UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

NATASHA MIRELLA INHÃ GODOI

ADUBAÇÃO E RESIDUAL DE DOSES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO NO EUCALIPTO EM SISTEMA DE TALHADIA NO CERRADO

Ilha Solteira
2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

NATASHA MIRELLA INHÃ GODOI

Engenheira Agrônoma

ADUBAÇÃO E RESIDUAL DE DOSES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO NO EUCALIPTO EM SISTEMA DE TALHADIA NO CERRADO

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Coorientador: Prof. Dr. Rodolfo de Niro Gazola

Ilha Solteira

2020

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Godoi, Natasha Mirella Inhã.
G588a Adubação e residual de doses de nitrogênio, fósforo e potássio no eucalipto em sistema de talhadia no cerrado / Natasha Mirella Inhã Godoi. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2020
119 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2020

Orientador: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho
Coorientador: Rodolfo de Niro Gazola
Inclui bibliografia

1. *Eucalyptus urophylla X Eucalyptus urograndis.* 2. Extração de nutrientes. 3. Exportação de nutrientes. 4. Volume total de madeira. 5. Rebrota de eucalipto e cerrado.

Raiane da Silva Santos
Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ADUBAÇÃO E RESIDUAL DE DOSES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO NO EUCALIPTO EM SISTEMA DE TALHADIA NO CERRADO

AUTORA: NATASHA MIRELLA INHÃ GODOI
ORIENTADOR: MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO
COORIENTADOR: RODOLFO DE NIRO GAZOLA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA, área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

Marcelo C. Minhoto Teixeira Filho

Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Salatier Buzetti

Prof. Dr. SALATIER BUZETTI
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Vitor M Barretto

Prof. Dr. VITOR CORRÊA DE MATTOS BARRETTO
Departamento de Agronomia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - UNESP

Ilha Solteira, 21 de fevereiro de 2020

DEDICO

A Deus, por sempre me guiar.

Aos meus pais, Sebastião Miguel de Godoi e Marta Lúcia Inhã de Godoi, por estarem sempre ao meu lado, por todo apoio nos momentos difíceis e por todo amor dedicado a mim e minhas irmãs.

Às minhas irmãs Bianca Luany Inhã de Godoi e Maria Eduarda Inhã de Godoi, que trazem alegria à minha vida tornando meus dias difíceis mais fáceis de serem superados.

Ao meu namorado Luis Armando De Oro Arenas, que me apoiou incondicionalmente e que suportou com veemência todos os altos e baixos do meu humor inconstante.

Ao meu orientador, prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, por toda a dedicação, atenção e amizade concedidas, orientando-me ao longo dessa etapa, sempre com paciência e compreensão, estando presente em todas as etapas envolvidas.

Ao meu co-orientador, prof. Dr. Rodolfo de Niro Gazola, por acompanhar em todas as atividades no campo, por sempre estar disponível quando eu precisei de ajuda no desenvolvimento da dissertação.

AGRADECIMENTOS

A Deus, Nossa Senhora Aparecida e Jesus Cristo, pois nada seria sem a intercessão e a benção deles, na qual devo tudo o que tenho e conquistei em minha vida.

Aos meus pais e irmãs pelos incentivos e pelos esforços que fizeram para que eu conseguisse alcançar está tão sonhada etapa. Obrigado pelo exemplo e instrução de vida que me passam até hoje.

Ao meu namorado, Luis Armando de Oro Arenas, por não medir esforços, e me ajudar sempre que precisei, seja com um abraço num momento de angústia, ou indo ao campo ajudar na coleta de material.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, pela dedicação, auxilio, paciência, incentivo e ensinamentos transmitidos durante todo trabalho realizado, cuja contribuição foi imprescindível para a realização desse trabalho e se fazendo presente em todas as etapas de realização do trabalho, meu muitíssimo obrigado.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Rodolfo de Niro Gazola, pela atenção e colaboração em todos os momentos em que precisei.

Aos companheiros de experimento e amigos por estarem sempre dispostos a ajudar na condução do experimento.

À técnica do Laboratório de Fertilidade do Solo, Silvia e do Laboratório de Nutrição de Plantas, Marcelo Rinaldi, pelo auxílio nas análises.

Aos funcionários do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e dos Solos por todas as dúvidas que me foram esclarecidas sempre que eu os procurava.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela bolsa de estudo do Mestrado.

À Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, pelas oportunidades.

À empresa Cargill Agrícola S/A por ter fornecido a área experimental.

E a todos que contribuíram para a realização desse trabalho.

Muito obrigado!

“O que prevemos raramente ocorre; o que menos esperamos geralmente acontece.” (Benjamin Disraeli)

RESUMO

A eucaliptocultura carece de pesquisas referentes a adubação de rebrotas. Assim, este trabalho objetivou estudar em três experimentos distintos, divididos em duas etapas; o efeito residual da adubação com nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), aplicados na primeira rotação na fase inicial das brotações, primeira etapa, avaliando os teores de nutrientes no solo, no folhedo e na folha diagnose, além do crescimento do eucalipto no sistema talhadia no Cerrado. Na segunda etapa do experimento, avaliou-se o residual de doses de N, P e K, do primeiro ciclo produtivo do eucalipto, e o efeito da reaplicação dos respectivos nutrientes, no solo, na biomassa produzida e partição dos nutrientes extraídos, além da altura, diâmetro a altura do peito e volume de madeira do eucalipto. O sistema usado foi o talhadia, em um solo arenoso com baixa fertilidade de Três Lagoas - MS. O delineamento experimental da primeira etapa utilizado nos três experimentos foi delineamento experimental de blocos casualizados e com cinco repetições. Experimento 1: residual de quatro doses de N (0, 70, 105 e 140 kg ha^{-1}), na forma de nitrato de amônio. Experimento 2: residual de quatro doses de P_2O_5 (0, 40, 70 e 100kg ha^{-1}), aplicadas totalmente no sulco de plantio, utilizando o superfosfato triplo. Experimento 3: residual de doses de K_2O (0, 90, 135 e 180 kg ha^{-1}), na forma de cloreto de potássio. O delineamento estatístico da segunda etapa dos três experimentos foram o de blocos casualizados, dispostos em esquema fatorial 4 x 2 e com cinco repetições. No experimento de N, além das quatro doses de N residuais supracitadas foram testados dois tratamentos no segundo ciclo (0 e 160 kg ha^{-1} de N, na forma de nitrato de amônio). No experimento de P, além das quatro doses de P_2O_5 residuais supracitadas foram testados dois tratamentos no segundo ciclo (0 e 60 kg ha^{-1} de P_2O_5, na forma de superfosfato triplo). No experimento de K, além das quatro doses de K_2O residuais supracitadas foram testados dois tratamentos no segundo ciclo (0 e 180 kg ha^{-1} de K_2O, na forma de cloreto de potássio). Na primeira etapa, o incremento de doses residuais de P aumentaram os teores de P e Zn no solo, teor de K no folhedo, diminuiu o teor Mg foliar e aumentou o crescimento inicial em altura e volume estimado de madeira de eucalipto. O residual de doses de K influenciou positivamente o teor de Ca no solo, aumentou o teor de K no folhedo e de Mn e Zn foliar, porém diminuiu os teores de Ca, B e Fe no folhedo e de Mg foliar. Na segunda etapa, a reaplicação das doses de N promoveu maiores biomassas de lenho e total do eucalipto, acúmulos de P e Mg na biomassa das folhas, além de ganhos nos acúmulos de P e Ca na biomassa dos galhos e nos acúmulos totais dos macronutrientes N, P, K, Mg e S. As doses residuais de fósforo influenciaram positivamente no volume de madeira e na biomassa do lenho, além de contribuir para o aumento linear do DAP. A reaplicação do fósforo foi importante por proporcionar o maior DAP, volume de madeira e biomassas de lenho e total no eucalipto. O residual de doses de K_2O influenciou positivamente as biomassas da folha, lenho e total, e aumentou linearmente a altura de planta e volume de madeira do eucalipto. A reaplicação da adubação potássica não interferiu no crescimento e produtividade do eucalipto, porém aumentou a biomassa total da planta.

Palavras-chave: *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus urograndis*. Extração de nutrientes. Exportação de nutrientes. Volume total de madeira. Rebrota de eucalipto e Cerrado.

ABSTRACT

Eucalyptus crop lacks research related to fertilizing sprouts. Thus, this research aimed to study in three different experiments, divided into two distinct stages; the fertilization residual effect with nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) applied in the first rotation in the initial sprouting phase, first stage, evaluating the nutrients contents in the soil, of the leaflet, and of the diagnosis leaf, as well as the growth of eucalyptus in the coppice system in the Cerrado. In the second stage, the residual doses of N, P, and K of the first eucalyptus productive cycle were evaluated. The reapplication effect of the respective nutrients in the soil, on the biomass produced and partition of the extracted nutrients, the plant height, diameter at breast height and volume of the eucalyptus wood, were analyzed as well. The used system was the coppice in sandy soil with low fertility in Três Lagoas - MS. The experimental scheme of the first stage used in the three experiments was a randomized block design with five replications. Experiment 1: residual of four N-doses (0, 70, 105 e 140 kg ha^{-1}), in the ammonium nitrate form. Experiment 2: residual of four P_2O_5-doses (0, 40, 70 e 100 kg ha^{-1}), fully applied to the planting furrow, using triple superphosphate. Experiment 3: residual K_2O-doses (0, 90, 135 e 180 kg ha^{-1}), in the potassium chloride form. The second stage's statistical design of the three experiments was randomized blocks, arranged in a 4 x 2 factorial scheme, with five replications. In the N experiment, in addition to the four residual N doses mentioned above, two treatments were tested in the second cycle (0 and 160 kg ha^{-1} of N, in the form of ammonium nitrate). In the P experiment, in addition to the four residual P_2O_5 doses mentioned above, two treatments were tested in the second cycle (0 and 60 kg ha^{-1} of P_2O_5, in the form of triple superphosphate). In the K experiment, in addition to the four residual K_2O doses mentioned above, two treatments were tested in the second cycle (0 and 180 kg ha^{-1} of K_2O, in the form of potassium chloride). In the first stage, the increment of P residual doses increased the P and Zn contents in the soil, K content in the leaflet, decreased the leaf Mg content and increased the initial growth in the plant height and the estimated volume of the eucalyptus wood. The K residual doses influenced positively the Ca content in the soil, increased the K content in the leaflet and of Mn and Zn in the leaf, but decreased the Ca, B and Fe levels in the leaf and of leaf Mg. In the second stage, the N dose reapplication led to greater P and Mg accumulations in the leaf biomass, in addition to gains in the P and Ca accumulations in the branches biomass and in the total macronutrient accumulations N, P, K, Mg, and S. The phosphorus residual doses influenced positively the volume and the biomass of the wood, in addition to contributing to the linear increase in DAP. The phosphorus reapplication was important for providing the highest DAP, volume, and biomasses of the wood and total in eucalyptus. The potassium residual doses positively influenced the biomasses of leaf, wood and total, and linearly increased plant height and wood volume of eucalyptus. The reapplication of potassium fertilizer did not affect the growth and productivity of eucalyptus, but increased total plant biomass.

Keywords: *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus urograndis.* Nutrient extraction. Nutrient removal. Total volume of wood. Eucalyptus regrowth and Cerrado.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Área de estudo em Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, Brasil (20º 34’ S, 51º 50’ O, altitude média de 305 m). 25

Figura 2 - **(a)** Precipitação pluvial mensal (mm) e temperatura (C°) registrada na estação meteorológica automática de Três Lagoas – MS, de janeiro de 2018 a janeiro de 2019. **(b)** Precipitação pluvial mensal (mm) e temperatura (C°) registrada na estação meteorológica automática de Três Lagoas – MS, de janeiro de 2019 a janeiro de 2020 (Instituto Nacional de Metereologia, 2020). 26

Figura 3 - **(a)** Teor de fósforo no solo (0-0,20 m) em função das doses de P_2O_5 residuais. **(b)** Teor de cálcio no solo (0-0,20 m) em função das doses de K_2O residuais. 37

Figura 4 - **(a)** Teor de ferro no solo (0-0,20 m) em função das doses de N residuais. **(b)** Teor de zinco no solo (0-0,20 m) em função das doses de P_2O_5 residuais. 37

Figura 5 - **(a)** Teor de nitrogênio no folhedo de eucalipto em função das doses residuais de N. **(b)** Teor de potássio no folhedo de eucalipto das doses residuais de N. **(c)** Teor de magnésio no folhedo de eucalipto em função das doses residuais de N. **(d)** Teor de enxofre no folhedo de eucalipto das doses residuais de N). **(e)** Teor de potássio no folhedo de eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(f)** Teor de potássio no folhedo de eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(g)** Teor de cálcio no folhedo de eucalipto em função das doses residuais de K_2O. 40

Figura 6 - **(a)** Teor de boro no folhedo de eucalipto em função das doses residuais de N. **(b)** Teor de ferro no folhedo de eucalipto das doses residuais de N. **(c)** Teor de zinco no folhedo de eucalipto em função das doses residuais de N. **(d)** Teor de boro no folhedo de eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(e)** Teor de ferro no folhedo de eucalipto das doses residuais de K_2O. 42

Figura 7 - **(a)** Teor de magnésio nas folhas de eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(b)** Teor de magnésio nas folhas de eucalipto em função das doses residuais de K_2O. 45

Figura 8 - **(a)** Teor de zinco nas folhas de eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(b)** Teor de manganês nas folhas de eucalipto em das doses residuais de K_2O. 46

Figura 9 - **(a)** Altura do eucalipto cinco meses após a definição dos brotos do eucalipto em função das doses residual de P_2O_5 **(b)** Volume total de madeira do eucalipto cinco meses após definição dos brotos do eucalipto em função das doses residual de P_2O_5. 48

Figura 10 - Saturação por alumínio (m%) no solo (0-0,20 m) em função das doses residuais de N. 51

Figura 11 - Teor de P (resina) no solo (0-0,20 m) em função das doses residuais de P_2O_5. 57

Figura 12 - **(a)** Teor de P (resina) no solo (0-0,20 m) em função das doses residuais de K_2O. **(b)** Teor de K no solo (0-0,20 m) em função das doses residuais de K_2O. **(c)** pH_{CaCl2} no solo (0-0,20 m) em função das doses residuais de K_2O. **(d)** Al ($mmol_c$ dm^{-3}) no solo (0-0,20 m) em função das doses residuais de K_2O. **(e)** Saturação por alumínio (m%) no solo (0-0,20 m) em função das doses residuais de K_2O. 55

Figura 13 - Biomassa de lenho de eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. 58

Figura 14 - **(a)** Biomassa das folhas (t ha^{-1}) em função das doses residuais de K_2O (kg ha^{-1}). **(b)** Biomassa do lenho (t ha^{-1}) em função das doses residuais de K_2O (kg ha^{-1}). **(c)** Biomassa total (t ha^{-1}) em função das doses residuais de K_2O (kg ha^{-1}). 60

Figura 15 - **(a)** Acúmulo de K nos galhos do eucalipto em função das doses residuais de N. **(b)** Acúmulo de Mg na casca do eucalipto em função das doses residuais de N. 64

Figura 16 - Acúmulo de Mg no lenho do eucalipto em função das doses residuais de N. 67

Figura 17 - **(a)** Acúmulo de Fe no lenho do eucalipto em função das doses residuais de N. **(b)** Acúmulo de Fe total em função das doses residuais de N. 73

Figura 18 - **(a)** Acúmulo de Ca nas folhas do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5 (kg ha^{-1}). **(b)** Acúmulo de N na casca do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(c)** Acúmulo de Mg na casca do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(d)** Acúmulo de S na casca do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. 76

Figura 19 - **(a)** Acúmulo de N no lenho do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(b)** Acúmulo de K no lenho do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(c)** Acúmulo de Ca no lenho do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(d)** Acúmulo de Mg no lenho do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(e)** Acúmulo de K total em função das doses residuais de P_2O_5. 81

Figura 20 - **(a)** Acúmulo de Fe nas folhas do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(b)** Acúmulo de B nos galhos do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(c)** Acúmulo de Fe nos galhos do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(d)** Acúmulo de Mn nos galhos do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. 85

Figura 21 - **(a)** Acúmulo de B no lenho do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(b)** Acúmulo de Mn no lenho do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(c)** Acúmulo de Zn no lenho do eucalipto em função

das doses residuais de P_2O_5. **(d)** Acúmulo de B total em função das doses residuais de P_2O_5. **(e)** Acúmulo de Zn total em função das doses residuais de P_2O_5. 90

Figura 22 - **(a)** Acúmulo de Ca nas folhas do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(b)** Acúmulo de Mg nas folhas do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(c)** Acúmulo de K nos galhos do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(d)** Acúmulo de S nos galhos do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(e)** Acúmulo de Mg na casca do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. 94

Figura 23 - **(a)** Acúmulo de N no lenho do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(b)** Acúmulo de K no lenho do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(c)** Acúmulo de Ca no lenho do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(d)** Acúmulo de Mg no lenho do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(e)** Acúmulo de S no lenho do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(f)** Acúmulo de N total em função das doses residuais de K_2O. **(g)** Acúmulo de K total em função das doses residuais de K_2O. 97

Figura 24 - **(a)** Acúmulo de Zn nas folhas do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(b)** Acúmulo de Cu nos galhos do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(c)** Acúmulo de Mn na casca do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. 101

Figura 25 - **(a)** Acúmulo de B no lenho do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(b)** Acúmulo de Cu no lenho do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(c)** Acúmulo de Fe no lenho do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(d)** Acúmulo de Mn no lenho do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(e)** Acúmulo de Zn no lenho do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(f)** Acúmulo de B total em função das doses residuais de K_2O. **(g)** Acúmulo de Fe total em função das doses residuais de K_2O. **(h)** Acúmulo de Mn total em função das doses residuais de K_2O. **(i)** Acúmulo de Zn total em função das doses residuais de K_2O. 104

Figura 26 - **(a)** DAP (m) em função das doses residuais de P_2O_5 (kg ha^{-1}). **(b)** Altura de planta (m) em função das doses residuais de P_2O_5 (kg ha^{-1}). **(c)** Volume (m^3 ha^{-1}) em função das doses residuais de P_2O_5 (kg ha^{-1}). 109

Figura 27 - **(a)** Altura de planta (m) em função das doses residuais de K_2O (kg ha^{-1}). **(b)** Volume (m^3 ha^{-1}) em função das doses residuais de K_2O (kg ha^{-1}). 111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Médias dos teores de macronutrientes do solo na profundidade de 0-0,20 m, aos setenta e seis meses após o plantio de eucalipto em função das doses de adubação com N, P_2O_5 e K_2O. Três Lagoas – MS, 2018. 35

Tabela 2 - Médias dos teores de micronutrientes do solo na profundidade de 0-0,20 m, aos sessenta e seis meses após o plantio de eucalipto em função das doses de adubação com N, P_2O_5 e K_2O. Três Lagoas – MS, 2018. 36

Tabela 3 - Teores de macronutrientes no folhedo do eucalipto, em função das doses residuais de adubação com N, P_2O_5 e K_2O. Três Lagoas – MS, 2018. 39

Tabela 4 - Teores de micronutrientes no folhedo do eucalipto, em função das doses residuais de adubação com N, P_2O_5 e K_2O. Três Lagoas – MS, 2018. 40

Tabela 5 - Teores de macronutrientes nas folhas diagnose do eucalipto cinco meses após a definição dos brotos, em função das doses residuais de adubação com N, P_2O_5 e K_2O. Três Lagoas – MS, 2019. 44

Tabela 6 - Teores de micronutrientes nas folhas diagnose do eucalipto aos cinco meses após a definição dos brotos, em função das doses residuais de adubação com N, P_2O_5 e K_2O. Três Lagoas – MS, 2019. 45

Tabela 7 - Crescimento inicial do eucalipto dez meses após a colheita do primeiro ciclo, diâmetro a altura do peito (DAP), altura de planta (H) e volume total de madeira (V), em função das doses residuais de adubação com N, P_2O_5 e K_2O. Três Lagoas – MS, 2019. 48

Tabela 8 - Médias dos atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de N e da reaplicação com N. Três Lagoas – MS, 2019. 50

Tabela 9 - Médias dos atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de P_2O_5 e da reaplicação com P_2O_5. Três Lagoas – MS, 2019. 52

Tabela 10 - Médias dos atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de K_2O e da reaplicação com K_2O. Três Lagoas – MS, 2019. 54

Tabela 11 - Biomassa seca dos órgãos (folha, galho, casca, lenho) e biomassa seca total de eucalipto aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de N e da reaplicação com N. Três Lagoas – MS, 2019. 56

Tabela 12 - Biomassa dos órgãos (folha, galho, casca, lenho) e biomassa total de eucalipto aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de P_2O_5 e da reaplicação com P_2O_5. Três Lagoas – MS, 2019.

