**	0,0408ns	0,0496*
Dose*Calagem	2	0,9525ns	0,0023**	0,2263ns
Dose*Cultura	4	0,1914ns	0,0050**	0,0344*
Dose*Calagem*Cultura	4	0,3242ns	0,0001**	0,0005**
Erro 3	24	2,55	1,25	2,80
CV 1 (%)		10,72	20,80	1,74
CV 2 (%)		14,55	19,41	10,73
CV 3 (%)		14,97	14,93	9,73
MG		10,69	7,49	17,81

ns= não significativo; * = significativo a 0,05; ** = significativo a 0,01; CV=Coeficiente de variação; MG= Média geral; GL=graus de liberdade.

Tabela 8. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondente as frações lábeis de fósforo, P resina, Pi NaHCO₃ (0,5 M), Po NaHCO₃ (0,5 M), PT NaHCO₃ (0,5 M) na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.

FV	GL	Frações lábeis de fósforo			
		Fcalculado			
		P resina	Pi NaHCO ₃	Po NaHCO ₃	PT NaHCO ₃
Bloco	2	0,4997	0,5219	0,5202	0,9391
Calagem	1	0,0238*	0,1524ns	0,4063ns	0,7239ns
Erro 1	2	0,28	3,13	1,14	3,98
Cultura	2	0,3218ns	0,0001**	0,5490ns	0,0000**
Cultura*Calagem	2	0,0850ns	0,0349*	0,0014**	0,0148*
Erro 2	8	1,28	3,96	1,60	3,23
Dose	2	0,2996ns	0,4996ns	0,0089**	0,4858ns
Dose*Calagem	2	0,0486*	0,3511ns	0,9907ns	0,0480*
Dose*Cultura	4	0,0452*	0,001ns	0,0027**	0,0266*
Dose*Calagem*Cultura	4	0,0173*	0,4966ns	0,0000**	0,0335*
Erro 3	24	0,61	2,18	0,96	3,18
CV 1 (%)		23,20	16,66	28,11	14,21
CV 2 (%)		49,41	18,72	33,28	12,81
CV 3 (%)		34,13	12,89	25,79	12,71
MG		2,29	10,63	3,8	14,04

ns= não significativo; * = significativo a 0,05; ** = significativo a 0,01; CV=Coeficiente de variação; MG= Média geral; GL=graus de liberdade.

Tabela 9. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondente as frações não lábeis de fósforo, P residual, Pi HCl (1,0 M) na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.

FV	GL	Frações não lábeis de fósforo	
		Fcalculado	
		P residual	Pi HCl (1,0 M)
Bloco	2	0,8048	0,4938
Calagem	1	0,1784ns	0,9528ns
Erro 1	2	15,36	0,33
Cultura	2	0,0396*	0,0028**
Cultura*Calagem	2	0,9345ns	0,0029**
Erro 2	8	7,55	0,29
Dose	2	0,7359ns	0,0579ns
Dose*Calagem	2	0,0136*	0,0007**
Dose*Cultura	4	0,1689**	0,0083**
Dose*Calagem*Cultura	4	0,0014**	0,0629ns
Erro 3	24	6,32	0,16
CV 1 (%)		1,63	34,94
CV 2 (%)		1,14	32,46
CV 3 (%)		1,04	23,60
MG		240,79	1,66

ns= não significativo; * = significativo a 0,05; ** = significativo a 0,01; CV=Coeficiente de variação; MG= Média geral; GL=graus de liberdade.

Tabela 10. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondente as frações moderadamente lábeis de fósforo, Pi NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,1 M), PT NaOH (0,1 M), Pi NaOH (0,5 M), Po NaOH (0,5 M), PT NaOH (0,5 M) na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.

Frações moderadamente lábeis de fósforo				
FV	GL	Fcalculado		
		Pi NaOH (0,1 M)	Po NaOH (0,1 M)	PT NaOH (0,1 M)
Bloco	2	0,8933	0,9142	0,6235
Calagem	1	0,2097ns	0,0511ns	0,0353*
Erro 1	2	3,58	69,61	74,03
Cultura	2	0,0000**	0,0000**	0,0000**
Cultura*Calagem	2	0,8265ns	0,0002**	0,0000**
Erro 2	8	9,50	36,78	44,80
Dose	2	0,0001**	0,0000**	0,0000**
Dose*Calagem	2	0,0167*	0,0000**	0,0000**
Dose*Cultura	4	0,0009**	0,0000**	0,0000**
Dose*Calagem*Cultura	4	0,0000**	0,0000**	0,0000**
Erro 3	24	1,52	42,91	59,46
CV 1 (%)		15,46	18,51	14,25
CV 2 (%)		25,16	13,46	11,09
CV 3 (%)		10,07	14,54	12,77
MG		12,25	45,06	60,38
FV	GL	Fcalculado		
		Pi NaOH (0,5 M)	Po NaOH (0,5 M)	PT NaOH (0,5 M)
Bloco	2	0,2899	0,9342	0,2914
Calagem	1	0,0043**	0,1021ns	0,0017**
Erro 1	2	0,43	4,27	0,26
Cultura	2	0,0000**	0,0003**	0,0000**
Cultura*Calagem	2	0,0000**	0,1411ns	0,0001**
Erro 2	8	0,40	2,93	1,29
Dose	2	0,0080**	0,0731ns	0,6024ns
Dose*Calagem	2	0,0039**	0,0000**	0,0000**
Dose*Cultura	4	0,0630ns	0,0029**	0,0041**
Dose*Calagem*Cultura	4	0,0000**	0,0000**	0,0000**
Erro 3	24	1,19	1,06	1,06
CV 1 (%)		9,13	35,42	3,79
CV 2 (%)		8,84	29,33	8,34
CV 3 (%)		15,14	17,69	7,55
MG		7,22	5,83	13,63

ns= não significativo; * = significativo a 0,05; ** = significativo a 0,01; CV=Coeficiente de variação; MG= Média geral; GL=graus de liberdade.

Com relação ao efeito das culturas antecessoras, para as frações Pi e Po NaHCO_3 , observa-se maiores valores nestas frações nos tratamentos com crotalárias, principalmente onde foi cultivado *C. juncea* (Tabela 11). Uma das características que faz com que as crotalárias tenham alta capacidade de influir na dinâmica do fósforo, consiste no elevado acúmulo de matéria seca; capacidade do sistema radicular de absorver os nutrientes, sendo estes acumulados nas estruturas da planta (COSTA et al., 2006). Após a mineralização dos resíduos vegetais, os nutrientes são disponibilizados para o solo.

Quanto ao acúmulo do nutriente fósforo na parte aérea, Ribas et al. (2015) ao avaliar o acúmulo de macronutrientes em Arapiraca (AL) relacionam que as crotalárias, *C. juncea* e *C. spectabilis*, apresentaram cerca de 20 kg ha^{-1} de P acumulado na parte aérea. Para os adubos verdes, *C. juncea* e *C. spectabilis*, Barbosa et al. (2020) relacionam que o acúmulo de nutrientes na parte aérea segue a ordem de maior acúmulo de K, N e P, estes acumulam principalmente nos colmos, sendo que a *C. juncea* leva 135 dias após emergência, enquanto a *C. spectabilis*, 104 dias para o máximo acúmulo no caule. No caule, A *C. juncea* acumula 18 kg ha^{-1} , enquanto a *C. spectabilis* 12 kg ha^{-1} , sendo a melhor época de manejo com 90 dias, nesta época o teor acumulado é similar, ficando entre 10 e 15 kg ha^{-1} .

Enquanto a soja, de acordo com Kurihara et al. (2013), considerando um teor médio, definido como suficiente para a cultura de $3,0 \text{ g kg}^{-1}$ de P, relacionam que durante o máximo florescimento a cultura apresenta nas folhas acúmulo de $1,09 \text{ Kg ha}^{-1}$ de P, a partir do qual estima-se que o máximo teor acumulado na parte aérea, considerando trifólios, caule e pecíolos $14,2 \text{ Kg ha}^{-1}$, sendo conforme Barbosa et al. (2020) o total acumulado na *C. juncea* na parte aérea com manejo aos 90 dias forneceria cerca de 27 Kg ha^{-1} de P.

Com relação a dose, o maior teor de P residual ocorreu nas parcelas adubadas com 380 kg ha^{-1} , sendo que não houve diferença significativa com o tratamento controle (Tabela 11). O teor de P Residual é considerado uma fração de difícil acesso pelos extratores, sendo acessado pelas plantas em caso de déficit extremo do nutriente no solo (GATIBONI et al., 2007). Em termos gerais, a adubação fosfatada teve pouca influência sobre os teores de P de maior recalitrância, o que sugere que o sistema mantém um tamponamento constante de P, para a solução em equilíbrio com a fração lábil.

Tabela 11. Efeito das culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) para as frações Pi NaHCO₃ e Po NaHCO₃ e efeito das doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) para a fração P Residual nas camadas de 0 a 0,1 m. Caarapó – MS, 2022.

Tratamentos	Frações de P		
	Pi NaHCO ₃	Po NaHCO ₃	P Residual
	----- g kg ⁻¹ -----		
Cultura			Dose
Soja	9,08 C	3,63 B	0
<i>C. spectabilis</i>	16,10 B	5,69 A	380
<i>C. juncea</i>	18,85 A	6,54 A	760

**Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas na coluna, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Para as demais frações de P, houve interação dupla significativa entre os tratamentos calagem, doses de P e culturas antecessoras. Dessa forma, os resultados foram apresentados e discutidos conforme a fração a qual pertencem, separadamente para cada camada de solo.

3.1. Formas de fósforo no solo da camada de 0-0,1 m de profundidade.

3.1.1. Frações lábeis de P

Quando se aplicou 6 Mg ha⁻¹ de calcário, o teor de P resina, no tratamento com *C. juncea* foi superior estatisticamente ao tratamento com *C. spectabilis* e estas foram, respectivamente, superiores à resteva de soja. Já na dose de 12 Mg ha⁻¹ de calcário, a *C. juncea* foi estatisticamente superior ao tratamento com soja, mas não diferiu estaticamente da *C. spectabilis*. Com relação ao efeito da calagem, apenas no tratamento com soja houve diferença estatística, com maior teor de P resina no manejo que se realizou a calagem com 12 Mg ha⁻¹, quando comparado a calagem com 6 Mg ha⁻¹ (Figura 1). A partir dos resultados, podemos inferir que o cultivo das crotalárias, como cultura antecessora a cana-de-açúcar, foi mais eficiente, por proporcionar fósforo prontamente disponível para absorção pelas plantas.

De acordo com as condições de condução do trabalho, apenas nas subparcelas com soja, foram aplicados 267 kg ha⁻¹ de adubo formulado 07-34-12, correspondendo ao fornecimento de 90,8 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A soja é uma cultura com capacidade de extrair cerca de 15 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e recicla cerca de 5 kg ha⁻¹ de P₂O₅ a cada 1.000 kg produzidos. Enquanto a *C. Juncea* tem capacidade de reciclar cerca de 56 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (para uma produção de 13 Megagramas por

hectare de massa seca de parte aérea). Essa maior capacidade da *C. juncea* em extrair e reciclar o fósforo no solo, em comparação a cultura da soja, justifica que, mesmo com a adubação no plantio de soja, houve maior teor de P resina nas áreas cultivadas com crotalária. Assim como apresentado anteriormente, entende-se o porquê a soja tem acúmulo de 14,2 kg ha⁻¹ de P em relação aos 27 kg ha⁻¹ de P acumulados na parte aérea da *C. juncea* (KURIHARA et al., 2013; BARBOSA et al., 2020).

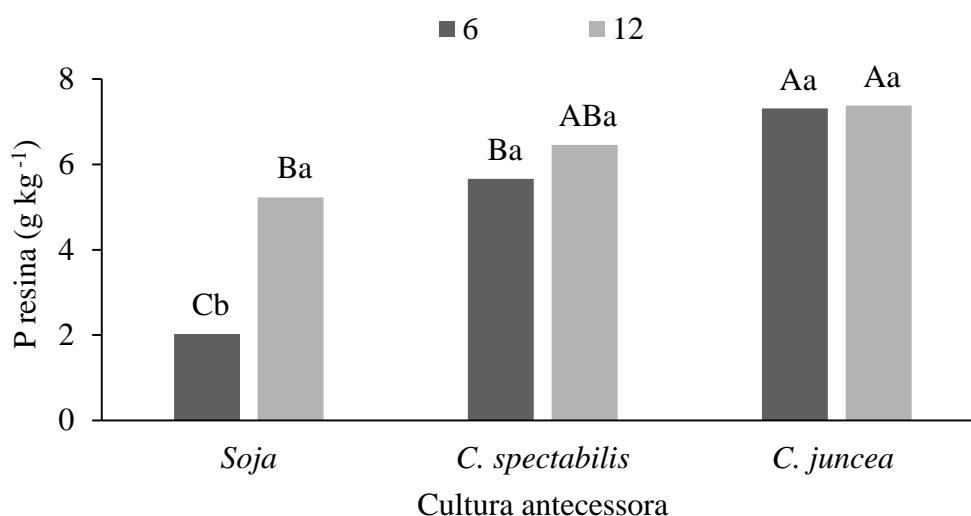


Figura 1. Interação entre cultura antecessora a cana-de-açúcar (soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹), para a variável P resina, nas amostras de solo coletadas na camada de 0 a 0,1 m de profundidade, na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das culturas antecessoras dentro de cada dose de calcário e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito da dose de calcário dentro de cada cultura antecessora.

Com relação ao manejo da fertilidade do solo, nota-se que a aplicação de 12 Mg ha⁻¹ de calcário proporcionou maior disponibilidade de P, até a dose de 380 kg ha⁻¹ de termofosfato. A variável P resina, consiste em um extrator do teor de P no solo, esta resina trocadora, não subestimam o teor de P lábil, sendo mais complexo, mas é bem específico por apresentar os resultados obtidos, devido a melhor analogia com as respostas de absorção pela planta (SILVA et al., 1999).

De acordo com Viviane et al. (2010) os solos tropicais possuem naturalmente baixa disponibilidade de fósforo, sendo que a correção do solo, juntamente, com a adição de P podem

reduzir a capacidade de fixação do P. Estes autores relacionam que com o aumento das doses de calcário e elevação do pH, obtiveram maior teor de P disponível, pois o P resina permite descrever os teores disponíveis por meio da solubilidade dos compostos fosfatados, sejam fosfatos de Al, Fe ou de Ca.

O maior teor de P resina observado em função da maior dose de calcário deve-se a menor precipitação do P., ou seja, com o emprego do calcário, tem-se a correção da acidez do solo, reduzindo dessa forma, a presença de íons como H^+ e AL^{3+} e elevando o pH, conforme Tirfolini et al. (2009), este processo faz com que ocorra menor ligação P a estas moléculas, o que ocasionaria a formação de formas não lábeis.

