UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

WILLIAN ENDO BORIM
Engenheiro Agrônomo

FERTILIZANTE FOSFATADO REVESTIDO NA ADUBAÇÃO DE PLANTIO E SEUS EFEITOS NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR E NA CONSTRUÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

Dracena
2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

WILLIAN ENDO BORIM
Engenheiro Agrônomo

FERTILIZANTE FOSFATADO REVESTIDO NA ADUBAÇÃO DE PLANTIO E SEUS EFEITOS NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR E NA CONSTRUÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Câmpus de Dracena como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

Orientador: Prof. Dr. Reges Heinrichs

Dracena
2021

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação
Campus de Dracena

B734f Borim, Willian Endo.
Fertilizante fosfatado revestido na adubação de plantio e seus efeitos na produção de cana-de-açúcar e na construção da fertilidade do solo / Willian Endo Borim. -- Dracena: [s.n.], 2021.
60 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp). Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena. Área do conhecimento: Produção Animal, 2021.

Orientador: Reges Heinrichs

1. Adubação fosfatada. 2. Fósforo revestido. 3. Polímeros. 4. Saccharum spp. I. Título.

Bibliotecário Fábio Sampaio Rosas
CRB 8/6665

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Dracena

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: FERTILIZANTE FOSFATADO REVESTIDO NA ADUBAÇÃO DE PLANTIO E SEUS EFEITOS NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR E CONSTRUÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

AUTOR: WILLIAN ENDO BORIM
ORIENTADOR: REGES HEINRICHS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA E TECNOLOGIA ANIMAL, área: Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. REGES HEINRICHS (Participaçao Virtual)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - UNESP

Prof. Dr LUIZ ARNALDO FERNANDES (Participaçao Virtual)
Instituto de Ciências Agrárias / Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

Pesquisador Dr. JOSÉ CARLOS CAVICHIOLI (Participaçao Virtual)
Polo Regional Alta Paulista / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA - Adamantina/SP

Dracena, 24 de fevereiro de 2021

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Willian Endo Borim, nascido em 16 de Janeiro de 1975 no município de Lucélia, São Paulo. Graduado em Engenharia Agronômica pelo Centro Universitário de Adamantina – UniFAI, Campus 2, dezembro de 2017. Ingressou no curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal em março de 2019, na área de produção de não ruminantes. Membro do GENAP – Grupo de Experimentação em Nutrição e Adubação de Plantas, certificado junto ao CNPq.

DEDICATÓRIA

Ao meu pai Evanir Borim, minha mãe Yaeko Endo Borim, minha esposa Loriane Lourdes Guaresi Coutinho, minha filha Marina Guaresi Endo Borim e todos os amigos que me proporcionaram incentivo, amor, carinho, apoio, força e pela paciência, DEDICO.

A Deus, por me iluminar e me dar a oportunidade todos os dias de aprender e evoluir. A ti minha eterna GRATIDÃO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelas oportunidades de crescimento diárias, saúde e proteção concedidas durante esses 46 anos de vida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelo apoio ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal.

À Universidade Estadual Paulista, em especial à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – FCAT, Campus de Dracena.

Ao Prof. Dr. Reges Heinrichs, pela oportunidade de orientação, confiança, compreensão, dedicação, apoio e conhecimentos transmitidos. Manifesto minha eterna gratidão pela grande contribuição em minha vida acadêmica, pessoal, a você professor, meu muito OBRIGADO!

Aos professores/pesquisadores que aceitaram compor as bancas de qualificação e defesa. A todos os docentes do programa de mestrado em Ciência e Tecnologia Animal.

Aos técnicos de laboratório e aos profissionais de campo pela contribuição na execução das coletas e análises do experimento.

Aos alunos e amigos do mestrado em Ciência e Tecnologia Animal e PRINCIPALMENTE aos membros do GENAP (Grupo de Experimentação em Nutrição e Adubação de Plantas), pelo companheirismo e ajuda na execução dos trabalhos, cito aqui em especial a minha esposa, amiga e companheira Loriane Lourdes Guaresi Coutinho, os amigos Clayton Luís Baravelli de Oliveira e Juliana Bonfim, que além de toda ajuda já dito contribuiram em muito com conhecimentos agronômicos e de vida, aos amigos Ariele Boni e João Vitor Bonardi, que fizeram dos mínimos detalhe uma grande diferença nessa conquista.

Aos meus familiares em especial a meus pais por terem tido toda compreensão para enfrentar esta etapa, aos amigos por fazerem parte da minha vida e tornarem os meus dias maisleves.

E por fim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa. Muitíssimo obrigado!

“Tente uma, duas, três vezes e se possível tente a quarta, a quinta e quantas vezes for necessário. Só não desista nas primeiras tentativas, a persistência é amiga da conquista. Se você quer chegar aonde a maioria não chega, faça o que a maioria não faz.”

BILL GATES.

RESUMO

Os solos brasileiros, de modo geral, apresentam baixa fertilidade, especialmente em relação a disponibilidade de fósforo, provocando prejuízos significativos na produtividade. O objetivo deste trabalho foi avaliar a adubação fosfatada com fontes revestidas com polímeros no plantio de cana-de-açúcar e seu efeito na produtividade, qualidade tecnológica e na construção da fertilidade do solo. O experimento foi realizado em uma área localizada no município de Monte Castelo na região Oeste do Estado de São Paulo. O solo da área do experimento foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo com baixos teores de fósforo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por duas fontes de fósforo (fosfato monoamônio revestido com polímeros e sem revestimento) e cinco doses de fósforo (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha^{-1} de P_2O_5) no sulco de plantio. Os resultados foram submetidos a ANOVA, constatado significância, as médias das fontes de P foram comparadas entre si pelo teste F. Adotou-se significância a 5% de probabilidade. A adubação com fosfato monoamônio sem e com presença de polímeros aplicado no sulco de plantio de cana-de-açúcar contribuiu para o aumento de fósforo disponível no solo nas camadas 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m avaliado pelos extratores resina e Mehlich 1. Na camada do solo 0 - 0,10 m por meio do extrator resina e na camada de solo 0,20 - 0,40 m por meio dos extratores resina e Mehlich 1 foi observado maior disponibilidade de fósforo com a utilização de fosfato monoamônio com a presença de polímeros. A produtividade de colmos aumentou de modo linear com as doses de fósforo no sulco de plantio e não apresentou diferença entre a presença ou ausência do polímero. A adubação fosfatada no sulco de plantio não alterou o teor de macronutrientes na folha diagnose e o açúcar total recuperável da cana de açúcar.

Palavras-chave: Adubação fosfatada. Fósforo revestido. Polímeros. *Saccharum* spp.

ABSTRACT

Brazilian soils, in general, have low fertility, especially in relation to the availability of phosphorus, causing periods capable of producing productivity. The objective of this work was to evaluate a phosphate fertilization with sources coated with polymers in the planting of sugarcane and its effect on productivity, technological quality and in the construction of soil fertility. The experiment was carried out in an area located in the municipality of Monte Castelo in the western region of the State of São Paulo. The soil in the experiment area was classified as Ultisol with low phosphorus content. The experimental design used was in randomized blocks with four replications. The treatments consisted of two sources of phosphorus (monoammonium phosphate coated with polymers and without coating) and five doses of phosphorus (0, 60, 120, 180 and 240 kg ha^{-1} of P_2O_5) in the planting furrow. The results were compiled using ANOVA, which was found to be significant, as means of the P sources were compared to each other using the F test. Significance was adopted at 5% probability. The fertilization with monoammonium phosphate without and with the presence of polymers produced in the furrow of sugarcane plantation contributed to the increase of the available phosphorus in the soil layers in the 0.10 - 0.20 m and 0.20 - 0.40 m evaluated by P-resin and Mehlich extractors 1. In the 0 - 0.10 m soil layer through the resin extractor and in the 0.20 - 0.40 m soil layer through the resin and Mehlich 1 extractors, greater availability of phosphorus was observed with the use of monoammonium phosphate with the presence of polymers. Stalk productivity increased linearly with phosphorus doses in the planting furrow and showed no difference between the presence or absence of the polymer. Phosphate fertilization in the planting furrow did not alter the macronutrient content in the diagnostic leaf and the total recoverable sugar from the sugarcane.

Keywords: Phosphate fertilization, coated phosphorus, polymers, Saccharum spp.

Sumário

1 INTRODUÇÃO 11
2 OBJETIVO 12
3 REVISÃO DE LITERATURA 13
3.1 Importância da Cultura de Cana-de-açúcar 13
3.2 Fósforo 14
3.2.1 Fósforo no Solo e na Planta 14
3.2.2 Fósforo no Plantio da Cana-de-açúcar 15
3.2.3 Fontes de Fósforo 17
4 MATERIAL E MÉTODOS 19
4.1 Localização 19
4.2 Clima 19
4.3 Caracterização do Solo Avaliado 20
4.4 Delineamento Experimental e Tratamentos 21
4.5 Condução do Experimento 21
5 AVALIAÇÕES 22
5.1 Análise Química do Solo 22
5.2 Estado Nutricional das Plantas 23
5.3 Número de Colmos 24
5.4 Produção de Colmos 24
5.5 Qualidade Tecnológica da Cana-de-açúcar 24
5.6 Análise Estatística 24
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO 25
6.1 Disponibilidade de Nutrientes no Solo 25
6.2 Estado Nutricional da Cana-de-açúcar 47
6.3 Produtividade e Qualidade Tecnológica de Cana-de-açúcar 49
7 CONCLUSÃO 54
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 55

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp), chegando a 642,7 milhões de toneladas na safra 2019/2020, em uma área de 8,4 milhões de hectares (CONAB, 2020). A produtividade média está em torno de 76,1 t ha^{-1}, considerada baixa devido à falta de pesquisas específicas nas distintas condições de solo e clima.

Originalmente, a grande maioria dos solos brasileiros apresenta baixa disponibilidade de fósforo. De acordo com Malavolta (2006) o fósforo é o nutriente que mais limita a produção vegetal no Brasil, sendo um dos grandes desafios no manejo da fertilidade do solo, a elevação de sua disponibilidade, de forma a suprir a necessidade do solo e das plantas. Essa condição faz com que o nutriente seja aplicado por meio de adubação, devido à importância do nutriente no perfilhamento e no vigor do enraizamento da cana-de-açúcar, o que contribuirá substancialmente para o aumento da produtividade (SANTOS *et al.*, 2009). Além disso, fósforo aumenta a eficiência da utilização de água pela planta, a absorção e a utilização de outros nutrientes, aumentando a resistência da planta a algumas doenças, suportar baixas temperaturas e a falta de umidade (KORNDÖRFER, 2004).

A rocha fosfatada brasileira, devido à formação ígnea, quando aplicada diretamente ao solo, apresenta baixa eficiência, necessitando tratamento para aumentar a solubilidade e aproveitamento pelas culturas (THOMAZ, 2009). A solubilização de concentrados apatíticos com ácidos é a técnica mais utilizada, é através o uso dos ácidos sulfúrico e fosfórico, produzindo os superfosfatos. Segundo Lana *et al.* (2004), devido à baixa eficiência das adubações fosfatadas evidencia-se a necessidade de novas tecnologias associadas a fontes e épocas de aplicação dos fertilizantes.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a adubação fosfatada com fosfato monoamônio revestido com polímeros no plantio de cana-de-açúcar e seu efeito no estado nutricional, produtividade, qualidade tecnológica e na construção da fertilidade do solo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Importância da Cultura de Cana-de-açúcar

O agronegócio representa um terço do PIB brasileiro, movimenta aproximadamente 458 bilhões de reais por ano, emprega 37% da População Economicamente Ativa (PEA),gerando 17,7 milhões de empregos, de acordo com os dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio.

Com o avanço na busca por produção de energia renovável, tanto pelo etanol quanto pela cogeração de energia, houve expansão na produção de cana-de-açúcar no Brasil. Além disso, a cultura também pode ser utilizada na extração do açúcar e alimentação animal (HEINRICHS *et al.*, 2017).

Por ser uma importante fonte de energia para alimentação animal, com baixo custo por massa seca produzida, flexibilidade quanto a época de plantio e corte, e apresenta grande produção de forragem por área (FREITAS *et al.*, 2006b; OLIVEIRA *et al.*, 2007). A cana-de-açúcar além da fabricação de açúcar e álcool, na produção pecuária a cultura se destaca por ser uma das principais fontes de alimento de ruminantes na época da seca, devido ao grande período de disponibilidade, reduzindo as perdas de peso dos animais na época de estiagem (MURTA *et al.*, 2011), além da grande produção de forragem por área, facilidade de cultivo e manejo, flexibilidade quanto à época de plantio e cortes, além do baixo custo para produção de volumoso (FREITAS *et al.*, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2007).

A qualidade da forragem é o fator que influencia no valor nutritivo do alimento pois está relacionada a digestibilidade e consumo de alimentos, importante para os diferentes processos fisiológicos e metabólicos do animal (FREITAS *et al.*, 2006a; MACHADO *et al.*, 2009). O bagaço de cana também pode ser utilizado na alimentação dos animais, se submetidos a tratamentos com agentes alcalinizantes melhorando a digestibilidade (MURTA *et al.*, 2011).

Dessa maneira, devido à grande variabilidade de uso e sua grande adaptação as condições tropicais, a cana-de-açúcar é uma das principais culturas para o desenvolvimento econômico de diversas regiões. No entanto, avanço tecnológico deve ser constante, para o aumento de produtividade sustentável.

De acordo com Pissarra *et al.* (2004), os cortes sucessivos da cana-de-açúcar por vários anos subsequentes, provocam modificações no ambiente natural e agrícola,

necessitando ser compreendidos para sustentabilidade do sistema. Para potencializar a produtividade e atender a demanda de utilização, estudos sobre fatores bióticos e abióticos que afetam o desenvolvimento devem ser avaliados e quantificados, buscando aumentar o número de cortes, melhorar a qualidade das características tecnológicas e a produtividade.

3.2 Fósforo

3.2.1 Fósforo no Solo e na Planta

O fósforo elementar pode ser encontrado em combinações químicas com outros elementos e não é encontrado em estado puro na natureza por ser muito reativo quimicamente. Maior parte do fósforo do solo é proveniente da intemperização da apatita, um mineral que contém fósforo e cálcio, além de outros elementos, como o flúor e o cloro. À medida que a apatita libera o fósforo no solo, vários compostos de fósforo são formados, incluindo-se os dois ortofosfatos, que são absorvidos pelas raízes das plantas. Estas formas, geralmente são solúveis, podendo estar dissolvidas em pequenas quantidades, na solução do solo (MALAVOLTA, 2006).

No solo pode ocorrer a precipitação do fósforo junto aos óxidos de ferro (Fe) e de alumínio (Al) e também a fixação pela ligação formada com a argila. As fontes fosfatadas com revestimento promovem a liberação gradual, podendo reduzir as perdas do elemento por fixação nos óxidos e argila, diminuindo a formação de compostos estáveis, promovendo o aumento do aproveitamento do nutriente aplicado com a adubação (AGOSTINHO *et al.*, 2010).

Por possuir baixo teor de fósforo, a correção do desequilíbrio dos solos brasileiros envolve alta competição entre solo (fixação) e planta (absorção). Através do processo de difusão o fósforo entra em contato com a raiz da planta. A fosfatagem proporciona maior disponibilidade de fósforo no solo, aumentando a quantidade de solo explorado pelas raízes, consequentemente, aumentando a absorção de água e nutrientes (VITTI; MAZZA, 2002; NOVAIS *et al.*, 2007).