57

Tabela 13 - Desdobramentos da interação doses residuais de P_2O_5 pela reaplicação das doses de P_2O_5 nove meses após a definição dos brotos, na biomassa de casca. Três Lagoas – MS, 2019. 58

Tabela 14 - Biomassa dos órgãos (folha, galho, casca, lenho) e biomassa total de eucalipto aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de K_2O e da reaplicação com K_2O. Três Lagoas – MS, 2019. 59

Tabela 15 - Desdobramentos da interação doses residuais de K_2O e reaplicação das doses de K_2O aos nove meses após a definição dos brotos, na biomassa do lenho (t ha^{-1}) e biomassa total (t ha^{-1}). Três Lagoas – MS, 2019. 61

Tabela 16 - Acúmulo de macronutrientes nas biomassas (folhas, galhos e casca) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de N e da reaplicação com N. Três Lagoas – MS, 2019. 63

Tabela 17 - Desdobramentos da interação doses residuais de N e reaplicação das doses de N aos nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de Mg nas folhas, acúmulo de N na casca, acúmulo de K na casca, acúmulo de Ca na casca e acúmulo de Mg na casca. Três Lagoas – MS, 2019. 65

Tabela 18 - Acúmulo de macronutrientes nas biomassas (lenho e total) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de N e da reaplicação com N. Três Lagoas – MS, 2019. 67

Tabela 19 - Desdobramentos da interação doses residuais de N e reaplicação das doses de N aos nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de P no lenho, acúmulo de Mg no lenho, acúmulo de S total. Três Lagoas – MS, 2019. 68

Tabela 20 - Acúmulo de micronutrientes nas biomassas (folhas, galhos e casca) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de adubação de N e da reaplicação com N. Três Lagoas – MS, 2019. 70

Tabela 21 - Desdobramentos da interação doses residuais de N e reaplicação das doses de N aos nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de Fe nas folhas e acúmulo de Fe na casca. Três Lagoas – MS, 2019. 71

Tabela 22 - Acúmulo de micronutrientes nas biomassas (lenho e total) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de N e da reaplicação com N. Três Lagos – MS, 2019. 72

Tabela 23 - Acúmulo de macronutrientes nas biomassas (folhas, galhos e casca) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do 75

residual das doses de P_2O_5 e da reaplicação com P_2O_5. Três Lagoas – MS, 2019.

Tabela 24 - Desdobramentos da interação doses residuais de P_2O_5 e reaplicação das doses de P_2O_5 aos nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de K nas folhas, acúmulo de Mg nas folhas, acúmulo de K na casca, acúmulo de Ca na casca e acúmulo de S na casca. Três Lagoas – MS, 2019. 78

Tabela 25 - Acúmulo de macronutrientes nas biomassas (lenho e total) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de P_2O_5 e da reaplicação com P_2O_5. Três Lagoas – MS, 2019. 80

Tabela 26 - Desdobramentos da interação doses residuais de P_2O_5 e reaplicação das doses de P_2O_5 aos nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de Mg no lenho, acúmulo de N no lenho e acúmulo de Ca total. Três Lagoas – MS, 2019. 82

Tabela 27 - Acúmulo de micronutrientes nas biomassas (folhas, galhos e casca) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de adubação com P_2O_5 e da reaplicação com P_2O_5. Três Lagoas – MS, 2019. 84

Tabela 28 - Desdobramentos da interação doses residuais de P_2O_5 e reaplicação das doses de P_2O_5 nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de Fe nos galhos, acúmulo de Mn nos galhos, acúmulo de Zn nos galhos, acúmulo de Cu na casca e acúmulo de Mn na casca. Três Lagoas – MS, 2019. 87

Tabela 29 - Acúmulo de micronutrientes nas biomassas (lenho e total) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de P_2O_5 e da reaplicação com P_2O_5. Três Lagoas – MS, 2019. 89

Tabela 30 - Desdobramentos da interação doses residuais de P_2O_5 e reaplicação das doses de P_2O_5 nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de Mn no lenho. Três Lagoas – MS, 2019. 91

Tabela 31 - Acúmulo de macronutrientes nas biomassas (folhas, galhos e casca) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de K_2O e da reaplicação com K_2O. Três Lagoas – MS, 2019. 93

Tabela 32 - Desdobramentos da interação doses residuais de K_2O e reaplicação das doses de K_2O nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de Ca na casca e no acúmulo de Mg na casca. Três Lagoas – MS, 2019. 95

Tabela 33 - Acúmulo de macronutrientes nas biomassas (lenho e total) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de K_2O e da reaplicação com K_2O. Três Lagos – MS, 2019. 96

Tabela 34 - Desdobramentos da interação doses residuais de K_2O e reaplicação das doses de K_2O nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de N total, no acúmulo de K total e no acúmulo de S total. Três Lagoas – MS, 2019. 99

Tabela 35 - Acúmulo de micronutrientes nas biomassas (folhas, galhos e casca) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de K_2O e da reaplicação com K_2O. Três Lagoas – MS, 2019. 100

Tabela 36 - Desdobramentos da interação doses residuais de K_2O e reaplicação das doses de K_2O aos nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de Cu nas folhas. Três Lagoas – MS, 2019. 102

Tabela 37 - Acúmulo de micronutrientes nas biomassas (lenho e total) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de K_2O e da reaplicação com K_2O. Três Lagoas – MS, 2019. 103

Tabela 38 - Desdobramentos da interação doses residuais de K_2O e reaplicação das doses de K_2O aos nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de Cu total. Três Lagoas – MS, 2019. 106

Tabela 39 - Diâmetro a altura do peito (DAP), altura de plantas (H) e volume de madeira (V) aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de N e da reaplicação com N. Três Lagoas – MS, 2019. 107

Tabela 40 - Diâmetro a altura do peito (DAP), altura de plantas (H) e volume (V) aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de P_2O_5 e da reaplicação com P_2O_5. Três Lagoas – MS, 2019. 108

Tabela 41 - Diâmetro a altura do peito (DAP), altura de plantas (H) e volume (V) aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de K_2O e da reaplicação com K_2O. Três Lagoas – MS, 2019. 110

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	17
2	**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**	20
2.1	CULTURA DO EUCALIPTO	20
2.2	ADUBAÇÃO NITROGENADA	22
2.3	ADUBAÇÃO FOSFATADA	23
2.4	ADUBAÇÃO POTÁSSICA	23
3	**MATERIAL E MÉTODOS**	25
3.1	LOCAL E CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	25
3.2	HISTÓRICO DO MANEJO	27
3.3	PRIMEIRA ETAPA	27
3.3.1	**Tratamento e Esquema Experimental**	27
3.3.2	**Avaliações da Primeira Etapa**	28
3.3.2.1	**Atributos químicos do solo**	28
3.3.2.2	*Serrapilheira*	28
3.3.2.3	*Folha diagnose*	29
3.3.2.4	*Medições do DAP e altura de plantas para estimar o volume de madeira*	29
3.3.2.5	*Análise estatística*	30
3.4	SEGUNDA ETAPA	30
3.4.1	**Tratamento e Esquema Experimental**	30
3.4.2	**Avaliações da Segunda Etapa**	31
3.4.2.1	**Atributos químicos do solo**	31
3.4.2.2	*Medições do DAP e altura de plantas para estimar o volume de madeira*	32
3.4.2.3	*Biomassa*	32
3.4.2.4	*Acúmulo de nutrientes nas biomassas do eucalipto*	32
3.4.2.5	*Análise estatística*	33
4	**RESULTADOS E DISCUSSÃO**	34
4.1	PRIMEIRA ETAPA	34
4.1.1	**Análise dos nutrientes do solo**	34
4.1.2	**Teores de nutrientes no folhedo e folhas**	37
4.1.2.1	*Serapilheira*	37

4.1.2.2 *Folha diagnose* 43
4.1.3 **Análise do crescimento inicial (diâmetro à altura do peito, altura de planta e volume total de madeira)** 46
4.2 SEGUNDA ETAPA 48
4.2.1 **Atributos químicos do solo** 48
4.2.2 **Medições do DAP e altura de plantas para estimar o volume de madeira** 56
4.2.3 **Biomassa** 61
4.2.4 **Acúmulo de nutrientes nas biomassas do eucalipto** 106
5 **CONCLUSÕES** 112
5.1 PRIMEIRA ETAPA 112
5.2 SEGUNDA ETAPA 112
REFERÊNCIAS 114

1 INTRODUÇÃO

O Brasil alcançou, no ano de 2018, um total de 7,83 milhões de hectares em área com florestas plantadas, apresentando um crescimento de 13,1% em relação ao ano de 2017, além de atingir uma receita no setor de R$ 89,6 bilhões (Instituto Brasileiro de Árvores, 2019). A área com eucalipto corresponde a 5,7 milhões de ha desse total, sendo que a maior parte está localizada nos Estados de Minas Gerais (24%), São Paulo (17%) e Mato Grosso do Sul (16%), com destaque para o Estado do Mato Grosso do Sul que liderou a expansão de áreas nos últimos anos com uma taxa média de crescimento de 7,4% ao ano (IBÁ, 2019).

Com a crise econômica mundial, em 2008, a condução do eucalipto pelo sistema talhadia voltou ao centro das discussões, principalmente pela necessidade das grandes empresas em reduzir custos com reformas florestais, passando a adotar a condução das brotações de cepas como única forma de regime florestal (GONÇALVES *et al*., 2014).

O sistema de talhadia dá origem vegetativamente um novo sítio florestal a partir de brotos das cepas ou tocos deixados por árvores cortadas de ciclos anteriores (BARROS; MACEDO; VENTURIN, 2017). Este manejo florestal, caracterizado pelo corte raso das cepas, apresenta a aparente vantagem de uma elevada taxa de crescimento inicial das brotações (talhadia) comparada com a das plantas de alto fuste, especialmente por estas primeiras disporem de um sistema radicular já estabelecido que contém reservas orgânicas e inorgânicas, sujeitas a utilização imediata (REIS; REIS, 1997). Este rápido crescimento inicial das brotações pode resultar em obtenção de produção de madeira máxima mais cedo do que aquele da primeira rotação.

A adubação adequada juntamente com as reservas contidas nas raízes remanescentes do primeiro ciclo de produção podem suprir até 86% do total acumulado na madeira do eucalipto (GODOI *et al*., 2018), tendo em vista a deposição no sítio de grandes quantidades de serapilheira que participam da ciclagem dos nutrientes de um ciclo para o outro.

Atualmente, a maior parte dos sítios florestais conduzidos no sistema de talhadia são manejados em ciclos curtos, menores de 6 anos, sendo estabelecidos em locais onde há deficiências hídricas e nutricionais. Em função disto, há uma ampla variedade de espécies e híbridos de *Eucalyptus* que possuem distintas capacidades adaptativas, tanto edáficas quanto climáticas, possibilitando a adaptação desta espécie em regiões tropicais e subtropicais do Brasil (GONÇALVES *et al*., 2014).

Apesar da aparente vantagem, tem-se registrado que muitas florestas de eucalipto, em ciclos subsequentes, apresentam decréscimos de produtividade que nem sempre está associada à redução do número de caule do povoamento original (REIS; REIS, 1997). Faria *et al*. (2002)

constataram decréscimo médio de 52% na produtividade do primeiro para o segundo ciclo produtivo, atribuído à exportação de nutrientes, em especial de potássio (K), no ciclo anterior, ocasionando a redução na fertilidade do solo.

Seria de grande relevância, frente à carência de recomendações atuais, sendo essas, em maior parte para a adubação do eucalipto plantado (alto fuste), o estudo do residual de doses de N, P e K aplicadas no primeiro ciclo produtivo, assim como a adubação de N, P e K em brotações de eucalipto em solo de Cerrado, visto que a produtividade e a ciclagem de nutrientes são favorecidas pela maior disponibilidade no solo, ainda mais considerando o sistema radicular presente do ciclo anterior. Isto também possibilita a compreensão da dinâmica dos nutrientes na cultura do eucalipto ao longo dos seus ciclos (plantio e reforma ou plantio e rebrota). Entender a resposta da adubação em segundo ciclo produtivo é de grande valia, diante das mudanças nas condições do sítio florestal propiciada pelo ciclo antecessor, como a disponibilidade dos nutrientes, alterada pela exportação destes pela colheita da madeira, pelo residual da adubação e pela deposição e mineralização dos resíduos florestais advindo da ciclagem dos nutrientes ao longo do primeiro ciclo de cultivo, decomposição das raízes e dos restos da colheita.

Além desse fato, a presença do sistema radicular já estabelecido, altera a forma de aquisição dos nutrientes pelas brotações, pois o maior volume do sistema radicular aumenta a capacidade de absorção dos nutrientes. Sendo essa uma vantagem das brotações de eucalipto manejadas no sistema de talhadia em relação à prática do replantio da área (reforma), além de apresentar outras vantagens, como o baixo custo de implantação, devido à economia com a aquisição de mudas e o seu plantio. Tais vantagens despertaram interesse por parte das empresas pela utilização desse sistema de manejo de condução de brotações de eucalipto. Nesse sentido, o aumento das doses de fertilizantes resulta em ganhos na produtividade da cultura do eucalipto de primeiro ciclo, devido a maior disponibilidade de nutrientes, principalmente, nas condições do solo em estudo. No entanto, o aumento na produtividade da cultura implica em maior acúmulo dos nutrientes na planta, e consequentemente, na maior exportação pela colheita da madeira, o que reforça a importância da adubação para os próximos ciclos, sendo que a fertilização desses ciclos deve ser diferenciada, pois dependem do manejo adotado: replantio ou rebrota (condução de brotações). Ressalta-se ainda que os trabalhos realizados no Brasil sobre adubação de brotação de eucalipto são escassos e antigos, sendo importante este tipo de pesquisa com o clone (I-144) mais plantado na região de Três Lagoas – MS, onde se encontram duas grandes indústrias de papel e celulose, assim como para elucidar as dúvidas sobre adubação dos silvicultores.

Diante do exposto, em três experimentos, o objetivo foi avaliar o residual de doses de N, P e K do primeiro ciclo produtivo do eucalipto e o efeito da reaplicação dos respectivos nutrientes, na nutrição, biomassa produzida e partição dos nutrientes extraídos do eucalipto em sistema de talhadia, em um solo arenoso com baixa fertilidade de Três Lagoas - MS.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTURA DO EUCALIPTO

A cultura do eucalipto no Brasil é uma das mais produtivas do mundo, sendo resultado dos investimentos no setor e do desenvolvimento de práticas de manejo e de melhoramento genético florestal. No ano de 2018, a área total plantada com *Eucalyptus* foi de 5,7 milhões de ha, concentrando as plantações nos Estados de Minas Gerais (24%), São Paulo (17%) e Mato Grosso do Sul (17%) (IBÁ, 2019). O Estado do Mato Grosso do Sul ocupa um lugar de destaque nas plantações de eucalipto, não só por liderar a expansão de áreas nos últimos anos (IBÁ, 2019), mas também por sua expressiva importância na cadeia produtiva de base florestal, apresentando altos níveis de produtividade em comparação aos Estados concorrentes, principalmente por conta do clima e solo favoráveis, que possibilitam matéria prima em curtos períodos, além de pesquisas e inovações que fazem parte deste crescimento (ORTIGOZA; SENNA, 2016).

O segmento de florestas plantadas no Mato Grosso do Sul tem importância socioeconômica, gerando ao estado renda, empregos e promovendo desenvolvimento, sendo importante destacar o crescimento sólido e constante do setor, que vem ampliando os níveis de produção e produtividade (ORTIGOZA; SENNA, 2016). Em 2018, foi investido um total de R$ 6,3 bilhões em pesquisa e inovação em florestas e na indústria, por parte das empresas associadas, gerando uma perspectiva de novos investimentos nos anos subsequentes (IBÁ, 2019).

O setor de florestas plantadas no Brasil destaca-se pelo grande impacto social, econômico e ambiental, além de apresentar potencial de expansão, gerando renda e emprego ao longo da sua cadeia produtiva, entretanto, a área de plantio apesar de razoável ainda é pouco explorada em relação ao potencial produtivo e disponibilidade de terras para cultivos florestais, principalmente se levar em consideração que as florestas plantadas podem representar lucros semelhantes a agricultura aos produtores rurais, desde que com uma implantação bem planejada (MOREIRA; SIMIONI; OLIVEIRA, 2016). O eucalipto se destaca no segmento florestal em comparação com outras espécies de rápido crescimento atualmente no Brasil. A importância econômica desta planta se deve ao seu total proveito, desde as folhas até o tronco, que garantem a produção de carvão vegetal, óleo, pasta de celulose, madeira, papel (SANTOS *et al*., 2017), entre outros produtos para a indústria.

As espécies do gênero *Eucalyptus* apresentam a vantagem de crescerem em diversas condições edafoclimáticas existente no Brasil, e apesar do clima ter grande influência sobre o crescimento, o solo também contribui em grande parte nesta parcela do desenvolvimento dos

materiais genéticos de eucalipto existentes atualmente, outros fatores podem prejudicar, como a ocorrência de estiagem prolongada, pragas e doenças (FERREIRA *et al*., 2017). A produtividade média das árvores de eucalipto brasileiras é de 36 m^3 $ha^{-1}ano^{-1}$ levando-as ao patamar de mais produtivas do mundo (IBÁ, 2019).

O rápido crescimento do eucalipto pode representar uma elevada mobilização de nutrientes, e o caule é o maior acumulador de biomassa, contendo cerca de 65 a 80% do total de biomassa é acumulado, sendo assim o maior exportador de nutrientes. O total de biomassa extraída e sua compartimentalização determinam o grau de exportação dos mesmos (FOELKEL, 2005). Somando-se a isso, o melhoramento genético e o desenvolvimento de práticas culturais representou um aumento na produtividade dos sítios florestais com eucalipto, reduzindo o tempo de colheita, levando um aumento na resposta a aplicação de fertilizantes N, P e K (MELO *et al*., 2017), em consequência um aumento na exportação dos nutrientes.

As espécies de eucaliptos são consideradas exigentes em nutrientes, sendo que o seu acúmulo no tronco e na parte aérea total segue a seguinte ordem: N > Ca > K > Mg > P (ANDRADE *et al*., 2006; FARIA *et al*., 2008). Entretanto, Benatti (2013) obteve em clones de eucalipto, aos seis anos e meio de idade, a seguinte sequência: Ca > N > K > Mg > P, no entanto, o autor ressaltou que a quantidade de Ca e N acumulada foi praticamente semelhante. Vieira *et al*. (2012) relataram a mesma sequência obtida pelo autor citado, com híbrido *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, aos 18 meses de idade. Baseando-se nisso, tem-se que, dentre os macronutrientes primários, o N e o K são os mais extraídos e consequentemente os mais exportados com a colheita da madeira, reduzindo assim a disponibilidade desses nutrientes para os futuros ciclos da cultura.

Barros *et al*. (1996) observaram que há uma queda na produtividade do sítio florestal de eucalipto do primeiro ciclo produtivo para o segundo ciclo de produção em sistema de talhadia, em muitas regiões brasileiras, sendo atribuído a deficiência nutricional, quando nenhuma outra característica do solo que controla os fluxos de água e nutrientes estiverem alteradas. Esses mesmos autores indicam que é necessário desenvolver a técnica da fertilização de brotações a fim de otimizar o crescimento das florestas e minimizar custos com aquisição de fertilizantes, além de levar em consideração que quantidades necessárias para a formação de raízes do segundo ciclo não seriam necessárias considerar, visto que na área sempre são deixados restos da colheita do ciclo anterior (BARROS *et al*., 1996).

É importante salientar que a grande maioria das plantações de eucalipto, manejadas no sistema de talhadia, estão sendo conduzidas em áreas com déficit hídrico e nutricionais em diferentes graus de severidade (GONÇALVES *et al*., 2014). Além disso, a ação antrópica por

longos anos por meio da pecuária extensiva reduziu mais ainda os nutrientes destes solos, modificando as propriedades químicas.

2.2 ADUBAÇÃO NITROGENADA

A adubação no segundo ciclo de produção tornou-se um tema muito discutido, segundo Lima *et al*. (2018), e cada um dos nutrientes estudados por estes autores interferem de maneira diferente no desenvolvimento inicial das brotações, bem como a omissão ou não. Um exemplo é o nitrogênio, anterior aos doze meses de idade, a omissão desse nutriente, segundo os autores, não interferiu no crescimento das brotações, pois o mesmo foi suprido pela mineralização desse elemento presente na serapilheira da colheita do ciclo anterior. A ciclagem dos nutrientes por meio da serapilheira contribui para o fornecimento dos nutrientes, e o N é um dos principais nutrientes disponibilizados, minimizando custos com adubação nitrogenada (SILVA *et al*., 2018).

A adubação nitrogenada em si, tem sido contraditória na literatura, sendo os ganhos de produtividade desses plantios em resposta à sua fertilização relativamente baixa ou ausente, levando a crer que o solo pode suprir a demanda de N pela planta, podendo ser atribuído a grande quantidade de N presente na matéria orgânica do solo (GAMA-RODRIGUES, 1997; GAMA-RODRIGUES *et al*., 2005).

A recomendação da adubação nitrogenada, segundo o “Boletim técnico 100”, para espécies florestais como o *Eucalyptus* spp., é baseada no teor de matéria orgânica (M.O.) presente no solo, supondo que solos com teores maiores de M.O. tem-se maiores quantidade de N, não sendo necessária aplicação de altas doses de N, além do fato que solos com maiores teores de M.O., supõe-se serem mais argilosos, consequentemente, maior potencial produtivo (RAIJ *et al*., 1997).

Jesus *et al*. (2012), avaliando o efeito das doses e fontes nitrogenadas sobre a produtividade do eucalipto e nas frações da matéria orgânica, constataram que a adubação nitrogenada pode não influenciar no conteúdo de N e C orgânico presente na matéria orgânica, mas pode influenciar na produtividade do eucalipto, mesmo com altos teores de matéria orgânica nos solo. Assis *et al*. (2018), avaliando o efeito da aplicação de nitrogênio na produção e qualidade da madeira em clones híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* onde aos seis anos de idade, verificaram que a produção de matéria seca aumentou com o incremento nas doses da adubação nitrogenada.

A adubação é uma técnica amplamente aceita e empregada na silvicultura com o objetivo de aumentar a produtividade dos plantios florestais. Entretanto, a efetividade da

adubação depende de fatores tais como a seleção das fontes de nutrientes mais apropriadas para cada situação em particular, com base na espécie florestal, nas características do solo, nas condições ecológicas e particularmente econômicas, bem como a aplicação do fertilizante na forma e maneira que maximizem o potencial como fonte de nutrientes, ao mesmo tempo em que minimizem os custos e problemas associados ao seu uso.