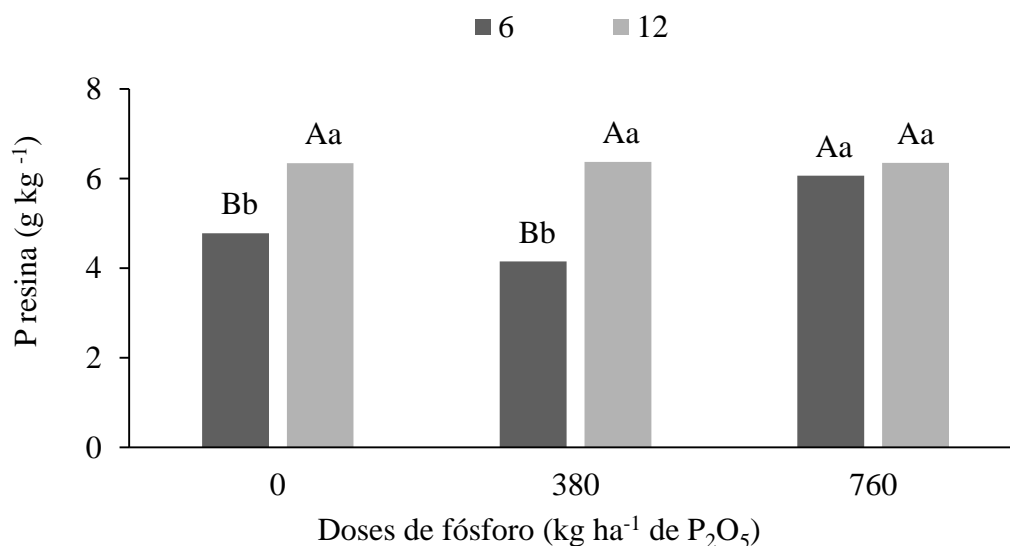


Figura 2. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e doses de calcário (6 e 12 Mg kg ha⁻¹) para a variável P resina, representante da fração lábil, nas amostras de solo coletadas na camada de 0 a 0,1 m de profundidade, na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das doses de termofosfato calcinado dentro de cada dose de calcário e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito da dose de calcário dentro de cada dose de termofosfato calcinado.

Com relação a interação entre as doses de termofosfato e as culturas antecessoras, para o P resina, tanto na cultura da soja como *C. spectabilis* não houve diferença entre as doses. Por outro lado, na *C. Juncea*, a dose de 760 kg ha⁻¹ apresentou maior teor de P nesta fração. Para todas

as doses adicionadas de termofosfato, o cultivo de crotalárias, antecedendo a cultura da cana-de-açúcar, proporcionou médias de P resina superiores em relação à soja (Tabela 12).

Para a variável PT NaHCO₃ (0,5 M), não houve diferença entre as doses de P aplicadas, independente da cultura antecessora; contudo, na comparação das culturas, nas doses de 0 e 380 kg ha⁻¹ a *C. juncea* foi superior a *C. spectabilis* e estas superiores a soja; já na dose de 760 kg ha⁻¹ as crotalárias não se diferenciaram, sendo superiores a soja (Tabela 12). O maior fornecimento de PT pela *C. juncea* em relação a *C. spectabilis*, relaciona-se segundo Barbosa et al. (2020), por a *C. juncea* possuir maior capacidade de acumular nutrientes em sua parte aérea, em relação a *C. spectabilis*, pois possui taxa de crescimento mais acelerada, maior eficiência fotossintética e sistema radicular mais agressivo.

Verifica-se que, ocorre aumento significativo nos teores de P lábil, nos tratamentos que tinham as crotalárias como cultura antecessora, especialmente a *C. juncea*; indicando que as crotalárias, mantém tamponamento constante de P para a solução em equilíbrio com a fração lábil do P. Associado a este resultado, Tokura et al (2011) descrevem que as frações de P, de maior labilidade, contribuem ativamente para o suprimento desse nutriente para as plantas.

Tabela 12. Efeito da interação entre doses de termofosfato calcinando (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar para as variáveis P resina e PT NaHCO₃ (0,5 M), nas amostras de solo coletadas na camada de 0 a 0,1 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.

Tratamento	Cultura antecessora					
	Soja	<i>C. Spectabilis</i>	<i>C. Juncea</i>	Soja	<i>C. Spectabilis</i>	<i>C. Juncea</i>
Dose	P Resina			PT NaHCO ₃ (0,5 M)		
kg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----					
0	3,38 Ab	6,17 Aa	5,60 Ca	14,14 Ac	21,17 Ab	26,32 Aa
380	3,63 Ab	6,55 Aa	7,15 Ba	11,55 Ac	21,36 Ab	25,87 Aa
760	3,87 Ac	5,47 Ab	9,28 Aa	12,70 Ab	23,29 Aa	23,38 Aa

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

3.1.2. Frações moderadamente lábeis de P

Para a fração Po NaOH 0,5 verifica-se que no sistema de calagem, não houve diferença entre as culturas, quando se aplicou 6 Mg kg ha⁻¹ de calcário; entretanto, com a adição de maior

dose de calcário, houve a redução do teor de Po NaOH 0,5 no tratamento com *C. spectabilis* (Tabela 13). Em relação ao efeito da calagem, observa-se maior teor de Po NaOH 0,5 a dose menor de corretivo, no tratamento com *C. spectabilis* (Figura 3).

Na variável fósforo orgânico em NaOH 0,1 M, observa-se maiores tores de fração com a aplicação da dose menor de corretivo, associado ao cultivo de soja, ou então, com a aplicação da dose maior associado ao cultivo de crotalárias (Tabela 13).

A fração Po NaOH 0,1 tendeu a representar a maior parte da fração PT NaOH 0,1 (Tabela 13). Isto sugere que a aplicação de 6 Mg ha⁻¹ de calcário, associado ao cultivo de soja, favoreceu o aumento do reservatório de fósforo orgânico; entretanto, com o aumento da dose de calcário, observa-se que os tratamentos com crotalárias foram estatisticamente superiores ao da soja.

Tabela 13. Efeito da interação entre cultura antecessora (soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e doses de calcário (6 e 12 Mg kg ha⁻¹) para as variáveis Po NaOH (0,5), Po NaOH (0,1 M), PT NaOH (0,1), PT NaOH (0,5 M) das amostras de solo coletadas na camada de 0 a 0,1 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.

Tratamentos	Dose de calcário (Mg ha ⁻¹)			
	6	12	6	12
Cultura	Po NaOH (0,5 M)		Po NaOH (0,1 M)	
	----- g kg ⁻¹ -----			
Soja	8,06 Aa	8,75 Aa	123,67 Aa	71,10 Bb
<i>C. spectabilis</i>	11,23 Aa	4,57 Bb	13,32 Cb	118,27 Aa
<i>C. juncea</i>	10,19 Aa	9,17 Aa	79,07 Bb	129,03 Aa
Tratamentos	6	12	6	12
Cultura	PT NaOH (0,5 M)		PT NaOH (0,1 M)	
	----- g kg ⁻¹ -----			
Soja	18,91 Ca	20,01 ABa	142,88 Aa	97,82 Cb
<i>C. spectabilis</i>	29,44 Aa	16,86 Bb	31,80 Cb	136,47 Ba
<i>C. juncea</i>	25,17 Ba	21,03 Ab	108,27 Bb	175,04 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para a variável PT NaOH (0,5 M) os teores foram significativamente superior na resteva de *C. spectabilis* e *C. juncea* em relação à soja, quando se aplicou 6 Mg ha⁻¹ de calcário. Por outro lado, na dose de 12 ha⁻¹ de calcário, os teores na resteva de *C. juncea* e soja foram similares, sendo a *C. juncea* superior a *C. spectabilis*. Para a cultura da soja não houve diferença quanto às doses de calcário, mas para as crotalárias, constatou-se maior teor de fósforo total NaOH 0,5 M (Tabela 13) quando se aplicou a menor dose de corretivo de acidez. De acordo com Gatiboni et al. (2013) essa forma de P de menor labilidade contribui para o tamponamento do P absorvido pelas plantas, quando o balanço entre as entradas e saídas de P no sistema for negativo.

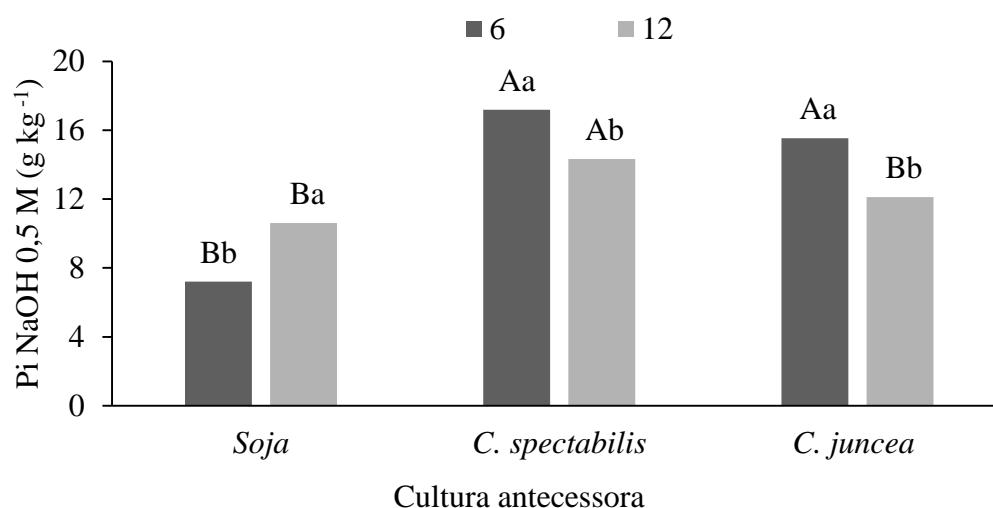


Figura 3. Interação entre culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e doses de calcário (6 e 12 Mg kg ha⁻¹) para a variável Pi NaOH (0,5 M) representante da fração moderadamente lábil, nas amostras de solo coletadas na camada de 0 a 0,1 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das culturas antecessoras dentro de cada dose de calcário e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito da dose de calcário dentro de cada cultura antecessora

No desdobramento da interação entre adubação fosfatada e calagem (Tabela 14), para a fração Po NaOH (0,5 M) não houve efeito significativo das doses de P quando se aplicou 12 Mg ha⁻¹ de calcário. Porém, na dose de 6 Mg ha⁻¹, o maior teor foi observado no tratamento que não recebeu adubo fosfatado. Na comparação das doses de calcário, o menor teor de Po NaOH 0,5 foi

observado 12 Mg ha⁻¹, associado à ausência de suprimento de P; entretanto, observa-se para este mesmo tratamento, que o teor de Po NaOH 0,1 foi maior (Tabela 14). Segundo Gatiboni et al. (2013), a fração Po NaOH (0,5) é menos lábil que o Po NaOH (0,1), assim pode-se inferir que a dose de 12 Mg ha⁻¹ de calcário, quando associado à ausência de adubação fosfatada, favoreceu acúmulo de fósforo orgânico de maior labilidade, ou seja, mais facilmente disponível às plantas, após o processo de mineralização do Po em Pi.

Tabela 14. Interação entre doses de termofosfato de cálcio (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e doses de calcário (6 e 12 Mg kg ha⁻¹) para as variáveis Po NaOH (0,5 M), Pi NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,1 M), PT NaOH (0,1 M) nas amostras de solo coletadas na camada de 0 a 0,1 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022.

Tratamentos	Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)			
	6		12	
Dose	Po NaOH (0,5 M)		Pi NaOH (0,1 M)	
kg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----			
0	12,09 Aa	6, 81 Ab	18,11 Bb	20,98 Ba
380	9,31 Ba	8,78 Aa	18,43 Bb	21,75 Ba
760	8,09 Ba	6,89 Aa	36,35 Aa	25,54 Ab

Tratamentos	Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)			
	6		12	
Dose	Po NaOH (0,1 M)		PT NaOH (0,1 M)	
kg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----			
0	45,52 Cb	143,26 Aa	63,42 Bb	162,58 Aa
380	98,57 Aa	100,16 Ba	117,93 Ab	149,82 Aa
760	71,97 Ba	74,98 Ca	101,60 Aa	96,93 Ba

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Dentre essas frações moderadamente lábeis, de modo geral, nos tratamentos que receberam as doses de 0 e 380 kg ha⁻¹ de fosfato apresentaram os maiores teores de P na forma orgânica. Por outro lado, no tratamento com 760 kg ha⁻¹ de termofosfato, observa-se os maiores

teores na forma inorgânica (Tabela 15). Esses resultados explicam, em boa parte, para onde o P oriundo do fertilizante está sendo deslocado.

Tabela 15. Interação entre doses de doses de termofosfato de cálcio (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar para as variáveis Pi NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,5 M), PT NaOH (0,5 M) nas amostras de solo coletadas na camada de 0 a 0,1 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022.

Tratamentos	Cultura antecessora					
	Soja	<i>C. Spectabilis</i>	<i>C. Juncea</i>	Soja	<i>C. Spectabilis</i>	<i>C. Juncea</i>
Dose	Pi NaOH (0,1 M)			Po NaOH (0,1 M)		
kg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----					
0	17,06 Bb	13,91 Bb	27,67 Ba	95,14 Bab	75,42 Ac	112,61 Aa
380	20,44 Bab	17,38 Bb	22,44 Ca	122,36 Aa	82,72 Ab	93,02 Ab
760	30,24 Ab	27,45 Ab	35,14 Aa	74,65 Bb	39,25 Bc	106,53 Aa
Tratamentos	Cultura antecessora					
	Soja	<i>C. Spectabilis</i>	<i>C. Juncea</i>	Soja	<i>C. Spectabilis</i>	<i>C. Juncea</i>
Dose	Po NaOH (0,5 M)			PT NaOH (0,5 M)		
kg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----					
0	9,14 Aa	9,94 Aa	9,26 Ba	16,55 Bb	23,59 ABa	20,12 Bab
380	8,81 Ab	6,16 Bb	12,17 Aa	20,73 ABab	19,30 Bb	24,65 Aa
760	7,26 Aa	7,60 ABa	7,60 Ba	21,10 Ab	26,55 Aa	24,53 Aab

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Para a fração Pi NaOH (0,5 M), observa-se que, para todas as doses de P aplicadas, maiores teores foram obtidos nos cultivos com as crotalárias, *C. spectabilis* e *C. juncea*. Na resteva da soja, os maiores teores dessa fração foram observados nas doses de 380 e 760 kg ha⁻¹ de fosfato (Figura 4). Esses resultados sugerem que a maior parte do fosfato aplicado via fertilizantes foi adsorvida pela fração mineral do solo. No entanto, essas formas de P podem contribuir para o tamponamento do P absorvido pelas plantas, quando o balanço entre as entradas e saídas de P no sistema for negativo (GATIBONI et al., 2013).