Constituindo cerca de 0,2% do peso seco das plantas o fósforo depois do nitrogênio, é o macronutriente que mais limita o crescimento vegetativo das plantas, responsável pelo desenvolvimento da raiz e a formação inicial da planta e metabolismo da cana-de-açúcar, particularmente em formação de proteínas, processo

de divisão celular, fotossíntese, armazenamento de energia, desdobramento de açúcares, respiração e fornecimento de energia a partir do ATP e formação de sacarose. Durante o processo metabólico, o composto glucose-1-fosfato e frutose unem-se para formar a sacarose, matéria-prima para a produção de açúcar e álcool.

Na planta o sintoma de deficiência é a redução no crescimento, folhas mais velhas apresentam-se com tom arroxeadas, mais estreitas e curtas, prejudicando assim a quantidade de clorofila. Ocorre baixo perfilhamento, menor altura e engrossamento dos colmos, menor diâmetro e encurtamento dos entrenós.

As características tecnológicas da cana-de-açúcar e a presença do fósforo no caldo exercem influência no processo de clarificação e absorção de nitrogênio. Caldos com baixo teor de fósforo são de difícil floculação, prejudicando a decantação das impurezas, produzindo açúcar de pior qualidade e de menor valor econômico (SANTOS *et al.*, 2010). Durante o processo de clarificação do caldo, o fósforo reage com o hidróxido de cálcio para a formação de fosfato tricálcico, que ao flocular e sedimentar, levam as impurezas que ficam no fundo do decantador (KORNDÖRFER, 2004). Aplicando fertilizante fosfatado na cana-planta, maior será o teor de fósforo no solo e maior será a concentração de fósforo no caldo. Embora possa ocorrer, o fósforo na adubação deve ser aplicado visando ao aumento de produtividade (KORNDORFER, 2004).

3.2.2 Fósforo no Plantio da Cana-de-açúcar

Os solos brasileiros por serem considerados solos pobres em P, a adubação fosfatada é amplamente reconhecida como uma prática eficaz para elevar a produtividade dos canaviais (ROSSETO; SANTIAGO, 2009). Solos destinados a produção de cana-de-açúcar a maior parte são solos altamente intemperizados, com baixa disponibilidade de fósforo, uma vez que este elemento tem influência no metabolismo da cana e na produtividade e qualidade do açúcar produzido (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

De acordo com Vitti e Mazza (2002), as condições de resposta à aplicação de P_2O_5 se darão quando na análise de solo, as condições de acidez forem satisfatórias [(V > 50%)] e quando os teores de P no solo forem baixos (Resina< 10 mg dm^3). Assim, sabendo-se que 10 mg dm^3 de P equivalem a 46 kg ha^{-1} de P_2O_5 na camada

de 0 - 20 cm (considerando a densidade do solo igual a 1,0) e que 100 t ha^{-1} de colmos extraem cerca de 45 kg ha^{-1} de P_2O_5, necessitando, portanto, da aplicação de P_2O_5, para que não tenha um esgotamento desse nutriente no solo (VITTI; MAZZA, 2002).

O fósforo, entretanto, é um elemento que apresenta maior reatividade com o solo e sua dinâmica é também mais complexa (DUARTE, 2009). A aplicação de fósforo em cana-planta promove o estabelecimento de uma boa população de colmos, o que contribui para a obtenção de soqueiras em melhores condições de produtividade (FERREIRA *et al.*, 2016). Embora a magnitude de resposta para adubação fosfatada no plantio e na soqueira de cana-de-açúcar seja distinta, são observados ganhos de produtividade em relação à ausência de reaplicação, o que deve estar relacionado à melhoria do estado nutricional em P da cultura (ZAMBROSI, 2011).

O fósforo originário do fertilizante se desloca pouco no perfil do solo, sendo assim, utilizam-se doses maiores de adubação fosfatada no plantio, com o objetivo de aumentar a eficiência de absorção do nutriente pela cana-de-açúcar, nos diversos ciclos. No entanto, poderão ocorrer reações de adsorção e de transformação do fósforo que diminuirão a disponibilidade para a cultura (NOVAIS *et al.*, 2007).

Oliveira *et al.* (2007), relatam que o fósforo aplicado por ocasião do plantio da cana-de-açúcar assegura, na maioria das vezes, suprimento adequado do elemento para a cana-planta e para a primeira rebrota, devendo-se utilizar formulações contendo P na adubação nos ciclos posteriores.

Lisboa (2014), em experimento foi realizado no na unidade produtora da Usina Santa Mercedes, município de Tupi Paulista, Estado de São Paulo, utilizando duas fontes de fósforo (Fosfato decantado e Fosfato monoamônico) e quatro doses de fósforo (0; 80; 120; 160 kg ha^{-1} de P_2O_5), concluiu que a adubação fosfatada em pré-plantio apresentou resposta positiva para produção de massa verde de forragem, independentemente das fontes utilizadas. As melhores respostas foram alcançadas em doses a partir de 120 Kg ha^{-1} de P_2O_5. O estado nutricional da planta não foi influenciado pelas fontes e doses de fósforo. Houve influência das doses de fósforo no desenvolvimento dos vasos condutores foliares da cana-de-açúcar por ocasião da colheita. Doses acima de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 aumentam o ATR t ha^{-1} da cana-de-açúcar, o que não ocorreu com %fibra, %brix, %POL, %Pureza e ATR kg t^{-1}. As fontes e doses testadas de fósforo aumentaram a disponibilidade de fósforo no solo. A fonte

Fosfato monoamônico reduziu o pH do solo e aumentou a disponibilidade de Cobre, ferro, boro e zinco.

Oliveira (2019), em experimento realizado na unidade produtora da Usina sucroenergética Glencane, município de Ouro Verde, localizada na região Oeste do Estado de São Paulo, utilizando duas fontes de fósforo (fosfato monoamônio sem e com proteção por polímeros) e quatro doses de fósforo (20, 40, 60, 80 kg ha^{-1} de P_2O_5), acrescido de um tratamento controle com dose zero de fósforo concluiu que a adubação com fosfato monoamônio com e sem polímeros na soqueira de cana-de-açúcar contribuiu para o aumento de fósforo disponível no solo. O extrator Resina quantificou a presença do polímero no fertilizante fosfatado, enquanto pelo método Mehlich 1 não foi observado diferença entre as fontes. O fertilizante fosfatado com polímeros apresentou maior disponibilidade de fósforo nas frações lábil e moderadamente lábil em relação a ausência do polímero no fertilizante. A adubação fosfatada aumentou 13 t ha^{-1} na produção de colmos e não alterou as concentrações de macro e micronutrientes foliares. A qualidade tecnológica da cana-de-açúcar no terceiro corte não variou com a adubação fosfatada.

3.2.3 Fontes de Fósforo

Para obter os fertilizantes fosfatados é necessário fazer a quebra da estrutura cristalina de rochas fosfatadas, mediante a ação de ácidos fortes, como o ácido sulfúrico na fabricação do superfosfato simples e ácido fosfórico na fabricação do superfosfato triplo ou na elevação da temperatura na fabricação dos termofosfatos. Através da combinação dos fosfatos naturais com amônia produz os fosfatos monoamônico (MAP) e diamônico (DAP), com alta concentração de nutrientes, vantajoso para transporte a longas distâncias (TOMAZ, 2009).

Os fertilizantes fosfatados revestidos com polímeros pode ser uma alternativa como fonte fosfatada de liberação gradual, sendo uma linha tecnológica desenvolvida onde os grânulos dos fertilizantes são revestidos com camadas que combinam minerais e polímeros especiais que potencializam a eficiência dos fertilizantes, proporcionando um melhor aproveitamento pelas plantas (SOUZA *et al.*, 2014).O revestimento por polímeros por possuírem cargas negativas, quando aplicado ao solo

essas cargas se ligam as cargas positivas deixando o nutriente disponível para a absorção.

Os fertilizantes de liberação gradual visam reduzir as perdas de nutrientes por lixiviação, volatilização e adsorção, disponibilizando os nutrientes para as culturas por maior período de tempo e aperfeiçoar a absorção pelas plantas, reduzindo perdas (ZAVASCHI, 2010). Dentre os fatores que interferem na expressão do máximo potencial desses fertilizantes de liberação gradual está a acidez, pois interfere na disponibilidade de fósforo às plantas. A fixação do fósforo se dá pela ligação formada com a argila e ou a precipitação do mesmo junto ao ferro (Fe) e alumínio (Al). Promovendo liberação gradual o contato com a argila, os óxidos de Fe e Al serão reduzidos, inibindo a formação de compostos estáveis (AGOSTINHO *et al.*, 2010).

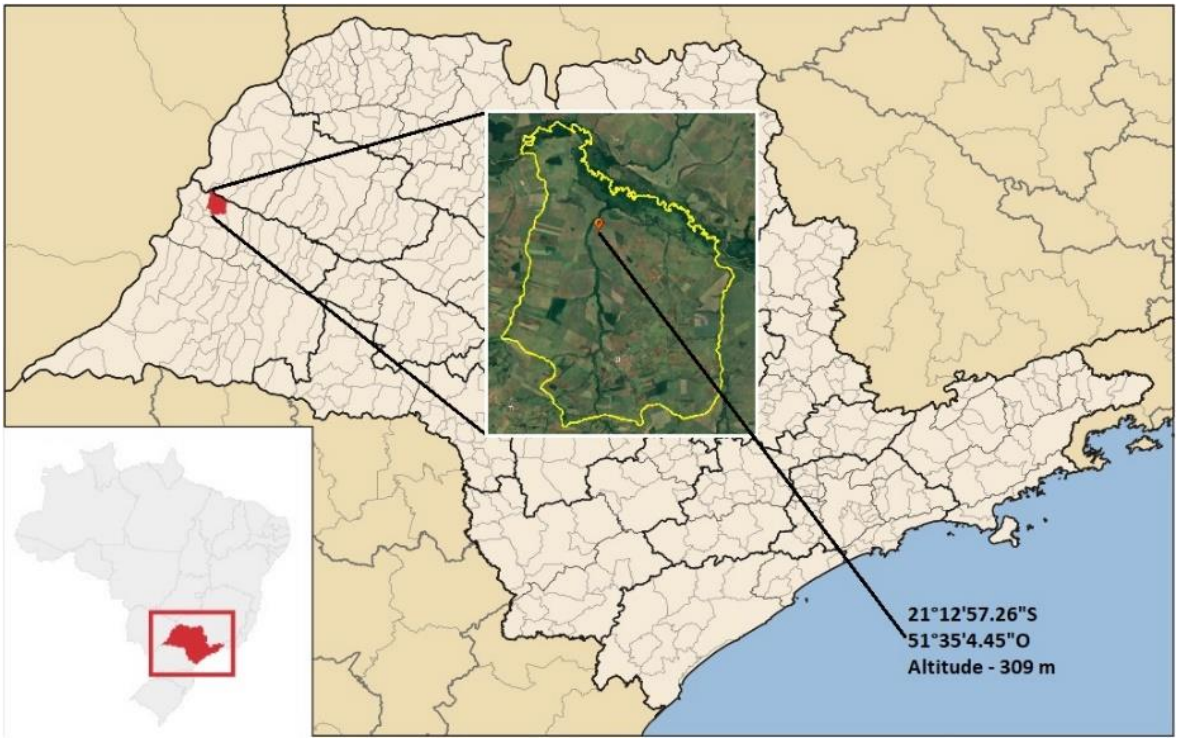
Figueiredo *et al.* (2012), ao avaliar o efeito da aplicação de adubo fosfatado revestido com polímero, observou que o fertilizante de liberação gradual promoveu melhor produtividade, produção de massa da matéria seca total e altura de planta, em relação ao fertilizante convencional. Souza *et al.* (2014), observaram superioridade do fertilizante fosfatado revestido na produtividade de grãos de soja comparado ao uso de adubo fosfatado convencional.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização

O experimento foi realizado na unidade produtora da Usina sucroenergética Ipê, localizada no município de Monte Castelo na região Oeste do Estado de São Paulo, latitude 21º 12’57.26” S, longitude 51º 35’4,45” W e altitude 309 m, conduzido entre janeiro de 2019 a julho de 2020 (Figura 1).

Figura 1 - Localização geográfica do experimento com cana-de-açúcar adubada com fontes e doses de fósforo. Monte Castelo – SP.

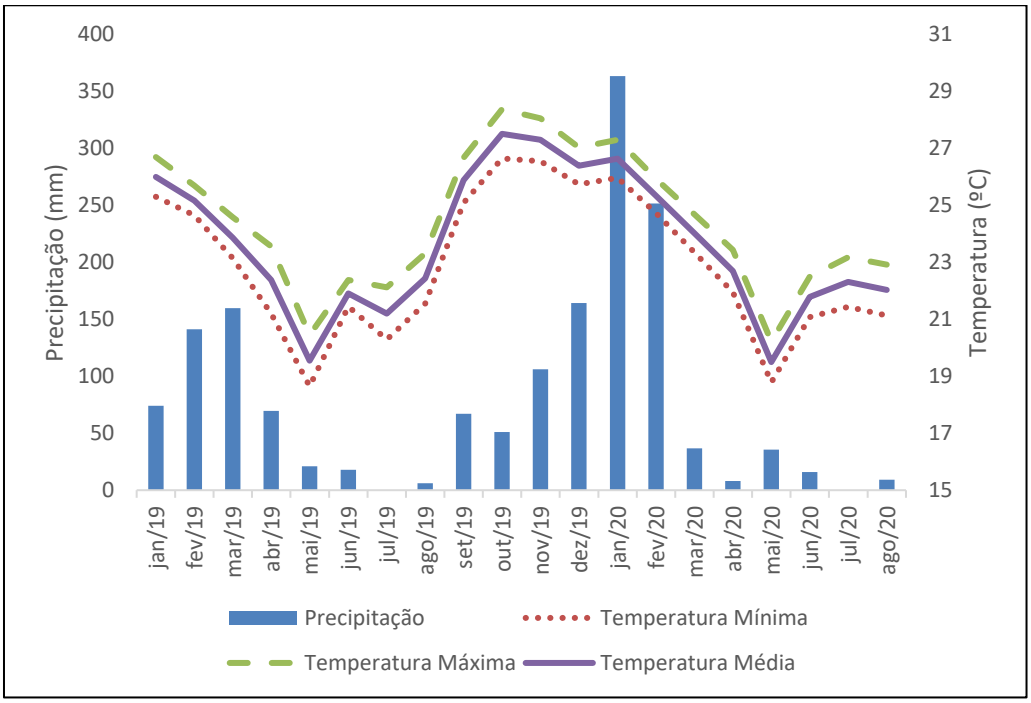


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 Clima

O clima local, conforme a classificação de Koppen é do tipo Aw, caracterizado pelas estações de clima tropical, com inverno seco. As médias anuais de temperatura e precipitação são, respectivamente, 24ºC e 1.300 mm, com temperatura média máxima de 25ºC e média mínima de 23ºC.Os dados meteorológicos durante a realização da pesquisa estão apresentados na Figura 2.

Figura 2- Precipitação e temperaturas média, mínima e máxima observadas durante o período experimental.



Fonte: Usina Ipê – Nova Independência – SP, 2020.