De acordo com Gava (1997), a reposição de fertilizantes é fundamental para a manutenção da produtividade da floresta conduzida em segundo ciclo. Sem a adoção dessa prática, mesmo a reforma do plantio não irá garantir a manutenção da produtividade. Também, Ferrari, Ferreira e Silva (2004) constataram que todas as espécies de eucalipto avaliadas em seu estudo, em sistema de brotações, aumentaram a produtividade em função da adubação, sendo as maiores respostas à fertilização nos solos de baixa fertilidade. A otimização da ciclagem de nutrientes faz parte da evolução do eucalipto que consegue crescer em solos pobres com baixa capacidade de retenção de nutrientes e com alta condutividade hidráulica, ou seja, alto risco de perdas de nutrientes por lixiviação (WILCKE; LILENFEIN, 2005; SANGHA; JALOTA; MIDMORE, 2006).

2.3 ADUBAÇÃO FOSFATADA

A adubação fosfatada é de grande importância, pois o nutriente é um dos que mais limita a produção na região do Cerrado, em função dos baixos teores disponíveis no solo, bem como da alta capacidade de adsorção e precipitação, uma vez que esses solos são extremamente ácidos e com altos teores de Al trocável (SOUSA; LOBATO; REIN, 2004; SILVEIRA; GAVA, 2004).

No país são utilizados como fontes de P nos plantios de eucaliptos os fertilizantes superfosfatos simples e superfosfatos triplo, isolados ou de forma conjunta com as formulações NPK (06-30-06), aplicados na cova ou no sulco de plantio (SILVEIRA; GAVA, 2004).

De acordo com Melo *et al*. (2016), as respostas do eucalipto à fertilização fosfatada dependeram apenas dos teores do nutriente no solo, enquanto que a nitrogenada e potássica são influenciadas pela disponibilidade de N e K no solo e pelo déficit hídrico, sendo que as resposta da cultura a esses nutrientes são crescentes com o seu desenvolvimento em regiões que apresentam longo período de estiagem, condição típica da região da presente pesquisa. A adubação pode representar ganho de até 50% na produtividade de madeira do eucalipto e o P, apesar de ser o macronutriente em menor teor na planta, tem grande influência na produtividade (BAZANI *et al*., 2014).

2.4 ADUBAÇÃO POTÁSSICA

Assim como o P, o K é dos nutrientes que mais limita a produção nesses solos, a utilização tem possibilitado aumentos significativos de produtividade em grande parte das áreas plantadas, decorrentes dos baixos teores desse nutriente nos solos (ALMEIDA *et al*., 2007).

Na planta, o potássio possui inúmeros papéis vitais em processos biofísicos e bioquímicos, sendo importante no controle osmótico das células, regulando o turgor nas células guardas dos estômatos, e assim controlando o transporte de água e o fluxo de CO_2 na fotossíntese, portanto, a adição deste nutriente ao solo pode minimizar os efeitos da deficiência hídrica nos estádios iniciais do crescimento das plantas de eucalipto (MENDES *et al*., 2013). A adubação potássica pode influenciar positivamente no crescimento em altura e produção de matéria seca em condições de estresse hídrico ou em condições normais (TEIXEIRA *et al*., 2006).

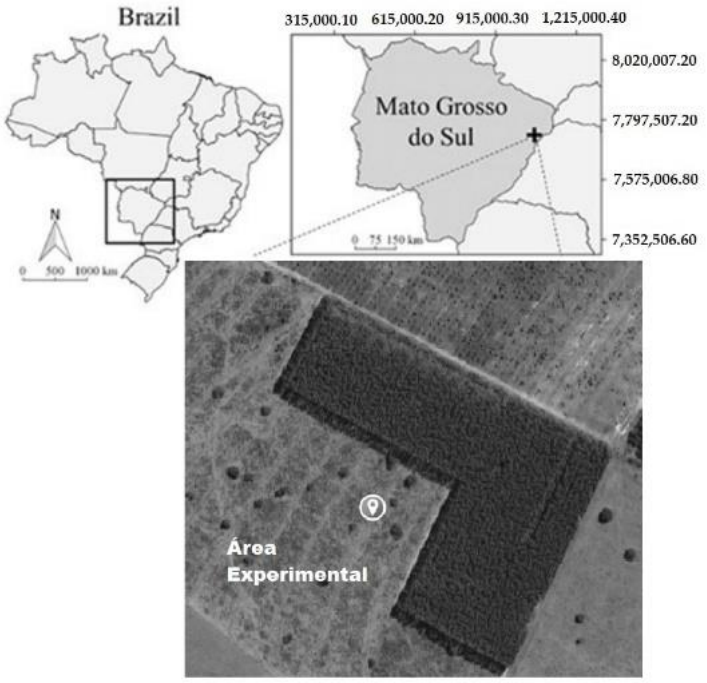
A adubação potássica se faz importante para a as brotações no sistema de talhadia, tendo em vista uma queda na produtividade de sítios florestais de um ciclo de produção para o outro, sendo proporcional ao índice de colheita, ou seja, quanto maior for a colheita, maior será a queda na produtividade do primeiro para o segundo ciclo produtivo, com a adubação tem-se produtividade no segundo ciclo de produção (FARIA *et al*., 2002). A adubação potássica pode representar aumento no diâmetro do tronco do eucalipto (SETTE JR. *et al*., 2010), entretanto, a resposta a adubação potássica pode ser influenciada pelo teor deste nutriente no solo, ou seja, se o teor estiver acima do nível crítico, pode não haver resposta a adubação potássica (CIPRIANI *et al*., 2012).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL E CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Os experimentos foram conduzidos, no período de março de 2018 a janeiro de 2020, sendo divididos em duas etapas, uma primeira, avaliando apenas o residual das doses das adubações de N, P_2O_5 e K_2O aplicados no plantio e cobertura, no período de março de 2018 a abril de 2019; e a segunda etapa, avaliando o efeito residual das doses de adubação e a reaplicação das doses de adubação com N, P_2O_5 e K_2O, no período de maio de 2019 a janeiro de 2020. O local dos experimentos foram na Fazenda Renascença, fundo agrícola administrado pela Cargill Agrícola S/A, com latitude 20º 34’ S, longitude 51º 50’ O e altitude média de 305 m, no município de Três Lagoas/MS. A área experimental era ocupada por vegetação natural principalmente por plantas do bioma Cerrado e antes do plantio do eucalipto, por pastagem degradada *(Urochloa decumbens)*. O solo é classificado como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico (SANTOS *et al*., 2018).

Figura 1. Área de estudo em Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, Brasil (20º 34’ S, 51º 50’ O, altitude média de 305 m).



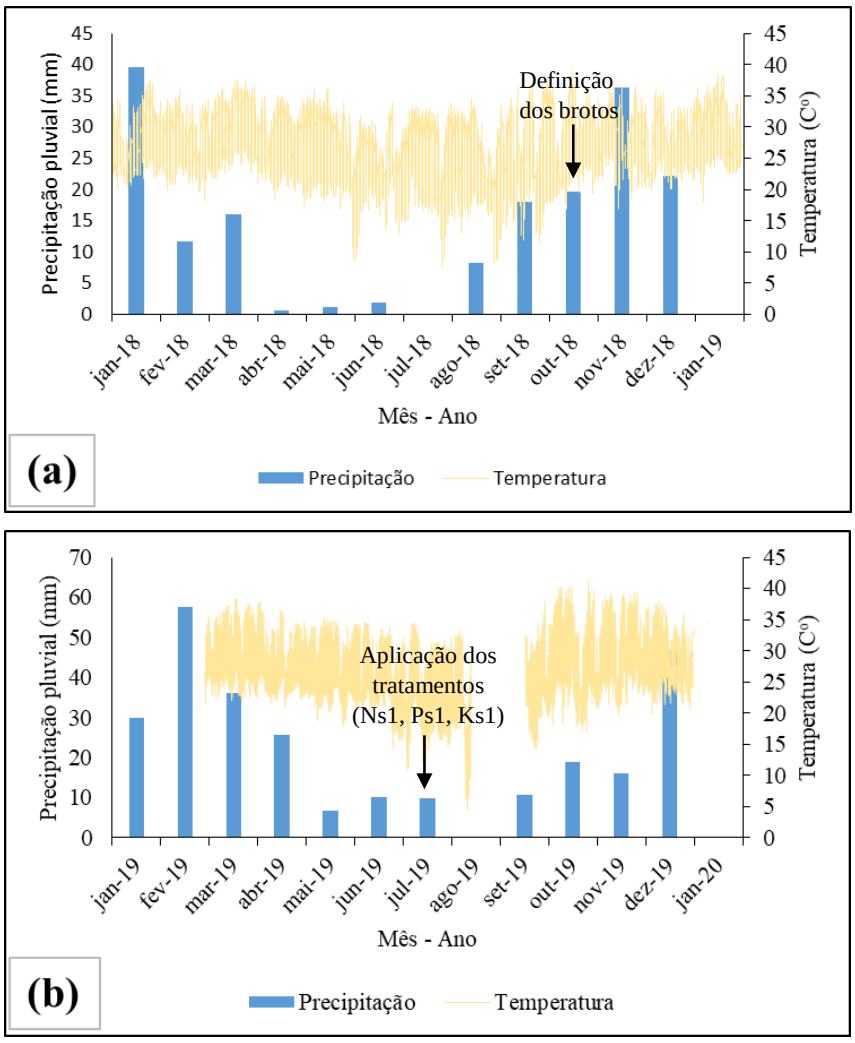
Fonte: Própria autora.

Antecedendo a instalação do experimento de primeiro ciclo produtivo do eucalipto, foram coletadas amostras do solo nas profundidades de 0,0 a 0,20 m e 0,20 a 0,40 m para

determinação dos atributos químicos do solo, segundo a metodologia descrita por Raij *et al*. (2001). Os resultados dos atributos químicos na profundidade de 0,0 a 0,20 m foram: pH em $CaCl_2$ de 4,2; 7,4 g dm^{-3} de M.O.; 1 mg dm^{-3} de P em resina; e teores de K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, H+Al e Al^{+3} de 0,2; 4,2; 1,9; 17,0 e 4,3 $mmol_c$ dm^{-3}, respectivamente, e a saturação por bases (V) de 27%. Na profundidade de 0,20 a 0,40 m, foram: pH em $CaCl_2$ de 4,2 e 6,8 g dm^{-3} de M.O.; 1 mg dm^{-3} de P em resina; teores de K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, H+Al e Al^{+3} de 0,3; 1,6; 1,1; 18,0 e 4,5 $mmol_c$ dm^{-3}, respectivamente, e V de 14%.

A classificação climática da região é Aw, de acordo com o sistema de Classificação de Köppen-Geiger (KÖPPEN-GEIGER, 1936), caracterizado por uma estação úmida tropical com um verão chuvoso e um inverno seco (Figura 2).

Figura 2. (a) Precipitação pluvial mensal (mm) e temperatura (C°) registrada na estação meteorológica automática de Três Lagoas – MS, de janeiro de 2018 a janeiro de 2019. **(b)** Precipitação pluvial mensal (mm) e temperatura (C°) registrada na estação meteorológica automática de Três Lagoas – MS, de janeiro de 2019 a janeiro de 2020 .



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 2020.

3.2 HISTÓRICO DO MANEJO

Em setembro de 2011, anterior ao plantio do primeiro ciclo, foram aplicados 1500 kg ha^{-1} de calcário (PRNT de 80%) e 500 kg ha^{-1} de gesso a lanço em área total. O plantio das mudas do híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (clone I144) foi realizado em janeiro de 2012 (Primeiro ciclo), com espaçamento de 3,0 x 2,5 m. Cada parcela foi composta por 56 plantas, distribuídas em sete linhas de oito plantas cada, totalizando 420 m^2.

A colheita da área experimental no primeiro ciclo foi realizada em maio de 2018. Posteriormente a essa operação as cepas cobertas com resíduo vegetal foram limpas em um raio de 0,15 m da borda da cepa, com o intuito de evitar que as emissões dos brotos fossem prejudicadas.

A desbrota foi efetuada quando as brotações estavam com altura média entre 2,5-3,0 m (outubro de 2018) e quando necessário, deixando dois brotos vigorosos. Estudos mostram que brotos definidos nessa faixa média de altura favorecem a resistência a ação dos ventos, independente do número de brotos a ser escolhido por cepa, ou seja, as brotações nesse estágio são suficientemente fortes para suportar as ações mecânicas do vento. Com relação à escolha das brotações, foram selecionados dois brotos mais vigorosos, localizados na parte lateral superior da cepa, isto nos três experimentos. Esses vão crescendo e se desenvolvendo, acabam "fechando" mais a área de corte da cepa, o que lhes conferem melhor "fixação" à cepa, reduzindo a queda e tombamentos. Enquanto que os brotos localizados na parte lateral inferior da cepa, ou seja, próximo à superfície do solo, são facilmente quebrados, tombados ou arrancados no caso de contato com máquina e/ou equipamentos.

3.3 PRIMEIRA ETAPA

3.3.1. Tratamento e Esquema Experimental

<u>Primeira rotação</u>

Experimento 1 – Adubação nitrogenada na produtividade do eucalipto de primeira rotação

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro tratamentos (residual das doses de N: 0, 70, 105 e 140 kg ha^{-1} de N na forma de nitrato de amônio) e cinco repetições. Na adubação de plantio foram aplicados 70 kg ha^{-1} de P_2O_5 (superfosfato triplo) e 15 kg ha^{-1} de K_2O (cloreto de potássio) e 49,5; 49,5 e 66 kg ha^{-1} de K_2O em cobertura (aos dois, nove e 14 meses, respectivamente). Os tratamentos foram aplicados em quatro parcelamentos, no plantio e em três coberturas (aos dois, nove e 14 meses após o plantio, respectivamente). No plantio (0,0; 15,0; 15,0 e 15,0 kg ha^{-1} de N), aos 2 e 9 meses (0,0; 16,5; 27,0 e 37,5 kg ha^{-1} de

N) e aos 14 meses (0,0; 22,0; 36,0 e 50,0 kg ha^{-1} de N). Os residuais das doses de N foram avaliados após a colheita, no segundo ciclo do eucalipto.

Experimento 2 – Adubação fosfatada na produtividade do eucalipto de primeira rotação

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro tratamentos (residual das doses de P_2O_5: 0, 40, 70 e 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 - aplicadas totalmente no sulco de plantio, utilizando o superfosfato triplo) e cinco repetições. Na adubação de plantio foram aplicados 15 kg ha^{-1} de N (ureia) e K_2O (cloreto de potássio). Na adubação de cobertura de N e K_2O foram aplicados 37,5; 37,5 e 50 kg ha^{-1} de N e 49,5; 49,5 e 66 kg ha^{-1} de K_2O (aos dois, nove e 14 meses, respectivamente) utilizando o nitrato de amônio e cloreto de potássio como fontes, respectivamente. Os residuais das doses de P_2O_5 foram avaliados após a colheita, no segundo ciclo do eucalipto.

Experimento 3 – Adubação potássica na produtividade do eucalipto de primeira rotação

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro tratamentos (residual das doses de K_2O: 0, 90, 135 e 180 kg ha^{-1} de K_2O) e cinco repetições. Na adubação de plantio foram aplicados 70 kg ha^{-1} de P_2O_5 (superfosfato triplo) e 15 kg ha^{-1} de N (ureia) e 37,5; 37,5 e 50 kg ha^{-1} de N em cobertura (aos dois, nove e 14 meses, respectivamente), utilizando o nitrato de amônio como fonte. No plantio (0,0; 15,0; 15,0 e 15,0 kg ha^{-1} de K_2O), aos 2 e 9 meses (0,0; 22,5; 36,0 e 49,5 kg ha^{-1} de K_2O) e aos 14 meses (0,0; 30,0; 48,0 e 66,0 kg ha^{-1} de K_2O), utilizando o cloreto de potássio como fonte. Os residuais das doses de K_2O foram avaliados após a colheita, no segundo ciclo do eucalipto.

3.3.2. Avaliações da Primeira Etapa

3.3.2.1 Atributos químicos do solo

Ao final do primeiro ciclo do eucalipto, 66 meses após o plantio das mudas, foram coletadas quatro amostras simples por parcela na entrelinha de plantio (projeção da copa - perpendicular à linha de plantio a uma distância de 0,50 m da planta), exceto para o experimento com P que foi coletado na linha de plantio, na profundidade de 0,0-0,20 m, com a utilização de trado de caneca. Essas amostras foram homogeneizadas, e retirada parte para formar amostra composta, sendo essas acondicionadas em sacos de plásticos identificados, secas, passadas em peneira de 2 mm e levadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, da Unesp/Ilha Solteira para determinação dos atributos químicos do solo segundo a metodologia descrita por Raij *et al*. (2001).

3.3.2.2 Serapilheira

A coleta de serapilheira (resíduos florestais que permaneceram na área após a colheita do eucalipto de primeiro ciclo) foi realizado em julho de 2018, sendo que as amostras de

serapilheira foram retiradas com o auxílio de uma moldura de madeira, de forma quadrada, medindo 0,5 x 0,5 m (0,25 m^2). Em cada parcela, a moldura foi lançada de forma aleatória sobre o solo com três repetições, que foram reunidas para formar uma amostra composta.

O material obtido pela moldura foi cuidadosamente retirado, evitando a coleta de solo. Após cada coleta, os materiais amostrados foram secos ao ar, retirando-se as impurezas. Posteriormente, as frações foram secas em estufa de ventilação forçada a 65ºC por 72 horas e pesadas em balança de precisão (0,1 g). Com os valores da massa seca (g) da serapilheira, foi estimado a produtividade de serapilheira, sendo esses valores expressos em kg ha^{-1}.

Após a pesagem as amostras vegetais das frações da serapilheira foram moídas em moinho do tipo Willey. Posteriormente realizou-se as análises químicas para determinar a concentração dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn), segundo a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

3.3.2.3 Folha diagnose

Foram coletadas amostras de folhas maduras de algumas árvores representativas por parcelas, provenientes de ramos situados na parte mediana das copas, dirigidas aos quatro pontos cardeais, conforme recomendações de Haag *et al*. (1976). As coletas destas folhas foram realizadas em março de 2019 (cinco meses após a definição dos brotos de eucalipto). Destas amostras foram determinados os teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, conforme descrito em metodologias de Malavolta *et al*. (1997).

3.3.2.4 Medições do diâmetro a altura do peito (DAP) e altura de plantas para estimar o volume de madeira

Foram realizados nas áreas úteis de todas as parcelas dos quatro blocos do experimento a medição da circunferência a altura do peito (CAP) a 1,30 m de altura da planta com auxílio de uma fita métrica, e posteriormente foi obtido o DAP por meio da equação (1) e para altura utilizou-se o hipsômetro Forestor Vertex, ambas as avaliações realizadas em março de 2019 (cinco meses após a definição dos brotos). Com os dados do DAP e altura de plantas estimou-se o volume de madeira pelas seguintes equações (2) e (3):

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \qquad \text{Eq. (1)}$$

$$V_i = \frac{\pi(\mathrm{DAP}_i)^2 \cdot \mathrm{ff} \cdot \mathrm{Hi}}{4} \qquad \text{Eq. (2)}$$

$$V_{tc} = \sum \frac{V_i}{A_t} 1000 \qquad \text{Eq. (3)}$$

Onde: V_i = volume de madeira com casca da planta; A_t = área útil da parcela; V_{tc} = volume total de madeira com casca ($m^3\ ha^{-1}$); DAP_i = diâmetro à altura do peito de cada planta (m); ff = fator de forma; neste caso, devido à inexistência de fatores definidos regionalmente para o clone em estudo, foi atribuído o valor 0,5 e H_i = altura total de cada planta (m).

3.3.2.5 Análise estatística

Os resultados dos três experimentos foram analisados pela análise de variância (teste F) e pela análise de regressão para efeito de doses residuais de N, P_2O_5 e K_2O; utilizando-se o programa estatístico SISVAR (2008).

3.4 SEGUNDA ETAPA

3.4.1 Tratamento e Esquema Experimental

Segunda rotação

Experimento 1 – Adubação nitrogenada na produtividade do eucalipto de primeira rotação e de segundo ciclo manejado em sistema de talhadia

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados dispostos em esquema fatorial 4 x 2 e com cinco repetições. As parcelas foram os tratamentos do primeiro ciclo produtivo (Nr0: 0 kg ha^{-1} de N, Nr1: 70 kg ha^{-1} de N, Nr2: 105 kg ha^{-1} de N e Nr3: 140 kg ha^{-1} de N), avaliados na primeira etapa. Cada parcela foi dividida ao meio e composta por 24 plantas, distribuídas em três linhas de oito plantas cada, totalizando 180 m^2. Nessas foram aplicados um dos dois tratamentos do segundo ciclo (Ns0: 0 kg ha^{-1} de N e Ns1: 160 kg ha^{-1} de N), no tratamento Ns0 foi avaliado o efeito residual da adubação nitrogenada do primeiro ciclo e no tratamento Ns1 foi reaplicado o nitrogênio em uma única aplicação, 9 meses após a definição dos brotos (julho de 2019). Sendo 160 kg ha^{-1} de N, utilizando como fonte o nitrato de amônio. Foram aplicados 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 (superfosfato triplo) e 80 kg ha^{-1} de K_2O (cloreto de potássio) e 100 kg ha^{-1} de K_2O aos 9 meses da definição dos brotos. A aplicação dos fertilizantes foi feita manualmente na entrelinha (projeção da copa), distribuídos em meia-lua na parte superior da linha de plantio.