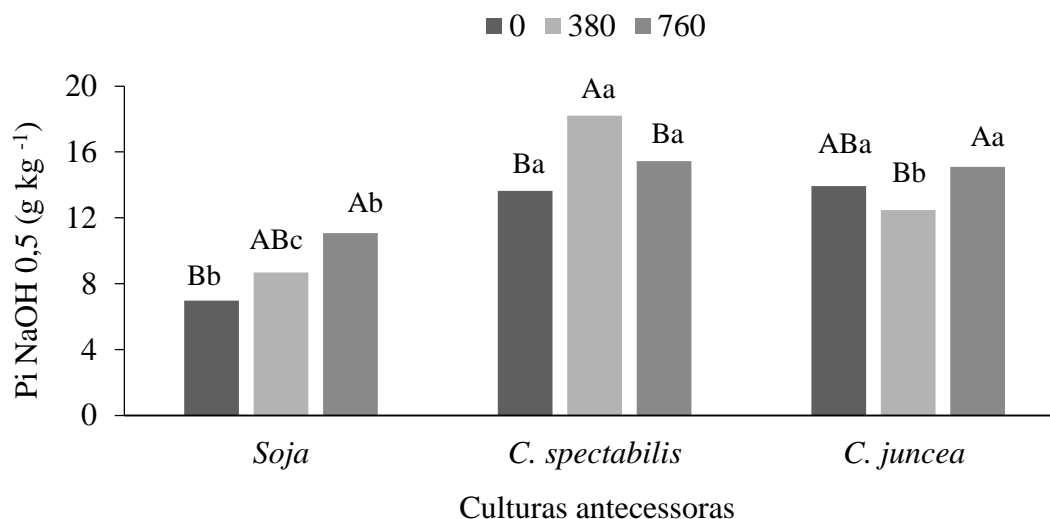


Figura 4. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar para a variável Pi NaOH (0,5 M) representante da fração moderadamente lábil, nas amostras de solo coletadas na camada de 0 a 0,1 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das doses de termofosfato calcinado dentro de cada cultura antecessora e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito da cultura antecessora dentro de cada dose termofosfato de cálcio.

De modo geral, para a camada de 0-10 cm, verificou que a maior parte do fosfato aplicado via fertilizantes foi convertida às frações Pi e Po no compartimento moderadamente lábil, independente da dose de calcário e das culturas antecessoras. Resultados semelhantes foram observados por outros autores (SANTOS et al., 2008; GONÇALVES E MEURER, 2009), nos quais a predominância do P NaOH foi associada ao fato de serem as formas de P, orgânicas e inorgânicas, ligadas ao solo com alta energia.

3.1.3. Frações não lábeis de P

Os teores de Pi HCl foram influenciados pela adubação fosfatada, sendo os maiores valores observados nas doses de 380 e 760 kg ha⁻¹, nas restevas de soja e crotalárias, respectivamente (Tabela 16). Em relação ao efeito da resteva, constatou-se que o cultivo de *C. juncea* propiciou os maiores teores de Pi HCl, independente da dose de P (Tabela 16) ou da dose de calcário (Figura 5) O aumento da dose de calcário tendeu a propiciar os maiores teores de Pi

HCl, independente da dose de P (Tabela 16) ou da cultura antecessora (Figura 5), à exceção de *C. spectabilis*.

De modo geral, essa fração tem participação pequena no P total e na disponibilidade de P para as plantas; entretanto, observa-se aumento dessa fração pela adição do fertilizante fosfatado e calcário (Tabela 16 e Figura 5). Resultado semelhante encontrado por Rheinheimer & Anglinoni (2001) nos solos sob SPD, no Sul do Brasil. Esses resultados sugerem a ocorrência de precipitação de P devido ao incremento de Ca^{2+} .

Tabela 16. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha^{-1}) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e interação entre doses de termofosfato calcinado e doses de calcário (6 e 12 Mg ha^{-1}) para a variável Pi HCl (1,0 M) nas amostras de solo coletadas na camada de 0 a 0,1 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.

Tratamentos	Cultura antecessora			Doses de calcário (Mg ha^{-1})		
	Soja	<i>C. spectabilis</i>	<i>C. juncea</i>	6	12	
Dose	Pi HCl (1,0 M) (g kg^{-1})			Dose	Pi HCl (1,0 M) (g kg^{-1})	
kg ha^{-1}	----- g kg^{-1} -----					
0	3,18 Bb	3,75 Bb	7,51 Ca	0	3,87 Bb	5,75 Ba
380	7,55 Ab	4,00 Bc	10,14 Ba	380	4,43 Bb	10,02 Aa
760	3,71 Bc	7,17 Ab	12,08 Aa	760	6,21 Ab	9,09 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

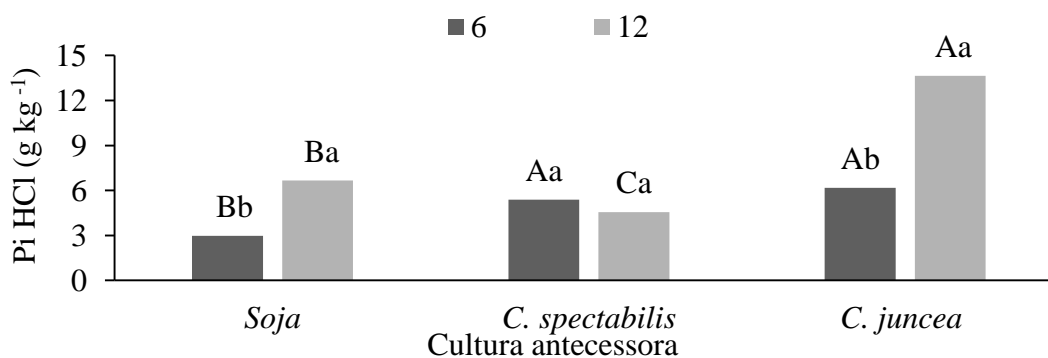


Figura 5. Interação entre culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e dose de calcário (6 e 12 Mg ha^{-1}) para a variável Pi HCl (1,0 M), representante da fração não lábil, nas amostras de solo coletadas na camada de 0 a 0,1 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença

significativa (Tukey, 5%) para o efeito das culturas antecessoras dentro de cada dose de calcário e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito da dose de calcário dentro de cada cultura antecessora.

3.2. Formas de fósforo no solo da camada de 0,1-0,2 m de profundidade.

3.2.1. Frações lábeis de P

Para a fração Pi NaHCO₃ (0,5M), maiores teores foram observados nas restevas de crotalárias, independente das doses de calcário; apenas para a *C. juncea*, houve efeito da calagem, com maior teor de Pi NaHCO₃ na dose de 12 Mg ha⁻¹. Para o Po NaHCO₃, a *C. spectabilis* apresentou o maior e o menor teor, quando associado à aplicação de 6 e 12 Mg ha⁻¹, respectivamente. Na resteva da soja, observou-se aumento no teor de Po NaHCO₃ com o incremento na dose de calcário (Tabela 17).

Tabela 17. Interação entre culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para as variáveis Pi NaHCO₃ (0,5M) e Po NaHCO₃ (0,5M) das amostras de solo coletadas na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.

Tratamentos	Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)			
	6	12	6	12
Cultura antecessora	Pi NaHCO ₃ (0,5 M)		Po NaHCO ₃ (0,5 M)	
	----- g kg ⁻¹ -----			
Soja	7,29 Ba	7,93 Ca	2,34 Cb	4,07 Aa
<i>C. Spectabilis</i>	13,38 Aa	13,62 Ba	6,31 Aa	2,08 Bb
<i>C. Juncea</i>	11,89 Ab	16,94 Aa	4,66 Ba	5,08 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Resultados obtidos por Collier et al. (2018) também demonstraram eficiência das crotalárias no aumento dos teores de fósforo disponível no solo; estes autores relacionam que a crotalária apresenta elevada capacidade de transformar a dinâmica de fósforo no solo: devido a liberação de ácidos orgânicos pelo sistema radicular e a ocupação de sítios que seriam retentores de fósforo, o que favorece o maior teor das frações lábeis.

Além do citado, outra vantagem das crotalárias está relacionado ao ciclo precoce e alta produção de matéria seca, tanto *C. juncea* e *C. spectabilis*, razão pela qual são altamente indicadas como culturas antecessoras. O elevado acúmulo de nutrientes em sua biomassa, após roçada ou

incorporação passam por ciclagem de nutrientes, disponibilizando todos os nutrientes extraídos (TEODORO et al., 2011). A *C. juncea* é caracterizada como um dos adubos verdes de maior eficiência em aporte nutricional, com pesquisa em Selvíria-MS, Silva et al. (2017) relacionam que a crotalária foi capaz de reciclar teores interessantes de N, P e K, correspondentes a 19,65, 3,36 e 20,08 g ka⁻¹.

De acordo com Soratto et al. (2012) ao analisar a *C. juncea* e o Milheto, relacionam que o milho tem maior capacidade de produzir matéria seca e acumular P, contudo a *C. juncea* pode acumular cerca de 19 kg ha⁻¹. Este adubo verde, além de apresentar boa resposta no acúmulo nutrientes em sua parte aérea, conseguem iniciar a decomposição e liberação de nutrientes, equivalentes a 0,28 kg ha⁻¹ de P, entre 0 e 18 dias após o manejo.

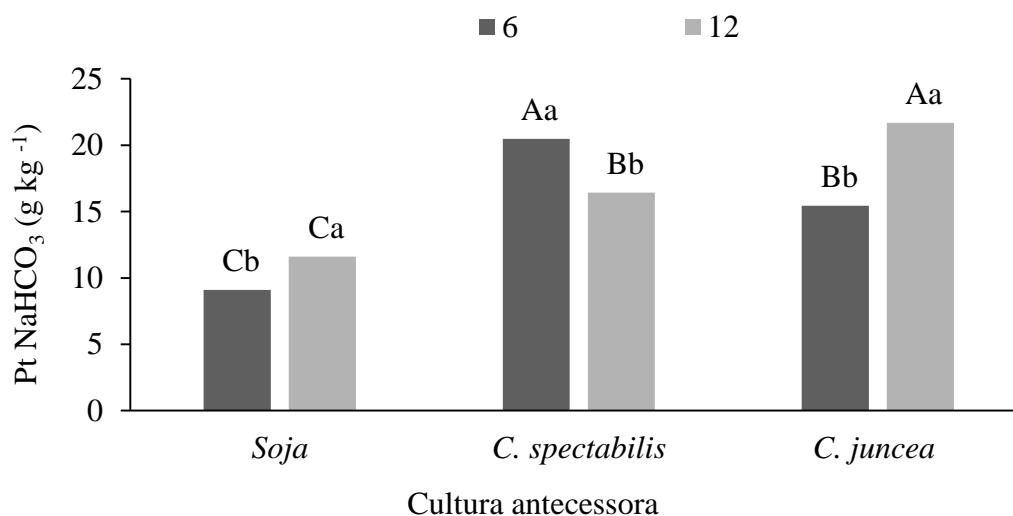


Figura 6. Interação entre (*Soja*, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para a variável PT NaHCO₃ (0,5 M), representante da fração lábil, nas amostras de solo coletadas na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das culturas antecessoras dentro de cada dose de calcário e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito da dose de calcário dentro de cada cultura antecessora.

No desdobramento da interação entre doses de P e de calcário para a fração P resina não houve efeito significativo da adubação fosfatada. Por outro lado, observou-se o efeito positivo da

calagem sobre esta fração de P quando se aplicou a dose de 380 kg ha⁻¹ de fosfato (Tabela 18). Com relação a fração Pi NaHCO₃, verificou-se resposta à adubação fosfatada, mas somente quando associado a menor dose de calcário; constatou-se, ainda, aumento no teor desta fração de P com o incremento na dose de calcário, mas somente quando associado às doses 0 e 380 kg ha⁻¹ de termofosfato (Tabela 18). Pode-se constatar, portanto, que o cultivo das crotalárias antecedendo o plantio da cana-de-açúcar, e a aplicação de 12 Mg ha⁻¹ de calcário tendem a aumentar a disponibilidade da fração lábil de P, tanto na camada de 0-10 como na de 10-20 cm.

Tabela 18. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para as variáveis P resina e Pi NaHCO₃ (0,5M) nas amostras de solo coletadas na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022.

Tratamentos	Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)			
	6	12	6	12
Dose	P Resina		Pi NaHCO ₃ (0,5 M)	
kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹			
0	2,16 Aa	3,12 Aa	9,33 Bb	12,77 Aa
380	2,28 Ab	3,91 Aa	11,56 Ab	13,54 Aa
760	2,47 Aa	2,85 Aa	11,67 Aa	12,19 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

No desdobramento da interação entre doses de P e culturas antecessoras à cana-de-açúcar, para a fração P resina, constatou-se maiores teores dessa fração na resteva das crotalárias, mas somente na dose de 760 kg ha⁻¹ de termofosfato (Tabela 19). Para a fração Pi NaHCO₃ houve diferença significativa entre doses e entre culturas. De modo geral, as crotalárias, com destaque a *C. juncea*, propiciaram maiores teores de fósforo prontamente disponível, independente da dose de termofosfato aplicado. Pode-se constatar, portanto, efeito das crotalárias nas duas camadas de solo (0-0,1 e 0,1-0,2 m).

Embora a mobilidade de Pi na solução do solo seja muito baixa, a mineralização lenta e gradual dos resíduos orgânicos, deixados em superfície no SPD proporciona liberação e redistribuição das formas orgânicas de P, mais móveis no solo e menos suscetíveis à adsorção que as formas inorgânicas (Anghinoni, 2007). A redistribuição de Pi no perfil do solo em SPD tem

sido relatada, e sua ocorrência é atribuída à liberação de ácidos orgânicos, complexação do Al^{3+} trocável e decomposição das raízes no solo, em profundidade (PAVINATO E ROSOLEM, 2008).

Tabela 19. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar para as variáveis P resina e Pi NaHCO₃ (0,5 M) nas amostras de solo coletadas na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.

Tratamentos	Cultura antecessora					
	Soja	<i>C. Spectabilis</i>	<i>C. Juncea</i>	Soja	<i>C. Spectabilis</i>	<i>C. Juncea</i>
Dose	P Resina			Pi NaHCO ₃ (0,5 M)		
kg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----					
0	2,56 Aa	2,34 Aa	3,02 Aa	7,60 Ab	12,02 Ba	13,52 Ba
380	2,81 Aa	3,02 Aa	3,45 Aa	7,38 Ac	13,85 ABb	16,42 Aa
760	1,46 Ab	3,27 Aa	3,25 Aa	7,85 Ab	14,63 Aa	13,30 Ba

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

3.2.2. Frações moderadamente lábeis de P

Para o Pi NaOH (0,1 e 0,5M), houve superioridade dessa fração em função do cultivo de *C. juncea* em comparação à soja, independente da dose de calcário (Tabela 20). Para o Pi NaOH (0,1 M), houve resposta significativa à calagem na resteva de *C. spectabilis*. Já para Pi NaOH (0,5 M), o aumento na dose de calcário resultou na diminuição dos teores desta fração, na resteva das duas crotalárias (Tabela 20).