4.3 Caracterização do Solo Avaliado

O solo da área do experimento foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, com baixo teor de fósforo (SANTOS *et al.*, 2017). Os resultados da análise química inicial efetuada em amostras de solo coletadas na profundidade de 0 - 0,20m, estão apresentadas na Tabela 1. As determinações seguiram a descrição de Raij *et al.* (2001): P, K, Ca e Mg utilizando-se o método da resina trocadora de íons; $S\text{-}SO_4^{-2}$ pela extração com solução de fosfato de cálcio; pH em $CaCl_2$; matéria orgânica por colorimetria; H + Al com solução tampão SMP; Al em KCl. Em relação aos micronutrientes, o boro foi extraído via água quente e Cu, Fe, Mn e Zn em DTPA.

Tabela 1 - Resultado da análise química e física do solo, em amostra coletadas em 0 - 0,20 m de profundidade, antes do preparo da área para instalação do experimento.

Prof.	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC
m		g dm^{-3}	mg dm^{-3}	----------	$mmol_c$ dm^{-3}		----------			
0,0-0,2	4,5	7	4	0,86	5	3	17	0,8	9	26

Prof.	V	m	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
m	------%-------		----------		mg dm^{-3}	----------		
0,0-0,2	35	7	3	0,21	0,6	11	3,6	0,2

Prof.	Argila	Silte	Areia Total	Areia Grossa	Areia Fina
m	----------		g kg^{-1}	----------	
0,0-0,1	113	24	863	334	529
0,1-0,2	113	26	861	318	543
0,2-0,4	138	31	831	262	569

P, Ca, Mg e K: resina; S: fosfato de cálcio; B: água quente; SB: soma de bases (K+Ca+Mg); Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA em pH 7,3; CTC: capacidade de troca de cátions. MO: matéria orgânica. Fonte: Elaborado pelo autor

4.4 Delineamento Experimental e Tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 04 repetições. Os tratamentos foram compostos por doses e fontes de fósforo no sulco de plantio. As fontes de fósforo utilizadas foram o fosfato monoamônio com e sem revestimento com polímeros e quatro doses de fósforo (60, 120, 180, 240 kg ha^{-1} de P_2O_5), acrescido de um tratamento controle com dose zero de fósforo.

O fosfato monoamônio (MAP) sem revestimento apresentou 11% de N, 52% de P_2O_5, enquanto o fosfato monoamônio com revestimento de polímeros apresentou 10% de N e 49% de P_2O_5. Devido o revestimento do polímero a concentração de nitrogênio e fósforo é um pouco inferior ao sem revestimento.

4.5 Condução do Experimento

O preparo do solo foi realizado no dia 10 de janeiro de 2019. Foi realizado a aplicação de 1,5 t ha^{-1} de calcário dolomítico (PRNT 90%), seguido com aplicação de

1 t ha^{-1} de gesso agrícola, fosfatagem de 0,6 t ha^{-1} de Fosforita (27% total de P_2O_5) e em seguida foi realizada a subsolagem com equipamento provido de 7 hastes manejado na profundidade de 0,45 m. O experimento foi instalado em 16 de abril de 2019, variedade CTC 9001. As parcelas experimentais foram de 180 m^2, formada por 6 linhas de cana-de-açúcar, com espaçamento de 1,5 m nas entre linhas e 20 m de comprimento, para viabilizar a colheita mecanizada e pesagem da produção de colmos com transbordo provido de célula de carga. Entre as parcelas havia o espaço de 2,0 m entre blocos, foi destinado como carreador a distância equivalente a duas linhas. Os fertilizantes fosfatados foram aplicados no sulco de plantio, antes da acomodação dos colmos sementes.

A adubação de plantio para nitrogênio, potássio e micronutrientes seguiu conforme recomendação oficial do estado de São Paulo, dentro das respectivas faixas de interpretação (RAIJ, *et al.*, 1996). Após 143 (06/09/2019) dias após o plantio (quebra lombo) foi realizado a adubação de cobertura com 120 kg ha^{-1} de K_2O na forma de cloreto de potássio e a complementação da adubação nitrogenada com ureia, para atingir 90 kg ha^{-1} de N.

5 AVALIAÇÕES

5.1 Análise Química do Solo

Por ocasião da colheita do experimento, o solo foi amostrado, nas profundidades de 0 - 0,10, 0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m. As determinações foram, conforme a metodologia da CQFS (2016) pelo método Mehlich 1 para P e segundo descrição de Raij *et al.* (2001): P, K, Ca e Mg utilizando-se o método da resina trocadora de íons; S-SO_4^{-2} pela extração com solução de fosfato de cálcio; pH em $CaCl_2$; matéria orgânica por colorimetria; H + Al com solução tampão SMP; Al em KCl. Em relação os micronutrientes, o boro foi extraído via água quente e Cu, Fe, Mn e Zn em DTPA (ácido dietilenotriaminopentaacético).

Para as determinações de fósforo disponível pelo método da resina trocadora de íons (Mista), 2,5 cm^3 de TFSA (Terra Fina Seca ao Ar), foram colocados em frascos plásticos cônicos de 80ml, acrescentando-se 25ml de H_2O deionizada e uma esfera de vidro de tamanho médio, tipo gude, deixando-se em agitação circular horizontal por 15 min, a 220 rpm, para desagregar o solo. Após esse período, a esfera de vidro foi

retirada e acrescentados 2,5 cm^3 RM, tratada com $NaHCO_3$ 1 mol L^{-1} pH 8,5. Esta mistura contendo a RM mais H_2O e solo foi submetida à agitação circular horizontal, a 220 rpm, por 16h após esse período de agitação, as resinas foram separadas do solo acondicionando-as em peneiras com malha de poliéster de 0,4 mm e lavadas com água deionizada, sendo transferidas, individualmente, para frascos de 100 mL, nos quais foram adicionados 50ml de solução de NH_4Cl 0,8 mol L^{-1} em HCl 0,2 mol L^{-1}, deixando-as em repouso por 30 min para eliminação do CO_2, para evitar acidificação do meio. Decorrido esse período, os frascos foram fechados, procedendo-se à agitação circular horizontal, a 220 rpm, por uma hora. O P contido na solução-extrato da resina foi determinado por colorimetria. (RAIJ *et al.*, 2001).

Para determinação do fósforo no solo pelo método Mehlich 1, 10 cm^3 de TFSA (Terra Fina Seca ao Ar), foram colocados em Erlenmeyer de 125 mL. Adicionou 100 mL de solução composta pela mistura de ácido clorídrico (0,05 mol L^{-1}) e ácido sulfúrico (0,0125 mol L^{-1}), conhecida como solução de Mehlich 1. Agitou durante 5 min em agitador circular horizontal. Deixando decantar durante uma noite. Pipetou, sem filtrar, 25 mL do extrato e passou para recipiente plástico. Pipetou 5 mL desse extrato e colocou em Erlenmeyer de 125 mL. Adicionou 10 mL de solução ácida de molibdato de amônio diluída e aproximadamente 30 mg de ácido ascórbico em pó, como redutor. Agitou entre 1 a 2 min em agitador circular horizontal. Deixou desenvolver a cor durante 1 hora. Em seguida, realizou a leitura da densidade ótica no espectrofotômetro-UV, usando filtro vermelho (comprimento de onda de 660 nm) (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

5.2 Estado Nutricional das Plantas

Para avaliação do estado nutricional das plantas, foi realizado a análise do teor de macronutrientes na folha +1, foram coletadas 12 folhas por parcela no dia 15 de fevereiro de 2020, utilizando-se os 20 cm centrais sem a nervura central (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

5.3 Número de Colmos

A contagem de colmos foi realizada no dia 05 de junho de 2020. Foram contados os colmos em 3 m lineares das quatro linhas centrais, descartando-se dois metros de bordadura.

5.4 Produção de Colmos

A determinação da produção de colmos foi realizada de forma mecanizada, sendo massa dos colmos determinada com o auxílio de um transbordo provido com célula de carga. Posteriormente, os valores foram transformados para toneladas de colmos por hectare.

5.5 Qualidade Tecnológica da Cana-de-açúcar

Por ocasião da colheita foram retirados ao acaso 12 colmos de cana-de-açúcar das 4 linhas centrais excluindo a bordadura em cada parcela, eliminando-se o palmito e palha presentes nos mesmos. Após identificações e pesagens, os feixes foram enviados para laboratório, para realização da análise da qualidade tecnológica e determinação dos valores de Brix; Pol cana; Pureza cana, Fibra cana e açúcares totais recuperáveis (ATR).

5.6 Análise Estatística

Os dados foram testados quanto à normalidade dos erros e homogeneidade de variância e as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa SISVAR (A COMPUTER STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 2011). Os resultados foram submetidos a ANOVA, constatado significância, as médias das fontes de P foram comparadas entre si pelo teste de F. Foi ajustado equação de regressão para as doses, com o auxílio do “proc reg”. Adotou-se significância a 5% de probabilidade (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Disponibilidade de Nutrientes no Solo

As faixas dos valores considerados adequados para cana-de-açúcar estão apresentadas na Tabela 2 de acordo com Raij *et al.* (1996), Tedesco *et al.* (2004) e Ribeiro *et al*. (1999).

Tabela 2 –Faixa de interpretação para os atributos químicos do solo.

Parâmetros	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
P (mg dm^{-3})[1]	0-6	7-15	16-40	41-80	> 80
P (mg dm^{-3})[2]	< 7,0	7,1 - 14	14,1 - 21	21,1 - 42	> 42
K ($mmol_c\ dm^{-3}$)[1]	0,0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	3,1-6,0	> 6,0
Ca ($mmol_c\ dm^{-3}$)[1]	-	0-3	4-7	> 7	-
Mg ($mmol_c\ dm^{-3}$)[1]	-	0-4	5-8	> 8	-
S-$SO4^{-2}$ (mg dm^{-3})[3]	-	0 - 4	5 - 10	> 10	-
B (mg dm^{-3})[4]	-	0 - 0,2	0,21 - 0,60	> 0,60	-
Cu (mg dm^{-3})[4]	-	0 - 0,20	0,3 - 0,8	> 0,8	-
Fe (mg dm^{-3})[4]	-	0 - 4	5 - 12	> 12	-
Mn (mg dm^{-3})[4]	-	0 - 1,2	1,3 - 5,0	> 5,0	-
Zn (mg dm^{-3})[4]	-	0 - 0,5	0,6 - 1,2	> 1,2	-
pH	< 4,3	4,4-5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	> 6,0
MO (g kg^{-1})	-	0 - 15	16 - 40	>40	-
Soma de bases ($mmol_c\ dm^{-3}$)	≤ 6	6,1 - 18	18,1 - 36	36,1 - 60	> 60
CTC ($mmol_c\ dm^{-3}$)	-	≤ 50	51 - 150	> 150	-
Saturação por bases (%)	0 - 25	25 - 50	51 - 70	71 - 90	> 90

[1] Extrator resina trocadoradeíons;[2] Extrator Mehlich 1 (Teor de Argila = Classe 4 = ≤ 20%);[3] Extrator fosfato de cálcio; [4] Extrator DTPA. Fonte: Raij, *et al.*(1996); Tedesco *et al.* (2004); Ribeiro *et al.*, (1999).

O teor de P no solo variou em função das doses fosfatadas aplicadas no sulco de plantio nas profundidades 0 - 0,10, 0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m, na avaliação com os extratores resina trocadora de íons e Mehlich 1. Para as fontes foi verificado diferença na camada de 0 - 0,10 m pelo extrator resina, com valores maiores para fonte com revestimento e na camada 0,20 - 0,40m pelos extratores resina e Mehlich 1, com os valores mais altos para a fonte revestida por polímeros (Tabela 3). Esses resultados evidenciam que a presença do polímero no revestimento do fertilizante aumentou a

disponibilidade do nutriente podendo ser atribuído a redução da fixação junto a fase coloidal do solo.

Tabela 3 - Teores de fósforo no solo pelos extratores resina trocadora de íons e Mehlich 1, em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, em função de fontes e doses de fósforo, na presença e na ausência de polímeros, Monte Castelo– SP, 2020.

Dose P_2O_5 (kg ha^{-1})	**Resina[3]**			**Mehlich 1[4]**		
	Camadas (m)					
	0 – 0,10	**0,10 – 0,20**	**0,20 – 0,40**	**0 – 0,10**	**0,10 – 0,20**	**0,20 – 0,40**
	---------- mg dm^{-3}----------					
0	M	B	MB	MB	MB	MB
60	M	B	MB	MB	MB	MB
120	M	B	MB	MB	MB	MB
180	M	B	B	MB	MB	MB
240	M	B	B	MB	MB	MB
Polímero						
Ausência	19,28 b	7,60 a	5,41 b	5,58 a	1,67 a	0,52 b
Presença	21,36 a	8,36 a	6,20 a	5,39 a	1,78 a	0,72 a
Teste F						
Fonte de P (F)	9,60 *	4,05 ns	7,53*	1,84ns	0,61 ns	41,07 *
Dose de P (D)	22,60*	3,18 *	46,40 *	7,25*	7,70 *	13,90 *
FXD	8,66 *	2,10 ns	1,65ns	1,34ns	0,22 ns	4,57 *
Média Geral	20,32	7,98	5,78	5,62	1,72	0,62
CV (%)	10,43	14,82	14,78	18,84	23,60	15,74

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. * e ns. Significativa em p<0,05, e não significativo, respectivamente.[1]Extrator resina trocadora de íons; [2] Extrator Mehlich 1 (Teor de Argila = Classe 4 = ≤ 20%). [3] Raij *et al.* (2001). [4]Teixeira *et al.* (2017). MB: Muito Baixo, B: Baixo- Raij, *et al.*(1996); Tedesco *et al.* (2004). Fonte: Elaborado pelo autor.