Experimento 2 - Adubação fosfatada na produtividade do eucalipto de primeira rotação e de segundo ciclo manejado em sistema de talhadia

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, dispostos em esquema fatorial 4 x 2 e com cinco repetições. As parcelas foram os tratamentos do primeiro ciclo produtivo (Pr0: 0 kg ha^{-1} de P_2O_5, Pr1: 40 kg ha^{-1} de P_2O_5, Pr2: 70 kg ha^{-1} de P_2O_5 e Pr3: 100

kg ha^{-1} de P_2O_5). Cada parcela foi dividida ao meio e composta por 24 plantas, distribuídas em três linhas de oito plantas cada, totalizando 180 m^2. Nessas foram aplicados um dos dois tratamentos do segundo ciclo (Ps0: 0 kg ha^{-1} de P_2O_5 e Ps1: 60 kg ha^{-1} de P_2O_5), no tratamento Ps0 foi avaliado o efeito residual da adubação fosfatada do primeiro ciclo e no tratamento Ps1 foi reaplicado o fósforo (superfosfato triplo) aos 9 meses após a definição dos brotos (julho de 2019). Foram aplicados 160 kg ha^{-1} de N (nitrato de amônio) e 180 kg ha^{-1} de K_2O (cloreto de potássio) aos 9 meses após a definição dos brotos. A aplicação dos fertilizantes foi manualmente na entrelinha (projeção da copa), distribuídos em meia-lua na parte superior da linha de plantio.

Experimento 3 - Adubação potássica na produtividade do eucalipto de primeira rotação e de segundo ciclo manejado em sistema de talhadia

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, dispostos em esquema fatorial 4 x 2 e com cinco repetições. As parcelas foram os tratamentos do primeiro ciclo produtivo (Kr0: 0 kg ha^{-1} de K_2O, Kr1: 90 kg ha^{-1} de K_2O, Kr2: 135 kg ha^{-1} de K_2O e Kr3: 180 kg ha^{-1} de K_2O). Cada parcela foi dividida ao meio e composta por 24 plantas, distribuídas em três linhas de oito plantas cada, totalizando 180 m^2. Nessas foram aplicados um dos dois tratamentos do segundo ciclo (Ks0: 0 kg ha^{-1} de K_2O e Ks1: 180 kg ha^{-1} de K_2O), no tratamento Ks0 foi avaliado o efeito residual da adubação potássica do primeiro ciclo e no tratamento Ks1 foi reaplicado o potássio em uma única aplicação, 9 meses após a definição dos brotos (julho de 2019). Sendo aplicado 180 kg ha^{-1} de K_2O, utilizando como fonte o cloreto de potássio. Foram aplicados 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 (superfosfato triplo) e 160 kg ha^{-1} de N (nitrato de amônio) aos 9 meses após a definição dos brotos. A aplicação dos fertilizantes foi manualmente na entrelinha (projeção da copa), distribuídos em meia-lua na parte superior da linha de plantio.

3.4.2 Avaliações da Segunda Etapa

3.4.2.1 Atributos químicos do solo

Quatro meses após a reaplicação das doses de adubação com N, P_2O_5 e K_2O e doze meses após a definição dos brotos (novembro de 2019) foram coletadas quatro amostras simples por parcela na entrelinha de plantio (projeção da copa - perpendicular à linha de plantio a distância de 0,50 m da planta) na profundidade de 0,0-0,20 m, com a utilização de trado de caneca. Essas amostras foram homogeneizadas, e dessas retirada parte para formar amostra composta, sendo essas acondicionadas em sacos plásticos identificados, secas, passadas em peneira de 2 mm e levadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, da Unesp/Ilha Solteira onde foram determinados os nutrientes do solo segundo a metodologia descrita por Raij *et al*. (2001).

3.4.2.2 Medições do DAP e altura de plantas para estimar o volume de madeira

Foram realizados nas áreas úteis de todas as parcelas dos blocos do experimento. A medição do CAP foi realizada a 1,30 m de altura da planta com auxílio de uma fita métrica, e posteriormente calculou-se o DAP por meio da equação (1), e para a altura o hipsômetro Forestor Vertex, ambas as avaliações foram obtidas doze meses após a definição dos brotos (novembro de 2019). Com os dados do DAP e altura de plantas foi estimado o volume de madeira pelas seguintes equações (2) e (3):

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \qquad \text{Eq. (1)}$$

$$V_i = \frac{\pi(DAP_i)^2 \cdot ff \cdot Hi}{4} \qquad \text{Eq. (2)}$$

$$V_{tc} = \sum \frac{V_i}{A_t} 1000 \qquad \text{Eq. (3)}$$

Onde: V_i = volume de madeira com casca da planta; A_t = área útil da parcela; V_{tc} = volume total de madeira com casca ($m^3\ ha^{-1}$); DAP_i = diâmetro à altura do peito de cada planta (m); ff = fator de forma; neste caso, devido à inexistência de fatores definidos regionalmente para o clone em estudo, foi atribuído o valor 0,5 e H_i = altura total de cada planta (m).

3.4.2.3 Biomassa

Foram selecionadas quatro árvores por tratamento para serem cortadas, sendo uma árvore representativa da classe inferior, duas da classe intermediária e uma da classe superior, segundo a metodologia descrita por Silva (2011). Após serem cortadas, foi realizada a desfolha das mesmas, sobre lona plástica. A coleta da biomassa ocorreu doze meses após a definição dos brotos (novembro de 2019).

Os diferentes compartimentos (folhas, galhos e caule) foram fracionados e pesados no campo com balança digital com precisão de 0,05 kg e capacidade máxima de 150 kg. Foram retiradas de maneira manual amostras de todos os compartimentos das árvores para determinação da umidade em laboratório e posterior quantificação da biomassa seca. As amostras obtidas do tronco foram separadas em casca e lenho no laboratório, antes da secagem. Com os valores da massa de cada compartimento, foi estimada a produtividade da biomassa dos componentes das plantas de eucalipto, sendo esses valores expressos em kg ha^{-1}.

3.4.2.4 Acúmulo de nutrientes nas biomassas do eucalipto

As amostras vegetais (folhas, galhos e caule) dos compartimentos das árvores foram secas em estufas de ventilação forçada (65 °C, por 72 horas), pesadas em balança com precisão

de 0,1 g e moídas em moinho do tipo Willey. Posteriormente foram realizadas as análises químicas para determinar a concentração dos nutrientes segundo a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Para a determinação das concentrações de nutrientes no lenho e na casca foram consideradas as concentrações médias obtidas nos discos coletados na base (DAP, 10, 30, 50 e 70% da altura total das plantas).

Com os valores das concentrações em cada compartimento, foi estimado o acúmulo dos nutrientes nos diferentes componentes das árvores (mineralomassa), sendo obtido pela multiplicação do valor da biomassa do compartimento pela concentração do nutriente, sendo expresso em kg ha^{-1}.

3.4.2.5 Análise estatística

Os resultados dos três experimentos foram analisados separadamente pela análise de variância (teste F), por meio da análise de regressão para efeito de doses residuais de N, P_2O_5 e K_2O; e pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação dos tratamentos com ou sem a reaplicação dos respectivos nutrientes, utilizando-se do programa SISVAR (FERREIRA, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PRIMEIRA ETAPA

4.1.1. Análise dos nutrientes do solo

Os teores de nutrientes do solo na profundidade de 0-0,20 m, aos setenta e seis meses após o plantio do eucalipto em função das doses de adubação com N, P_2O_5 e K_2O, constam nas Tabelas 1 e 2. Não houve efeito das doses residuais de N sobre os teores de macronutrientes do solo na profundidade de 0-0,20 m; já para as doses de P_2O_5, para o P, houve ajuste à regressão linear crescente (Figura 3 (a)).

No experimento com doses residuais de fósforo (Tabela 1), o teor de P no solo aumentou linearmente com o incremento das doses de P_2O_5. Sabe-se que teores críticos de P no solo na fase inicial do desenvolvimento eucalipto é prejudicial ao mesmo, interferindo no crescimento e prejudicando fases posteriores, entretanto a demanda de P pelo eucalipto diminui com o aumento da idade. Os teores de P considerados médios para eucalipto no solo variam de 6 a 8 mg dm^{-3} de P (RAIJ *et al*., 1997). Logo, somente na dose residual de 100 kg ha^{-1} de P_2O_5, o teor de P estava acima deste teor médio, sendo assim, nas demais doses (inferiores), o crescimento inicial das brotações poderá ter sido prejudicado no experimento 2, pois os teores disponíveis estavam deficientes.

A oferta de P prontamente disponível no solo também pode estimular maior formação de raízes finas (sistema radicular efetivo) (DIAS *et al*., 2017), essa maior concentração de raízes pode favorecer a absorção dos demais nutrientes que por ventura possam estar abaixo de teores considerados médios no solo para o desenvolvimento inicial das brotações do eucalipto.

O teor de Ca no solo se ajustou à equação quadrática (Figura 3 (b)) em função da adubação potássica, sendo estimada a dose ótima (PM), cujo valor representa o maior teor de Ca no solo ($mmol_c$ dm^{-3}), em 96,25 kg ha^{-1} de K_2O. Dick, Schumacher e Momolli (2016) relataram em um povoamento de *Eucalyptus dunnii*, localizado num Argissolo Vermelho distrófico, aos cinco anos de idade, teores de Ca semelhante aos obtidos ao final do experimento com adubação potássica (Tabela 1), sendo em média de 3 $mmol_c$ dm^{-3} na camada de 0-0,20 m, considerados pelos autores, um teor muito baixo para o desenvolvimento do eucalipto.

Tabela 1. Médias dos teores de macronutrientes do solo na profundidade de 0-0,20 m, aos setenta e seis meses após o plantio de eucalipto em função das doses de adubação com N, P_2O_5 e K_2O. Três Lagoas – MS, 2018.

Doses de N	**P**	**S**	**K**	**Ca**	**Mg**
(kg ha^{-1})	**----------(mg dm^{-3})---------**		**----------(mmol$_c$ dm^{-3})----------**		
0	5,33^{ns}	2,83^{ns}	0,33^{ns}	2,33^{ns}	1,67^{ns}
70	3,17	2,67	0,28	2,00	1,67
105	5,33	3,00	0,35	3,17	1,83
140	2,83	3,17	0,27	1,50	1,33
C.V. (%)	#14,07	19,59	27,56	#14,96	28,55
Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})					
0	1,83*	3,00^{ns}	0,27^{ns}	2,00^{ns}	1,33^{ns}
40	3,33	2,50	0,27	1,83	1,50
70	2,83	3,17	0,27	1,50	1,33
100	9,17	2,67	0,35	2,50	1,67
C.V. (%)	#22,54	19,29	26,57	#12,44	27,40
Doses de K_2O (kg ha^{-1})					
0	4,00^{ns}	3,83^{ns}	0,23^{ns}	2,00*	1,50^{ns}
90	9,50	2,67	0,30	3,83	2,67
135	5,00	2,83	0,33	2,67	2,00
180	2,83	3,17	0,27	1,50	1,33
C.V. (%)	#27,91	#14,34	15,84	#16,13	#16,86

Análise química realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo UNESP/FE. * e ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.
#Dados corrigidos pela equação $(x+0,5)^{0,5}$.
Fonte: Própria autora.

Para o teor de Fe e Ca no solo houve ajuste a função quadrática com o incremento das doses de N residuais, (Figura 4 (a)), até a dose estimada de 67,50 kg ha^{-1} de N. O teor de Fe no solo no experimento com N encontrava-se em teores altos considerando a faixa de interpretação estabelecida por Raij *et al.* (1997). O Fe é um micronutriente importante para a manutenção da vida, está relacionado com diversas atividades metabólicas dos vegetais, como a formação de enzimas, envolvido em processos vitais como respiração, fotossíntese, fixação de N_2, transferência de elétrons; entretanto, quando em excesso no solo, torna-se prejudicial a diversas plantas, podendo inclusive tornar-se tóxico. Felizmente algumas espécies vegetais como o *Eucalyptus* spp. demonstraram tolerância ao excesso deste micronutriente no solo (ALEXANDRE *et al*., 2012).

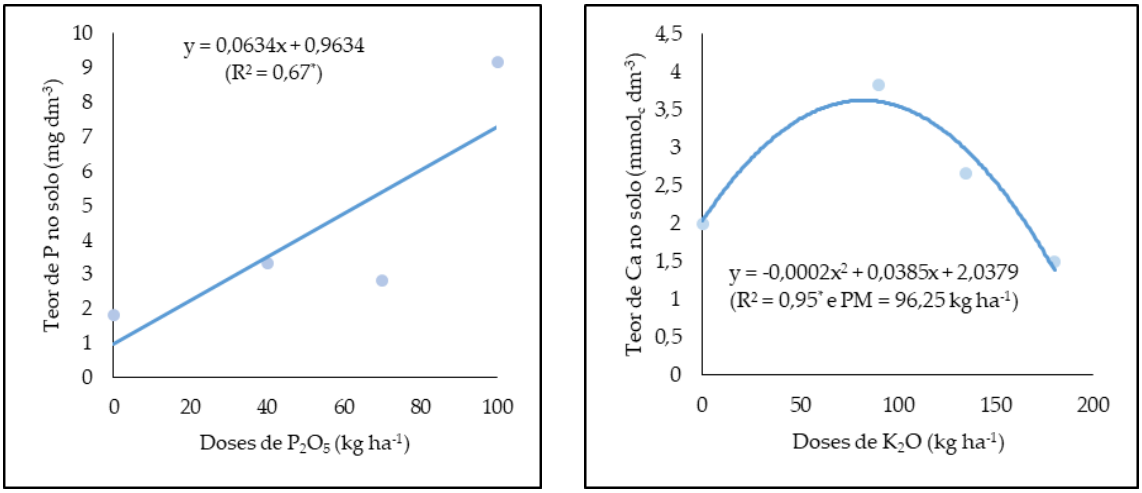
Os demais micronutrientes (B, Cu, Mn e Zn) não apresentaram ajustes a regressão para o residual de doses de N. Contudo, o teor de Zn no solo aumentou linearmente com o incremento das doses de P_2O_5 residuais (Figura 4 (b)), na planta há inibição não competitiva entre esses nutrientes, porém, o aumento das doses residuais de P_2O_5 no solo em conjuntos com os resíduos vegetais que formam a serapilheira favoreceram o incremento no teor de Zn no solo. Entretanto, os teores dos demais micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) no solo, na profundidade de 0-0,20 m, não foram influenciados pelo aumento das doses residuais de K_2O.

Tabela 2. Médias dos teores de micronutrientes do solo na profundidade de 0-0,20 m, aos sessenta e seis meses após o plantio de eucalipto em função das doses de adubação com N, P_2O_5 e K_2O. Três Lagoas – MS, 2018.

Doses de N	**B**	**Cu**	**Fe**	**Mn**	**Zn**
(kg ha^{-1})			**(mg dm^{-3})**		
0	0,26^{ns}	4,87^{ns}	15,50*	5,83^{ns}	1,33^{ns}
70	0,23	1,85	16,67	4,57	1,35
105	0,31	6,20	18,17	4,90	1,42
140	0,32	1,53	14,50	4,10	1,32
C.V. (%)	14,01	#30,72	7,03	28,47	#12,26
Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})					
0	0,26^{ns}	2,18^{ns}	16,50^{ns}	5,07^{ns}	0,82*
40	0,29	6,58	17,50	4,40	1,30
70	0,32	1,53	14,50	4,10	1,32
100	0,29	2,05	20,50	3,98	2,32
C.V. (%)	11,54	#53,63	20,38	18,46	#14,98
Doses de K_2O (kg ha^{-1})					
0	0,29^{ns}	0,82^{ns}	16,33^{ns}	3,00^{ns}	1,87^{ns}
90	0,27	2,18	16,67	4,63	2,32
135	0,27	1,97	20,67	7,35	1,23
180	0,32	1,53	14,50	4,10	1,32
C.V. (%)	14,37	#33,14	14,21	#12,82	#20,27

B: Determinado em água quente; Cu, Fe Mn e Zn: Determinado em DTPA. Análise química realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo UNESP/FE. * e ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.
#Dados corrigidos pela equação $(x+0,5)^{0,5}$.
Fonte: Própria autora.

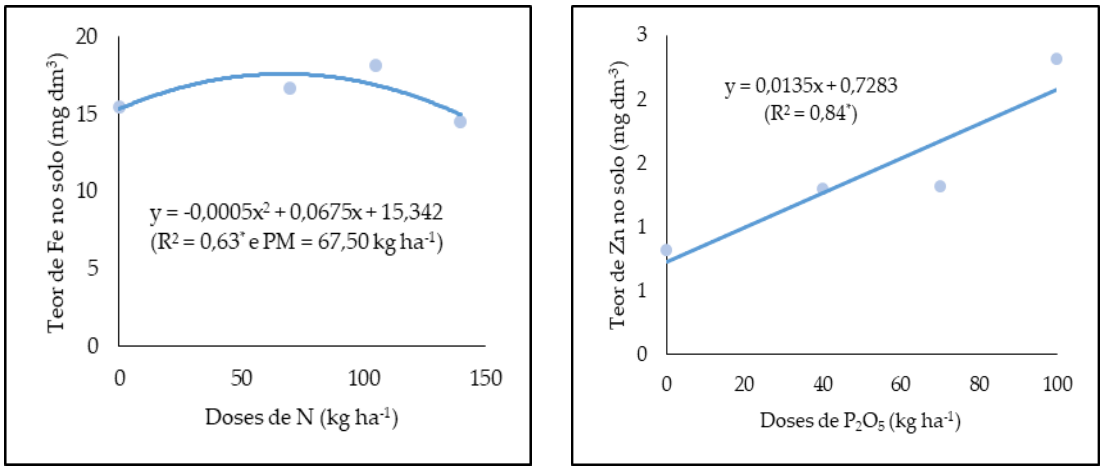
Figure 3. (a) Teor de fósforo no solo (0-0,20 m) em função das doses de P_2O_5 residuais. **(b)** Teor de cálcio no solo (0-0,20 m) em função das doses de K_2O residuais.



(a) **(b)**

Fonte: Própria autora.

Figura 4. (a) Teor de ferro no solo (0-0,20 m) em função das doses de N residuais. **(b)** Teor de zinco no solo (0-0,20 m) em função das doses de P_2O_5 residuais.



(a) **(b)**

Fonte: Própria autora.

4.1.2 Teores de nutrientes no folhedo e folhas

4.1.2.1 Serapilheira

O acúmulo de folhedo, ou mesmo, serapilheira, no sítio florestal de eucalipto contribui para a proteção e manutenção nutricional do solo, por meio da ciclagem dos nutrientes (CARVALHO *et al.*, 2017).

Os teores de macronutrientes no folhedo do eucalipto, em função das doses residuais de adubação com N, P_2O_5 e K_2O, constam na Tabela 3. As doses residuais de N proporcionaram

ajuste a função quadrática para o teor de N no folhedo (Figura 5 (a)), onde a dose ótima foi de 68,83 kg ha^{-1} de N. Esse suprimento orgânico de nitrogênio fornecerá para o próximo ciclo de cultivo do eucalipto grande parte do N necessário para o desenvolvimento das brotações. Povoamento de *Eucalyptus* sp. apresentam reduzidas taxas de decomposição da serapilheira em virtude da eficiente retranslocação de nutrientes (bioquímica) pelo eucalipto, produzindo serapilheira com menores teores de N e P (GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002)

Um sítio florestal de eucalipto com 5 anos de idade pode fornecer 41 kg ha^{-1} de N na serapilheira com taxa de decomposição cerca de 40%, contribuindo assim, para as próximas rotações de cultivo (BARRETO *et al*., 2011).

O incremento nas doses de N residuais também aumentou linearmente o teor de K no folhedo do eucalipto (Figura 5 (b)). Os nutrientes Mg (Figura 5 (c)) e S (Figura 5 (d)) apresentaram ajustes quadráticos para doses residuais de N, ambos com significância de 1%.

Para as doses residuais de P_2O_5 somente para o teor de K no folhedo houve ajuste a regressão linear crescente (Figura 5 (e)), ou seja, com o aumento das doses de P, verificou-se também aumento no teor do K no folhedo do eucalipto. Os demais macronutrientes não apresentaram ajustes de regressão para as doses residuais de P_2O_5.

O teor de K no folhedo apresentou ajuste linear crescente (Figura 5 (f)) com o incremento das doses residuais de K_2O. Em contrapartida, o teor de Ca no folhedo (Figura 4 (g)), foi decrescente conforme o aumento nas doses residuais de K_2O, confirmando o antagonismo por inibição competitiva entre estas bases trocáveis na absorção. Doses altas de K no solo, com o incremento na adubação, prejudicaram a absorção de Ca do eucalipto do ciclo anterior e, consequentemente, diminuiu o teor deste nutriente na serapilheira. Isto se deve ao antagonismo por inibição competitiva, ou seja, o K e o Ca competem por sítios de absorção nas células das raízes, sendo assim, como o K estava mais disponível, este foi mais absorvido e diminuiu se assim a absorção de Ca. Bellote *et al*. (2008) verificaram na serapilheira de *Eucalyptus grandis* comportamento contrário, altos teores de Ca no solo prejudicaram a absorção de K, diminuindo o teor deste nutriente na serapilheira do sitio florestal.

Tabela 3. Teores de macronutrientes no folhedo do eucalipto, em função das doses residuais de adubação com N, P_2O_5 e K_2O. Três Lagoas – MS, 2018.

Doses de N	**N**	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**S**
(kg ha^{-1})			**(g kg^{-1})**			
0	5,27**	0,30^{ns}	3,03**	6,63^{ns}	1,67**	0,67*
70	7,70	0,50	3,43	6,80	1,97	1,00
105	5,93	0,43	4,07	5,63	1,97	0,83
140	6,43	0,43	4,67	6,13	1,57	0,87
C.V. (%)	12,15	21,17	14,38	12,32	5,34	11,72
Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})						
0	5,50^{ns}	0,33^{ns}	2,67**	6,17^{ns}	1,53^{ns}	0,77^{ns}
40	5,37	0,33	2,73	6,30	1,73	0,73
70	6,43	0,43	4,67	6,13	1,57	0,87
100	6,10	0,40	4,43	7,07	1,83	0,83
C.V. (%)	15,15	23,09	20,62	20,64	25,16	22,92
Doses de K_2O (kg ha^{-1})						
0	6,43^{ns}	0,47^{ns}	3,63**	7,60*	2,07^{ns}	0,90^{ns}
90	6,53	0,43	3,53	6,77	1,63	0,90
135	7,50	0,50	4,83	6,50	2,23	0,87
180	6,43	0,43	4,67	6,13	1,57	0,87
C.V. (%)	11,71	26,47	8,43	11,26	4,44	9,98

* e ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.
Fonte: Própria autora.