Quando as crotalárias foram cultivadas antecedendo a cana, constatou-se que o PT, caracterizado pelo somatório dos teores de fósforo orgânico e inorgânico, apresentou resposta diferente à calagem dependendo do extrator utilizado; nestas restevas, o aumento da dose de calcário resultou no incremento da fração PT NaOH (0,1) e no decréscimo da fração NaOH (0,5). Quanto a diferenciação destes extratores na dinâmica do fósforo no solo, Gatiboni et al. (2013) descreveram que o extrator NaOH (0,5) tem menor labilidade que no extrator NaOH (0,1). Dessa

forma, verifica-se a eficiência do cultivo de *C. juncea* em promover maior teor do nutriente, na forma mais lábil para a planta, quando se aplicou maior dose de calcário.

Tabela 20. Interação entre culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para as variáveis Pi NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,1 M), PT NaOH (0,1 M), Pi NaOH (0,5 M), Po NaOH (0,5 M), PT NaOH (0,5 M) das amostras de solo coletadas na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.

Tratamentos	Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)			
	6	12	6	12
Cultura antecessora	Pi NaOH (0,1 M)		Po NaOH (0,1 M)	
	----- g kg ⁻¹ -----			
Soja	11,54 Ba	14,09 Ba	130,88 Aa	36,13 Cb
<i>C. spectabilis</i>	11,34 Bb	18,08 ABA	12,60 Cb	69,85 Ba
<i>C. juncea</i>	21,65 Aa	21,07 Aa	51,61 Bb	90,88 Aa
Tratamentos	Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)			
	6	12	6	12
Cultura antecessora	PT NaOH (0,1 M)		Pi NaOH (0,5 M)	
	----- g kg ⁻¹ -----			
Soja	144,48 Aa	37,65 Bb	7,42 Ba	8,16 Ba
<i>C. spectabilis</i>	24,95 Cb	101,00 Aa	14,91 Aa	8,06 Bb
<i>C. juncea</i>	72,95 Bb	110,99 Aa	13,84 Aa	11,73 Ab
Tratamentos	Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)			
	6	12	6	12
Cultura antecessora	Po NaOH (0,5 M)		PT NaOH (0,5 M)	
	----- g kg ⁻¹ -----			
Soja	9,10 Aa	7,98 Aa	15,78 Ba	16,39 Ba
<i>C. spectabilis</i>	7,21 Aa	3,41 Bb	21,85 Aa	11,20 Cb
<i>C. juncea</i>	8,47 Aa	8,78 Aa	22,69 Aa	18,97 Ab

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Para o Po NaOH (0,1 M) observou-se maiores teores em resteva de soja quando se aplicou 6 Mg ha⁻¹ de calcário, corroborando com os resultados obtidos na camada de 0 a 0,1 m. Para a dose de 6 Mg ha⁻¹ de calcário, constatou-se que na resteva da soja há menores teores de P inorgânico e tendência de haver teores maiores de P orgânico (Tabela 20).

A adubação fosfatada aumentou os teores de Pi NaOH 0,1 independente da dose de calcário aplicada e diminuiu os teores de Po NaOH 0,1, sendo este efeito verificado somente quando se aplicou 12 Mg ha⁻¹ de corretivo. (Tabela 21).

Tabela 21. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para as variáveis Pi NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,1), PT NaOH (0,1 M) e Po NaOH (0,5 M), nas amostras de solo coletadas na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022.

Tratamentos	Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)			
	6	12	6	12
Dose	Pi NaOH (0,1 M) (g kg ⁻¹)		Po NaOH (0,1 M) (g kg ⁻¹)	
kg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----			
0	12,53 Ba	11,46 Ca	58,30 Ab	101,00 Aa
380	15,21 Ab	18,35 Ba	68,58 Aa	65,82 Ba
760	16,78 Ab	23,42 Aa	68,21 Aa	30,04 Cb

Tratamentos	Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)			
	6	12	6	12
Dose	PT NaOH (0,1 M) (g kg ⁻¹)		Po NaOH (0,5 M) (g kg ⁻¹)	
kg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----			
0	70,93 Bb	114,34 Aa	8,62 Aa	7,43 Aa
380	83,42 ABa	65,74 Bb	9,00 Aa	5,84 Bb
760	88,02 Aa	69,56 Bb	7,15 Ba	6,90 Aba

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Para a fração Po NaOH 0,5 M, verificou-se diminuição significativa no teor quando se aplicou 760 kg ha⁻¹ de termofosfato, associado a 6 Mg ha⁻¹ de calcário, ou então, 380 kg ha⁻¹ de termofosfato, associado a 12 Mg ha⁻¹ de corretivo de acidez. Por outro lado, os teores de PT NaOH

0,1 responderam positivamente à adubação fosfatada, quando se aplicou 6 Mg ha⁻¹ de calcário e negativamente com a dose de 12 Mg ha⁻¹ do corretivo de acidez (Tabela 21).

Com os resultados observados verifica-se que o aumento da dose de calcário disponibiliza maior teor de fósforo, tanto para as frações lábeis como moderadamente lábeis; na camada de 10-20 cm, a fração moderadamente lábil constitui importante reservatório de fósforo. Neste aspecto, as crotalárias conforme observado conseguem mobilizar o fósforo adicionado, propiciando maiores teores de fósforo inorgânico na área (Tabela 22). O Pi consiste na forma de fósforo que pode ser absorvido pelas plantas, ou seja, torna maior a disponibilidade de nutriente na camada de 0,1 a 0,2 m; enquanto na resteva da soja há maior concentração no fósforo orgânico, o qual precisa ser transformado para utilização.

Tabela 22. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar para as variáveis Pi NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,1 M), PT NaOH (0,1 M) e Po NaOH (0,5 M), nas amostras de solo coletadas na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.

Tratamentos	Cultura antecessora					
	Soja	<i>C. spectabilis</i>	<i>C. juncea</i>	Soja	<i>C. spectabilis</i>	<i>C. juncea</i>
Dose	Pi NaOH (0,1 M)			Po NaOH (0,1 M)		
kg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----					
0	12,78 ABb	7,67 Cc	15,53Ba	57,06 Cb	71,65 Ab	110,24 Aa
380	14,98 Ab	11,21 Bc	24,21 Aa	116,61 Aa	32,88 Bc	52,12 Bb
760	10,73 Bb	25,26 Aa	24,32 Aa	76,85 Ba	19,14 Bc	51,38 Bb
Tratamentos	Cultura antecessora					
	Soja	<i>C. spectabilis</i>	<i>C. juncea</i>	Soja	<i>C. spectabilis</i>	<i>C. juncea</i>
Dose	PT NaOH (0,1 M)			Po NaOH (0,5 M)		
kg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----					
0	69,42 Bb	82,16 Ab	126,32 Aa	9,83 Aa	4,66 Ab	9,59 Aa
380	102,48 Aa	45,67 Bc	75,59 Bb	8,34 ABa	6,12 Ab	7,80 Bab
760	101,29 Aa	61,10 Bb	74,00 Bb	7,45 Ba	5,15 Ab	8,47 Aba

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

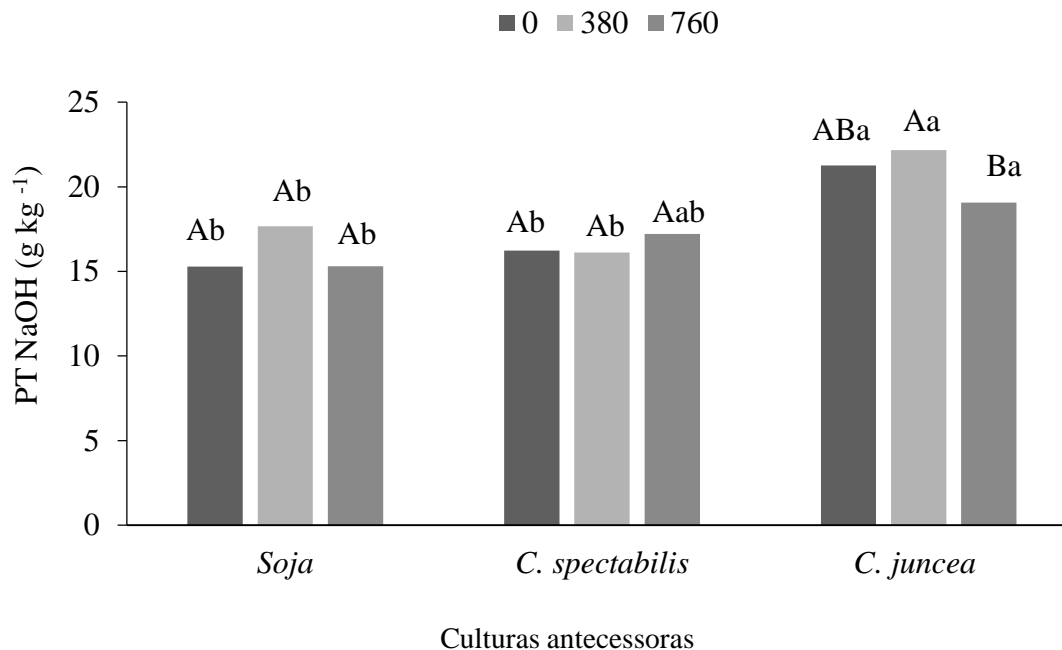


Figura 7. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar para a variável PT NaOH (0,5 M) representante da fração moderadamente lábil, nas amostras de solo coletadas na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022 Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das doses de termofosfato calcinado dentro de cada cultura antecessora e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito da cultura antecessora dentro de cada dose termofosfato de cálcio.

3.2.3. Frações Não lábeis de P

Com relação a fração não lábil, o cultivo de *C. juncea* tendeu a propiciar o maior acúmulo de fósforo na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade, independente da dose de P ou de calcário aplicada (Tabela 23).

Tabela 23. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e interação entre culturas antecessoras e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para a variável Pi HCl (1,0 M) nas amostras de solo coletadas na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.

Tratamentos	Cultura antecessora			Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)		
	Soja	<i>C. spectabilis</i>	<i>C. juncea</i>	6	12	
Dose	Pi HCl (1,0 M)			CULTURA	Pi HCl (1,0 M)	
kg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----				----- g kg ⁻¹ -----	
0	2,23 Bb	3,30 Ab	6,67 Aa	Soja	2,38 Bb	3,96 Ba
380	4,82 Aa	2,08 Ab	4,48 Ba	<i>C. spectabilis</i>	3,36 ABa	2,76 Ca
760	2,46 Bb	3,81 Ab	7,42 Aa	<i>C. juncea</i>	3,56 Ab	8,82 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

3.3. Formas de fósforo no solo da camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade.

3.3.1. Frações lábeis de P

Observou-se maiores teores de Po e PT lábeis, bem como de Pi NaHCO₃ na resteva das duas crotalárias, em relação à resteva de soja, quando se aplicou 6 Mg ha⁻¹ de calcário (Tabela 24 e Figura 8).

Para a fração P resina não houve diferença entre calagem para a dose de 760 kg ha⁻¹, contudo, quando não adicionou fósforo ou na dose de 380 kg ha⁻¹ houve eficiência da calagem com 12 Mg ha⁻¹ (Figura 9). Para os tratamentos com soja, na dose de 760 kg ha⁻¹, houve menor quantidade de fósforo disponível (Tabela 25). As diferentes doses de termofosfato não interferiram no teor de Pi NaHCO₃ (0,5 M), na resteva de soja. Para a *C. spectabilis* maiores concentrações de Pi ocorreram com 760 kg ha⁻¹, não diferindo do tratamento sem a fosfatagem, enquanto a *C. Juncea* promoveu maior incidência de Pi com 380 kg ha⁻¹ de P₂O₅. O cultivo de crotalárias resultou em maiores teores de P lábil na camada de 0,2 a 0,4 m, em relação à soja (Tabela 25).

Tabela 24. Interação entre culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para as variáveis Po NaHCO₃ (0,5 M) e PT NaHCO₃ (0,5 M) das amostras de solo coletadas na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022.

Tratamentos	Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)			
	6	12	6	12
Cultura antecessora	Po NaHCO ₃ (0,5 M)		PT NaHCO ₃ (0,5 M)	
	----- g kg ⁻¹ -----			
Soja	2,10 Bb	4,95 Aa	8,99 Ba	10,72 Ba
<i>C. spectabilis</i>	4,93 Aa	2,89 Bb	17,63 Aa	15,18 Ab
<i>C. juncea</i>	3,91 Aa	4,02 ABa	15,18 Aa	16,57 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

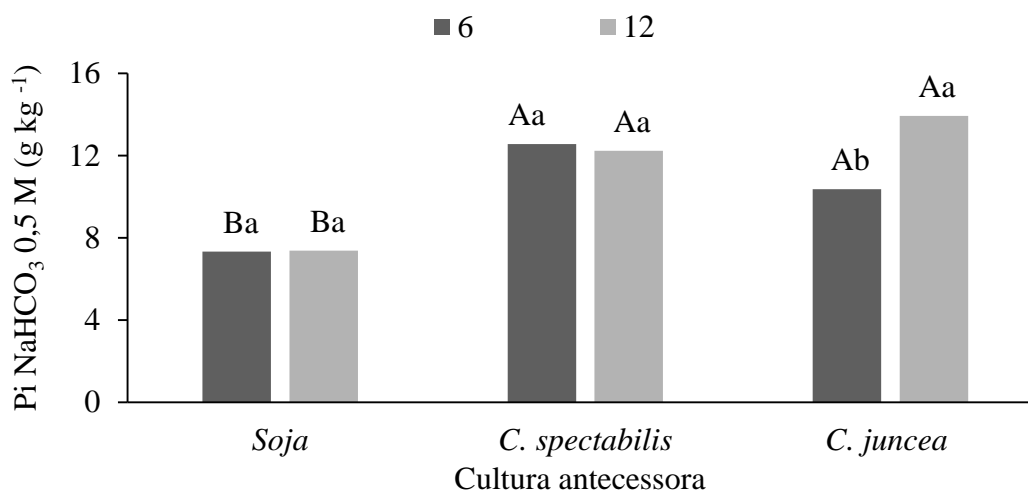


Figura 8. Interação entre culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para a variável Pi NaHCO₃ (0,5 M), representante da fração lábil, nas amostras de solo coletadas na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das culturas antecessoras dentro de cada dose de calcário e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito das doses de calcário dentro de cada cultura antecessora.

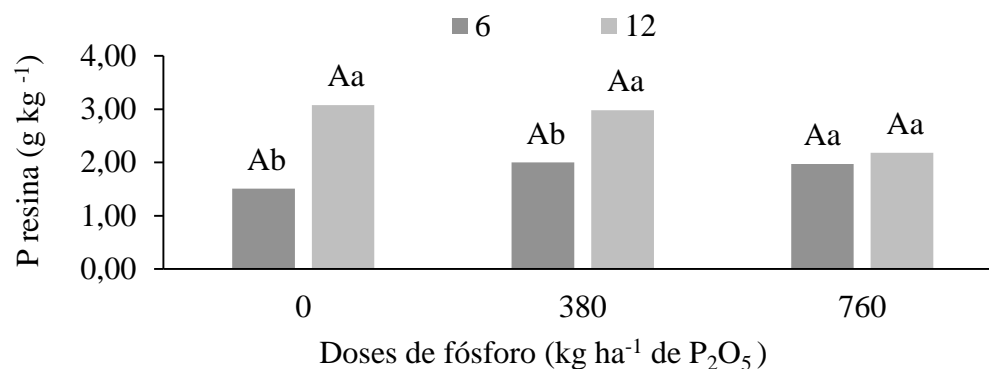


Figura 9. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para a variável P resina representante da fração lábil, nas amostras de solo coletadas na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das doses de termofosfato calcinado dentro de cada dose de calcário e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito das doses de calcário dentro de cada dose termofosfato de cálcio.