Segundo Oliveira (2019) os teores de fósforo nas camadas apresentaram resposta linear com o aumento da dose aplicada da mesma forma que os resultados observados nesse trabalho. De acordo com os critérios adotados por Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004), na ausência da aplicação de fósforo, os teores de nutrientes permaneceram na faixa de interpretação média (16,49 mg dm^{-3}), baixa (6,71 mg dm^3)

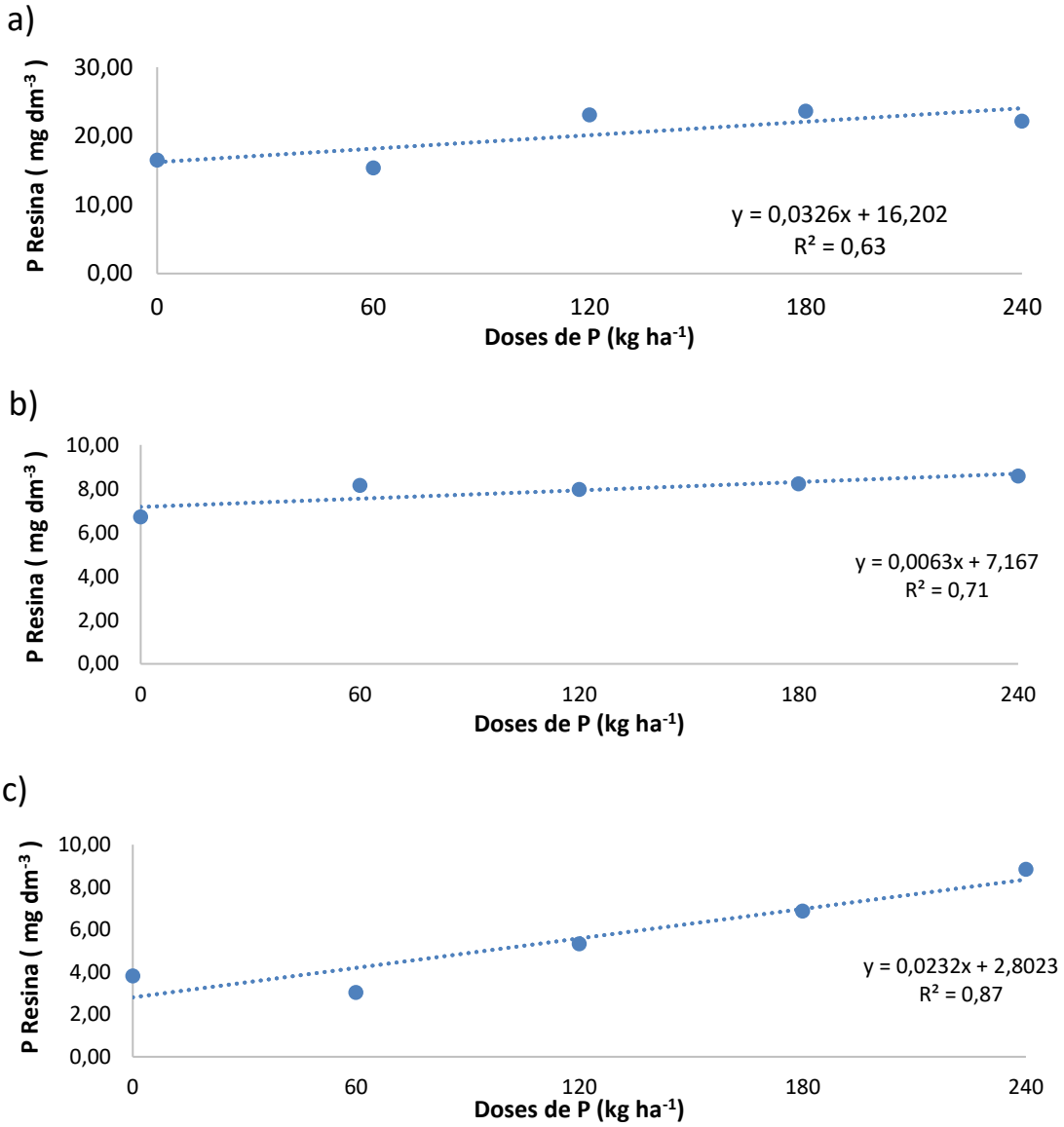
e muito baixa (3,81 mg dm^{-3}) nas profundidades 0 - 0,10, 0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m, respectivamente (Tabela 3).

Na ausência da aplicação de fósforo, verificou-se que os teores do nutriente no solo pelo método Mehlich 1, de acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004), estão na faixa de interpretação muito baixa (4,96, 1,05 e 0,41 mg dm^{-3}) nas camadas 0 - 0,10, 0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m, respectivamente. Esses resultados evidenciam que a fosfatagem de 0,6 t ha^{-1}de Fosforita (27% total de P_2O_5), realizada antes do plantio, contribuiu muito pouco para melhorar a disponibilidade do nutriente no solo.

Na camada de 0 - 0,10 m, para o método resina, houve diferença significativa para o tratamento com a presença de polímero no revestimento (21,36 mg dm^{-3}) em relação ao tratamento sem a presença de polímero no revestimento (19,28 mg dm^{-3}), embora tenham permanecido na faixa de média disponibilidade de acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004) e aumentando conforme a aplicação 60, 120, 180 e 240 kg ha^{-1} de P_2O_5, passando de 16,36, 23,03, 23,57 e 22,15 mg dm^{-3}, respectivamente, não se diferenciando entre as aplicações de 120, 180 e 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 3a), apresentando interação entre fonte e dose na disponibilidade de fósforo e fonte (Tabela 3). Para o método Mehlich 1, houve diferença significativa apenas para a aplicação de 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 (6,66 mg dm^{-3}) (Figura 4a), embora permaneceu na faixa de interpretação muito baixade acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004). Resultados semelhante aos encontrados por Oliveira (2019).

Para a camada de 0,20 - 0,40 m, houve diferença significativa para a aplicação de 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 pelo o método resina (8,84 mg dm^{-3}) (Figura 3c) e pelo o método Mehlich 1 (0,73 mg dm^{-3}) (Figura 4c) em relação as outras doses, permanecendo na faixa de interpretação baixa e muito baixa respectivamentede acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004). Houve diferença significativa para o tratamento com a presença de polímero no revestimento (6,20 mg dm^{-3} e 0,72 mg dm^{-3}) em relação ao tratamento sem a presença de polímero no revestimento (5,41 mg dm^{-3} e 0,52 mg dm^{-3}) para os métodos resina e Mehlich 1, respectivamente (Tabela 3).

Figura 3- Teor médio de fósforo disponível no solo submetido a doses de fósforo, pela resina trocadora de íons nas profundidades de 0 - 0,10 m (a), 0,10 - 0,20 m (b) e de 0,20 - 0,40 m (c) em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na camada de 0,10 - 0,20 m, pelo método resina, de acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004), os teores permaneceram na faixa de interpretação baixa, aumentando conforme a aplicação 60, 120, 180 e 240 kg ha^{-1} de P_2O_5, passando de 8,44, 7,97, 8,22 e 8,57 mg dm^{-3}, respectivamente, variando apenas para as aplicações de 60 e 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 3b). Por sua vez, na camada de 0,20 - 0,40 m, a

faixa de interpretação permaneceu em baixa disponibilidade de fósforode acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004), aumentando conforme a aplicação de 60, 120, 180 e 240 kg ha^{-1} de P_2O_5, respectivamente, 4,17, 5,33, 6,87 e 8,84 mg dm^{-3}, variando apenas para a aplicação de 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 3c).

Pelo método Mehlich 1, os valores de fósforo no solo, nas camadas 0,10 - 0,20 m aumentou conforme a aplicação 60, 120, 180 e 240 kg ha^{-1} de P_2O_5, passando de 1,70, 1,95, 1,89 e 2,04 mg dm^{-3}, não se diferenciando entre si (Figura 4b). Por sua vez, na camada de 0,20 - 0,40 m aumentou conforme a aplicação de 60, 120, 180 e 240 kg ha^{-1} de P_2O_5, respectivamente, 0,58, 0,68, 0,70 e 0,73 mg dm^{-3}, variando apenas para a aplicação de 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 4c), entretanto permaneceram na faixa de interpretação de muito baixa disponibilidadede acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004). Semelhante ao observado com o extrator resina, quanto mais profundo o solo menor a disponibilidade de fósforo.

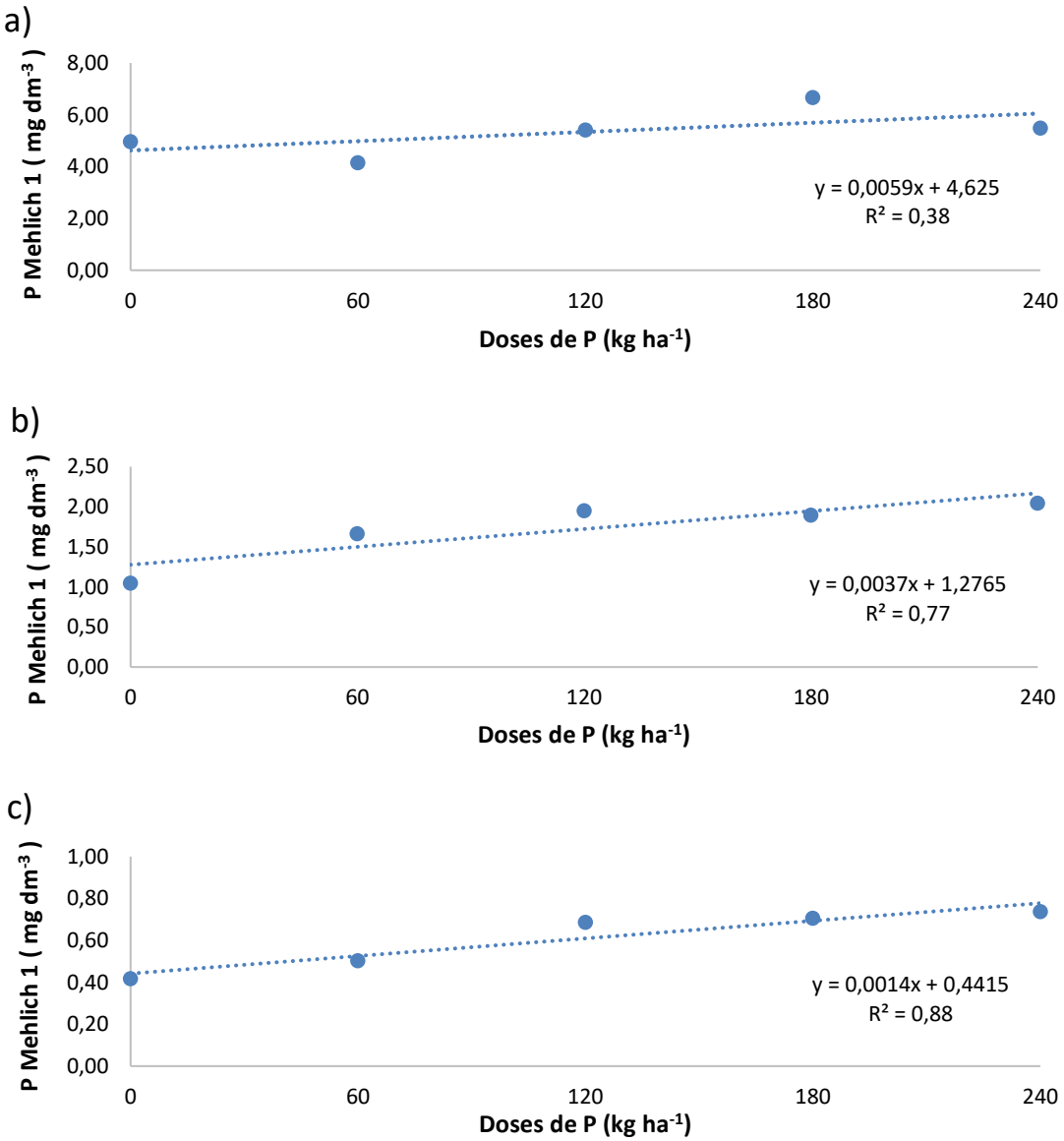
Com a utilização do extrator Mehlich 1 apresentou interação na disponibilidade de fósforo em função das fontes e doses de fertilizante apenas para as camadas de 0,20 - 0,40m (Tabela 3). O teor de fósforo extraído pelo método resina foi maior em relação ao extrator Mehlich 1, pelo fato de extrair, preferencialmente, as formas de P ligadas a cálcio, superestimando a disponibilidade de P em solos recentemente adubados com fosfatos e sua capacidade de extração em solos mais argilosos (BORTOLON; GIANELLO, 2010; FREITAS *et al.,* 2013; OLIVEIRA *et al.,* 2015).

Em diversas pesquisas comparando a capacidade de extração de fósforo pelo método Mehlich 1 e resina, de modo geral a quantificação de P no solo não varia muito pelos extratores, as concentrações variam de acordo com os teores de argila, cálcio, ferro, alumínio e matéria orgânica no solo (GATIBONI *et al.*, 2008; SCHLINDWEIN; GIANELLO, 2008; BORTOLON; GIANELLO, 2010; MUMBACH *et al.*, 2018).

Os menores valores de P extraídos por Mehlich 1 podem ser atribuídos à alta capacidade de troca de cátions e mineralogia dos solos utilizados, havendo uma neutralização dos ácidos diluídos (BORTOLON *et al.*, 2011) e exaustão da capacidade de extração, principalmente nos solos mais argilosos (SANTOS *et al.*, 2008). As maiores quantidades de P extraídas pelo método resina em comparação a Mehlich 1, podem ocorrer em função do longo tempo de agitação e saturação do método resina com ânion bicarbonato, o qual extrai P adsorvido as superfícies dos coloides até um

equilíbrio eletroquímico entre o solo e a superfície da resina (BORTOLON *et al.*, 2009; BORTOLON *et al.*, 2011).

Figura 4- Teor médio de fósforo disponível no solo submetido a doses de fósforo, pelo extrator Mehlich 1 nas profundidades de 0 - 0,10 m (a) 0,10 - 0,20 m (b) e de 0,20 - 0,40 m (c) em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados das análises de macronutrientes do solo coletado na camada 0 - 0,10 m estão descritos na Tabela 4. Para os teores de K, observou-se interação das

doses e fontes de fósforo aplicadas no sulco de plantio. A disponibilidade de potássio permaneceu na faixa de baixa disponibilidadede acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004), no entanto com a adubação fosfatada o teor foi maior para as aplicações de 120, 180 e 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 diferenciando-se apenas da ausência da aplicação, variando de 0,82 a 1,00 $mmol_c\ dm^{-3}$) (Figura 5). Lisboa (2014) observou valores de K na faixa de interpretação baixa concordando com os observados nesse trabalho.

Tabela 4 - Teores de macronutrientes no solo na profundidade de 0 -0,10 m em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.

Dose P_2O_5 (kg ha^{-1})	**K**	**Ca**	**Mg**	**S**
	----------mmol$_c$ dm^{-3}----------			**mg kg^{-1}**
0	MB	A	A	B
60	B	A	A	B
120	B	A	A	B
180	B	A	A	B
240	B	A	A	B
Polímero				
Ausência	0,87 a	28,09 a	10,34 b	1,75 a
Presença	0,88 a	25,41 a	11,28 a	1,72 a
Teste F				
Fonte de P (F)	0,02 ^{ns}	3,23 ^{ns}	6,32 *	0,04 ^{ns}
Dose de P (D)	6,87 *	1,31 ^{ns}	17,96 *	0,70 ^{ns}
FXD	2,79*	3,11 ^{ns}	16,64 *	0,14 ^{ns}
Média Geral	0,88	26,75	10,81	1,73
CV (%)	16,01	17,61	10,93	25,74

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. * e ns: significativas em p<0,05, e não significativo, respectivamente.[1]Extrator resina trocadora de íons; [3] Extrator fosfato de cálcio. MB: Muito baixo; B: Baixo; A: Alto -Raij, *et al.* (1996); Tedesco *et al.* (2004). Fonte: Elaborado pelo autor.

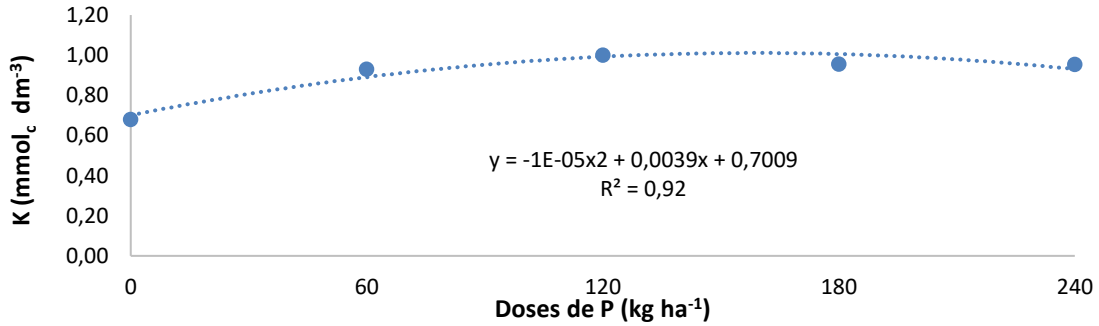
Em relação ao Ca não houve diferença significativa entre as doses e fontes de fósforo aplicadas no sulco de plantio. Foram encontrados valores que permaneceram na faixa de interpretação altade acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004), concordando com os resultados da diagnose foliar, quando o nutriente apresentou

teores acima do considerado adequado (Tabela 14). Concordando com Lisboa (2014) que observou valores na faixa de interpretação alta no solo.