Para os teores de micronutrientes no folhedo do eucalipto, em função das doses residuais de adubação com N (Tabela 4), constatou-se ajuste a regressão para o B, Fe e Zn. O incremento nas doses residuais de N apresentou ajuste a regressão quadrática ao teor de B no folhedo (Figura 6 (a)), onde a dose ótima de N foi de 75,19 kg ha^{-1}. Houve ajuste quadrático também para os teores Fe e Zn no folhedo (Figura 6 (b) e (c)). O maior de teor de Fe foi obtido com o incremento nas doses residuais até a dose estimada de 78,22 kg ha^{-1} de N. Para obtenção do maior teor de Zn no folhedo, a dose ótima estimada foi de 64,75 kg ha^{-1} de N.

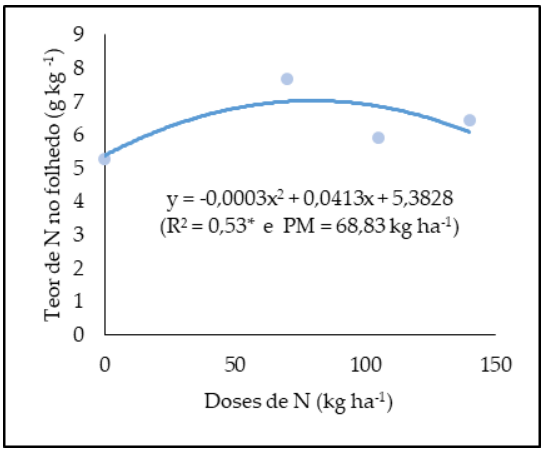
Os teores de micronutrientes no folhedo do eucalipto, em função das doses residuais de P_2O_5 (Tabela 4), não apresentaram ajustes a regressão. Enquanto que as doses residuais de K_2O proporcionaram reduções lineares dos de B e Fe no folhedo do eucalipto (Figura 6 (d) e (e)).

Tabela 4. Teores de micronutrientes no folhedo do eucalipto, em função das doses residuais de adubação com N, P_2O_5 e K_2O. Três Lagoas – MS, 2018.

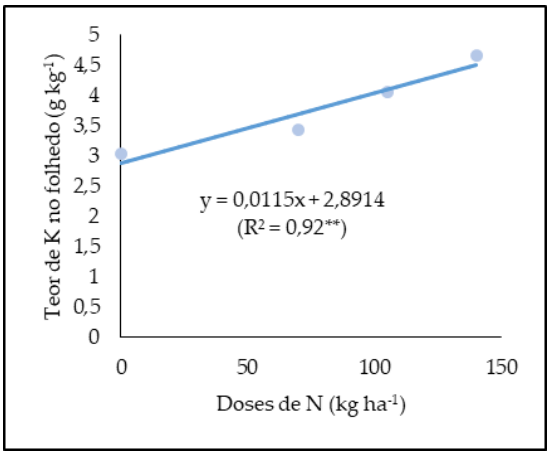
Doses de N (kg ha^{-1})	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			(mg kg^{-1})		
0	28,00*	11,67^{ns}	215,00*	684,33^{ns}	11,33**
70	41,00	12,00	496,67	739,67	14,67
105	32,00	13,00	318,33	755,33	15,00
140	33,00	13,33	337,33	702,00	9,67
C.V. (%)	13,21	#16,68	29,92	14,65	13,22
Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})					
0	31,00^{ns}	11,00^{ns}	415,33^{ns}	763,00^{ns}	12,00^{ns}
40	37,33	12,33	216,00	757,33	9,67
70	33,00	13,33	337,33	702,00	9,67
100	35,00	12,67	380,00	786,67	14,00
C.V. (%)	13,26	#21,48	25,26	24,33	#23,61
Doses de K_2O (kg ha^{-1})					
0	46,67**	10,67^{ns}	482,33*	703,33^{ns}	9,00^{ns}
90	29,67	8,67	333,33	759,33	9,33
135	34,00	8,00	247,67	742,33	15,67
180	33,00	13,33	337,33	702,00	9,67
C.V. (%)	9,20	#33,32	21,13	27,35	18,26

* e ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.
#Dados corrigidos pela equação $(x+0,5)^{0,5}$.
Fonte: Própria autora.

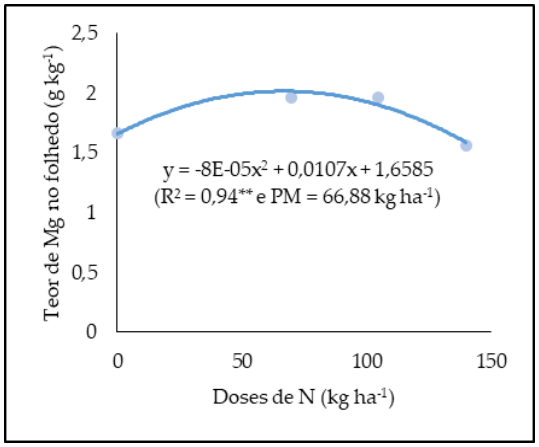
Figura 5. (a) Teor de nitrogênio no folhedo de eucalipto em função das doses residuais de N. **(b)** Teor de potássio no folhedo de eucalipto das doses residuais de N. **(c)** Teor de magnésio no folhedo de eucalipto em função das doses residuais de N. **(d)** Teor de enxofre no folhedo de eucalipto das doses residuais de N). **(e)** Teor de potássio no folhedo de eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(f)** Teor de potássio no folhedo de eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(g)** Teor de cálcio no folhedo de eucalipto em função das doses residuais de K_2O.



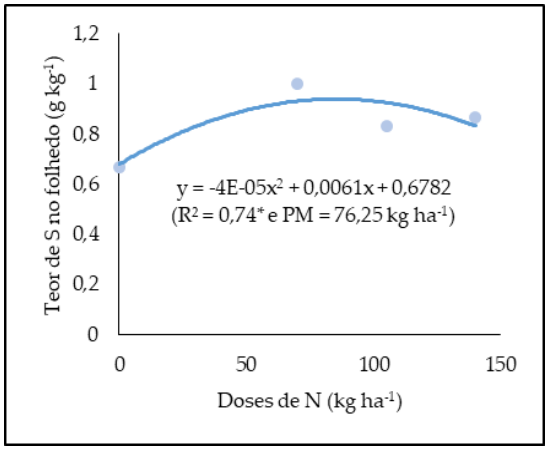
(a)



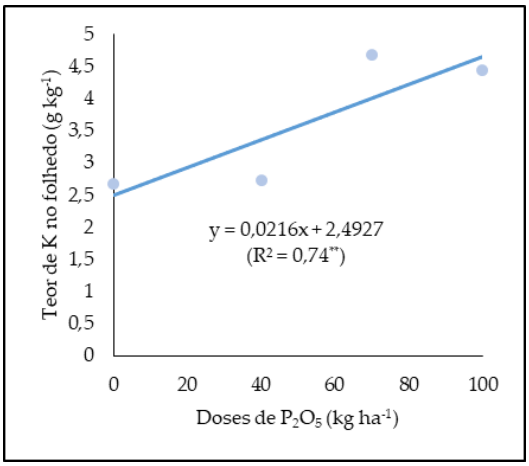
(b)



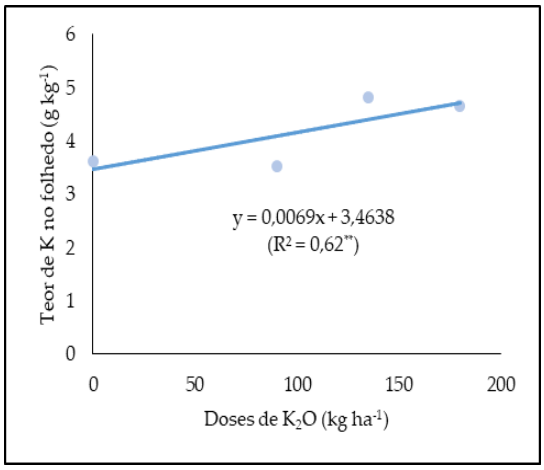
(c)



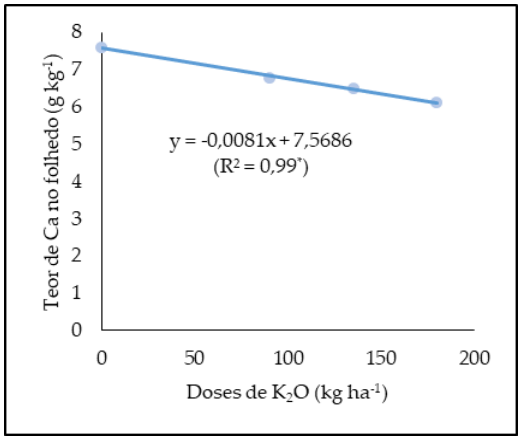
(d)



(e)



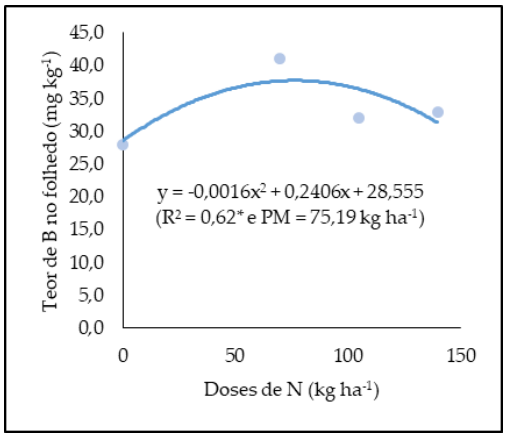
(f)



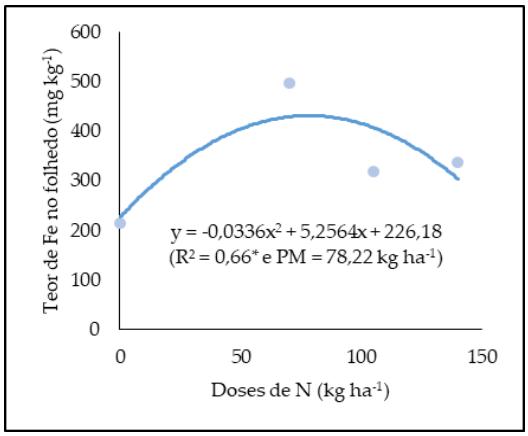
(g)

Fonte: Própria autora.

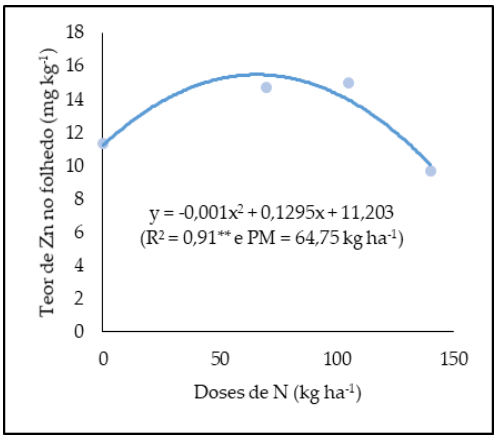
Figura 6. (a) Teor de boro no folhedo de eucalipto em função das doses residuais de N. **(b)** Teor de ferro no folhedo de eucalipto das doses residuais de N. **(c)** Teor de zinco no folhedo de eucalipto em função das doses residuais de N. **(d)** Teor de boro no folhedo de eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(e)** Teor de ferro no folhedo de eucalipto das doses residuais de K_2O.



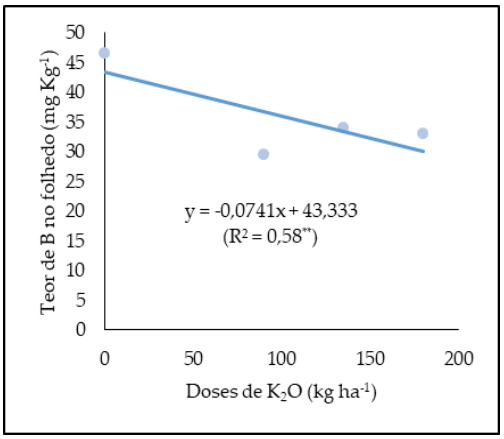
(a)



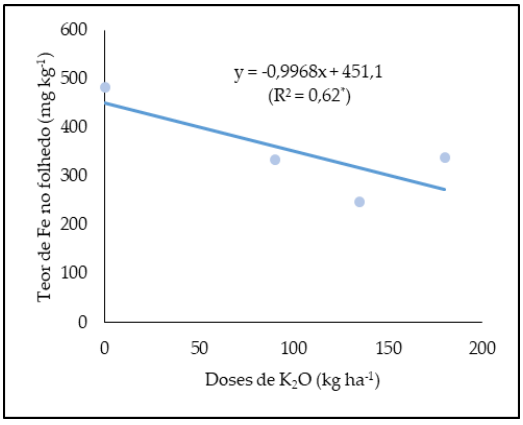
(b)



(c)



(d)



(e)

Fonte: Própria autora.

4.1.2.2 Folha diagnose

Os teores foliares dos macronutrientes em função das doses residuais de adubação com N, P_2O_5 e K_2O estão descritos na Tabela 5. Não houve ajuste de regressões em função das doses residuais de N para os macronutrientes.

O teor foliar de Mg no eucalipto para as doses residuais de P_2O_5 apresentou ajuste a função linear decrescente. O mesmo foi observado para este nutriente para as doses residuais de K_2O, ou seja, houve redução no teor de Mg nas folhas (Figura 7. (a) e (b)).

As concentrações de N, P, Ca e Mg nas folhas do eucalipto ficaram dentro das faixas consideradas adequadas por Dell *et al*. (2001) para a fase inicial de crescimento, com exceção do N no tratamento que não recebeu adubação nitrogenada que as plantas estavam deficientes em N (Tabela 5). Esses autores propõem as seguintes faixas: N de 18 a 30 g kg^{-1}; P de 1 a 3 g kg^{-1}; K de 6 a 18 g kg^{-1}; Ca de 3 a 8 g kg^{-1}; Mg de 1 a 3 g kg^{-1} e S de 1,5 a 3 g kg^{-1}. Verificou-se também deficiência de K no eucalipto na maioria dos tratamentos nos experimentos com residual de adubação nitrogenada e no de residual de adubação potássica. Para a concentração de S foliar no eucalipto apenas constatou-se deficiência no tratamento sem aplicação de N e quando se aplicou a maior dose de fósforo. Contudo, de modo geral os teores de S estavam adequados segundo proposto por Dell *et al*. (2001).

Tabela 5. Teores de macronutrientes nas folhas diagnose do eucalipto cinco meses após a definição dos brotos, em função das doses residuais de adubação com N, P_2O_5 e K_2O. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de N (kg ha^{-1})	N	P	K	Ca	Mg	S
	(g kg^{-1})					
0	17,32^{ns}	1,22^{ns}	5,72^{ns}	6,52^{ns}	3,42^{ns}	1,40^{ns}
70	21,05	1,42	6,40	7,12	3,65	1,65
105	18,68	1,20	5,72	6,62	3,35	1,40
140	19,72	1,42	5,98	6,35	3,12	1,68
C.V. (%)	11,91	11,87	18,09	7,66	10,54	14,45
Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})						
0	20,80^{ns}	1,40^{ns}	6,70^{ns}	7,08^{ns}	3,40*	1,52^{ns}
40	20,22	1,48	6,12	6,22	3,48	1,60
70	19,72	1,42	5,98	6,35	3,12	1,68
100	19,48	1,38	6,30	5,90	3,05	1,38
C.V. (%)	12,64	10,12	15,77	11,94	8,00	14,00
Doses de K_2O (kg ha^{-1})						
0	18,42^{ns}	1,28^{ns}	5,60^{ns}	7,58^{ns}	3,92**	1,58^{ns}
90	18,85	1,32	5,58	6,92	3,50	1,58
135	19,38	1,30	6,35	6,75	3,42	1,50
180	19,72	1,42	5,98	6,35	3,12	1,68
C.V. (%)	9,26	11,08	19,00	13,11	9,23	16,67

* e ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.
Fonte: Própria autora.

Com relação aos teores de micronutrientes foliares em função do residual das doses de adubação com N, P_2O_5 e K_2O descritos na Tabela 6, constatou-se efeito significativo apenas para o teor foliar de Zn com o residual da adubação fosfatada até a dose de 44,27 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 8. (a)); e para o teor de Mn foliar que aumentou linearmente com o incremento das doses residuais de potássio (Figura 8. (b)).

As concentrações de micronutriente, estavam adequadas para Cu, Fe, Mn e Zn, nas folhas diagnose do eucalipto, e o B ficou de modo geral acima da faixa considerada "adequada" por Dell *et al*. (2001) para a fase inicial de crescimento (Tabela 6). Esses autores propõem para essa fase as seguintes faixas para os micronutrientes: B de 15 a 27 mg kg^{-1}; Cu de 2 a 11 mg kg^{-1}; Zn de 15 a 50 mg kg^{-1}; Mn de 60 a 2300 mg kg^{-1} e Fe de 25 a 130 mg kg^{-1}. O teor de B no solo (Tabela 2) estava dentro da faixa considerado média para o eucalipto (RAIJ *et al*., 1997), nos três experimentos avaliados, contribuindo para manutenção da faixa adequada dos teores foliares deste nutriente.

Os teores de nutrientes do solo (Tabelas 1 e 2), provenientes principalmente do residual das adubações dos experimentos com N, P_2O_5 e K_2O, em conjunto com a ciclagem dos nutrientes da serrapilheira (Tabelas 3 e 4), contribuíram para a manutenção da faixa adequada dos teores de nutrientes nas folhas de eucalipto (Tabelas 5 e 6), mesmo os nutrientes do solo que se encontravam abaixo dos considerados adequados por Raij *et al*. (1997), como exemplo

S e o K; apenas no experimento com doses residuais de N o teor foliar de S estava abaixo do considerado adequado, como dito anteriormente.

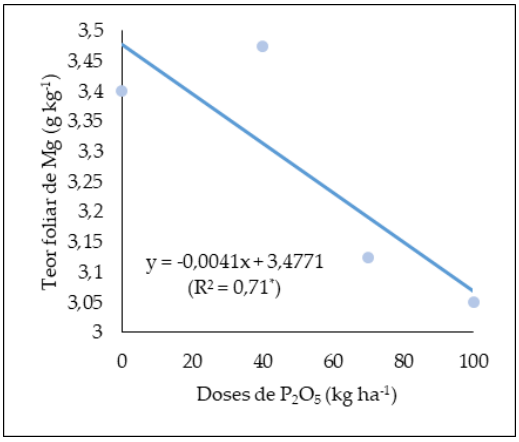
Nos três experimentos avaliados não houve ajuste à regressão para doses residuais de N, P_2O_5 e K_2O para os teores dos nutrientes na folha diagnose, devido o efeito diluição dos nutrientes nas folhas do eucalipto e ciclagem de nutrientes proveniente da serapilheira do primeiro ciclo produtivo do eucalipto.

Tabela 6. Teores de micronutrientes nas folhas diagnose do eucalipto aos cinco meses após a definição dos brotos, em função das doses residuais de adubação com N, P_2O_5 e K_2O. Três Lagoas – MS, 2019.

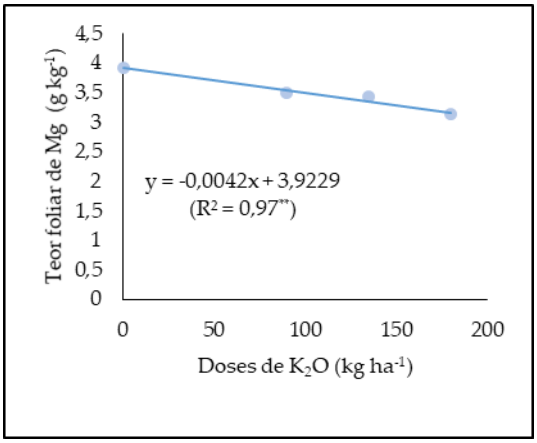
Doses de N (kg ha^{-1})	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			(mg kg^{-1})		
0	38,00^{ns}	5,50^{ns}	59,50^{ns}	1064,75^{ns}	17,50^{ns}
70	42,25	6,75	53,50	979,50	18,75
105	48,00	5,75	54,50	1185,00	17,25
140	39,50	6,00	62,50	1261,50	20,25
C.V. (%)	16,29	11,11	13,72	17,26	7,68
Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})					
0	43,50^{ns}	6,50^{ns}	53,75^{ns}	1295,25^{ns}	19,00*
40	35,50	6,25	68,00	1288,00	21,00
70	39,50	6,00	62,50	1261,50	20,25
100	39,75	5,75	66,25	1062,00	17,25
C.V. (%)	15,93	11,22	21,00	13,86	9,46
Doses de K_2O (kg ha^{-1})					
0	44,00^{ns}	7,00^{ns}	54,00^{ns}	985,00**	20,25^{ns}
90	38,75	5,75	49,75	956,00	18,75
135	38,50	5,25	63,00	1102,00	19,00
180	39,50	6,00	62,50	1261,50	20,25
C.V. (%)	9,89	15,71	19,23	7,52	8,09

* e ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.
Fonte: Própria autora.

Figura 7. (a) Teor de magnésio nas folhas de eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(b)** Teor de magnésio nas folhas de eucalipto em função das doses residuais de K_2O.