Tabela 25. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar para as variáveis Pi NaHCO₃ (0,5 M), Po NaHCO₃ (0,5 M), PT NaHCO₃ (0,5 M) e P resina nas amostras de solo coletadas na camada de 0,2-0,4 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.

Tratamentos	Cultura antecessora					
	Soja	<i>C. spectabilis</i>	<i>C. juncea</i>	Soja	<i>C. spectabilis</i>	<i>C. juncea</i>
Dose	Pi NaHCO ₃ (0,5 M)			Po NaHCO ₃ (0,5 M)		
kg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----					
0	7,43 Ab	12,54 ABa	11,06 Ba	3,63 ABa	4,59 Aa	3,36 Aa
380	6,68 Ac	10,91 Bb	14,40 Aa	4,77 Aa	4,14 ABa	4,06 Aa
760	7,95 Ac	13,72 Aa	10,97 Bb	2,18 Bb	2,99 Bab	4,48 Aa

TRATAMENTO	CULTURA					
	Soja	<i>C. spectabilis</i>	<i>C. juncea</i>	Soja	<i>C. spectabilis</i>	<i>C. juncea</i>
Dose	PT NaHCO ₃ (0,5 M)			P resina		
kg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----					
0	10,32 Ab	15,41 Ba	15,18 Aa	2,18 ABa	1,96 Aa	2,74 Aa
380	9,78 Ab	15,56 Ba	17,14 Aa	2,74 Aa	2,02 Aa	2,72 Aa
760	9,46 Ac	18,24 Aa	15,30 Ab	1,24 Ba	2,55 Aa	2,44 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Estes resultados demonstram que o cultivo de cana-de-açúcar precedido pelo cultivo de crotalárias, juntamente com a aplicação de 12 Mg ha⁻¹ de calcário e adição de P, favoreceram o aumento das frações lábeis de P em todas as camadas avaliadas.

3.3.2. Frações moderadamente lábeis de P

As culturas antecessoras *C. juncea* e soja foram superiores a *C. spectabilis* em promover maiores teores de Po NaOH (0,1 M) e PT NaOH (0,1 M), independente da calagem. Maiores teores de Po ocorreram com a dose de 12 Mg ha⁻¹ de calcário, na resteva de soja e *C. spectabilis*. Para a fração PT NaOH 0,5, os maiores teores foram observados com a dose de 6 Mg ha⁻¹ de calcário, na resteva de *C. juncea* e com a dose de 12 Mg ha⁻¹ de corretivo da acidez nas restevas de soja e *C. spectabilis* (Tabela 26).

Maiores teores de Pi NaOH (0,5 M) e PT NaOH (0,5 M) tenderam a ser obtidos na resteva de *C. juncea*, independente da calagem. Nessa camada mais profunda, o maior teor de Pi e PT tenderam a ocorrer na dose menor de calcário, independente da cultura antecessora (Tabela 26). A menor retenção de fósforo pela aplicação de 12 Mg ha⁻¹ de calcário, está relacionada à maior disponibilização de P em frações lábeis da superfície, restando menos em profundidade, como verificado com a dose menor de calcário.

A maior disponibilização do nutriente, nessas camadas é extremamente interessante para o cultivo das culturas. De acordo com Lima (2020) a fixação do fósforo no solo, está indiretamente relacionado a acidez do solo, que pode favorecer a presença de Al e Fe. Devido à grande afinidade do nutriente por cargas positivas, este fica adsorvido nos colóides, principalmente nas formas inorgânicas, sendo sua disponibilidade comprometida. Dessa forma, o manejo adequado de correção do solo, é fundamental para disponibilizar o nutriente nas diferentes profundidades.

Tabela 26. Interação entre culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para as variáveis Po NaOH (0,1 m), PT NaOH (0,1 M), Pi NaOH (0,5 M) e PT NaOH (0,5 M) das amostras de solo coletadas na camada de 0,2-0,4 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.

Tratamentos	Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)			
	6	12	6	12
Cultura antecessora	Po NaOH (0,1 M)		PT NaOH (0,1 M)	
	----- g kg ⁻¹ -----			
Soja	57,60 Ab	66,28 Aa	66,01 Bb	81,27 Aa
<i>C. spectabilis</i>	9,51 Bb	35,59 Ca	18,61 Cb	52,24 Ca
<i>C. juncea</i>	53,60 Aa	47,80 Ba	78,31 Aa	65,82 Bb
Tratamentos	Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)			
	6	12	6	12
Cultura antecessora	Pi NaOH (0,5 M)		PT NaOH (0,5 M)	
	----- g kg ⁻¹ -----			
Soja	5,98 Ba	5,24 Bb	13,95 Ba	13,55 Aa
<i>C. spectabilis</i>	9,67 Aa	4,30 Cb	14,53 Ba	7,41 Bb
<i>C. juncea</i>	10,09 Aa	8,02 Ab	17,56 Aa	14,80 Ab

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Na interação entre doses de calcário e de termofosfato, observou-se maior teor de Pi NaOH (0,5) e PT NaOH 0,5 com a dose de 6 Mg ha⁻¹ de calcário, independente da adubação fosfatada (Tabela 27). Para Pi NaOH, Po NaOH (0,1) e PT NaOH 0,5, houve efeito positivo da calagem, mas apenas na dose de 380 kg ha⁻¹ de termofosfato (Tabela 27). O fósforo no extrator NaOH (0,5), como discutido anteriormente, tem menor labilidade que no extrator NaOH (0,1) (GATIBONI et al., 2013).

Observa-se maior teor de fósforo na forma mais disponível, com a aplicação da dose maior de calcário. Este resultado é o reflexo da incorporação da metade da dose de calcário e de todo o termofosfato na camada de 0 a 0,3 m de profundidade, com grade intermediária.

Tabela 27. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para as variáveis Po NaOH (0,1 M), PT NaOH (0,1 M), Pi NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,5 M), PT NaOH (0,5 M) e Pi NaOH (0,5 M) nas amostras de solo coletadas na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade na cultura da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)			
	6	12	6	12
Dose	Po NaOH (0,1 M)		PT NaOH (0,1 M)	
Kg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----			
0	46,66 Aa	44,59 Ba	57,61 Aa	59,83 Ba
380	51,80 Ab	81,60 Aa	62,41 Ab	97,52 Aa
760	22,25 Ba	23,48 Ca	42,91 Ba	41,98 Ca

Tratamentos	Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)			
	6	12	6	12
Dose	Pi NaOH (0,1 M)		Po NaOH (0,5 M)	
Kg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----			
0	13,04 Aa	13,85 Aa	5,74 Ba	5,23 Aa
380	10,31 Bb	12,59 Aa	6,39 ABa	6,20 Aa
760	11,99 ABa	11,71 Aa	7,81 Aa	3,64 Bb

Tratamentos	Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)			
	6	12	6	12
Dose	PT NaOH (0,5 M)		Pi NaOH (0,5 M)	
Kg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----			
0	14,92 Ba	12,68 Ab	10,02 Aa	5,71 Ab
380	14,64 Ba	12,62 Ab	7,59 Ba	5,63 Ab
760	16,47 Aa	10,44 Bb	8,14 Ba	6,23 Ab

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Na resteva de *C. juncea* a variável Pi NaOH (0,1) foi maior em todas as doses de termofosfato. Para as três culturas antecessoras, a dose de 380 kg ha⁻¹ de termofosfato tendeu a proporcionar maior teor de Po NaOH (0,1 M) (Tabela 28). Nas doses de 0 e 380 kg ha⁻¹ de

termofosfato, a resteva de soja favoreceu maior retenção de fósforo orgânico em comparação a *C. juncea*.

Tabela 28. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar para as variáveis Pi NaOH (0,1 M), Po NaOH (0,1 M), PT NaOH (0,1 M) e Po NaOH (0,5 M), nas amostras de solo coletadas na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.

Tratamentos	Cultura antecessora					
	Soja	<i>C. spectabilis</i>	<i>C. juncea</i>	Soja	<i>C. spectabilis</i>	<i>C. juncea</i>
Dose	Pi NaOH (0,1 M)			Po NaOH (0,1 M)		
Kg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----					
0	11,38 Ab	7,64 Ac	21,30 Aa	61,71 Ba	25,38 Ac	49,79 ABb
380	10,00 Ab	6,48 Ac	17,87 Ba	112,44 Aa	29,74 Ac	57,91 Ab
760	10,51 Ab	8,20 Ab	16,84 Ba	11,67 Cb	12,53 Bb	44,40 Ba

Tratamentos	Cultura antecessora					
	Soja	<i>C. spectabilis</i>	<i>C. juncea</i>	Soja	<i>C. spectabilis</i>	<i>C. juncea</i>
Dose	PT NaOH (0,1 M)			Po NaOH (0,5 M)		
Kg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----					
0	73,75 Ba	35,19 Ab	67,22 Aa	7,51 Aa	3,63 Ab	5,31 Ab
380	124,65 Aa	38,06 Ac	77,18 Ab	8,89 Aa	2,89 Ab	7,10 Aa
760	22,53 Cc	33,02 Ab	71,79 Aa	7,04 Aa	4,48 Ab	5,65 Aab

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Para o PT NaOH 0,5M, observa-se que os maiores teores na resteva de *C. juncea*, em todas as doses de termofosfato. O teor de PT não foi influenciado pela adubação fosfatada na resteva de soja; por outro lado, na resteva de *C. spectabilis* e *C. juncea*, maiores teores tenderam a ser observados nas doses de 760 e 0 kg ha⁻¹ de termofosfato, respectivamente. cultivo com soja não diferiu no teor de Pt em função das doses, para *C. spectabilis* os maiores teores ocorreram na dose de 760 kg ha⁻¹, que não diferiu do tratamento sem adição de P. Já para a *C. juncea*, as melhores doses foram 0 e 380 kg ha⁻¹ (Figura 10). Estes resultados enfatizam que o emprego da *C. juncea*,

como cultura antecessora à cana de açúcar, tem maior potencial para elevar os níveis de fósforo moderadamente lábil na camada de 0,2 a 0,4 m do solo.

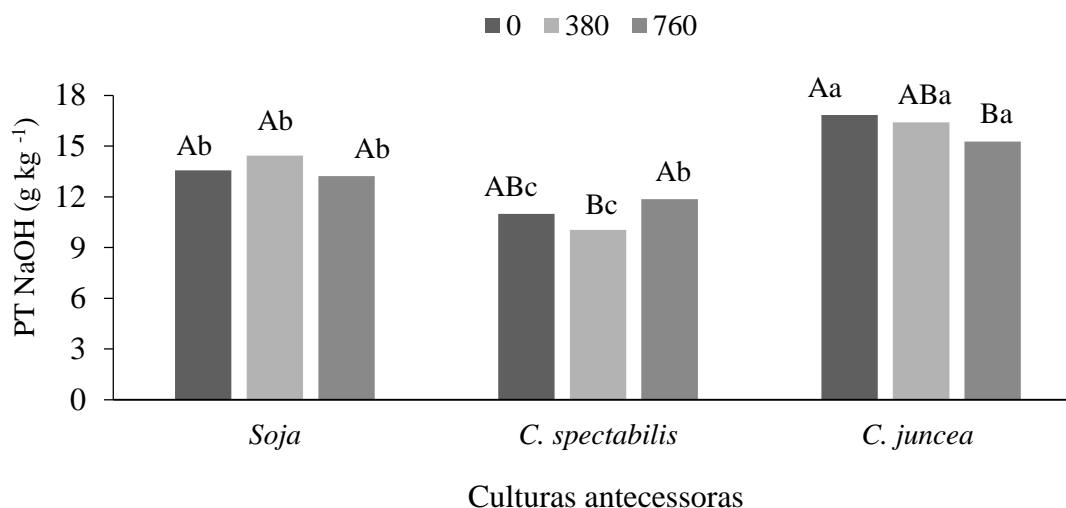


Figura 10. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis*, *C. juncea*) à cana de açúcar para a variável PT NaOH (0,5 M) representante da fração lábil, nas amostras de solo coletadas na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das doses de termofosfato calcinado dentro de cada cultura antecessora e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito das culturas antecessoras dentro de cada dose de termofosfato calcinado.

3.3.3. Frações não lábeis de P

Assim como nas frações moderadamente lábeis, na fração não lábil do solo, a *C. juncea* tendeu a proporcionar maior teor de Pi HCl. Para as crotalárias, as doses não interferiram no teor de Pi, diferentemente da soja que apresentou mais Pi com o uso de 760 kg ha⁻¹ de termofosfato calcinado (Tabela 29). Também se verificou maior teor de Pi HCl na resteva de *C. juncea* quando se aplicou 12 Mg ha⁻¹ de calcário. O P residual nas doses de 380 e 760 kg ha⁻¹ foi superior com a calagem realizada na dose de 12 Mg ha⁻¹

Tabela 29. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) à cana-de-açúcar, interação entre doses de termofosfato calcinado e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) e interação entre doses de calcário e culturas antecessoras para a variável Pi HCl (1,0 M), assim como interação entre doses de termofosfato calcinado e doses de calcário para P residual nas amostras de solo coletadas na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade. Caarapó – MS, 2022.

Tratamentos	Cultura antecessora			Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)		
	Soja	<i>C. spectabilis</i>	<i>C. juncea</i>	6	12	
Dose	Pi HCl (1,0 M)			Dose	Pi HCl (1,0 M)	
Kg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----			Kg ha ⁻¹	---- g kg ⁻¹ -----	
0	1,11 Bb	1,26 Ab	2,32 Aa	0	1,35 Bb	1,78 Aa
380	1,18 Bb	1,45 Aab	2,06 Aa	380	1,90 Aa	1,23 Bb
760	2,06 Aa	1,29 Ab	2,20 Aa	760	1,75 ABa	1,95 Aa

Tratamentos	Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)				
	6	12		6	12
Cultura	Pi HCl (1,0 M)		Dose	P Residual	
	---- g kg ⁻¹ -----		Kg ha ⁻¹	---- g kg ⁻¹ -----	
Soja	1,24 Aa	1,66 Ba	0	240,99 Aa	240,13 Aa
<i>C. spectabilis</i>	1,87 Aa	0,80 Cb	380	238,49 Ab	242,80 Aa
<i>C. juncea</i>	1,89 Ab	2,50 Aa	760	239,63 Ab	242,70 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

3.4. Dados nutricionais e de produção da cana planta

Para a determinação dos teores foliares de nutrientes, observa-se que houve interação entre os fatores para os macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre; para cálcio e magnésio não houve efeito de interações, razão pela qual foram analisados os efeitos dos tratamentos individualmente (Tabela 30). Para os micronutrientes Cu e Mn, verificou-se interação entre culturas antecessoras e calagem. O B e Mn foram influenciados pela interação entre as doses de termofosfato e culturas antecessoras. O nutriente Fe não apresentou interferência no seu teor foliar em função dos tratamentos avaliados, enquanto o Zn não apresentou interação entre os fatores, mas apresentou influência da cultura antecessora (Tabela 31).