Para os teores de Mg, houve diferença significativa para o tratamento com a presença de polímero no revestimento (11,28 $mmol_c$ dm^{-3}) em relação ao tratamento sem a presença de polímero no revestimento (10,34 $mmol_c$ dm^{-3}) (Tabela 3). O teor de magnésio permaneceu na faixa de interpretação alta de acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004). As aplicações de 180 e 240 kg ha^{-1} de P_2O_5(12,63 e 12,80 $mmol_c$ dm^{-3}) se diferenciaram significativamente das aplicação de 60 e 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 (10,02 e 9,20 $mmol_c$ dm^{-3}) (Figura 6).Lira (2018) observou que os teores de Mg foram influenciados significativamente pelo fator dose no solo.

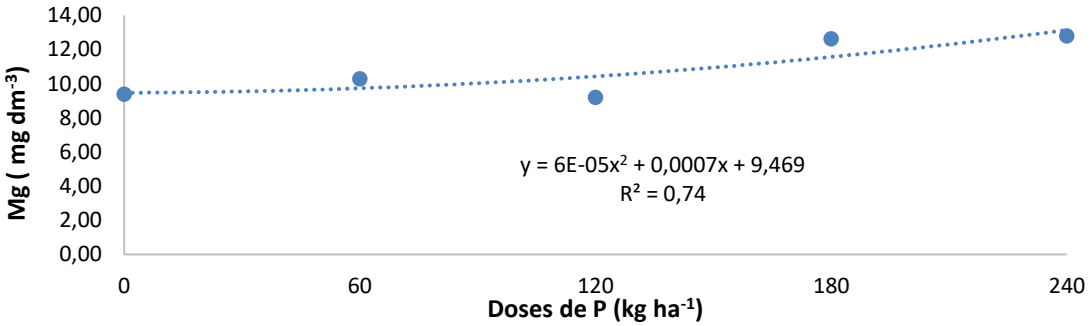
O teor de S, não constatou diferença significativa para as doses e fonte de fósforo aplicadas no solo (Tabela 4). Observa-se que os teores de S estão na faixa de baixa disponibilidade quando comparados por Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004). Resultados semelhantes foram obtidos por Lira (2018), em estudo realizado na mesma região ao avaliar a aplicação de micronutrientes no solo e foliar.

Figura 5 - Teor de potássio disponível no solo nas profundidades de 0 - 0,10 m em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6 - Teor de magnésiodisponível no solo nas profundidades de 0 - 0,10 m em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os teores de pH, matéria orgânica, soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por base da camada 0 - 0,10 m estão descritos na Tabela 5. Não constatou diferença significativa para as doses no solo entre a aplicação na presença de polímero e sua ausência. Observa-se que o teor pH está na faixa de interpretação muito alto no solo quando comparados por Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004), resultados superiores aos observados por Lisboa (2014).

Foi observado que os valores médios de matéria orgânica, com teor na faixa de interpretação baixade acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004), os resultados não apresentaram significância, mostrando que os fatores fontes e doses de fósforo não interferiram na sua concentração. O que possivelmente refletiu no baixo teor de S no solo, que por sua vez é a principal fonte de S no solo.

Os teores da soma de bases no solo, permaneceram na faixa de interpretação alta de acordo com Ribeiro *et al.* (1999) e não houve diferença significativa entre as aplicações (Tabela 5), valores médios inferiores aos valores encontrados por Flores *et al.* (2012) e superiores aos observados por Lisboa (2014).

Para a capacidade de troca de cátions não houve significancia entre as fontes e doses que permaneceram na faixa de interpretação baixa de acordo com Tedesco *et al.* (2004), na presença de polímeroapresentou menor valor de CTC (Tabela 5). Os valores da CTC do solo no presente estudo, são superiores aos encontrados por Lisboa (2014). Os resultados da saturação por bases (V) não houve diferença

significativa entre as aplicações com a presença de polímero e na sua ausência (Tabela 5). Segundo Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.*, (2004) é considerada uma acidez na faixa de interpretação alta por estarem entre 71 – 90 $mmol_c\ dm^{-3}$. Os valores encontrados estão acima dos encontrados por Lisboa (2014).

Tabela 5 – Teor de pH, matéria orgânica (MO), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por base (V) camada 0 - 0,10 m em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.

Dose P_2O_5 (kg ha^{-1})	**pH**	**MO**	**SB**	**CTC**	**V**
		g kg^{-1}	**------$mmol_c\ dm^{-3}$----**		**%**
0	MA	B	A	B	A
60	MA	B	A	B	A
120	MA	B	A	B	A
180	MA	B	A	B	A
240	MA	B	A	B	A
Polímero					
Ausência	6,23 a	13,8 a	40,19 a	40,30 a	75,70 a
Presença	6,24 a	13,9 a	38,42 a	38,40 a	75,90 a
Teste F					
Fonte de P (F)	0,01 ns	0,04 ns	1,29 ns	1,41 ns	0,38 ns
Dose de P (D)	0,03 ns	0,41 ns	0,42 ns	0,42 ns	0,28 ns
FXD	0,01 ns	0,50 ns	3,32ns	3,18ns	0,84 ns
Média Geral	6,23	13,85	39,3	39,35	75,8
CV (%)	5,07	10,63	12,51	12,85	4,31

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. * e ns: significativas em p<0,05, e não significativo, respectivamente. B: Baixo; A: Alto; MA: Muito alto - Raij, *et al.*(1996); Tedesco *et al.* (2004); Ribeiro *et al.* (1999). Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados das análises de micronutrientes do solo coletado na camada 0 - 0,10 m estão descritos na Tabela 6. Os teores de B, Cu, Fe e Zn no solo estão na faixa de interpretação média de acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004).O teor de Mn no solo está na faixa de interpretação alta conforme valores médios (Tabela 6). Os teores de micronutrientes não tiveram diferença significativa independente da dose e fonte aplicadas no solo. Lira (2018) em seu trabalho com aplicação de micronutrientes observou dados superiores para Cu, Fe e Mn.

Tabela 6 - Teores de micronutrientes no solo na profundidade de 0 - 0,10 m em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.

Dose P_2O_5 (kg ha^{-1})	**B**	**Cu**	**Fe**	**Mn**	**Zn**
			mg kg^{-1}		
0	B	M	M	A	M
60	M	M	M	A	M
120	M	M	M	A	M
180	M	M	M	A	M
240	M	M	M	A	M
Polímero					
Ausência	0,21 a	0,38 a	6,96 a	7,61 a	1,16 a
Presença	0,21 a	0,39 a	6,89 a	7,14 a	1,15 a
Teste F					
Fonte de P (F)	0,29 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,66 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Dose de P (D)	0,95 ^{ns}	2,19 ^{ns}	0,19 ^{ns}	2,09 ^{ns}	0,07 ^{ns}
FXD	0,48 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1,89 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Média Geral	0,21	0,38	6,92	7,38	1,15
CV (%)	18,96	18,25	12,23	20,05	16,74

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. * e ns: significativas em p<0,05, e não significativo, respectivamente. [4] Extrator DTPA.B: Baixo; M: Médio; A: Alto - Raij, *et al.*(1996); Tedesco *et al.* (2004). Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados das análises de macronutrientes do solo coletado na camada 0,10 - 0,20 m estão descritos na Tabela 7. Para os teores de K, observou-se interação das doses aplicadas no sulco de plantio. O teor de potássio permaneceu na faixa de interpretação muito baixa de acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004). No qual observou maior teor de 0,65 $mmol_c$ dm^{-3} potássio nas aplicações de 60 e 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 superando as aplicações de 180 e 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 7). Os teores encontrados são inferiores aos de Lisboa (2014), ao estudar os efeitos da fosfatagem em pré-plantio nas condições químicas do solo e no desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar.

Em relação ao Ca houve diferença significativa entre as aplicações, observou-se interação das fontes e doses aplicadas no sulco de plantio. O teor de cálcio está na faixa de interpretação alta no solo de acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.*

(2004). No qual observou com a presença de polímero com teor médio de 13,63 $mmol_c$ dm^{-3} e sem a presença de polímero com teor médio 12,10 $mmol_c$ dm^{-3} (Tabela 7) atingindo o ponto de máximo no teor de 17,67 $mmol_c$ dm^{-3} (240 kg ha^{-1} de P_2O_5) e ponto de mínima no teor 10,60 $mmol_c$ dm^{-3} (120 kg ha^{-1} de P_2O_5) de Ca (Figura 8). Concordando com Lisboa (2014) que observou valores na faixa de interpretação alta no solo.

Tabela 7 - Teores de macronutrientes no solo na profundidade de 0,10 - 0,20 m em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.

Dose P_2O_5 (kg ha^{-1})	**K**	**Ca**	**Mg**	**S**
	---------- $mmol_c$ dm^{-3} ----------			**mg dm^{-3}**
0	B	A	M	B
60	MB	A	M	B
120	MB	A	M	B
180	MB	A	M	B
240	MB	A	M	B
Polímero				
Ausência	0,62 a	12,10 b	4,62 a	1,75 a
Presença	0,67 a	13,63 a	5,13 a	1,72 a
Teste F				
Fonte de P (F)	1,43 ^{ns}	9,99 *	3,45 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Dose de P (D)	11,53 *	27,54 *	1,89 ^{ns}	0,18 ^{ns}
FXD	3,46 *	6,21 *	1,31 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Média Geral	0,66	12,24	4,87	1,73
CV (%)	14,61	11,90	17,86	25,94

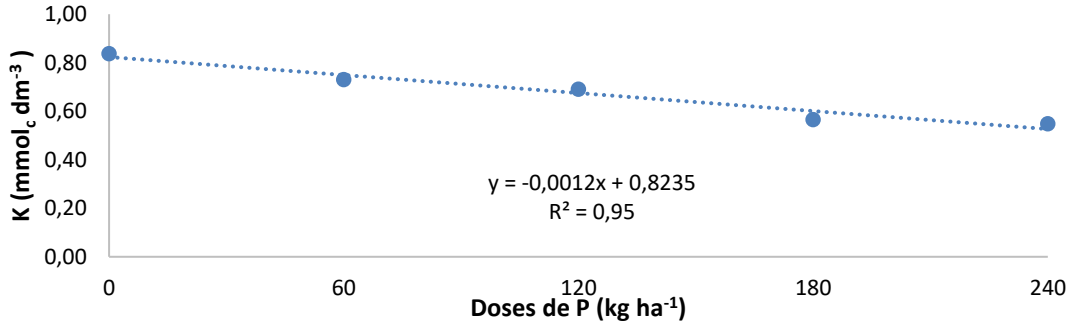
Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. * e ns: significativas em p<0,05, e não significativo, respectivamente. [4] Extrator DTPA. MB: Muito baixo; B: Baixo; M: Médio; A: Alto - Raij, *et al.*(1996); Tedesco *et al.* (2004). Fonte: Elaborado pelo autor.

Para os teores de Mg, não houve diferença significativa entre as aplicações e fontes (Tabela 7). O teor de magnésio permaneceu na faixa de interpretação média de acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004). Concordando com os valores observado por Lisboa (2014).

O teorde S, não constatou diferença significativa para as doses e fonte aplicadas no solo (Tabela 7). Observa-se que os teores de S estão na faixa de interpretação

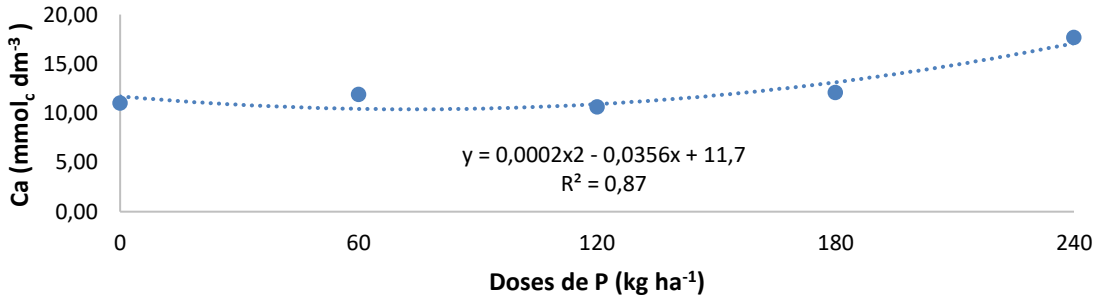
baixa quando comparados por Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004). Resultados inferiores aos observados por Lisboa (2014), que observou valores na faixa de interpretação medio para alta.

Figura 7 - Teor de potássio disponível no solo nas profundidades de 0,10 - 0,20 m em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 8 - Teor de cálcio disponível no solo nas profundidades de 0,10 - 0,20 m em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os teores de pH, matéria orgânica, soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por base da camada 0,10 - 0,20 m estão descritos na Tabela 8. Não constatou diferença significativa para as doses no solo para os teores de pH e matéria orgânica entre a aplicação na presença de polímero e sua ausência. Observa-se que

o teor pH está na faixa de interpretação média no solo quando comparados por Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004), concordando com os resultados observados por Lisboa (2014).

Da mesma forma que na profundidade de 0 - 0,10 m, foi observado que os valores médios de matéria orgânica, com teor na faixa de interpretação baixa de acordo com Raij *et al.* (1996), os resultados não foram significativos, mostrando que os fatores fontes e doses de fósforo não interferiram na sua concentração. O que possivelmente refletiu no baixo teor de S no solo, que por sua vez é a principal fonte de S no solo. Para Raij *et al.* (1996) os valores encontrados estão abaixo dos 15 g kg^{-1} recomendado.

Tabela 8 – Teor de enxofre, pH, teores de matéria orgânica (MO), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por base (V)camada 0,10-0,20 m em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.

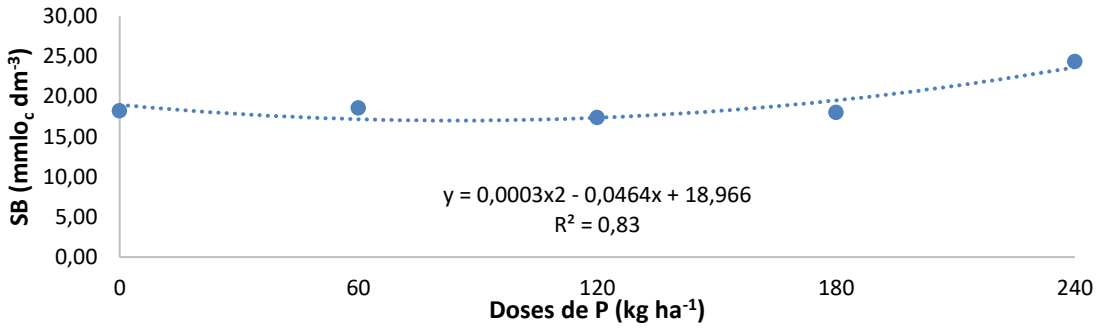
Dose P_2O_5 (kg ha^{-1})	**pH**	**MO**	**SB**	**CTC**	**V**
		g kg^{-1}	**-----mmol$_c$ dm^{-3}---**		**%**
0	M	B	M	B	M
60	M	B	M	B	M
120	M	B	M	B	M
180	M	B	M	B	M
240	M	B	M	B	M
Polímero					
Ausência	5,51 a	5,40 a	18,47 b	18,60 b	57,60 a
Presença	5,50 a	5,60 a	20,49 a	21,05 a	59,55 a
Teste F					
Fonte de P (F)	0,01 ^{ns}	0,54 ^{ns}	13,84*	18,05 *	3,17 ^{ns}
Dose de P (D)	0,04 ^{ns}	1,02 ^{ns}	21,92*	23,75*	4,13*
FXD	0,01^{ns}	0,20 ^{ns}	3,61*	4,36*	2,49 ^{ns}
Média Geral	5,51	5,5	19,48	19,82	58,57
CV (%)	4,79	15,57	8,79	9,2	5,91

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. * e ns: significativas em p<0,05, e não significativo, respectivamente.B: Baixo; M: Médio - Raij, *et al.*(1996); Tedesco *et al.* (2004); Ribeiro *et al.* (1999). Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores médios da soma de bases no solo, permaneceram na faixa de interpretação média de acordo com Ribeiro*et al.* (1999), observa-se que a aplicação com a presença de polímero (20,49 $mmol_c\ dm^{-3}$) se diferenciou significativamente da aplicação com ausência de polímero (18,47 $mmol_c\ dm^{-3}$) (Tabela 8). As dosagens de 120 e 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 apresentaram menores médias, em relação as dosagens de 60 e 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 que não se diferenciaram entre si (Figura 9), valores médios concordando aos observados por Lisboa (2014) e inferiores aos valores encontrados por Flores *et al.* (2012). No qual observou ponto de mínima atingindo teor de 18,21 $mmol_c\ dm^{-3}$ de SB na dose de 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 e máxima de 24,39 $mmol_c\ dm^{-3}$ na dose de 240 kg ha^{-1} P_2O_5.