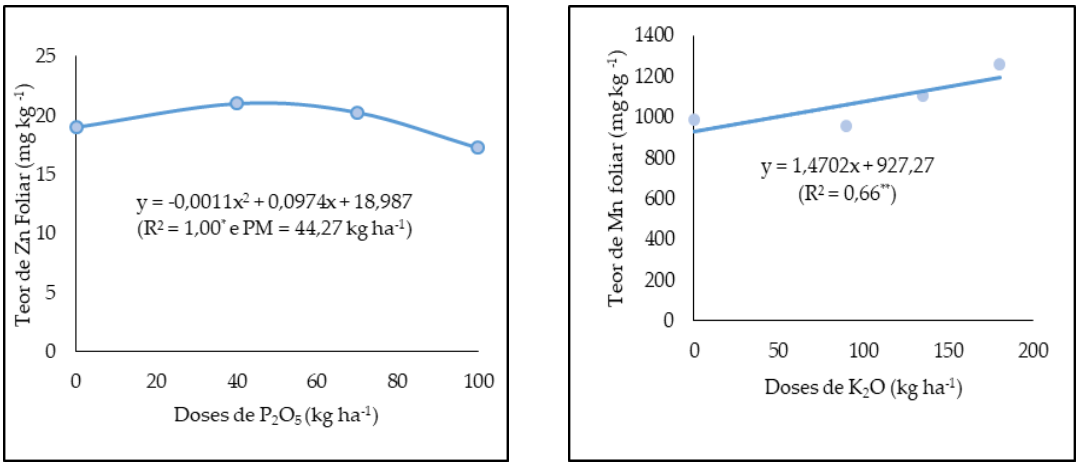
(a)



(b)

Fonte: Própria autora.

Figura 8. (a) Teor de zinco nas folhas de eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(b)** Teor de manganês nas folhas de eucalipto em das doses residuais de K_2O.



(a) **(b)**

Fonte: Própria autora.

4.1.3 Análise do crescimento inicial (diâmetro à altura do peito, altura de planta e volume total de madeira)

O crescimento inicial do eucalipto aos dez meses após a colheita do primeiro ciclo foi avaliado por meio da determinação da altura de planta, DAP e volume de madeira estimado (Tabela 7), em função das doses residuais de N, P_2O_5 e K_2O. Não houve ajuste a regressão para as avaliações de crescimento em função das doses de N e de K_2O residuais.

Não houve resposta as doses residuais de nitrogênio (Tabela 7) para nenhum dos atributos de crescimento avaliados (DAP, altura e volume total de madeira), podendo ser explicado devido a presença de serapilheira no sítio florestal (BASSACO, 2018) e em partes pela maior mobilidade do N no solo, principalmente na forma de nitrato, em relação à de P e K. Gazola *et al*. (2015), avaliando um plantio clonal de eucalipto, observaram que a fertilização nitrogenada influenciou positivamente até uma dose máxima de 63 kg ha^{-1}, aos dezoito meses de idade, no crescimento em diâmetro do caule das árvores de eucalipto.

Para altura de planta e volume de madeira do eucalipto verificou-se efeito do incremento da adubação fosfatada, com ajuste linear crescente (Figura 9 (a) e (b)). Portanto, com o aumento nas doses residuais de P_2O_5 aumentou-se a altura de planta e, consequentemente, o volume total de madeira do eucalipto cinco meses após a definição dos brotos. Existe correlação positiva entre o crescimento em altura do eucalipto e a adubação fosfatada (CIPRIANI *et al*., 2012). Para o volume total de madeira também se notou aumento linear com o incremento nas doses de fósforo (Tabela 7). Resultados obtidos com *Eucalyptus dunnii*, aos 6 anos de idade plantado em um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, demonstraram aumentos em produtividade

de madeira com o incremento da adubação fosfatada, em que doses crescentes resultaram numa equação quadrática, cuja dose ótima foi de 93,4 g de P_2O_5 por árvore (ANDRADE *et al*., 2003).

Na Tabela 1, apresentada anteriormente, foi observado que houve incremento linear crescente nos teores de P no solo com o aumento nas doses da adubação fosfatada, sendo que na maior dose, 100 kg ha^{-1} de P_2O_5, o teor de P no solo estava acima do teor considerado médio (RAIJ *et al*., 1997), considerando que na folha o teor de P estava dentro da faixa adequada para a fase inicial do eucalipto (Tabela 5), contribuíram portanto para o aumento no volume de madeira do eucalipto com o aumento nas doses residuais da adubação fosfatada (Tabela 7).

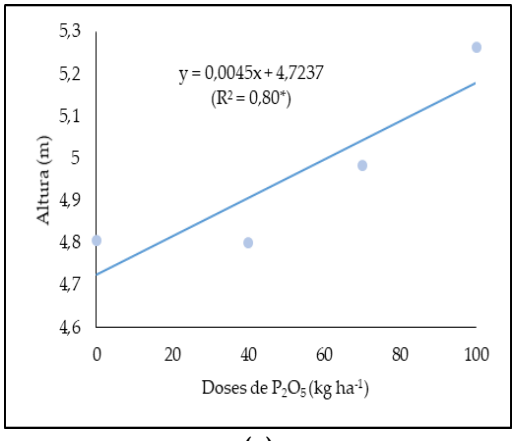
Para as doses residuais de potássio, também não houve nenhum ajuste significativo a regressão para as análises de crescimento avaliadas (Tabela 7). Teixeira, Gonçalves e Arthur Junior (2006) observaram aumento na altura de mudas de eucalipto em casa de vegetação com o incremento nas doses de potássio até a dose máxima, entretanto, os mesmo relataram que este resultado pode variar no Brasil. As respostas do eucalipto para a altura em função das doses podem ser diferentes, podem aumentar, diminuir ou mesmo não haver resposta significativa como no caso desta pesquisa. O teor de K no solo (Tabela 1) em função das doses de K_2O, encontra-se muito abaixo do teor considerado adequado de K no solo, na faixa de 0-2 $mmol_c$ dm^{-3} (RAIJ *et al*., 1997), portanto, esse déficit de K trocável no solo pode ser o motivo pelo qual não houve resposta para o DAP, a altura e o volume em função das doses residuais de K_2O.

Tabela 7. Crescimento inicial do eucalipto dez meses após a colheita do primeiro ciclo, diâmetro a altura do peito (DAP), altura de planta (H) e volume total de madeira (V), em função das doses residuais de adubação com N, P_2O_5 e K_2O. Três Lagoas – MS, 2019.

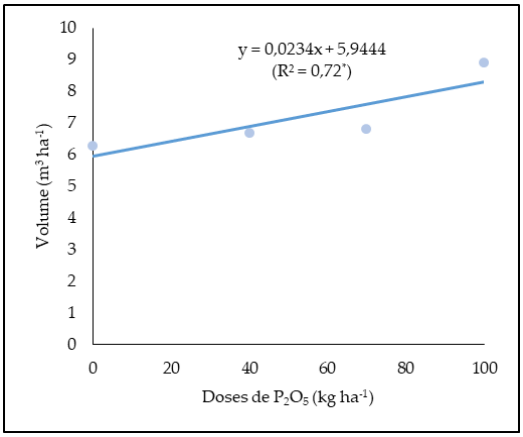
Doses de N (kg ha^{-1})	**DAP (cm)**	**H (m)**	**V (m^3 ha^{-1})**
0	3,60^{ns}	4,90^{ns}	6,70^{ns}
70	3,67^{ns}	5,04^{ns}	7,24^{ns}
105	3,43^{ns}	4,90^{ns}	6,06^{ns}
140	3,61^{ns}	4,98^{ns}	6,81^{ns}
C.V. (%)	6,45	5,32	#16,33
Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})			
0	3,53^{ns}	4,80*	6,29*
40	3,55^{ns}	4,80	6,69
70	3,61^{ns}	4,98	6,81
100	3,99^{ns}	5,26	8,90
C.V. (%)	10,26	4,63	24,24
Doses de K_2O (kg ha^{-1})			
0	3,44^{ns}	4,54^{ns}	6,06^{ns}
90	3,39	4,65	6,38
135	3,56	4,83	6,59
180	3,61	4,98	6,81
C.V. (%)	19,13	14,47	22,50

* e ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.
#Dados corrigidos pela equação $(x+0,5)^{0,5}$.
Fonte: Própria autora.

Figura 9. (a) Altura do eucalipto cinco meses após a definição dos brotos do eucalipto em função das doses residual de P_2O_5 **(b)** Volume total de madeira do eucalipto cinco meses após definição dos brotos do eucalipto em função das doses residual de P_2O_5.



(a)



(b)

Fonte: Própria autora.

4.2 SEGUNDA ETAPA

4.2.1 Atributos químicos do solo

As médias dos atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de adubação com N e da

reaplicação com N estão apresentados na Tabela 8. O único atributo químico do solo que houve ajuste significativo para o efeito isolado das doses residuais de N foi a saturação de alumínio (m%) (Figura 10), apresentando regressão linear decrescente em função do aumento das doses residuais de N.

O pH_{CaCl_2} e a m% foram influenciados pela reaplicação das doses de N no segundo ciclo de produção, sendo que o pH_{CaCl_2} foi maior com a reaplicação do N e a m% foi menor com a reaplicação deste nutriente. As espécies de *Eucalyptus* plantadas no país são altamente tolerantes a solos ácidos e com altos teores de Al e Mn, tanto que a calagem realizada visa principalmente fornecer as quantidade de Ca e Mg necessária para o desenvolvimento da cultura e não é tanto para correção da acidez do solo (RAIJ *et al*., 1997).

Não houve efeito significativo para a interação entre o residual das doses de N e a reaplicação de N em nenhum dos atributos químicos do solo (Tabela 8).

Importante ressaltar que o teor de matéria orgânica no solo não apresentou diferença significativa para a reaplicação de N e nem houve ajuste para o efeito isolado das doses residuais de N e para a interação, sendo que também se constatou que os teores médios nos tratamentos (Tabela 8) estão abaixo do teor considerado médio por Raij *et al*. (1997).Teor este, que estaria na faixa de 16 a 40 mg dm^{-3} de M.O. no solo, portanto, os teores baixos de M.O. no solo podem levar a resposta a reaplicação das doses de N no segundo ciclo de produção na maioria das avaliações realizadas posteriormente. Silva *et al*. (2012) consideram que teores baixos de M.O. no solo podem favorecer a resposta à adubação nitrogenada, principalmente em solos arenosos.

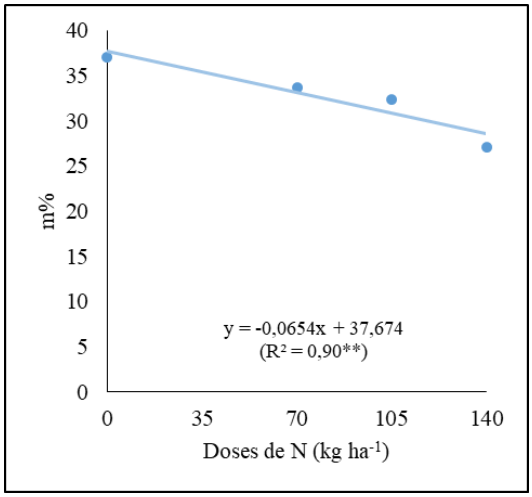
Tabela 8. Médias dos atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de N e da reaplicação com N. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de N	**P- resina**	**K**	**Ca**	**Mg**
(kg ha^{-1})	**(mg dm^{-3})**	**----------**	**(mmol$_c$ dm^{-3})**	**----------**
0	18,46^{ns}	2,12^{ns}	1,83^{ns}	1,50^{ns}
70	11,46	2,52	2,08	1,83
105	25,38	2,58	1,42	1,50
140	11,73	2,69	2,17	1,58
Reaplicação de N				
sem	14,44a	2,42a	1,79a	1,33a
com	19,07a	2,54a	1,96a	1,88a
D.M.S. (5%)	5,41	0,69	0,74	0,63
C.V. (%)	20,34#	15,79#	16,24#	16,48#
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	0,48^{ns}	0,10^{ns}	2,40^{ns}	0,62^{ns}
Doses de N	**pH$_{CaCl_2}$**	**H+Al**	**Al**	**CTC**
(kg ha^{-1})		**----------**	**(mmol$_c$ dm^{-3})**	**----------**
0	4,0^{ns}	23,0^{ns}	3,3^{ns}	28,5^{ns}
70	4,0	23,0	3,3	29,4
105	4,5	20,0	2,5	25,5
140	4,1	22,7	2,3	29,2
Reaplicação de N				
sem	4,0 b	21,9 a	3,0 a	27,5 a
com	4,3 a	22,5 a	2,6 a	28,7 a
D.M.S. (5%)	0,1	0,8	0,5	1,7
C.V. (%)	3,01	4,25	20,02	6,94
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	0,92^{ns}	2,15^{ns}	1,87^{ns}	1,73^{ns}
Doses de N	**M.O.**	**SB**	**V**	**m**
(kg ha^{-1})	**(g dm^{-3})**	**(mmol$_c$ dm^{-3})**	**----------%----------**	
0	13,5^{ns}	5,5^{ns}	19,3^{ns}	37,0**
70	13,5	6,4	21,8	33,7
105	15,7	5,5	21,6	32,3
140	14,2	6,4	21,6	27,1
Reaplicação de N				

sem	13,9a	5,7 a	20,5 a	34,9 a
com	14,3a	6,2 a	21,7 a	30,2 b
D.M.S. (5%)	0,5	1,1	2,6	3,9
C.V. (%)	3,63	21,34	14,11	13,85
F doses x reaplicação	$1,26^{ns}$	$2,06^{ns}$	$2,27^{ns}$	$1,18^{ns}$

* e ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
Análise química realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo UNESP/FE.
#Dados corrigidos pela equação $(x+0,5)^{0,5}$
Fonte: Própria autora.

Figura 10. Saturação por alumínio (m%) no solo (0-0,20 m) em função das doses residuais de N.



Fonte: Própria autora.

Para as médias dos atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m, aos doze meses após a definição dos brotos em função do residual das doses de P_2O_5 e da reaplicação com P_2O_5 (Tabela 9), tem-se que para a interação entre o residual das doses de aplicação e reaplicação das doses no segundo ciclo produtivo, efeito significativo para o teor de P no solo (P-resina em mg dm^{-3}), para o teor de K ($mmol_c$ dm^{-3}) e para o teor de Mg ($mmol_c$ dm^{-3}) no solo.

O teor de P (resina) no solo foi significativo para o residual das doses de P_2O_5 (Figura 11), aumentando o teor do nutriente no solo com o incremento do residual das doses de fósforo, ou seja, ajuste a função linear crescente. Esse mesmo resultado foi constatado na primeira análise de solo (sessenta e seis meses após o plantio do eucalipto) realizada na primeira etapa do experimento. Os atributos químicos do solo P-resina, Ca, H+Al, CTC, SB, V% e m% foram influenciados pela reaplicação das doses de P_2O_5, sendo que as médias deste foram maiores

quando da reaplicação das doses de P_2O_5, inclusive houve maior acidez potencial (H+Al) e maior saturação por alumínio (m%) na reaplicação deste macronutriente.

Tabela 9. Médias dos atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de P_2O_5 e da reaplicação com P_2O_5. Três Lagoas – MS, 2019.

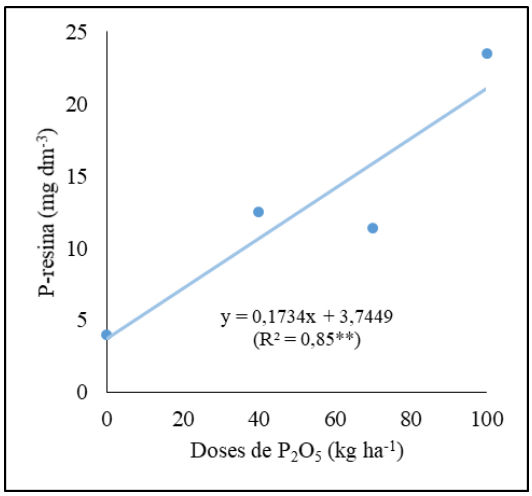
Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})	**P- resina (mg dm^{-3})**	**K**	**Ca (mmol$_c$ dm^{-3})**	**Mg**
		----------		----------
0	4,00**	1,20^{ns}	2,17^{ns}	1,25^{ns}
40	12,50	0,82	2,58	2,00
70	11,40	1,51	2,25	1,50
100	23,50	0,68	2,25	1,50
Reaplicação de P_2O_5				
sem	5,62b	0,85a	1,58b	1,56a
com	20,07a	1,25a	3,04a	1,56a
D.M.S. (5%)	3,23	0,52	0,70	0,42
C.V. (%)	28,74	17,59#	13,48#	30,54
F doses x reaplicação	13,02**	13,82**	1,84^{ns}	4,39*

Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})	**pH$_{CaCl_2}$**	**H+Al**	**Al (mmol$_c$ dm^{-3})**	**CTC**
		----------		----------
0	3,8^{ns}	25,0^{ns}	4,0^{ns}	29,6^{ns}
40	4,3	21,7	3,0	27,1
70	4,1	22,7	2,3	28,0
100	3,9	31,0	4,5	35,4
Reaplicação de P_2O_5				
sem	4,1 a	24,5 b	3,4 a	28,5 b
com	4,1 a	25,7 a	3,5 a	31,6 a
D.M.S. (5%)	0,1	1,0	0,3	1,9
C.V. (%)	1,10	4,51	10,80	7,09
F doses x reaplicação	0,71^{ns}	1,43^{ns}	0,78^{ns}	1,85^{ns}

Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})	**M.O. (g dm^{-3})**	**SB (mmol$_c$ dm^{-3})**	**V**	**m**
			----------%	----------
0	13,0^{ns}	4,6^{ns}	15,3^{ns}	29,6^{ns}
40	15,2	5,4	19,9	27,1
70	14,2	5,3	17,7	28,0
100	14,5	4,4	12,5	35,4
Reaplicação de P_2O_5				
sem	14,1 a	4,0 b	14,3 b	28,5 b
com	14,4 a	5,9 a	18,4 a	31,6 a
D.M.S. (5%)	0,4	1,2	2,9	1,9
C.V. (%)	3,63	27,47	20,02	7,09
F doses x reaplicação	0,50^{ns}	1,50^{ns}	1,93^{ns}	2,11^{ns}

* e ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
Análise química realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo UNESP/FE.
#Dados corrigidos pela equação $(x+0,5)^{0,5}$
Fonte: Própria autora.

Figura 11. Teor de P (resina) no solo (0-0,20 m) em função das doses residuais de P_2O_5.



Fonte: Própria autora.

As médias dos atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de K_2O estão apresentados na Tabela 10. Não houve influência significativa para o efeito da interação do residual das doses de potássio com a reaplicação da adubação potássica para nenhum dos atributos químicos do solo (Tabela 10).

Para o residual das doses de adubação com K_2O, houve efeito significativo para P-resina, K, pH_{CaCl_2}, Al e m% (Figura 12). Para o teor de P no solo (0-0,20 m) houve ajuste a regressão quadrática cujo ponto mínimo é de 111,31 kg ha^1 (Figura 12 (a)), ou seja, nesta dose, tem-se o menor teor de P no solo. Para o teor de K (Figura 12 (b)) e o pH_{CaCl_2} (Figura 11 (c)) houve ajuste a regressão linear crescente, já para o teor de Al (Figura 12 (d)) no solo e a saturação por alumínio (m%) (Figura 12 (e)), o ajuste foi para regressão linear decrescente, indicando que com o aumento das doses residuais de K_2O diminuiu esses atributos do solo avaliados.

Tabela 10. Médias dos atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de K_2O e da reaplicação com K_2O. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de K_2O (kg ha^{-1})	**P- resina (mg dm^{-3})**	**K**	**Ca (mmol$_c$ dm^{-3})**	**Mg**
0	16,88*	0,19**	2,67^{ns}	1,75^{ns}
90	15,63	1,02	2,17	1,75
135	15,92	1,02	2,33	1,75
180	16,08	1,51	2,83	1,50
Reaplicação de K_2O				
sem	16,13a	0,28b	2,25a	1,50a
com	16,13a	1,58a	2,75a	1,88a
D.M.S. (5%)	0,65	0,63	0,73	0,64
C.V. (%)	4,60	23,47#	13,08#	16,41#
F doses x reaplicação	0,54^{ns}	3,22^{ns}	0,08^{ns}	1,12^{ns}
Doses de K_2O (kg ha^{-1})	**pH$_{CaCl_2}$**	**H+Al**	**Al (mmol$_c$ dm^{-3})**	**CTC**
0	3,9*	24,5^{ns}	4,5**	29,1^{ns}
90	4,0	28,0	3,7	32,9
135	4,1	24,7	2,7	29,8
180	4,1	22,7	2,2	28,6
Reaplicação de K_2O				
sem	4,0 a	22,6 b	3,5 a	26,6 b
com	4,1 a	27,4 a	3,1 a	33,6 a
D.M.S. (5%)	0,1	2,1	0,5	2,6
C.V. (%)	3,46	9,44	16,01	9,69
F doses x reaplicação	0,33^{ns}	1,24^{ns}	2,54^{ns}	1,38^{ns}
Doses de K_2O (kg ha^{-1})	**M.O. (g dm^{-3})**	**SB (mmol$_c$ dm^{-3})**	**V**	**m**
			%	
0	13,2^{ns}	4,6^{ns}	15,9^{ns}	49,3**
90	15,0	4,9	14,9	44,0
135	16,2	5,1	17,1	35,8
180	14,0	5,8	19,7	30,2
Reaplicação de K_2O				
sem	13,9 a	4,0 b	15,2 b	46,2 a
com	15,5 a	6,2 a	18,6 a	33,5 b
D.M.S. (5%)	1,7	1,3	3,3	5,8
C.V. (%)	5,13	28,12	22,62	16,63
F doses x reaplicação	1,81^{ns}	1,04^{ns}	1,88^{ns}	1,79^{ns}

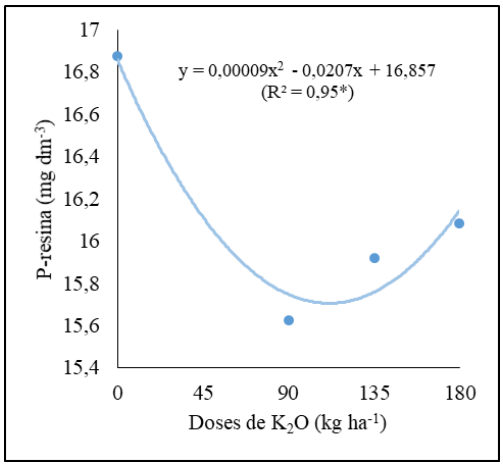
* e ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Análise química realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo UNESP/FE.