Tabela 30. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondentes aos teores foliares de macronutrientes da cana-de-açúcar Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S). Caarapó – MS, 2022.

FV	GL	Fcalculado					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Calagem	1	0,0598 ^{ns}	0,1050 ^{ns}	0,0702 ^{ns}	0,0024*	0,1055 ^{ns}	0,0154*
Bloco	2	0,5078 ^{ns}	0,5825 ^{ns}	0,9530 ^{ns}	0,4025 ^{ns}	0,5279 ^{ns}	0,5526 ^{ns}
Erro 1	2	1,09	0,01	0,82	0,02	0,01	0,00
Cultura	2	0,3259 ^{ns}	0,0014*	0,0951 ^{ns}	0,0035*	0,2999 ^{ns}	0,0027*
Cultura*Calagem	2	0,0462*	0,0148*	0,0026*	0,5722 ^{ns}	0,2250 ^{ns}	0,0041*
Erro 2	8	0,98	0,005	0,28	0,27	0,02	0,01
Dose	2	0,5184 ^{ns}	0,0130*	0,0591*	0,9373 ^{ns}	0,8250 ^{ns}	0,5184 ^{ns}
Dose*Calagem	2	0,0336*	0,1954 ^{ns}	0,6120 ^{ns}	0,2414 ^{ns}	0,2192 ^{ns}	0,2927 ^{ns}
Dose*Cultura	4	0,9704 ^{ns}	0,2388 ^{ns}	0,6937 ^{ns}	0,9387 ^{ns}	0,5845 ^{ns}	0,2476 ^{ns}
Dose*Calagem*Cultura	4	0,5649 ^{ns}	0,0445*	0,0999 ^{ns}	0,6162 ^{ns}	0,2589 ^{ns}	0,7352 ^{ns}
Erro 3	24	0,58	0,005	0,31	0,20	0,016	0,007
CV 1 (%)		4,96	6,74	6,87	2,69	4,64	4,12
CV 2 (%)		4,70	3,79	4,04	9,22	6,41	6,88
CV 3 (%)		3,62	3,91	4,22	7,91	5,80	5,77
MG		21,12	1,93	13,23	5,72	2,24	1,51

ns= não significativo; * = significativo a 0,05; ** = significativo a 0,01; CV=Coeficiente de variação; MG= Média geral; GL=graus de liberdade.

Tabela 31. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis correspondentes aos teores foliares de micronutrientes da cana-de-açúcar boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn). Caarapó – MS, 2022.

FV	GL	Fcalculado				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
Bloco	2	0,9937 ^{ns}	0,4945 ^{ns}	0,3968 ^{ns}	0,6325 ^{ns}	0,6611 ^{ns}
Calagem	1	0,2647 ^{ns}	0,0950 ^{ns}	0,2688 ^{ns}	0,3111 ^{ns}	0,1229 ^{ns}
Erro 1	2	1,23	0,01	11,15	89,69	0,9913
Cultura	2	0,9344 ^{ns}	0,0013*	0,3594 ^{ns}	0,0014*	0,0057**
Cultura*Calagem	2	0,0828 ^{ns}	0,0037**	0,2666 ^{ns}	0,0003**	0,1847 ^{ns}
Erro 2	8	1,00	0,15	19,40	24,68	0,90
Dose	2	0,1266 ^{ns}	0,4261 ^{ns}	0,2743 ^{ns}	0,0736 ^{ns}	0,1161 ^{ns}
Dose*Calagem	2	0,7603 ^{ns}	0,6879 ^{ns}	0,5469 ^{ns}	0,0054**	0,5877 ^{ns}
Dose*Cultura	4	0,0080*	0,9866 ^{ns}	0,7814 ^{ns}	0,0014**	0,2589 ^{ns}
Dose*Calagem*Cultura	4	0,3066 ^{ns}	0,1129 ^{ns}	0,4149 ^{ns}	0,0126*	0,4855 ^{ns}
Erro 3	24	0,50	0,09	15,94	25,19	0,62
CV 1 (%)		19,47	2,62	5,31	16,40	7,93
CV 2 (%)		17,54	7,38	7,00	8,60	7,57
CV 3 (%)		12,42	5,75	6,35	8,69	6,28
MG		5,71	5,37	62,91	57,74	12,55

ns= não significativo; * = significativo a 0,05; ** = significativo a 0,01; CV=Coeficiente de variação; MG= Média geral; GL=graus de liberdade.

A concentração foliar de fósforo foi maior na dose de 760 kg ha⁻¹ (Tabela 32), o que pode ser justificado pelo maior fornecimento do nutriente para as plantas. Mesmo que, o aumento no teor foliar de P, tenha apresentado pouca expressividade, a maior concentração tem relação com o aumento, principalmente, das frações lábeis das camadas mais superficiais, como as frações de P na camada de 0 a 0,1 m do fosforo lábil, com maior teor de P resina no manejo com 6 Mg ha⁻¹ e em todas as culturas antecessoras (Figura 2, Tabela 12).

Tabela 32. Efeito das doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹), culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) à cana-de-açúcar para as variáveis correspondentes aos teores foliares de macronutrientes da cana-de-açúcar fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e enxofre (S). Caarapó – MS, 2022.

Variáveis analisadas					
Doses de fósforo	Fósforo (P)	Potássio (K)	Manejo	Cálcio (Ca)	Enxofre (S)
	----- (g kg ⁻¹) -----	-----		----- (g kg ⁻¹) -----	-----
0	1,91 B	13,24 AB	6	5,29 B	1,44 B
380	1,90 B	13,00 B		12	6,15 A
760	1,97 A	13,47 A			
Cultura antecessora		Fósforo (P)	Cálcio (Ca)	Enxofre (S)	
		----- (g kg ⁻¹) -----	-----	-----	
Soja		1,85 B	5,23 B	1,50 B	
<i>C. spectabilis</i>		1,94 A	6,06 A	1,48 B	
<i>C. juncea</i>		1,98 A	5,89 A	1,61 A	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Para o desenvolvimento da cultura, foi realizado a aplicação no sulco de plantio da cana-de-açúcar, para suprir sua demanda por P, sendo aplicado 500 kg ha⁻¹ de adubo 10-25-25, conforme mencionado anteriormente. Isso resulta no fornecimento de 125 kg ha⁻¹ de P₂O₅, devido a esse fornecimento em todas as parcelas, entende-se o motivo dos resultados poucos expressivos na diferença do teor de P, entre a maior dose de fósforo adicionada na fosfatagem 760 kg há⁻¹, em relação a dose zero.

A concentração foliar de potássio foi maior quando adicionou a dose de 760 kg ha⁻¹ de P, mas não diferiu do tratamento que não recebeu P. A dose de 12 Mg ha⁻¹ de calcário favoreceu maiores teores de Ca e S (Tabela 32), o que já era esperado em função das maiores doses de calcário. Com relação as culturas antecessoras, observa-se de modo geral, maiores concentrações de P, Ca, S, Cu e Zn nas folhas de cana-de-açúcar que foram cultivadas nas áreas anteriormente cultivadas com as crotalárias (Tabela 32, Figura 11).

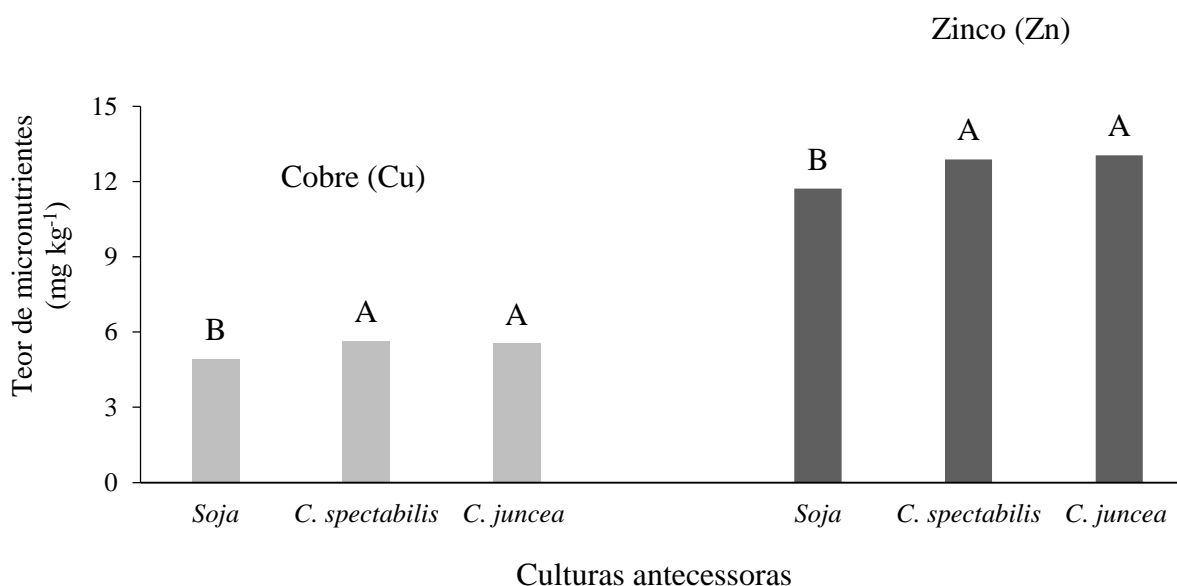


Figura 11. Efeito da cultura antecessora (soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) ao cultivo da cana-de-açúcar nos teores de cobre (Cu) e zinco (Zn) foliar. Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das culturas antecessoras.

Os teores foliares de P na cana-de-açúcar cultivada sobre as restevas das crotalárias foram maiores do que na cana cultivada na resteva de soja. Isso tem relação com o aumento no teor de das frações do solo. As crotalárias, em especial a *C. juncea*, favoreceu aumento das frações lábeis, moderadamente lábeis e não lábeis do solo, como na camada de 0 a 0,1 m para o P resina e PT NaHCO₃ (0,5 M) (Figura 1, Tabela 12), maior teor de PT NaOH na dose de 12 Mg ha⁻¹ de calcário (0,1 M) e Pi NaOH na dose de 6 Mg ha⁻¹ de calcário (0,5 M) (Tabela 13), maior teor de Pi NaOH (0,1 M) (Tabela 15) e Pi NaOH (0,1 M) (Figura 4), assim como de Pi HCl (1,0 M) (Tabela 16,

Figura 5). Comportamento semelhante foi observado para as frações do solo das camadas de 0,1 a 0,2 e 0,2 a 0,4 m de profundidade. O aumento das concentrações de P promovido pelas crotalárias deve-se a capacidade de ciclagem de nutrientes, já consolidada como eficiente em retirar do solo e devolver ao sistema através de sua decomposição.

Apesar de haver diferenças com relação aos tratamentos utilizados no presente estudo para as concentrações foliares da cultura da cana-de-açúcar, verifica-se que para praticamente todos os nutrientes, as concentrações apresentaram-se abaixo do adequado para a cultura. Apenas a concentração de K e N mantiveram-se na faixa adequada (Tabela 33). Os teores foliares considerados adequados para a cana-de-açúcar são 19 a 21, 2 a 2,4, 11 a 13, 8 a 10, 2,5 a 3,0 g kg⁻¹ para os macronutrientes N, P, K, Ca e S, respectivamente (MALAVOLTA et al., 1997). Apesar, dos teores não terem atingido os valores determinados para o adequado estado nutricional, os teores nutricionais estão próximos da faixa de suficiência.

De acordo com o estudo de Nora et al. (2013) em condições de aplicação do calcário juntamente com o gesso, ocorre aumento dos nutrientes Ca e S no solo, o que desta forma pode ter inferido no maior teor destes nutrientes nas plantas com a dose de 12 Mg ha⁻¹.

Quando se aplicou 12 Mg ha⁻¹ de calcário, os maiores teores foliares de P e K ocorreram nas plantas de cana cultivadas nas áreas precedidas pela *C. juncea*. Na dose de 12 Mg ha⁻¹ de calcário houve maior teor de N na cultura da soja e na *C. juncea*, também na dose de Mg ha⁻¹ de calcário associado a dose de termofosfato, observou-se que houve maior teor de N nas doses 0 e 380, em comparação a dose de 760 Kg ha⁻¹ (Tabela 33).

Como observado a *C. juncea* como cultura antecessora promoveu maior teor de fósforo quando se aumentou a dose de calcário. O maior teor, pode estar associado ao fato que, de modo generalista, há interação positiva com a *C. juncea* associada a maior dose de calcário para as diferentes frações. A associação favoreceu maiores teores de P nas diferentes frações, como por exemplo, a dose de 12 Mg ha⁻¹ favoreceu maior disponibilidade de fósforo, por elevar as frações lábeis, como verificado pelo extrator P resina. A relação com aumento das frações do solo, ocorreram principalmente nas frações de maior labilidade, nas camadas de 0 a 0,1 e 0,1 a 0,2.

Tabela 33. Interação entre culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para as variáveis fósforo (P), potássio (K) e nitrogênio e Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para nitrogênio (N) na cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022.

Tratamentos	Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)		Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)		
	6	12	6	12	
Cultura antecessora	Fósforo		Cultura Antecessora	Nitrogênio	
	----- (g kg ⁻¹) -----			----- (g kg ⁻¹) -----	
Soja	1,81 Aa	1,89 Ba	Soja	20,57 Ab	22,20 Aa
<i>C. spectabilis</i>	1,93 Aa	1,95 ABa	<i>C. spectabilis</i>	20,88 Aa	20,83 Ba
<i>C. juncea</i>	1,88 Ab	2,09 Aa	<i>C. juncea</i>	20,25 Ab	22,01 ABa

Tratamentos	Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)		Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)		
	6	12	6	12	
Cultura antecessora	Potássio		Dose	Nitrogênio	
	----- (g kg ⁻¹) -----		Kg ha ⁻¹	----- (g kg ⁻¹) -----	
Soja	13,17 Aa	13,79 ABa	0	20,34 ABb	21,61 Aa
<i>C. spectabilis</i>	12,98 Aa	13,09 Ba	380	20,03 Bb	21,92 Aa
<i>C. juncea</i>	12,23 Ab	14,15 Aa	760	21,03 Aa	21,51 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A aplicação de 6 Mg ha⁻¹ associado a promoveu maior teor de Cu foliar, na dose de 12 Mg ha⁻¹ ambas crotalárias foram superiores a soja, com maior teor foliar de Cu. Na calagem com 6 Mg ha⁻¹ ocorreu maior teor de Mn com a resteva de soja e *C. spectabilis*, já com a dose 12 Mg ha⁻¹ a *C. spectabilis* foi inferior as demais (Tabela 34).