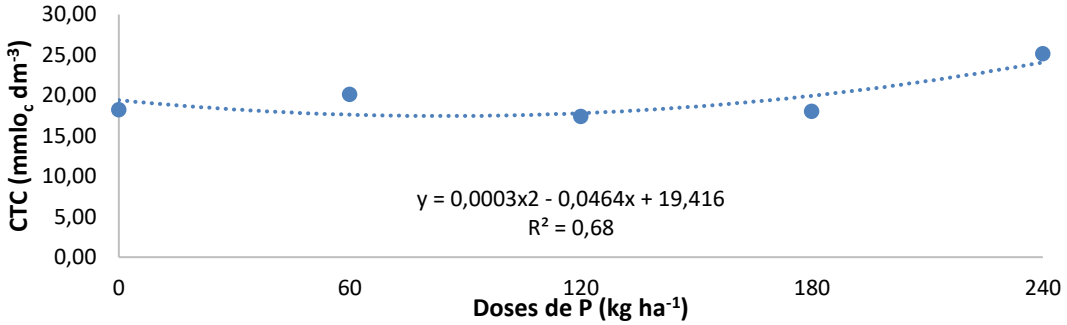
Em relação a capacidade de troca de cátions no solo todas aplicações permaneceram na faixa de interpretação baixa de acordo com Tedesco *et al.* (2004), observa-se que a aplicação com a presença de polímero (21,05 $mmol_c\ dm^{-3}$) se diferenciou significativamente da aplicação com ausência de polímero (18,60 $mmol_c\ dm^{-3}$) (Tabela 8). A aplicação de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 apresentou menor média 17,50 $mmol_c\ dm^{-3}$, já a aplicação de 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 superou todas as outras aplicações com a maior média 25,12 $mmol_c\ dm^{-3}$ (Figura 10), valores médios inferiores aos observados por Lisboa (2014). Houve uma tendência quadrática para as doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio (Figura 10).

Figura 9 - Soma de base (SB) no solo nas profundidades de 0,10 - 0,20 m em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor.

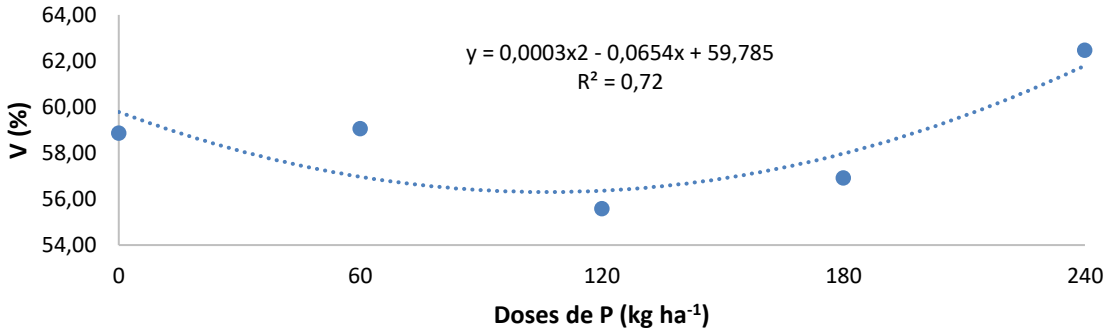
Figura 10– Capacidade de troca cations (CTC) no solo nas profundidades de 0,10 - 0,20 m em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados da saturação por bases (V) houve diferença significativa para a aplicação de 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 (62,37%) superando as aplicações de 60, 120 e 180 kg ha^{-1} de P_2O_5, a aplicação de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 apresentou a menor média 55,87% (Figura11). Segundo Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004) é considerada uma acidez na faixa de interpretação média por estarem entre 51 – 70 %. Os valores encontrados estão acima dos encontrados por Lisboa (2014).

Figura 11– Saturação por base (V) no solo nas profundidades de 0,10 - 0,20 m em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados das análises de micronutrientes do solo coletado na camada 0,10 - 0,20 m estão descritos na Tabela 9. Os teores de B, Cu e Fe no solo estão na faixa de interpretação média da mesma forma que a camada de 0 - 0,10 m, de acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004) (Tabela 9).

O teor de Mn no solo está na faixa de interpretação alta e o teor de Zn no solo permaneceu na faixa de interpretação baixa de acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004) (Tabela 9). Os teores de micronutrientes não tiveram diferença significativa independente da dose e fonte aplicadas no solo. Lira (2018) em seu trabalho com aplicação de micronutrientes observou dados superiores para Cu, Fe e Mn.

Tabela 9 - Teores de micronutrientes no solo na profundidade de 0,10 - 0,20 m em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.

Dose P_2O_5 (kg ha^{-1})	**B**	**Cu**	**Fe**	**Mn**	**Zn**
	----------mg kg^{-1}----------				
0	M	M	M	A	B
60	M	M	M	A	B
120	M	M	M	A	B
180	M	M	M	A	B
240	M	M	M	A	B
Polímero					
Ausência	0,22 a	0,49 a	7,51 a	8,05 a	0,51 a
Presença	0,23 a	0,49 a	7,59 a	7,71 a	0,50 a
Teste F					
Fonte de P (F)	0,16 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,68 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Dose de P (D)	1,17 ^{ns}	2,28 ^{ns}	0,09 ^{ns}	2,57 ^{ns}	0,51 ^{ns}
FXD	0,77 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Média Geral	0,23	0,49	7,55	7,88	0,5
CV (%)	17,03	10,62	17,81	10,54	13,28

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. * e ns: significativas em p<0,05, e não significativo, respectivamente. [4] Extrator DTPA. B: Baixo; M: Médio; A: Alto - Raij, *et al.*(1996); Tedesco *et al.* (2004). Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados das análises de macronutrientes do solo coletado na camada 0,20 - 0,40 m estão descritos na Tabela 10. Para os teores de K, observou-se interação das

doses aplicadas no sulco de plantio. O teor de potássio permaneceu na faixa de interpretação muito baixa de acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004). No qual observou maior teor de 0,63 $mmol_c\ dm^{-3}$ potássio na aplicação 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 superando as aplicações de 60, 180 e 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 12). Os teores encontrados são inferiores aos de Lisboa (2014), ao estudar os efeitos da fosfatagem em pré-plantio nas condições químicas do solo e no desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar.

Tabela 10 - Teores de macronutrientes no solo na profundidade de 0,20 - 0,40 m em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.

Dose P_2O_5 (kg ha^{-1})	**K**	**Ca**	**Mg**	**S**
	---------- $mmol_c\ dm^{-3}$ ----------			**mg kg^{-1}**
0	MB	M	B	B
60	MB	M	B	B
120	MB	M	B	B
180	MB	M	B	B
240	MB	M	B	B
Polímero				
Ausência	0,57 a	6,20 a	2,44 a	1,95 a
Presença	0,62 a	5,99 a	2,18 a	1,86 a
Teste F				
Fonte de P (F)	2,55 ^{ns}	0,38 ^{ns}	2,81 ^{ns}	1,20 ^{ns}
Dose de P (D)	3,62 *	7,23 *	1,20 ^{ns}	1,69 ^{ns}
FXD	5,34 *	3,86 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,01 ^{ns}
Média Geral	0,59	6,09	2,31	1,91
CV (%)	13,54	17,12	20,71	14,91

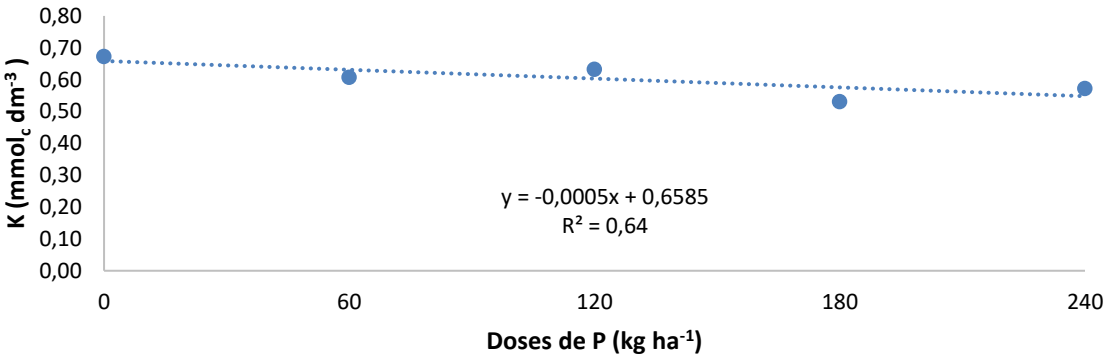
Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. * e ns: significativas em $p<0,05$, e não significativo, respectivamente. [4] Extrator DTPA. MB: Muito baixo; B: Baixo; M: Médio - Raij, *et al.*(1996); Tedesco *et al.* (2004). Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação ao Ca, observou-se diferença significativa entre as aplicações no sulco de plantio. O teor de cálcio está na faixa de interpretação média no solo de acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004). Observou-se que a aplicação de 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 está na faixa de interpretação alta com teor de 7,68 $mmol_c\ dm^{-3}$ (Tabela

10) e a aplicação de 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 está na faixa de interpretação média com o menor teor de 5,04 $mmol_c$ dm^{-3} (Figura 13). Lisboa (2014), observou valores na faixa de interpretação alta no solo, conforme Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004).

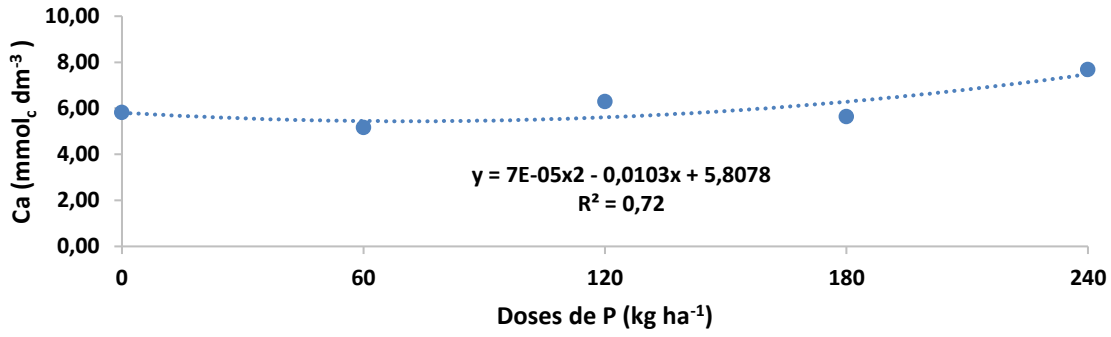
Para os teores de Mg, não houve diferença significativa entre as aplicações e fontes (Tabela 10). O teor de magnésio permaneceu na faixa de interpretação baixa de acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004). Valores inferiores aos observados por Lisboa (2014).

Figura 12 - Teor de potássio disponível no solo nas profundidades de 0,20-0,40 m em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 13 - Teor de cálcio disponível no solo nas profundidades de 0,20-0,40 m em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O teor de S, não constatou diferença significativa para as doses e fonte aplicadas no solo (Tabela 10). Observa-se que os teores de S estão na faixa de interpretação baixa quando comparados por Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004). Resultados inferiores aos observados por Lisboa (2014), que observou valores na faixa de interpretação medio para alta.

Os índices de pH, teores de matéria orgânica, soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por base da camada 0,20 - 0,40 m estão descritos na Tabela 11. Não constatou diferença significativa para as doses no solo para o pH, matéria orgânica e saturação por base entre a aplicação na presença de polímero e sua ausência. Observa-se que o teor pH está na faixa de interpretação baixa no solo quando comparados por Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004), valores na faixa de intepretação média foi observado por Lisboa (2014).

Tabela 11 – Índice pH, teores de matéria orgânica (MO), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por base (V) camada 0,20- 0,40 m em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.

Dose P_2O_5 (kg ha^{-1})	**pH**	**MO**	**SB**	**CTC**	**V**
		g kg^{-1}	**------$mmol_c dm^{-3}$------**		**%**
0	B	B	B	B	B
60	B	B	B	B	B
120	B	B	B	B	B
180	B	B	B	B	B
240	B	B	B	B	B
Polímero					
Ausência	4,74 a	4,80 a	10,60 a	12,85 a	39,05 a
Presença	4,74 a	5,20 a	10,04 a	12,95 a	38,20 a
Teste F					
Fonte de P (F)	0,01 ^{ns}	2,66 ^{ns}	2,13 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,49 ^{ns}
Dose de P (D)	0,02 ^{ns}	1,25 ^{ns}	4,85*	5,95*	2,54 ^{ns}
FXD	0,01 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,59 ^{ns}	1,47 ^{ns}	1,20 ^{ns}
Média Geral	4,74	5,00	10,32	12,9	38,62
CV (%)	4,37	15,49	11,7	10,3	9,89

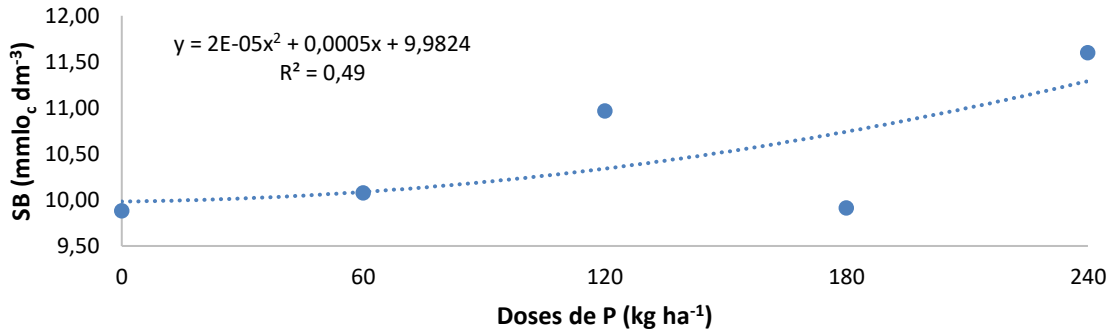
Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. * e ns: significativas em p<0,05, e não significativo, respectivamente.B: Baixo - Raij, *et al.*(1996); Tedesco *et al.* (2004); Ribeiro *et al.* (1999). Fonte: Elaborado pelo autor.