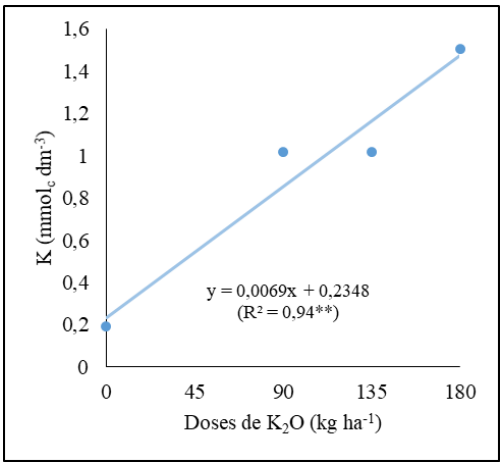
#Dados corrigidos pela equação $(x+0,5)^{0,5}$

Fonte: Própria autora.

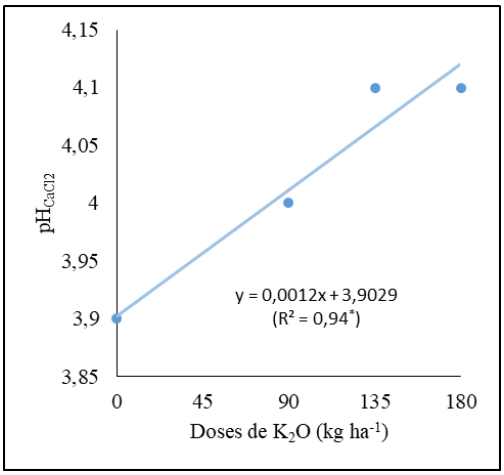
Figura 12. (a) Teor de P (resina) no solo (0-0,20 m) em função das doses residuais de K_2O. **(b)** Teor de K no solo (0-0,20 m) em função das doses residuais de K_2O. **(c)** pH_{CaCl2} no solo (0-0,20 m) em função das doses residuais de K_2O. **(d)** Al ($mmol_c$ dm^{-3}) no solo (0-0,20 m) em função das doses residuais de K_2O. **(e)** Saturação por alumínio (m%) no solo (0-0,20 m) em função das doses residuais de K_2O.



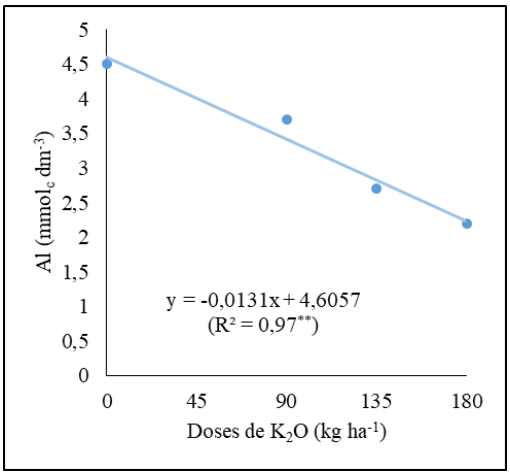
(a)



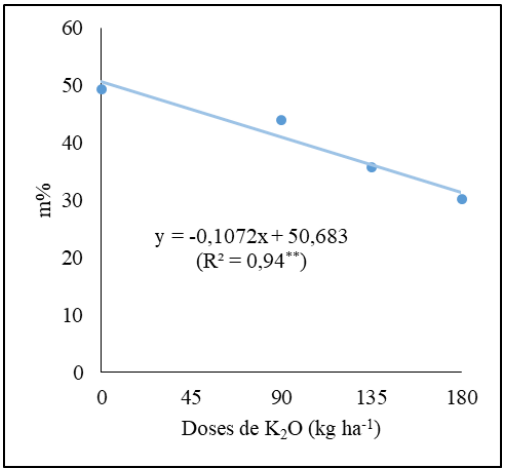
(b)



(c)



(d)



(e)

Fonte: Própria autora.

4.2.2 Biomassa

A biomassa seca dos órgãos (folha, galho, casca, lenho) e biomassa seca total de eucalipto aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de N e da reaplicação com N estão na Tabela 11, onde é possível constatar que não houve diferença significativa para a interação doses residuais de N e reaplicação do N em nenhuma destas avaliações.

Para o efeito isolado das doses residuais de N, em nenhuma das biomassas secas avaliadas houve ajuste a função de regressão. Entretanto, para o efeito isolado da reaplicação das doses de N, para a biomassa seca do lenho e biomassa seca total, verificou-se que em ambos com a reaplicação da adubação nitrogenada houve maiores biomassa seca de lenho e total. Assis *et al*. (2018), avaliando clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* aos seis anos de idade, observaram que houve resposta a aplicação nitrogenada e que resultou na tendência de aumento na massa seca dos clones de eucalipto até a dose máxima de 245,72 kg ha^{-1} de N. Estes autores ainda citaram que esta tendência de resposta é maior principalmente em solos onde o teor de M.O. é considerado baixo, ou ainda em locais que não favorecem a mineralização rápida da matéria orgânica, como no caso do experimento em questão (Tabela 8).

Tabela 11. Biomassa seca dos órgãos (folha, galho, casca, lenho) e biomassa seca total de eucalipto aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de N e da reaplicação com N. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de N kg ha^{-1}	**Folhas**	**Galhos**	**Casca**	**Lenho**	**Total**
			(t ha^{-1})		
0	1,72^{ns}	1,53^{ns}	0,95^{ns}	8,30^{ns}	12,51^{ns}
70	1,77	1,38	1,08	10,21	14,44
105	1,63	1,24	0,80	6,30	9,97
140	1,61	1,48	0,94	9,52	13,55
Reaplicação de N					
sem	1,55a	1,28a	0,93a	6,82b	10,60b
com	1,82a	1,54a	0,95a	10,34a	14,63a
D.M.S. (5%)	0,37	0,37	0,19	2,40	3,07
C.V. (%)	25,12	29,89	23,08	16,99#	27,80
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	2,36^{ns}	1,39^{ns}	2,06^{ns}	0,46^{ns}	0,83^{ns}

* e ** - significativo a 5 e 1% pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
#Dados corrigidos pela equação $(x+0,5)^{0,5}$
Fonte: Própria autora.

Na Tabela 12 encontra-se a biomassa dos órgãos (folha, galho, casca e lenho) e biomassa total de eucalipto aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de adubação com P_2O_5 e da reaplicação com P_2O_5. Houve um ajuste a regressão quadrática em

função do residual das doses de P_2O_5 para a biomassa seca do lenho, onde a dose ótima estimada (PM) foi de 61,20 kg ha^{-1} (Figura 13), ou seja, o maior acúmulo de biomassa seca no lenho foi nesta dose; para as demais biomassas dos órgãos do eucalipto e biomassa total não houve ajuste a regressão para o residual das doses de fósforo.

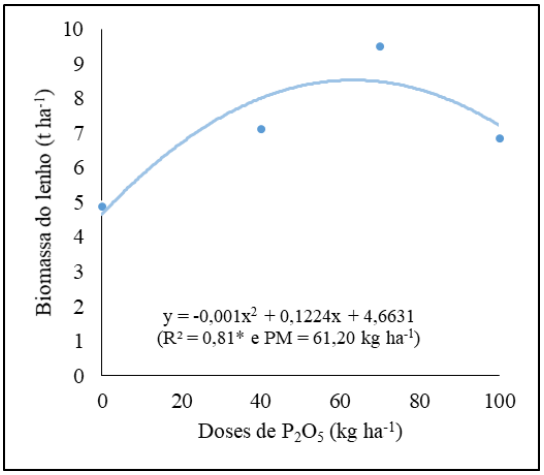
Em relação à reaplicação das doses de P_2O_5 no segundo ciclo de produção, houve diferença significativa entre os tratamentos "com" ou "sem" reaplicação de P_2O_5 para biomassa do lenho e biomassa total, em ambos, o tratamento que recebeu a reaplicação da adubação fosfatada foram maiores (Tabela 12), reafirmando o encontrado na Tabela 40, onde esse mesmo tratamento proporcionou maiores DAP e volume de madeira, o que contribui para o aumento na biomassa do lenho e consequentemente na biomassa total.

Tabela 12. Biomassa dos órgãos (folha, galho, casca, lenho) e biomassa total de eucalipto aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de P_2O_5 e da reaplicação com P_2O_5. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de P_2O_5 kg ha^{-1}	Folhas	Galhos	Casca	Lenho	Total
			t ha^{-1}		
0	2,16^{ns}	1,52^{ns}	1,01^{ns}	4,90*	9,58^{ns}
70	2,26	1,58	0,94	7,11	11,88
105	1,61	1,48	0,94	9,52	13,55
140	2,48	1,51	1,08	6,86	11,92
Reaplicação de P_2O_5					
sem	2,11a	1,44a	0,96a	5,40b	9,91b
com	2,14a	1,60a	1,03a	8,79a	13,56a
D.M.S. (5%)	0,31	0,20	0,15	2,00	2,14
C.V. (%)	16,60	15,30	16,94	17,02#	20,81
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	4,91*	9,64**	3,26^{ns}	0,20^{ns}	0,95^{ns}

* e ** - significativo a 5 e 1% pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
#Dados corrigidos pela equação $(x+0,5)^{0,5}$
Fonte: Própria autora.

Figura 13. Biomassa de lenho de eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5.



Fonte: Própria autora.

Para a biomassa seca de casca, observou-se efeito significativo para a interação doses residuais de P_2O_5 e reaplicação das doses de P_2O_5 (Tabela 13). O efeito "sem" a reaplicação das doses de P_2O_5 dentro do residual das doses de P_2O_5 apresentou um ajuste à função linear crescente, onde, o incremento nas doses deste nutriente proporcionou aumento da biomassa de casca. Dentro do efeito "sem" reaplicação da adubação fosfatada, na dose residual de 40 kg ha^{-1}, constatou-se que o tratamento que recebeu a reaplicação da adubação fosfatada apresentou a maior biomassa de casca.

Tabela 13. Desdobramentos da interação doses residuais de P_2O_5 pela reaplicação das doses de P_2O_5 nove meses após a definição dos brotos, na biomassa de casca. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de P_2O_5	**Reaplicação de P_2O_5**	
	Biomassa de casca (t ha^{-1})	
	sem(1)	**com^{ns}**
(kg ha^{-1})		
0	0,88a	1,14a
40	0,79b	1,09a
70	1,05a	0,84a
100	1,11a	1,05a
D.M.S. (5%)	0,29	

ns - não significativo a 5% pelo teste F.
Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
(1) $Y = 0,0027x + 0,8122$ ($R^2 = 0,62^*$)
Fonte: Própria autora.

A biomassa de folha, galho, casca e lenho e biomassa total de eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de K_2O, e da reaplicação com K_2O estão demonstrados na Tabela 14. Apenas para a biomassa total, tem-se diferença significativa entre os tratamentos "com" ou "sem" a reaplicação das doses de K_2O, sendo que, com a

reaplicação da adubação potássica, no segundo ciclo de produção, tem-se a maior biomassa total.

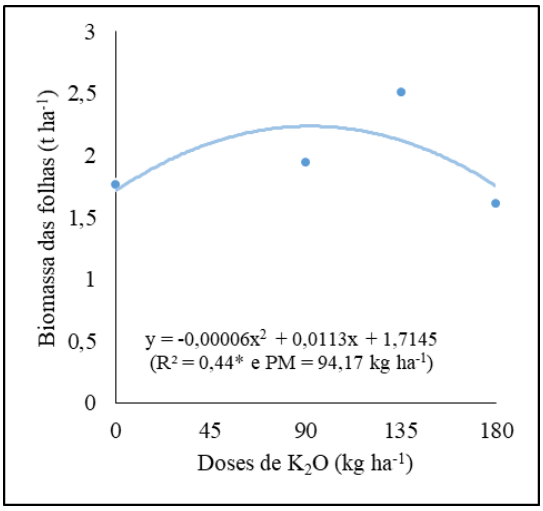
As doses residuais de K_2O influenciaram significativamente as biomassas de folhas, de lenho e total (Tabela 14). Para a biomassa de folhas houve ajuste à equação de regressão quadrática, cuja dose ótima (PM) foi de 94,17 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 14 (a)). Para a biomassa do lenho e biomassa total também houve ajuste à equação de regressão quadrática, com as maiores biomassa sendo obtidas na dose de 180 kg ha^{-1} (Figuras 14 (b) e 14 (c)). Teixeira *et al*. (2006), avaliando o crescimento e partição de matéria seca de mudas de espécies de eucalipto em função da adubação potássica, reportaram que a adição de potássio ao solo contribui para o aumento na matéria seca do eucalipto, principalmente a matéria seca das folhas.

Tabela 14. Biomassa dos órgãos (folha, galho, casca, lenho) e biomassa total de eucalipto aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de K_2O e da reaplicação com K_2O. Três Lagoas – MS, 2019.

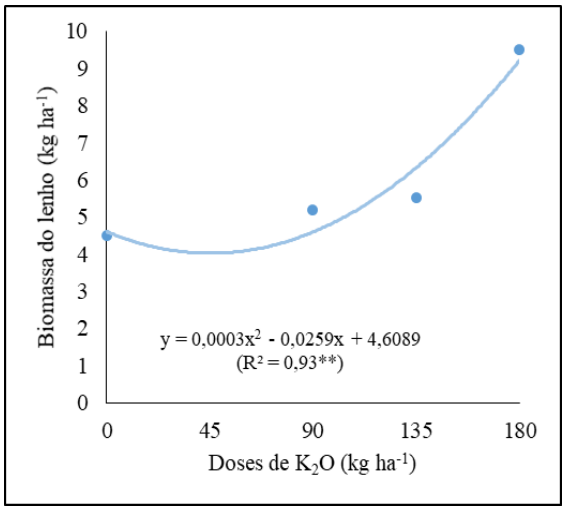
Doses de K_2O (kg ha^{-1})	**Folhas**	**Galhos**	**Casca**	**Lenho**	**Total**
			(t ha^{-1})		
0	1,76*	1,81^{ns}	0,71^{ns}	4,51**	8,79**
70	1,94	1,35	0,92	5,20	9,14
105	2,51	2,07	0,85	5,52	10,95
140	1,61	1,48	0,94	9,52	13,55
Reaplicação de K_2O					
sem	1,89a	1,55a	0,83a	5,92a	10,19b
com	2,02a	1,80a	0,89a	6,45a	11,16a
D.M.S. (5%)	0,41	0,34	0,19	1,15	0,82
C.V. (%)	23,86	22,85	24,87	21,26	8,83
F $_{\text{doses x reaplicação}}$	0,18^{ns}	2,23^{ns}	1,70^{ns}	3,43*	4,53*

* e ** - significativo a 5 e 1% pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
Fonte: Própria autora.

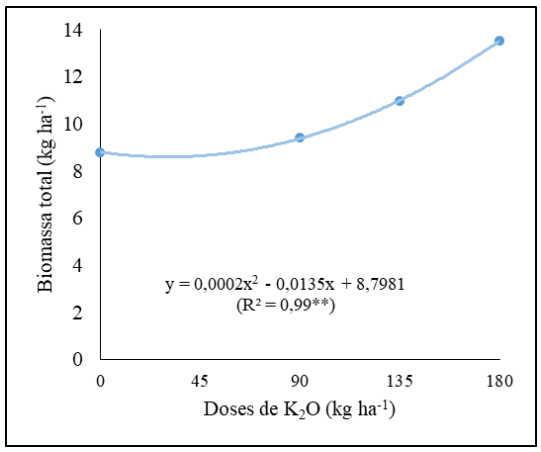
Figura 14. (a) Biomassa das folhas (t ha^{-1}) em função das doses residuais de K_2O (kg ha^{-1}). **(b)** Biomassa do lenho (t ha^{-1}) em função das doses residuais de K_2O (kg ha^{-1}). **(c)** Biomassa total (t ha^{-1}) em função das doses residuais de K_2O (kg ha^{-1}).



(a)



(b)



(c)

Fonte: Própria autora.

Quanto ao efeito da interação doses residuais de K_2O e reaplicação de K_2O constatou-se ajuste na biomassa do lenho tanto “com” ou “sem” a reaplicação de K_2O (Tabela 15), em que “sem” a reaplicação notou-se ajuste a regressão linear crescente, indicando que o aumento no residual das doses da adubação potássica favoreceu ao acúmulo de biomassa do lenho. No tratamento “com” a reaplicação dentro do residual das doses de K_2O houve ajuste à equação de regressão quadrática, com a maior biomassa sendo obtida maior dose residual de potássio (180 kg ha^{-1} de K_2O) (Tabela 15). Na dose de 180 kg ha^{-1} de K_2O houve diferença significativa entre os tratamentos da reaplicação das doses de K_2O, onde dentro desta dose, o tratamento que recebeu a reaplicação da dose proporcionou a maior biomassa de lenho (Tabela 15).

Na biomassa total do eucalipto, o desdobramento da interação doses residuais de K_2O e reaplicação de K_2O apresentou ajuste à regressão linear crescente para o tratamento "sem" dentro de doses residuais de K_2O (Tabela 15). Com relação à reaplicação de K_2O dentro das doses residuais da adubação potássica, houve ajuste à equação de regressão quadrática, com a maior biomassa total sendo observada na maior dose residual (180 kg ha^{-1} de K_2O) (Tabela 15).

Tabela 15. Desdobramentos da interação doses residuais de K_2O e reaplicação das doses de K_2O aos nove meses após a definição dos brotos, na biomassa do lenho (t ha^{-1}) e biomassa total (t ha^{-1}). Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de K_2O	**Reaplicação de K_2O**			
	Biomassa de lenho (t ha^{-1})		**Biomassa total (t ha^{-1})**	
	sem(1)	**com(2)**	**sem(3)**	**com(4)**
(kg ha^{-1})				
0	4,70a	4,31a	8,35a	9,23a
90	5,29a	5,11a	9,24a	9,59a
135	5,92a	5,12a	11,25a	10,66a
180	7,77b	11,26a	11,92b	15,18a
D.M.S. (5%)	2,30		1,65	

ns - não significativo a 5% pelo teste F.
Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
(1) $Y = 0,0156x + 4,3439$ ($R^2 = 0,81^{*}$)
(2) $Y = 0,0004x^2 – 0,0441x + 4,4873$ ($R^2 = 0,89^{**}$)
(3) $Y = 0,0208x + 8,0812$ ($R^2 = 0,91^{**}$)
(4) $Y = 0,0004x^2 – 0,0355x + 9,3109$ ($R^2 = 0,97^{**}$)
Fonte: Própria autora.

4.2.3 Acúmulo de nutrientes nas biomassas do eucalipto

O acúmulo de macronutrientes nas biomassas de folha, galhos e casca do eucalipto, aos dozes meses após a definição dos brotos em função do residual das doses de N e da reaplicação com N, constam na Tabela 19. Na biomassa das folhas do eucalipto, verificou-se que não houve ajuste para a função regressão para as doses residuais de N no acúmulo dos macronutrientes (Tabela 16). Lima *et al*. (2018), avaliando o efeito da omissão dos nutrientes em brotações de eucalipto, verificaram que alguns nutrientes, por exemplo o N, não respondem a adubação por serem fornecidos pela decomposição/mineralização da serapilheira. Para o efeito isolado da reaplicação das doses de N, no acúmulo dos macronutrientes na biomassa das folhas, constatou-se diferença significativa para os acúmulos de P e Mg (Tabela 16). Ambos foram maiores "com" a reaplicação das doses de N no segundo ciclo de produção. Para os demais macronutrientes não houve diferença entre os tratamentos.

Na interação das doses residuais de N e a reaplicação no acúmulo do macronutrientes na biomassa das folhas do eucalipto, apenas para o acúmulo de Mg houve diferença significativa (Tabela 16).

O acúmulo de K na biomassa de galho do eucalipto em função das doses residuais de N apresentou ajuste à função de regressão quadrática (Figura 15 (a)), cujo o maior valor foi reportado no residual de 140 kg ha^{-1} de N. Em relação, ao efeito isolado da reaplicação do N, o acúmulo de K nos galhos do eucalipto foi significativamente maior "com" a reaplicação das doses de N (Tabela 16). Para os acúmulos de P e Ca na biomassa dos galhos do eucalipto em função da reaplicação das doses de N (Tabela 16), também se constatou que no tratamento "com" houve maiores acúmulos desses macronutrientes nas biomassas em questão. Para os demais macronutrientes, não houve diferença significativa na biomassa dos galhos. Quanto à interação "residual de doses de N" *x* "reaplicação de N" na biomassa dos galhos, não houve efeito significativo no acúmulo de nenhum dos macronutrientes (Tabela 16).

O acúmulo de K nas folhas do eucalipto não foi influenciado nem pelas doses residuais de N, nem pela reaplicação deste nutriente e nem houve interação das doses residuais e reaplicação de N. Avaliando apenas o efeito da reaplicação das doses de N, houve maiores acúmulos de K nas folhas do eucalipto que receberam doses de N no segundo ciclo de produção. Lima *et al*. (2018) encontraram resultados diferente trabalhando com a omissão de nutrientes e seus efeitos no crescimento do eucalipto, avaliando eucaliptos aos seis meses de idade, no tratamento com a omissão de N, houve maiores teores de N nas folhas. Isso foi constatado no crescimento do eucalipto até doze meses de idade. Segundo esses autores, a acidez do solo pode ter contribuído para este resultado, aumentando drasticamente a permeabilidade das membranas, levando ao efluxo de íons e compostos orgânicos de baixo peso molecular, tal como o K, além das perdas, houve o efeito diluição nos teores de K ao longo do crescimento do eucalipto.