Para os micronutrientes, B, Cu, Mn e Zn os teores adequados são 15 a 50, 8 a 10, 100 a 250 e 25 a 50 mg kg⁻¹ (Malavolta et al., 1997). Diferentemente dos macronutrientes, que apresentaram teor foliar dentro de uma faixa de suficiente, para os micronutrientes, os teores permaneceram muito baixos, como observa-se para o Mn (Tabela 35). Observa-se que a dose maior de calcário acentuou a deficiência nutricional, devido a aplicação de calcário em excesso. A calagem com doses excessivas, conforme Prezotti e Guarçoni (2013), podem ocasionar a supercalagem, que restringe o crescimento radicular, pois afeta a disponibilidade dos

micronutrientes, como no presente caso, em que o aumento do calcário pode ter ocasionado elevação no pH, tornando-o indisponível e afeta a absorção pela planta. Solos com Mn de 10 mg dm³ em pH 5,2 podem estar mais disponíveis a planta em relação ao Mn em solo com pegar superior, mesmo que com mesmo teor no solo.

Tabela 34. Interação entre culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) e Doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) para as variáveis correspondente aos micronutrientes foliares cobre (Cu) e manganês (Mn) na cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022.

Tratamentos	Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)				
	6		12		
Cultura antecessora	Cu (Cobre)		Cultura antecessora	Mn (Manganês)	
	----- (mg kg ⁻¹) -----				
Soja	5,26 Ba	4,59 Bb	Soja	67,95 Aa	57,51 ABb
<i>C. spectabilis</i>	5,78 Aa	5,51 Aa	<i>C. spectabilis</i>	58,32 ABa	48,09 Bb
<i>C. juncea</i>	5,23 Bb	5,84 Aa	<i>C. juncea</i>	52,14 Bb	62,43 Aa

Tabela 35. Interação entre culturas antecessoras (Soja, *C. spectabilis* e *C. juncea*) e dose de termo doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) para as variáveis correspondente aos micronutrientes foliares boro (B) e manganês (Mn) na cana-de-açúcar. Caarapó – MS, 2022.

Tratamentos	Doses de termofosfato calcinado (kg ha ⁻¹)							
	0			380			760	
Cultura antecessora	Boro (B)			Cultura antecessora	Mn (Manganês)			
Soja	6,07 Aa	5,62 Aa	5,31 Ba	Soja	60,85 Ab	56,47 Ab	70,87 Aa	
<i>C. spectabilis</i>	5,21 Aa	5,53 Aab	6,59 Aa	<i>C. spectabilis</i>	54,21 Aa	53,27 Aa	52,13 Ba	
<i>C. juncea</i>	6,13 Aa	5,12 Aa	5,80 ABa	<i>C. juncea</i>	54,37 Aa	60,28 Aa	54,37 Ba	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Apenas na dose de 760 kg ha⁻¹ houve diferença para as culturas antecessoras no conteúdo foliar de boro, sendo que a *C. spectabilis* foi superior a soja. Já para o manganês, nas doses de 0 e 380 kg ha⁻¹ as crotalárias favoreceram maior disponibilidade do nutriente, enquanto com 760 kg ha⁻¹ foi a soja (Tabela 35).

Os resultados da interação entre doses de termofosfato e doses de calcário demonstram que a dose de 760 kg ha⁻¹ promoveu maior teor foliar de Mn, sendo que nesta dose de termofosfato, a dose calcário de 6 Mg ha⁻¹ foi mais eficiente para disponibilizar maior teor foliar (Figura 12).

A produção acumulada da cana planta, referente a produção de 2020, apresentou efeito significativo apenas para as doses de termofosfato calcinado, enquanto a produção acumulada da cana soca, apresentou efeito da interação cultura antecessora e calagem (Tabela 36).

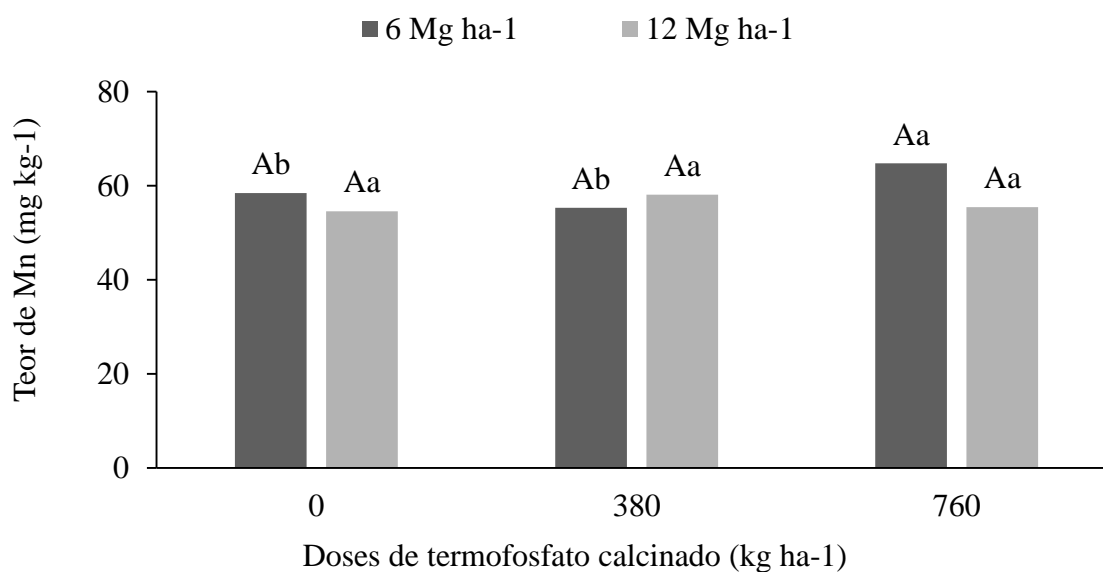


Figura 12. Interação entre doses de termofosfato calcinado (0, 380 e 760 kg ha⁻¹) e doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) à cana de açúcar para a variável teor de manganês (Mn). Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das doses de calcário dentro de cada dose de termofosfato calcinado e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito das doses de termofosfato calcinado dentro de cada dose de calcário.

Tabela 36. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis de produção acumulada, toneladas de colmo e açúcar por hectare, para a cana planta (PA_CP 2020) e cana soca (PA_CS 2021). Caarapó – MS, 2022.

FV	GL	Fcalculado	
		PA_CP (2020)	PA_CS (2021)
Bloco	2	0,4261ns	0,8190ns
Calagem	1	0,5563	0,4699ns
Erro 1	2	133,71	653,55
Cultura	2	0,2161ns	0,0663ns
Cultura*Calagem	2	0,4142ns	0,0442*
Erro 2	8	107,98	156,72
Dose	2	0,0428*	0,5369ns
Dose*Calagem	2	0,1482ns	0,9980ns
Dose*Cultura	4	0,3737ns	0,1677ns
Dose*Calagem*Cultura	4	0,2478ns	0,9766ns
Erro 3	24	115,64	149,55
CV 1 (%)		107,08	22,19
CV 2 (%)		9,06	10,87
CV 3 (%)		9,38	10,62
MG		114,6	115,18

ns= não significativo; * = significativo a 0,05; ** = significativo a 0,01; CV=Coeficiente de variação; MG= Média geral; GL=graus de liberdade.

Com relação ao efeito das doses de termofosfato calcinado houve maior produção acumulada, toneladas de colmo e açúcar por hectare, para a cana planta nas doses de 0 e 380 kg ha⁻¹ (Figura 13). Este resultado pode estar relacionado ao fato que todas as parcelas receberam a adubação com 500 kg ha⁻¹ de adubo 10-25-25, equivalente a 125 kg ha⁻¹ de P₂O₅, neste caso a adubação foi realizada para suprir a demanda da cultura, enquanto as doses de termofosfato foram utilizando visando a fosfatagem corretiva, ou seja, a fosfatagem visa o manejo da fertilidade, de modo que fornece a fonte de fósforo para aumentar os teores do nutriente no solo, uma vez que se aplicou fonte de baixa solubilidade.

Com relação a produção acumulada para a cana soca, a interação entre calagem e cultura antecessora, demonstraram que na dose de 6 Mg ha⁻¹ de calcário a cultura antecessora que proporcionou maior produção consistiu na resteva de soja, que não diferiu da *C. spectabilis*, já com a maior dose, 12 Mg ha⁻¹, não houve diferença quanto a cultura antecessora. Na resteva de soja e *C. spectabilis*, não houve diferença na PA quanto as doses de calcário empregadas, portanto,

para a *C. juncea* a maior produção ocorreu quando a cultura antecessora foi cultivada na área corrigida com 12 Mg ha⁻¹ de calcário (Figura 14).

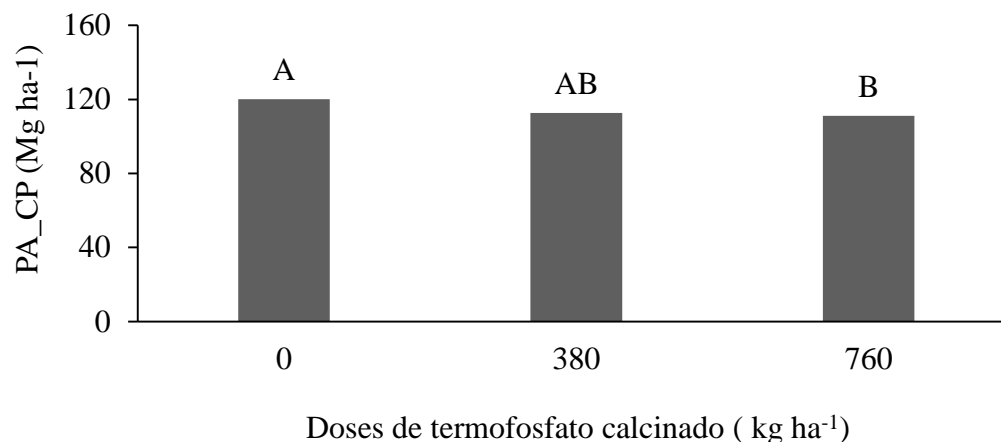


Figura 13. Produção acumulada, toneladas de colmo e açúcar por hectare, para a cana planta (PA_CP 2020) em função das doses de termofosfato calcinado (kg ha⁻¹). Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das doses de termofosfato calcinado (kg ha⁻¹)

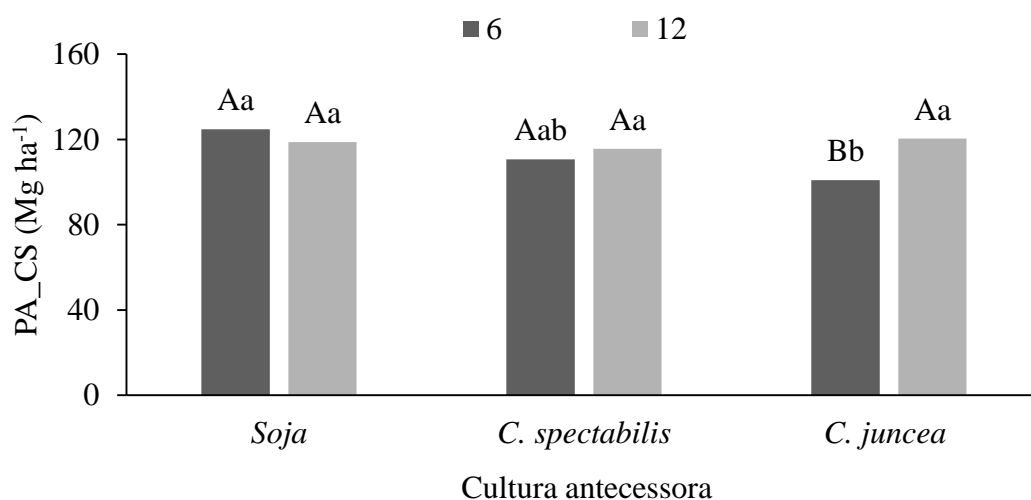


Figura 14. Produção acumulada, toneladas de colmo e açúcar por hectare, para a cana soca (PA_CS 2021) em função da interação entre doses de calcário (6 e 12 Mg ha⁻¹) e culturas antecessoras (kg ha⁻¹). Caarapó – MS, 2022. Letras iguais maiúsculas indicam ausência de diferença significativa (Tukey, 5%) para o efeito das doses de calcário dentro de cada cultura antecessora calcinado e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa para o efeito das culturas antecessoras dentro de cada dose de calcário.

4. CONCLUSÃO

As formas de fósforo no solo foram alteradas em função da calagem, adubação fosfatada corretiva e cultivo de leguminosas como plantas antecessoras a cana-de-açúcar.

A *Crotalaria juncea* associada a calagem com 12 Mg ha⁻¹ e a resteva de soja com calagem de 6 Mg ha⁻¹ consistiram nas melhores combinações para efeito de disponibilidade de fósforo para a cana-de-açúcar.

O cultivo das crotalárias antecedendo a cana-de-açúcar beneficiou a nutrição da cultura, promovendo maiores teores foliares de P, Ca, S, Cu e Zn, enquanto a calagem na dose de 12 Mg ha⁻¹ proporcionou menores teores foliares de micronutrientes na cana-de-açúcar.

A adubação fosfatada, nas doses de 380 e 760 kg ha⁻¹, incrementou os teores de fósforo inorgânico nas três formas de P (lábil, moderadamente lábil e não lábil) no solo.

5. REFERÊNCIAS

ABRANCHES, M. O.; SILVA, G. A. M.; SANTOS, L. C.; PEREIRA, L. F.; FREITAS, G. B. Contribuição da adubação verde nas características químicas, físicas e biológicas do solo e sua influência na nutrição de hortaliças. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 10, n. 7, pág. e7410716351, 2021.

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.873-928.

BAMBOLIM, A.; CAIONE, G.; SOUZA, N. F.; SEBEN-JUNIOR, G. F.; FERBONINK, G. F. Calcário líquido e calcário convencional na correção da acidez do solo. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, n. 3, p.34–38, 2015.

BARBOSA, I. R.; SANTANA, R. S.; MAUAD, M.; GARCIA, R. A. Produção de matéria seca e marcha de absorção de nitrogênio, fósforo e potássio em *Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, 2020.

BENEDETTI, T.; ANTONIOLLI, Z. I.; GIRACCA, E. N.; STEFFEN; R. B. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares na cultura do milho após uso de espécies de plantas de cobertura de solo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n.1, p.44-51, 2005.

BERNARDI, A. D. C.; BETTIOL, G. M.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G.; RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y. Ferramentas de agricultura de precisão como auxílio ao manejo da fertilidade do solo. **Cadernos de Ciência e Tecnologia, Brasília**, v. 32, n. 1/2, p. 211-227, 2015.