Da mesma forma que nas profundidade já mencionadas anteriormente, foi observado que os teores de matéria orgânica, estão na faixa de interpretação baixa de acordo com Raij *et al.* (1996), os resultados não foram significativos, mostrando que os fatores fontes e doses de fósforo não interferiram na sua concentração. Para Raij *et al.* (1996) os valores encontrados estão abaixo dos 15 g kg^{-1} recomendado.

Os valores médios da soma de bases no solo permaneceram na faixa de interpretação baixa de acordo com Ribeiro *et al.* (1999), a aplicação de 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 apresentou maior média (11,60 $mmol_c$ dm^{-3}), não se diferenciando significativamente das aplicações de 120 e 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 diferenciando-se apenas da aplicação de 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 que não se diferenciou das aplicações de 120 e 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 14), valores médios inferiores aos observados por Lisboa (2014) e Flores *et al.* (2012).

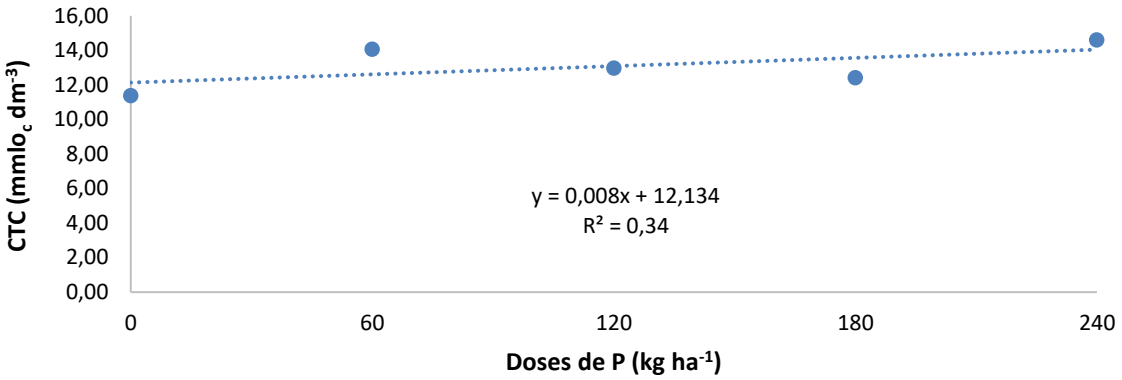
Em relação a capacidade de troca de cátions no solo todas aplicações permaneceram na faixa de interpretação baixa de acordo com Tedesco *et al.* (2004), a aplicação de 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 se diferenciou significativamente apenas da aplicação de 180 kg ha^{-1} de P_2O_5, com as médias de 14,62 $mmol_c$ dm^{-3} e 12,37 $mmol_c$ dm^{-3}, respectivamente (Figura 15), valores médios inferiores aos observados por Lisboa (2014).

Figura 14 - Soma de base (SB) no solo nas profundidades de 0,20-0,40 m em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 15– Capacidade de troca de cations (CTC) no solo nas profundidades de 0,20-0,40 m em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados da saturação por bases não houve diferença significativa entre as aplicações que permaneceram na faixa de interpretação baixa de acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004). Os valores encontrados estão abaixo dos encontrados por Lisboa (2014) e Flores *et al.* (2012).

Os resultados das análises de micronutrientes do solo coletado na camada 0,20 - 0,40 m estão descritos na Tabela 12. Os teores de B e Fe no solo estão na faixa de interpretação média, de acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco *et al.* (2004).

Os teores de Cu E Mn no solo estão na faixa de interpretação alta e o teor de Zn no solo permaneceu na faixa de interpretação baixa de acordo com Raij *et al.* (1996) e Tedesco (2004). Os teores de micronutrientes não tiveram diferença significativa independente da dose e fonte aplicadas no solo. Lira (2018) em seu trabalho com aplicação de micronutrientes observou dados superiores para Fe e Mn e inferiores para B, Cu e Zn.

Tabela 12 - Teores de micronutrientes no solo na profundidade de 0,20 - 0,40 m em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Monte Castelo – SP, 2020.

Dose P_2O_5 (kg ha^{-1})	**B**	**Cu**	**Fe**	**Mn**	**Zn**
	----------mg kg^{-1}----------				
0	M	A	M	A	B
60	M	A	M	A	B
120	M	A	M	A	B
180	M	A	M	A	B
240	M	A	M	A	B
Polímero					
Ausência	0,21 a	0,88 a	9,79 a	8,80 a	0,34 a
Presença	0,23 a	0,91 a	9,58 a	7,96 a	0,33 a
Teste F					
Fonte de P (F)	2,00 ^{ns}	1,26 ^{ns}	0,86 ^{ns}	3,14 ^{ns}	0,30 ^{ns}
Dose de P (D)	0,74 ^{ns}	1,97 ^{ns}	0,11 ^{ns}	1,63 ^{ns}	2,07 ^{ns}
FXD	0,98 ^{ns}	2,14 ^{ns}	0,13 ^{ns}	1,52 ^{ns}	1,20 ^{ns}
Média Geral	0,22	0,89	9,69	8,38	0,33
CV (%)	14,94	9,4	7,32	17,81	15,37

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. * e ns: significativas em p<0,05, e não significativo, respectivamente. [4] Extrator DTPA. B: Baixo; M: Médio; A: Alto - Raij, *et al.*(1996); Tedesco *et al.* (2004). Fonte: Elaborado pelo autor.

6.2 Estado Nutricional da Cana-de-açúcar

As faixas dos valores de macronutrientes considerados adequados para diagnose foliar para cana-de-açúcar estão apresentadas na Tabela 13 de acordo com Malavolta; Vitti; Oliveira (1997).

Tabela 13 - Teores de macronutrientes considerados adequados na diagnose foliar em cana-de-açúcar (folha +1).

N	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**S**
---------- g kg^{-1} ----------					
19 - 21	2 – 2,4	11 - 13	8,0 - 10	2 – 3	2,5 – 3,5

Fonte: Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Os resultados das análises foliares de macronutrientes na cana-de-açúcar estão compilados nas Tabelas 14. Os resultados dos teores de N, P, K e Ca estão acima do considerado adequado de acordo com Malavolta et. al. (1997), o teor de Mg as aplicações de 60, 120 e 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 estão acima do considerado adequado, a aplicação de 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 está com teor considerado adequado de acordo com Malavolta *et al.* (1997).

Tabela 14 - Teores de macronutrientes na folha diagnose (folha +1) da cana-de-açúcar, submetida a doses e fontes de fósforo, Monte Castelo – SP, 2020.

Dose P_2O_5 (kg ha^{-1})	**N**	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**S**
	---------- g kg^{-1}----------					
0	D	A	A	A	A	D
60	D	A	A	A	A	D
120	D	A	A	A	A	D
180	D	A	A	A	A	D
240	D	A	A	A	AD	D
Polímero						
Ausente	17,85 a	4,71 a	14,99 a	14,24 a	3,11 a	1,10 a
Presente	17,53 a	4,74 a	15,50 a	14,34 a	3,13 a	1,10 a
Teste F						
Fonte de P (F)	1,51 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Dose de P (D)	0,46 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,33 ^{ns}
FXD	0,38 ^{ns}	1,17 ^{ns}	0,28 ^{ns}	1,02 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,52 ^{ns}
Média Geral	17,69	4,73	15,24	14,29	3,12	1,10
CV (%)	4,58	6,55	13,07	17,99	13,16	12,39

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey.* e ns. Significativa em p<0,05, e não significativo, respectivamente. D: Deficiência; AD: Adequado; A: Alto– Malavolta et al. (1997)
Fonte: Elaborado pelo autor.

O teor de S está com deficiência ao considerado adequado de acordo com Malavolta *et al.* (1997). No entanto, o valor médio de 1,10 g kg^{-1}(Tabela 6) é superior ao verificado por Calheiros *et al.* (2011) em cana-de-açúcar na primeira rebrota, variedade RB92579 (1,04 g kg^{-1} de S) e inferior ao verificado por Ferreira *et al.* (2016) em cana planta, variedade CTC 9001 (1,45 g kg^{-1} de S). A deficiência de enxofre ou a variação nos resultados podem ocorrer por vários fatores, dentre eles solos arenosos que apresentam baixo teor de matéria orgânica e baixa retenção de água por ser susceptível a lixiviação bem como, devido características varietais da cultura. Os

demais macronutrientes, de modo geral, estão dentro da faixa considerada adequada, embora o fósforo e o cálcio estão acima do considerada adequada (RAIJ *et al.*, 1996; MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; CARNEIRO *et al.*, 2017), superando os verificados por Calheiros *et al.* (2011), Ferreira *et al.* (2016) e Oliveira (2019).

Embora o solo tenha apresentado baixos teores de fósforo no final do primeiro ano de avaliações, as plantas apresentaram valores do nutriente na folha diagnose acima da faixa considerada adequada, inclusive no tratamento sem adubação fosfatada no sulco de plantio. Possivelmente, esses resultados podem estar relacionados com a fosfatagem de 0,6 t ha^{-1} de Fosforita (27% total de P_2O_5) realizada no preparo do solo e também em relação as características varietais.

6.3 Produtividade e Qualidade Tecnológica de Cana-de-açúcar

As faixas dos valores de Brix, ATR, Pol da Cana, Pureza da Cana e Fibra da Cana considerados adequados para qualidade tecnológica da cana-de-açúcar estão apresentadas na Tabela 15 de acordo com Assis *et al.* (2004) e Ripoli e Ripoli (2004).

Tabela 15– Teores de Brix, ATR, Pol da Cana, Pureza da Cana e Fibra da Cana considerados adequados para qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.

Brix[1]	**ATR[2]**	**Pol[2]**	**Pureza[2]**	**Fibra[2]**
º	---------- % ----------			
15	> 15	> 14	80 - 87	11 - 13

Fonte: [1]Assis *et al.* (2004); [2]Ripoli e Ripoli (2004).

A produtividade de colmos de cana-de-açúcar não apresentou interação entre fontes e doses fosfatadas, verificou-se maior quantidade de colmos para a dosagem de 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 (16,87 colmos por metro), essa diferença não foi o suficiente para apresentar efeito significativo na análise estatística (Tabela 15). No entanto, observou-se resposta linear crescente com o aumento das doses de P (Figura 16), tendência que também foi verificada por Lisboa; Heinrichs; Figueiredo (2017) sobre efeito residual de doses e fontes de fósforo. Em relação a número de colmos, a variação entre os tratamentos não foi o suficiente para apresentar efeito significativo na análise estatística (Tabela 16).

Observou que os teores de ATR kg t^{-1} e ATR t ha^{-1} estão acima do considerado adequado para qualidade tecnológica de acordo com Ripoli e Ripoli (2004), para a ATR kg t^{-1}não foi encontrado significância entre as aplicações, embora foi verificado na ausência de aplicação de fósforo (168,05 kg t^{-1}), valores próximos foram encontrados por Albuquerque *et al.* (2016) e Costa et.al. (2019), segundo Costa *et al.* (2019) em solos arenosos a cana-de-açúcar tem uma resposta superior sob aplicação de fósforo em relação a solos argilosos.

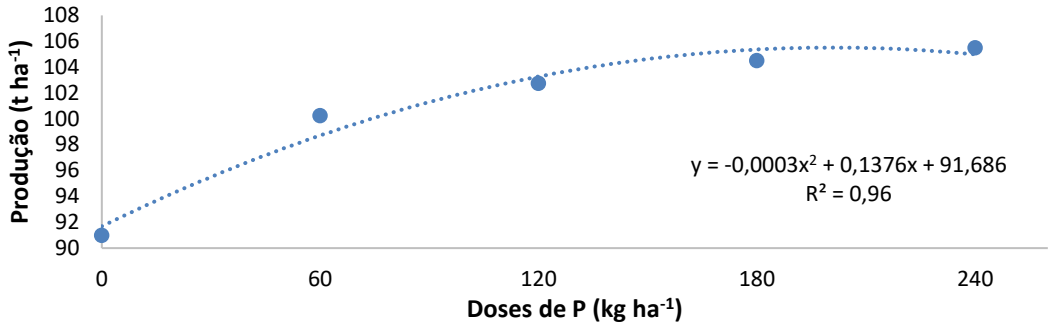
Tabela 16– Produção de colmos, quantidade de colmos por metro, concentração de açúcares recuperáveis (ATR) e produtividade de ATR de cana-de-açúcar, submetida a doses de fósforo no sulco de plantio na forma de fosfato monoamônio com e sem revestimento de polímeros, Monte Castelo – SP, 2020.

Dose de P_2O_5 (kg ha^{-1})	**Produção de Colmos (t ha^{-1})**	**Colmos (m^{-1})**	**ATR (kg t^{-1})**	**ATR (t ha^{-1})**
0	91,00 b	16,00 a	168,05 a	16,12 a
60	100,25 a	16,87 a	164,67 a	16,52 a
120	102,75 a	15,75 a	166,53 a	17,09 a
180	104,50 a	15,62 a	166,25 a	17,54 a
240	105,50 a	15,25 a	165,44 a	16,91 a
Polímero				
Ausente	101,35 a	16,15 a	166,83 a	16,91 a
Presente	100,25 a	15,65 a	165,54 a	16,75 a
Teste F				
Fonte de P (F)	0,34 ^{ns}	1,29 ^{ns}	2,30^{ns}	0,25^{ns}
Dose de P (D)	7,80 *	1,53 ^{ns}	1,78 ^{ns}	2,36^{ns}
FXD	0,67 ^{ns}	0,42 ^{ns}	2,23 ^{ns}	0,42^{ns}
Media Geral	100,80	15,90	166,19	16,83
CV (%)	5,85	8,74	1,62	5,92

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. * e ns: significativas em p<0,05, e não significativo, respectivamente. Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores médios de produtividade de ATR t ha^{-1}, variaram entre 16,12 e 17,54 t ha^{-1}, eles não diferenciaram significativamente entre si, semelhante aos resultados verificados por Campos (2016) e inferiores aos valores verificados por Lisboa (2014). Diferindo dos resultados de Santos *et al.* (2010), que descreve que o aumento da dose de fósforo há elevação da ART.

Figura 16– Produção de colmos de cana-de-açúcar, no primeiro corte, submetida a doses de fósforo no sulco de plantio, Monte Castelo – SP, 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores médios de Brix, Pol, Pureza e Fibra que compõem a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar após a colheita estão descritos na Tabela 17. Os valores de Brix estão acima do considerado adequado para qualidade tecnológica de acordo com Assis *et al.* (2004). Verificou-se menores valores médios de Brix para a dosagem de 60 e 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 (22,42 e 22,32 % cana) (Figura 17), superiores aos observador por Lisboa (2014) e Oliveira (2019) que analisou os efeitos da adubação com fertilizante fosfatado protegido com polímeros em soqueira de cana-de-açúcar.

Os valores de POL estão considerados adequado para qualidade tecnológica de acordo com Ripoli e Ripoli (2004).Para o valor médio do POL, observa-se menores valores para a dosagem de 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 (20,06 % cana) (Figura 18), embora estão dentro da faixa adequada para a cultura, uma vez que estão acima dos 14% (RIPOLI; RIPOLI, 2004).Os valores encontrados são superiores aos relatados por Chiba, Mattiazzo e Oliveira (2009) ao avaliar o rendimento da cana-de-açúcar cultivada em Argisolo, utilizando lodo de esgoto como fonte de fósforo.

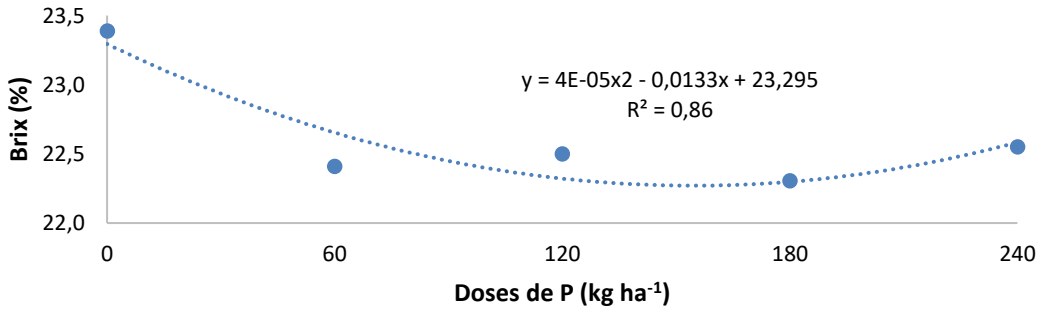
Tabela 17 –Valores de Brix, Pol da Cana, Pureza da Cana e Fibra da Cana, submetida a doses de fósforo no sulco de plantio na forma de fosfato monoamônio com e sem revestimento de polímeros, Monte Castelo – SP, 2020.

Dose de P_2O_5 (kg ha^{-1})	**Brix**	**Pol**	**Pureza**	**Fibra**
	----------% ----------			
0	A	AD	A	A
60	A	AD	A	A
120	A	AD	A	A
180	A	AD	A	A
240	A	AD	A	A
Polímero				
Ausente	22,77 a	20,43 a	89,84 a	13,41 a
Presente	22,51 a	20,26 a	90,09 a	13,35 a
Teste F				
Fonte de P (F)	$1,64^{ns}$	$2,01^{ns}$	$0,11^{ns}$	$0,18^{ns}$
Dose de P (D)	$3,66^{*}$	$2,65^{*}$	$1,74^{ns}$	$1,66^{ns}$
FXD	$0,64^{ns}$	$2,00^{ns}$	$0,40^{ns}$	$0,22^{ns}$
Media Geral	22,64	20,34	89,97	13,38
CV (%)	2,83	1,81	2,54	3,61

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. * e ns: significativas em p<0,05, e não significativo, respectivamente.AD: Adequado; A: Alto – Ripoli e Ripoli (2004). Fonte: Elaborado pelo autor.

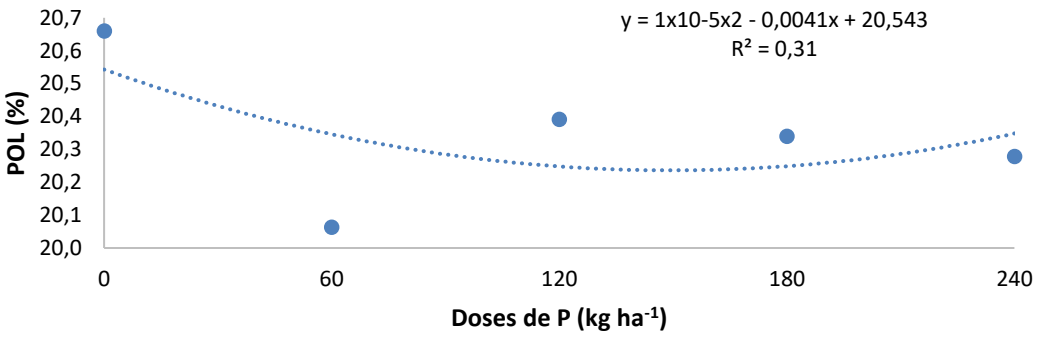
Os valores da pureza e fibra para todas as aplicações estão acima do considerado adequado de acordo com Ripoli e Ripoli (2004). Os valores encontrados nesse trabalho estão próximos aos verificados por Lisboa (2014) e Oliveira (2019) ao avaliarem fósforo sob condições de solo e clima semelhantes.

Figura 17–Porcentagem de Brix de cana-de-açúcar, no primeiro corte, submetida a doses de fósforo no sulco de plantio, Monte Castelo – SP, 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18–Porcentagem de POL de cana-de-açúcar, no primeiro corte, submetida a doses de fósforo no sulco de plantio, Monte Castelo – SP, 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor.

7 CONCLUSÃO

A adubação com fosfato monoamônio sem e com presença de polímeros, aplicado no sulco de plantio de cana-de-açúcar contribuiu para o aumento de fósforo disponível no solo avaliado pelos extratores resina e Mehlich 1.

Na camada do solo 0-0,10 m por meio do extrator resina e na camada de solo 0,20-0,40mpor meio dos extratores resina e Mehlich 1 foi observado maior disponibilidade de fósforo com a utilização de fosfato monoamônio com a presença de polímeros.

A produtividade de colmos aumentou de modo linear com as doses de fósforo no sulco de plantio e não apresentou diferença entre a presença ou ausência do polímero.

A adubação fosfatada no sulco de plantio não alterou o teor de macronutrientes na folha diagnose e o açúcar total recuperável da cana-de-açúcar.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, F. B.; BORGES, E. A. S.; REZENDE, W. S.; SILVA, A. A.; LANA, R. M. Q. Efeito do uso de MAP revestido com polímeros de liberação gradual em atributos de solo e produtividade de matéria seca no milho. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Resumos** [...].Goiânia: ABMS, 2010. p. 6.

ALBUQUERQUE, A.W.; SÁ, L. A.; RODRIGUES, W.A.R.; MOURA, A.B.; OLIVEIRA FILHO, M. S. Growth and yield of sugarcane as a function of phosphorus doses and forms of application. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 29–35, 2016.

ASSIS, P. C. O.; LACERDA, R. D.; AZEVEDO, H. M.; DANTAS NETO, J.; FARIAS, C.H. A. Resposta dos parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar a diferentes lâminas deirrigação e adubação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristóvão, v. 4, n. 2, p. 337-342, 2004.

BORTOLON, L.; GIANELLO, C.; SCHLINDWEIN, J.A. Avaliação da disponibilidade de fósforo no solo para o milho pelos métodos Mehlich-1 e Mehlich-3. **Scientia Agraria**, v. 10, p. 305-312, 2009.

BORTOLON, L.; GIANELLO, C. Simultaneous multielement extraction with the Mehlich-1 solution for Southern Brazilian soils determined by ICP-OES and the effects on the nutrients recommendations to crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], v. 34, n. 1, p. 125–132, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-06832010000100013&lng=en&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 06 out. 2020.

BORTOLON, L.; GIANELLO, C.; WELTER, S.; ALMEIDA, R.G.O.; GIASSON, E. Simultaneous extraction of phosphorus, potassium, calcium and magnesium from soils and potassium recommendations for crops in Southern Brazil. **Pedosphere**, v. 21, p. 365-372, 2011.

CALHEIROS, A.; OLIVEIRA, M.; FERREIRA, V.; BARBOSA, G.; COSTA, J.; LIMA, G.; ARISTIDES, E. **Acúmulo de nutrientes e produção de sacarose de duas variedades de cana-de-açúcar na primeira rebrota, em função de doses de fósforo**. [S. l.]: STAB, 2011.v. 29, p. 4.

CAMPOS, C. N. S. **Efeito residual de doses e fontes de fósforo associado a torta de filtro na cana-de-açúcar**. 2016. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias,Jaboticabal, 2016. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/handle/11449/148207. Acesso em: 07 out. 2020.

CARNEIRO, F. M.; FURLANI, C. E. A.; ORMOND, A. T. S.; KAZAMA, E. H.; SILVA, R. P. Mechanized fertilization: individual application of nitrogen, phosphorus and potassium in sugarcane. **Revista Ciência Agronômica**, [s. l.], v.

48, n. 2, 2017. Disponível em: http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/1806-6690.20170032. Acesso em: 07 out. 2020

CHIBA, M. K.; MATTIAZZO, M. E.; OLIVEIRA, F. C. Rendimento de cana-de-açúcar cultivada em Argissolo, utilizando lodo de esgoto como fonte de fósforo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 495-501, 2009.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-de-Açúcar**, Brasília, v. 6 (Safra 2019/20), n. 4 (Quarto Levantamento), abr. 2020. ISSN 2318-7921.

COSTA, D.B.; FREIRE, F.J.; SANTOS, R.L.; SANTOS, H.C.; OLIVEIRA, A.C.; ANDRADE, P.K.B. Qualidade tecnológica da cana planta e cana soca cultivadas sob adubação fosfatada em solos de diferentes texturas.**Revista Geama**, [S.l.], v. 5, n. 3, p. 40-46, dez. 2019. ISSN 2447-0740. Disponível em: http://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/2832/482483251. Acesso em: 13 out. 2020.

CQFS - COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de calagem e adubação para os Estados de Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016.376p.

DUARTE, F.C. **Cana-de-açúcar:** do plantio à alimentação de bovinos. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

FERREIRA, M. M. R.; BOLONHEZI, A.C.; TEIXEIRA, E.B.; QUEIROZ, C.J., Adubação Fosfatada em Variedades de Cana-de-açúcar Cultivadas em Ambiente Restrito de Cerrado. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 25, n.3, p.223-240, 2016.

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

FLORES, R. A.; PRADO, R. M.; POLITI, L. S.; ALMEIDA, T. B. F. Potássio no desenvolvimento inicial da soqueira de cana crua. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 106-111, 2012.

FREITAS, A.; PEREIRA, J.; ROCHA, F.; COSTA, M.; LEONEL, F.; RIBEIRO, M. D. Avaliação da divergência nutricional de genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum* ssp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 229-236, 2006.

FREITAS, I. F.; NOVAIS, R. F.; VILLANI, E. M. A.; NOVAIS, S. V. Fósforo extraído com resinas trocadoras de íons e mehlich-1 de latossolos submetidos a fontes e doses de fósforo e tempos de contato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], v. 37, n. 3, p. 667–677, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-06832013000300013&lng=en&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 6 out. 2020.

GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J. Soil phosphorus forms after successive pig slurry application in a native pasture. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], v. 32, n. 4, p. 1753– 1761, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-06832008000400040&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 06 out. 2020.

HEINRICHS, R.; OTTO, R.; MAGALHÃES, A.; MEIRELLES, G. C. Importance of Sugarcane in Brazilian and World Bioeconomy. *In*: DABBERT, S.; LEWANDOWSKI, I.; WEISS, J.; PYKA, A. (Eds.). **Knowledge-driven developments in the bioeconomy**: technological and economic perspectives. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 205–217.

KORNDÖRFER, G.H. Fósforo na cultura da cana-de-açúcar. *In*: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 290-306.

LANA, R.M.Q.; ZANÃO JUNIOR, L.A.; LUZ, J.M.Q.; SILVA, J.C. Produção da alface em função do uso de diferentes fontes de fósforo em solo de cerrado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 525-528, 2004.

LIRA, M. V. S. **Adubação de plantio e foliar com micronutrientes na produção da cana-de-açúcar**. 2018. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena, 2018.

LISBOA, L. M. **Efeitos da fosfatagem em pré-plantio nas condições químicas do solo e no desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar**. 2014. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena, 2014.

MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V.; MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; LANDELL, M. G. A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s. l.], v. 44, n. 12, p. 1575–1582, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2009001200003&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 6 out. 2020.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.; OLIVEIRA, S. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas**: Princípios e Aplicações. [S.l.]: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 319, 1997.

MUMBACH, G. L.; OLIVEIRA, D. A.; WARMLING, M. I.; GATIBONI, L. C. Quantificação de fósforo por Mehlich 1, Mehlich 3 e Resina Trocadora de Ânions em solos com diferentes teores de argila. **Revista Ceres**, [s. l.], v. 65, n. 6, p. 546–554, 2018. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0034-737X2018000600546&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 07 out. 2019.

MURTA, R.M.; CHAVES, M.A.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M.; SILVA, F.F.; ROCHA NETO, A.L.; EUSTÁQUIO FILHO, A.; SANTOS, P.E.F. dos. Desempenho e digestibilidade aparente dos nutrientes em ovinos alimentados com dietas contendo bagaço de cana-de-açúcar tratado com óxido de cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1325- 1332, 2011.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. 1071 p.

OLIVEIRA, A.; CAMPOS, J.; VALADARES FILHO, S.; ASSIS, A.; TEIXEIRA, R.; VALADARES, R.; OLIVEIRA, G. Substituição do milho por casca de café ou soja em dietas para vacas leiteiras: consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1172-1182, 2007.

OLIVEIRA, C. M. B.; GATIBONI, L. C.; ERNANI, P. R.; BOITT, G.; BRUNETTO, G. Capacidade de predição da disponibilidade de fósforo em solo com aplicação de fosfato solúvel e natural. **Científica**, [s. l.], v. 43, n. 4, p. 413–419, 2015. Disponível em: http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/668. Acesso em: 6 out. 2020.

OLIVEIRA, C.L.B. **Adubação fosfatada com polímeros em soqueira de cana-de-açúcar:** efeito da labilidade de fósforo no solo e na produtividade. 2019. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena, 2019.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais:** exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W; FERRAUDO, A.S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do Córrego Rico. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 28, n. 2, p. 297-305, 2004.

RAIJ, B. van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico, 285p, 1996. (Boletim Técnico, 100)

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001.285p.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais:** 5ªaproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar:** colheita, energia e ambiente. Piracicaba: Barros & Marques, 2004. 302 p.

ROSSETO, R.; SANTIAGO, A.D. **Cana-de-açúcar**: correção e adubação. 2009. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar. Acesso em: 06 out. 2020.

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, p.576-586, 2008.

SANTOS, V.; MOURA FILHO, G.; ALBUQUERQUE, A.; COSTA, J.; SANTOS, C.; SANTOS, A. 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.

SANTOS, D.; TIRITAN, C.; FOLONI, J.; FABRIS, L. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 4, p. 454-461, 2010.

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. de. **Proposta de atualização da terceira edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**: ano 2017. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. 159 p. (Embrapa Solos. Documentos, 197). Disponível em:https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1086196/proposta-de-atualizacao-da-terceira-edicao-do-sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos-ano-2017 . Acesso em: 06out. 2020.

SCHLINDWEIN, J. A.; GIANELLO, C. Nível de suficiência e índice de equivalência entre o fósforo determinado pelos métodos da resina de troca iônica e mehlich-1. **Current Agricultural Science and Technology**, [s. l.], v. 14, n. 2, 2008. Disponível em: https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/1916. Acesso em: 06out. 2020.

SOUZA, J. R.; RIBEIRO, B. N.; RAPOSO, T. P.; FIORIN, J. E.; CASTRO, G. S. A.; MAGALHÃES, R. S. Eficiência do fósforo revestido com polímeros na cultura da soja. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.3, n.4, p. 1-9, 2014.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; ANGHINONI, I.; BISSANI, C. A.; CAMARGO, F. A. O.; WIETHÖLTER, S. **Manual de adubação e calagem**. 10. ed. Porto Alegre: Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2004.

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. 574 p.

TOMAZ, H. **Fontes, doses e formas de aplicações do fósforo na cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A. **Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Potafós, 2002.16 p. (Informações agronômicas).

ZAMBROSI, F. C. B. Adubação com fósforo em cana-soca e sua interação com magnésio. Solos e Nutrição de Plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 3, p.400-405, 2011.

ZAVASCHI, E. **Volatilização de amônia e produtividade do milho em função da aplicação de ureia revestida com polímeros**. 2010. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.