BEZERRA, A. L. L.; LIMA, I. M. A.; NASCIMENTO, B. L. M.; AQUINO, B. F. Influência da calagem na adsorção de fósforo em diferentes solos do estado do Ceará. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.9, n.4, p 01-05, 2013.

BONFADA, E. B.; ONO, F. B.; ZANCANARO, L. Z.; SEMLER, T. D. **Manejo da calagem em solo arenoso**. Campo Novo do Parecis – MT: Fundação Mato Grosso, 2019. 22 p.

BRAGA NETO, A. M., BARROS SILVA, E., CRUZ, M. C. M.; LAGE, P GONCALVES, E.D; SILVA, L. F. O.; LIMA, R. C.; SANTOS, V. K. S. Response of physalis ('Physalis peruviana'L.) to liming in acidic soils. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 12, p. 2038-2045, 2019.

CHIEN, S.; PROCHNOW, L.; TU, S.; SNYDER, C. Agronomic and environmental aspects of phosphate fertilizers varying in source and solubility: An update review. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 89, p. 229–255, 2011.

COLLIER, L. S.; ARRUDA, E. M.; CAMPOS, L. F. C.; NUNES, J. N. V. Atributos químicos do solo e produtividade de milho em residual de leguminosas em sistema agroflorestal. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 2, p. 279-289, 2018.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar** – v.9, n. 1 (2022) – Brasília: Conab, 2022. 58 p. b

DEMATTÊ, J. L. L. Manejo e conservação de solos, na cultura da cana. **Visão agrícola**, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2004.

FAOSTAT. Food and Agriculture's Organization of the United Nations. **Crops and livestock products: Sugar cane**. 2022. Disponível em:<<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>>.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista brasileira de biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019. ISSN 1983-0823. Available at: <<http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>>. doi: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

FIETZ, C.R.; FISCH, G.F.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN D.L. **O clima da região de Dourados, MS**. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste. Dourados, MS: Embrapa (Série Documentos, 138); 2017.

FLORES, C. A.; ALBA, J. M. F.; WEBER, E.; HASENACK, H.; SARMENTO, E. C.; ALMEIDA, I. R.; CUADRA, S. V. Zoneamento edafoclimático da cana-de-açúcar. IN: SILVA, F. C.; ANTONIOLLI, A.; FREITAS, P. L.; ZOTELLI, H. B.; CONAGEMMA, G. K.; MAMEDE, R. Q.; PIRES, R. F.; CARVALHO, J. R. P.; SCHIAVINATO, S. R. **Avaliação da produtividade agrícola da cana-planta e cana-soca sob diferentes espaçamentos entre plantas para produção de açúcar e etanol**. Campinas: Embrapa informática agropecuária, 2015. 86 p. (Embrapa Informática Agropecuária. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 40).

GATIBONI, L. C; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; FLORES, J. P. C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, pp. 691-699, 2007.

GATIBONI, L.C.; BRUNETTO, G.; RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J. Fracionamento químico das formas de fósforo do solo: usos e limitações. In: ARAÚJO, A.P.; ALVES, B.J.R.

(Ed.). Tópicos em ciência do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.8, p.141-187. 2013.

GAZOLA, T.; CIPOLA FILHO, M. L.; FRANCO JÚNIOR, N. C. Avaliação de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar provenientes de substratos submetidos a adubação química e orgânica. **Científica**, v. 45, n. 3, p. 300-306, 2017.

GONÇALVES, G.K.; MEURER, E.J. Frações de fósforo no solo e sua relação com a absorção pelas plantas de arroz irrigado por alagamento em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.357-362, 2009. DOI: 10.1590/S0100-06832009000200013.

GUALBERTO, C. de A.C.; SANTOS, G.A.; KORNDÖRFER, G.H. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar na região do Cerrado. In: FLORES, R.A.; CUNHA, P.P. da; MARCHÃO, R.L.; MORAES, M.F. (ed). **Nutrição e adubação de grandes culturas na região do Cerrado**. Goiânia: Grafica UFG, p.553-572, 2019.

HAVLIN, J. L.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management**. 8 ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2013.

HOFFMANN, L. V.; LUCENA, V. S. **Para entender Micorrizas Arbusculares**. Campina Grande: Embrapa Algodão. 2006. 22p. (Embrapa Algodão. Documentos, 156).

KHUN, K. K.; OLIVEIRA, L.; CALONEGO, J. C.; TIRITAN, C. S.; ARAUJO, F. F.; SOUZA, H. A.; LEITE, L. F. C.; ARAUJO, A. S. F.; CREMONEZI, A. C. T. L. Responses of microbial biomass, available phosphorus, and sugarcane yield after filter cake amendment in a tropical soil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 4, p. 552-556, 2018.

KURIHARA, C. H.; VENEGAS, V. H. A.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em soja, como variável do potencial produtivo. *Revista Ceres* [online]. 2013, v. 60, n. 5 [Acessado 27 Outubro 2022] , pp. 690-698

KURIHARA, C. H.; RICHETTI, A. . Calcário: calagem favorece aproveitamento de nutrientes. *Campo & Negócios*, Uberlândia, p. 66 - 67, 01 out. 2017.

LEITE, J. N. F., CRUZ, M. C. P. D., FERREIRA, M. E., ANDRIOLI, I., BRAOS, L. B. Frações orgânicas e inorgânicas do fósforo no solo influenciadas por plantas de cobertura e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1880-1889, 2016.

LIMA, R. L. F. A. Micorrizas arbusculares e absorção de fósforo em função da capacidade de fixação de fósforo do solo e da competição com a microbiota. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 03, p. 1062-1079, 2020.

MAHADEVAIAH, M.S.; KUMAR, Y.; GALIL, M.S.A.; SURESHA, M.S.; SATHISH, M.A.; NAGENDRAPP, G. A simple spectrophotometric determination of phosphate in sugarcane juices, water and detergent samples. **E-Journal of Chemistry**, v.4, p.467-473, 2007.

MALAVOLTA E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional**. In: __ Avaliação do estado nutricional da plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba, POTAFOS. 1997. p.115-230.

MARIN, F. R. **Árvores do conhecimento: características da cana-de-açúcar**. Brasília-DF: Embrapa, 2022.

NOLLA, A.; ALVES, T. G.; BORDIN, A. V. Correção da acidez e disponibilização de fósforo e potássio em latossolo vermelho distrófico típico submetido à calagem incorporada e superficial. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 2478-2487, 2020.

NORA, D. D.; AMADO, T. J. C.; NOVAIS, E. J. P.; POTT, E. OERLECKE, D.; XAVIER, J. S. Melhoria da qualidade química do perfil do solo sob plantio direto pela adição de gesso e de enxofre elementar isolada ou combinada com calcário e a produtividade das culturas. **Revista Plantio Direto-Edição**, v. 137/138, p. 51-64, 2013.

OLIVEIRA, A. S.; NOGUEIRA, A. R. A.; CARMO, C. A. F. S. (coord.); ALMEIDA, D. G.; FERNANDES, F. D.; PITTA, G. V. E.; CARLOS, G. M.; OLIVEIRA, H.; MAMÃO, J. B.; ARMELIN, M. J. A.; SALDANHA, M. F. C.; MIYAZAWA, M.; SCRAMIN, S.; BARRETO, W. O.; RUFINI, Y. A. **Tecidos vegetais**. In: NOGUEIRA, A.R. de A.; SOUZA, G.B. de. Manual de laboratório: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. p.37-45.

OLIVEIRA, T. É.; PIZA, P. C.; MANTOVANI, J. R.; FLORENTINO, L. A. (2021). Decomposição de resíduos de plantas forrageiras em função da utilização de bioativador. **Agrarian**, v. 14, n.54, p. 424-432, 2021

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32,p. 911-920, 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000300001.

PAVINATO, P.S.; CHERUBIN, M.R.; SOLTANGHEISI, A. ROCHA, G. C.; CHADWICK, D. R.; JONES, D, L. Revealing soil legacy phosphorus to promote sustainable agriculture in Brazil. **Scientific reports**, v. 10, n. 15615, 2020.

PEREIRA, H. S. Fósforo e potássio exigem manejos diferenciados. **Revista visão agrícola**, v.3, n. 9, p. 43-46, 2009.

PINTO, L. A. D. S. R., BEUTLER, S. J., ASSUNÇÃO, S. A., ROSSI, C. Q., GUARESCHI, R. F., ZANDONÁ, S. R., SANTOS, O.A.Q; PEREIRA, M. G. Extração e quantificação das frações de fósforo orgânico no solo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 34260-34278, 2020.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A. M. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória, ES: INCAPER, 2013. 104 p.

REIN, T. A.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SOUSA, D. M. G.; CARVALHO, W. P.; LEMES, G. C. Corrective, and maintenance phosphorus fertilization on sugarcane yield in Oxisols. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, e02160, 2021.

REIN, T. A.; SOUSA, D. M. G.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; NUNES, R. S.; KORNDORFER, G. H. **Manejo da adubação fosfatada para cana-de-açúcar no Cerrado**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2015. 12p. (Embrapa cerrados. Circular técnica, 29).

RIBAS, G. T. C.; ROCHA, A. M. S.; COSTA, L. C.; CAVALCANTE, V. S.; PRADO, R.M.; SANTOS, V. R. Matéria seca e acúmulo de nutrientes em adubos verdes cultivados em área sob

manejo orgânico. In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Natal, 2015. Anais... Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais - 2.ed. - Campinas: Embrapa Territorial, 2020. 34 p. (Embrapa Territorial. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 35).

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. **Árvores do conhecimento: correção e adubação da cana-de-açúcar**. Brasília-DF: Embrapa, 2022.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 576-586, 2008.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa; 2018.

SANTOS, J.Z.L.; FURTINI NETO, A.E.; RESENDE, A.V. de; CURI, N.; CARNEIRO, L.F.; COSTA, S.E.V.G. de A. Frações de fósforo em solo adubado com fosfatos em diferentes modos de aplicação e cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.705-714, 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000200025.

SANTOS, M. P.; CASTRO, Y. O.; MARQUES, R. C.; PEREIRA, D. R. M.; GODOY, M. M.; REGES, N. P. R. Importância da calagem, adubações tradicionais e alternativas na produção de plantas forrageiras: Revisão. **PUBVET**, v. 10, n. 1, p. 001-110, 2016.

SANTOS, V. R.; MOURA FILHO, G.; ALBUQUERQUE, A. W.; COSTA, J. P. V.; SANTOS C. G.; SANTOS, A. C. I. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 389-396, 2009.

SILVA, A. M. S.; OLIVEIRA, E. C. A.; WILLADINO, L. G.; FREIRE, F. J.; ROCHA, A. T. Corrective phosphate application as a practice for reducing oxidative stress and increasing productivity in sugarcane. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 50, n. 2, p. 188-196, 2019.

SILVA, C. S.; TENÓRIO, F. A.; DA SILVA, J. M.; CELESTINO, É. L. F. G.; ARAÚJO, R. G. V.; DE LIMA, J. R. B., ... SANTOS, T. M. C. Solubilização de fosfatos inorgânicos por bactérias endofíticas isoladas de maracujá amarelo (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa*). **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 1, n. 1, 2018.

SILVA, J. P. N.; SILVA, M. R. N. Noções da cultura da cana-de-açúcar. Inhumas: IFG, Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012. 105 p.

SILVA, M. A. S.; SANTOS, A. B.; MACHADO, P. L. O. A.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. **O cultivo do arroz: Correção da acidez do solo**. Brasília-DF: Embrapa Ageitec, 2021.

SILVA, M. S., OLIVEIRA, G. R. F., MERLOTI, L. F., SÁ, M. E. Acúmulo de nutrientes e massa seca produzida por *Crotalaria juncea* cultivada no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas**, v. 11, n. 1, p. 26-36, 2017.

SILVA, S. D. A.; MONTERO, C. R. S.; SANTOS, R. C.; NAVA, D. E.; GOMES, C. B.; ALMEIDA, I. R. **Sistema de produção da cana-de-açúcar para o Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016. 247 p. (Embrapa Clima Temperado, Sistemas de Produção, 23).

SILVA, S. D. A.; NAVA, D. E.; MONTERO, C. R. S.; STURZA, V. S. **Sistema de produção de cana-de-açúcar para agricultura familiar**. In: WOLFF, L. F.; MEDEIROS, C. A. B. (Ed.). Alternativas para a diversificação da agricultura familiar de base ecológica. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 145 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 443).

SILVA, W. M.; FABRÍCIO, A. C.; MARCHETTI, M. E.; KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; HERNANI, L. C. Eficiência de extratores de fósforo em dois latossolos do Mato Grosso do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 12, p. 2277-2285, 1999.

SORATTO, R. P., CRUSCIOL, C. A. C., COSTA, C. H. M. D., FERRARI NETO, J., CASTRO, G. S. A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milheto, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 1462-1470, 2012.

SOUSA JUNIOR, P.. **Modos de aplicação e doses de fósforo na cana-de-açúcar em distintos manejos de solo**. Orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani. 2016. 52 f. Trabalho de conclusão de curso (Agronomia) - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP, Jaboticabal-SP, 2016.

SOUSA, D. M. G.; MARTHA, JUNIOR, G. B.; VILELA, L. **Manejo de adubação fosfatada em pastagens**. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. Anais...Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 101-138.

SOUSA, D. M. G.; REIN, T. A.; NUNES, R. S.; SANTOS JUNIOR, J. D. G. Recomendações para Correção da Acidez do solo para Cana-de-Açúcar no Cerrado. Planaltina -DF: Embrapa Cerrados. 2015, 6 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado técnico, 177).

SOUZA, R. F. D.; FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. D.; TORRES, P. R. F. Formas de fósforo em solos sob influência da calagem e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1535-1544, 2007.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev e ampl. Brasília, DF: Embrapa; 2017.

TEODORO, R.B.; OLIVEIRA, F.L. de; SILVA, D.M.N. da; FÁVERO, C.; QUARESMA, M.A.L. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.635-643, 2011. DOI: 10.1590/S0100-06832011000200032.

TIRLONI, C.; VITORINO, A. C. T.; NOVELINO, J. O.; TIRLONI, D.; COIMBRA, D. S. Disponibilidade de fósforo em função das adições de calagem e de um bioativador do solo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, p. 977-984, 2009.

VIECELI, T. H. A.; MAIA, G. M.; CONTE, A. M. Gessagem e calagem determinando parâmetros fitométricos, qualidade tecnológica e produtividade da cana-de-açúcar. **Revista Cultivando o Saber**, v. 13, n. 1, p. 58-70, 2020.

VITTI, G. C.; PRIORI, J. C. Calcário e gesso: os corretivos essenciais ao Plantio Direto. **Visão Agrícola**, v. 9, p. 30-4, 2009.

VIVIANI, C. A.; MARCHETTI, M. E.; VITORINO, A. C. T.; NOVELINO, J. O.; GONÇALVES, M. C. Disponibilidade de fósforo em dois latossolos argilosos e seu acúmulo em plantas de soja, em função do aumento do pH. **Ciência e Agrotecnologias**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 61-67, 2010.