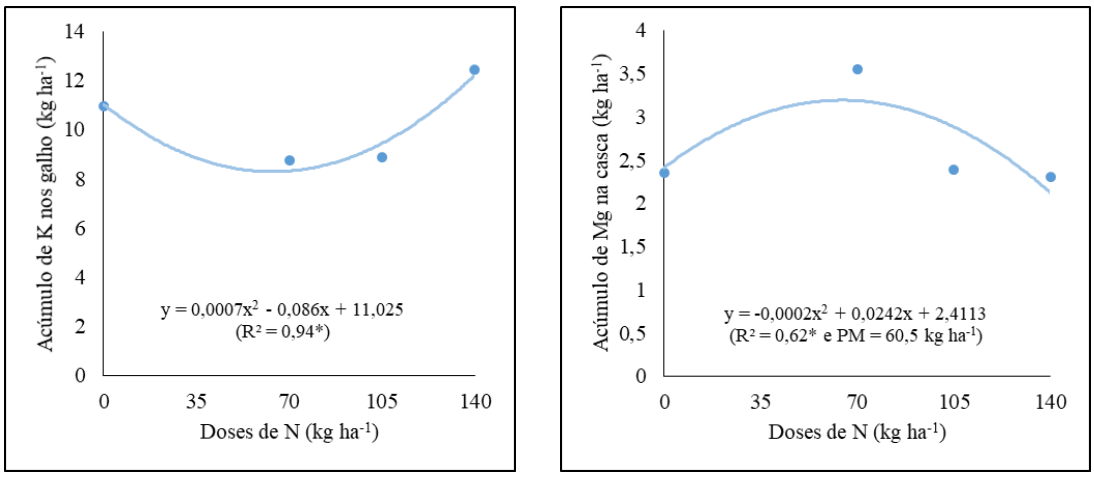
No acúmulo de macronutrientes na casca do eucalipto apenas para o Mg houve ajuste à equação de regressão (quadrática) para o efeito isolado do residual das doses de N no segundo ciclo de produção, cuja dose ótima estimada (PM) foi de 60,5 kg ha^{-1} de N (Figura 15 (b)). Para a reaplicação de N, em nenhum dos acúmulos dos macronutrientes na biomassa da casca verificou-se diferença significativa entre os tratamentos "com" ou "sem" a reaplicação (Tabela 16). Constatou-se efeito significativo na interação das doses residuais de N e reaplicação de N para o acúmulo dos macronutrientes na biomassa da casca para N, K e Ca (Tabela 16).

Tabela 16. Acúmulo de macronutrientes nas biomassas (folhas, galhos e casca) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de N e da reaplicação com N. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de N (kg ha^{-1})	N	P	K	Ca	Mg	S
			(kg ha^{-1})			
			Folhas			
0	31,17^{ns}	2,21^{ns}	15,86^{ns}	10,04^{ns}	5,04^{ns}	2,24^{ns}
70	32,30	2,24	15,17	10,39	4,51	2,17
105	30,79	2,36	14,48	9,34	4,46	2,26
140	30,45	2,22	14,84	10,92	4,58	2,02
Reaplicação de N						
sem	29,05a	1,97b	14,11a	9,62a	4,14b	1,96a
com	33,61a	2,54a	16,06a	10,72a	5,16a	2,38a
D.M.S. (5%)	7,27	0,46	3,08	1,77	0,81	0,47
C.V. (%)	26,50	23,11	23,34	19,86	19,89	24,90
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	1,83^{ns}	1,93^{ns}	1,78^{ns}	1,92^{ns}	5,67**	2,54^{ns}
			Galhos			
0	9,05^{ns}	1,78^{ns}	10,95*	7,74^{ns}	2,15^{ns}	0,71^{ns}
70	8,56	1,90	8,74	7,03	1,81	0,71
105	6,98	1,38	8,87	7,76	1,99	0,47
140	10,51	1,63	12,44	7,92	1,96	0,62
Reaplicação de N						
sem	7,78a	1,36b	8,78b	6,44b	1,76a	0,59a
com	9,78a	1,99a	11,72a	8,78a	2,19a	0,67a
D.M.S. (5%)	2,64	0,53	2,80	1,99	0,84	0,20
C.V. (%)	15,84#	14,40#	15,11#	29,92	19,23#	9,83#
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	2,42^{ns}	0,19^{ns}	0,25^{ns}	2,60^{ns}	1,10^{ns}	1,26^{ns}
			Casca			
0	4,09^{ns}	0,72^{ns}	8,41^{ns}	15,36^{ns}	2,35*	0,43^{ns}
70	4,54	0,98	8,38	17,58	3,55	0,43
105	3,32	0,77	6,64	14,18	2,39	0,30
140	3,87	0,66	7,82	17,66	2,30	0,39
Reaplicação de N						
sem	3,86a	0,78a	7,67a	16,10a	2,58a	0,37a
com	4,04a	0,78a	7,96a	16,28a	2,72a	0,40a
D.M.S. (5%)	0,66	0,30	1,23	2,54	0,65	0,07
C.V. (%)	19,15	12,83#	18,05	17,93	27,89	21,44
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	3,57*	0,48^{ns}	3,81*	7,50**	1,16^{ns}	1,30^{ns}

* e ** - significativo a 5 e 1% pelo teste F. ns - não significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
#Dados corrigidos pela equação $(x+0,5)^{0,5}$
Fonte: Própria autora.

Figura 15. (a) Acúmulo de K nos galhos do eucalipto em função das doses residuais de N. **(b)** Acúmulo de Mg na casca do eucalipto em função das doses residuais de N.



(a) **(b)**

Fonte: Própria autora.

Para o acúmulo de Mg nas folhas houve efeito significativo para a interação doses de N e reaplicação de N (Tabela 17), "com" a reaplicação do N na dose residual de N de 105 kg ha^{-1} de N obteve-se o maior acúmulo do Mg na biomassa das folhas do eucalipto. Quanto ao efeito da reaplicação dentro das doses residuais de N, "sem" a reaplicação de N, houve ajuste à função de regressão linear decrescente (Tabela 17). O Mg nas células das folhas principalmente, tem importante papel na fotossíntese, fazendo parte da estrutura da clorofila, outras funções deste macronutriente está associado na ativação de enzimas importantes para a respiração e na síntese de ácidos nucléicos (TAIZ *et al*., 2017).

No acúmulo de N na casca (Tabela 17), dentro do desdobramento reaplicação de N *x* doses de N, verificou-se ajuste a função de regressão quadrática para o efeito de "com" dentro das "doses de N", cujo dose ótima (PM) foi de 54,67 kg ha^{-1} de N. Para a interação doses de N dentro de reaplicação das doses de N na dose residual de 105 kg ha^{-1} de N, o maior acúmulo de N na casca foi "com" a reaplicação das doses de N (Tabela 17).

Quanto ao acúmulo de K na casca do eucalipto, houve ajuste à equação de regressão quadrática para o desdobramento da interação doses residuais de N dentro de "sem" a reaplicação desse nutriente, obtendo-se o maior valor com 140 kg ha^{-1} de N. Também houve ajuste a função de regressão quadrática para "com" a reaplicação dentro do residual das doses de N, com a dose ótima de 51,38 kg ha^{-1} de N (Tabela 17). Para o desdobramento da reaplicação de N dentro das doses de N no acúmulo de K na casca, apenas na dose de 70 kg ha^{-1} de N houve diferença significativa entre os tratamentos "com" ou "sem" a reaplicação, sendo maior este acúmulo no "com" (Tabela 17).

Com relação ao acúmulo de Ca na casca reportou-se efeito significativo na interação doses de N dentro da reaplicação de N, com ajuste significativo "com" a reaplicação do nutriente, sendo este quadrático, e sua dose ótima foi de 79,32 kg ha^{-1} de N (Tabela 17). Na dose residual de N de 105 kg ha^{-1}, o acúmulo de Ca na casca foi significamente maior com a reaplicação de N no segundo ciclo de produção (Tabela 17).

Em relação ao acúmulo de Mg na casca, constatou-se efeito das doses residuais de N dentro da reaplicação de N, sendo o ajuste ótimo "com" a reaplicação do N, na dose residual estimada de 60,50 kg ha^{-1} de N (Tabela 17).

Tabela 17. Desdobramentos da interação doses residuais de N e reaplicação das doses de N aos nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de Mg nas folhas, acúmulo de N na casca, acúmulo de K na casca, acúmulo de Ca na casca e acúmulo de Mg na casca. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de N	**Reaplicação de N**			
	Acúmulo de Mg (kg ha^{-1}) nas folhas		**Acúmulo de N (kg ha^{-1}) na casca**	
	sem(1)	**com^{ns}**	**sem^{ns}**	**com(2)**
(kg ha^{-1})				
0	5,39a	4,70a	4,48a	3,69a
70	4,43a	4,59a	4,03a	5,05a
105	2,73b	6,20a	2,64b	3,99a
140	4,03a	5,13a	4,30a	3,44a
D.M.S. (5%)	1,62		1,32	

Doses de N	**Reaplicação de N**			
	Acúmulo de K (kg ha^{-1}) na casca		**Acúmulo de Ca (kg ha^{-1}) na casca**	
	sem(3)	**com(4)**	**sem^{ns}**	**com(5)**
(kg ha^{-1})				
0	8,81a	8,01a	18,29a	12,43b
70	7,13b	9,63a	15,39a	19,77a
105	5,74a	7,54a	10,97b	17,38a
140	8,98a	6,65a	20,48a	14,83b
D.M.S. (5%)	2,47		5,08	

Doses de N	**Reaplicação de N**	
	Acúmulo de Mg (kg ha^{-1}) na casca	
	sem^{ns}	**com(6)**
(kg ha^{-1})		
0	2,68a	2,02a
70	3,67a	3,44a
105	2,00a	2,79a
140	2,55a	2,06a
D.M.S. (5%)	1,29	

ns - não significativo a 5% pelo teste F.

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

(1) $Y = -0,0135x + 5,2050$ ($R^2 = 0,54^*$)

(2) $Y = -0,0003x^2 + 0,0328x + 3,7361$ ($R^2 = 0,84^*$ e PM = 54,67 kg ha^{-1})

(3) $Y = 0,0005x^2 – 0,0725x + 8,9464$ ($R^2 = 0,71^*$)

(4) $Y = -0,0004x^2 + 0,0411x + 8,0989$ ($R^2 = 0,83^*$ e PM = 51,38 kg ha^{-1})

(5) $Y = -0,0011x^2 + 0,1745x + 12,5355$ ($R^2 = 0,96^*$ e PM = 79,32 kg ha^{-1})

(6) $Y = -0,0003x^2 + 0,0363x + 2,0457$ ($R^2 = 0,96^*$ e PM = 60,50 kg ha^{-1})

Fonte: Própria autora.

Os acúmulos de macronutrientes no lenho do eucalipto e total, aos doze meses após a definição dos brotos em função do residual das doses de N e da reaplicação com N, constam na Tabela 18. O acúmulo de Mg no lenho do eucalipto foi influenciado pelo residual da adubação de N (Figura 16), sendo que com o incremento no residual das doses de N houve aumento no acúmulo de Mg no lenho. Para os demais macronutrientes, o residual da adubação nitrogenada não influenciou significativamente (Tabela 18). Em relação ao efeito isolado da reaplicação de N, nota-se maiores acúmulos de N, K, Mg e S no lenho (Tabela 18). Para nenhum dos acúmulos dos macronutrientes no lenho a interação entre "doses residuais de N" *x* "reaplicação de N" foram significativos (Tabela 18).

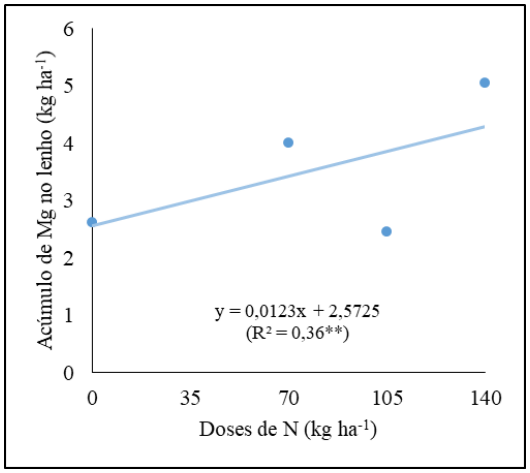
Os acúmulos totais dos macronutrientes (N, P, K, Mg e S) foram influenciados pela reaplicação de N, com exceção do acúmulo de Ca total (Tabela 18). O efeito da reaplicação de N no segundo ciclo de produção proporcionou maior acúmulo destes macronutrientes na biomassa total do eucalipto, com destaque para o acúmulo de N e K total, que foram os macronutrientes em maiores proporções na planta de eucalipto, mesmo sem a reaplicação do N. Para a interação das "doses de N" e a "reaplicação de N" o Ca, Mg e S foram influenciados (Tabela 18).

Tabela 18. Acúmulo de macronutrientes nas biomassas (lenho e total) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de N e da reaplicação com N. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de N (kg ha^{-1})	N	P	K	Ca	Mg	S
			(kg ha^{-1})			
			Lenho			
0	15,98^{ns}	0,50^{ns}	24,01^{ns}	6,63^{ns}	2,64**	1,75^{ns}
70	22,77	0,80	32,50	7,33	4,01	2,91
105	16,30	0,74	22,77	4,26	2,46	1,36
140	20,25	0,61	30,15	8,82	5,05	2,83
Reaplicação de N						
sem	14,15b	0,53a	21,19b	6,40a	2,55b	1,84b
com	23,51a	0,79a	33,52a	7,13a	4,52a	2,58a
D.M.S. (5%)	7,51	0,33	8,30	2,53	0,74	0,61
C.V. (%)	22,51#	15,31#	19,35#	20,32#	23,86	13,02#
F $_{\text{doses x reaplicação}}$	0,79^{ns}	1,60^{ns}	0,31^{ns}	1,35^{ns}	2,39^{ns}	2,42^{ns}
			Total			
0	60,29^{ns}	5,21^{ns}	59,23^{ns}	39,76^{ns}	12,17^{ns}	5,13^{ns}
70	68,79	5,92	64,79	42,33	13,88	6,21
105	57,39	5,26	52,76	35,52	11,31	4,40
140	65,08	5,12	65,24	45,30	13,90	5,86
Reaplicação de N						
sem	54,83b	4,64b	51,75b	38,74a	11,18b	4,79b
com	70,94a	6,10a	69,26a	42,72a	14,45a	6,00a
D.M.S. (5%)	15,05	1,37	13,87	5,76	2,26	0,90
C.V. (%)	27,33	29,05	26,17	16,15	20,15	18,96
F $_{\text{doses x reaplicação}}$	1,92^{ns}	1,14^{ns}	0,67^{ns}	5,70**	3,44*	4,41*

* e ** - significativo a 5 e 1% pelo teste F. ns - não significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
#Dados corrigidos pela equação $(x+0,5)^{0,5}$
Fonte: Própria autora.

Figura 16. Acúmulo de Mg no lenho do eucalipto em função das doses residuais de N.



Fonte: Própria autora.

O desdobramento da interação doses residuais de N e reaplicação das doses de N aos nove meses após a definição dos brotos, para o acúmulo de P no lenho, constataram-se ajuste à regressão quadrática para "com" a reaplicação de N, onde a dose ótima residual foi de 70 kg ha^{-1} de N. Não houve diferença no desdobramento da reaplicação de N dentro de cada dose residual de N para o acúmulo de P no lenho (Tabela 19).

O acúmulo de Mg no lenho teve significativo no desdobramento da reaplicação de N dentro de cada dose de N. Constatou-se que nas doses 70, 105 e 140 kg ha^{-1} de N, "com" a reaplicação de N, houve maiores acúmulos de Mg no lenho. Houve ajuste á equação de regressão quadrática para "sem" reaplicação de N dentro das doses de N, e ajuste a regressão linear crescente para "com" reaplicação de N dentro das doses de N, cujo o incremento nas doses residuais de N com a reaplicação de N levaram a um leve aumento no acúmulo de Mg no lenho (Tabela 19).

Para o acúmulo de S total (Tabela 19), houve ajuste a regressão quadrática "com" a reaplicação de N dentro das doses residuais de N, cuja dose ótima foi de 81,83 kg ha^{-1} de N. Em relação ao desdobramento das doses de N, dentro da reaplicação de N tem-se que nas doses de 70 e 105 kg ha^{-1} de N diferença entre os tratamentos da reaplicação, com maiores acúmulos de S total para os tratamentos "com" a reaplicação de N no segundo ciclo produtivo do eucalipto.

Tabela 19. Desdobramentos da interação doses residuais de N e reaplicação das doses de N aos nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de P no lenho, acúmulo de Mg no lenho, acúmulo de S total. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de N	**Reaplicação de N**			
	Acúmulo de P (kg ha^{-1}) no lenho		**Acúmulo de Mg (kg ha^{-1}) no lenho**	
	sem^{ns}	**com$^{(1)}$**	**sem$^{(2)}$**	**com$^{(3)}$**
(kg ha^{-1})				
0	0,45a	0,55a	2,39a	2,88a
70	0,51a	1,08a	2,54b	5,47a
105	0,44a	1,04a	1,21b	3,72a
140	0,72a	0,50a	4,08b	6,03a
D.M.S. (5%)	0,67		1,48	

Doses de N	**Reaplicação de N**	
	Acúmulo de S (kg ha^{-1}) total	
	sem^{ns}	**Com$^{(4)}$**
(kg ha^{-1})		
0	5,18a	5,07a
70	4,97b	7,44a
105	2,92b	5,87a
140	6,10a	5,62a
D.M.S. (5%)	1,79	

ns - não significativo a 5% pelo teste F.
Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
(1) $Y = -0{,}00012x^2 + 0{,}01680x + 0{,}5448$ ($R^2 = 0{,}97^*$ e PM = 70 kg ha^{-1})
(2) $Y = 0{,}0003x^2 – 0{,}0318x + 2{,}5302$ ($R^2 = 0{,}48^*$)
(3) $Y = 0{,}0179x + 3{,}1129$ ($R^2 = 0{,}53^{**}$)
(4) $Y = -0{,}0003x^2 + 0{,}0491x + 5{,}1560$ ($R^2 = 0{,}73^*$ e PM = 81,83 kg ha^{-1})

Fonte: Própria autora.

O acúmulo de micronutrientes nas biomassas das folhas, galhos e casca do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de N e da reaplicação de N encontram-se na Tabela 20. Não houve ajuste a regressão para nenhum dos acúmulos de micronutrientes na biomassa das folhas em função das doses residuais de N. Para o efeito isolado da reaplicação de N apenas o acúmulo de Fe nas folhas apresentou diferença significativa entre os tratamentos da reaplicação, sendo o maior acúmulo deste micronutriente quando houve a reaplicação de N no segundo ciclo (Tabela 20).

Para a interação "doses de N" *x* "reaplicação de N" no acúmulo dos micronutrientes na biomassa das folhas, houve efeito significativo para os micronutrientes Cu e Fe (Tabela 20).

Não houve efeito significativo isolado da reaplicação de N em nenhum acúmulo dos micronutrientes na biomassa dos galhos do eucalipto (Tabela 20). Não foi constatado ajuste a regressão e nem efeito significativo na interação entre as doses de N e reaplicação de N para nenhum dos acúmulos de micronutrientes nos galhos (Tabela 20).

No acúmulo de micronutrientes na casca do eucalipto em função das doses de N não houve ajuste a regressão para nenhum dos micronutrientes (Tabela 20). Em relação ao efeito isolado da reaplicação de N constatou-se no acúmulo de Cu e Fe nos galhos do eucalipto, que ambos foram maiores no tratamento que recebeu a reaplicação de N (Tabela 20).

No acúmulo de Mn nos galhos da biomassa do eucalipto, houve efeito significativo na interação entre as doses residuais de N e a reaplicação de N (Tabela 20).

Tabela 20. Acúmulo de micronutrientes nas biomassas (folhas, galhos e casca) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de adubação de N e da reaplicação com N. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de N (kg ha^{-1})	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			(kg ha^{-1})		
			Folhas		
0	0,06^{ns}	0,01^{ns}	0,28^{ns}	1,63^{ns}	0,02^{ns}
70	0,06	0,01	0,31	1,84	0,02
105	0,04	0,02	0,24	1,28	0,03
140	0,06	0,01	0,28	1,72	0,02
Reaplicação de N					
sem	0,05a	0,01a	0,24b	1,46a	0,022a
com	0,06a	0,01a	0,31a	1,77a	0,028a
D.M.S. (5%)	0,01	0,003	0,06	0,34	0,008
C.V. (%)	21,38	24,73	23,76	24,32	0,82#
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	2,41^{ns}	6,69**	4,66*	1,81^{ns}	2,16^{ns}
			Galhos		
0	0,02^{ns}	0,01^{ns}	0,05^{ns}	0,90^{ns}	0,018^{ns}
70	0,018	0,01	0,06	0,89	0,015
105	0,017	0,003	0,05	0,77	0,013
140	0,018	0,01	0,05	1,14	0,02
Reaplicação de N					
sem	0,017a	0,01a	0,05a	0,77a	0,014a
com	0,02a	0,01a	0,06a	0,08a	0,019a
D.M.S. (5%)	0,006	0,004	0,02	0,27	0,006
C.V. (%)	0,70#	0,43#	2,01#	10,43#	0,68#
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	0,21^{ns}	1,38^{ns}	0,001^{ns}	1,03^{ns}	1,89^{ns}
			Casca		
0	0,02^{ns}	0,007^{ns}	0,04^{ns}	1,09^{ns}	0,010^{ns}
70	0,03	0,007	0,06	1,42	0,013
105	0,02	0,007	0,03	0,84	0,010
140	0,02	0,007	0,03	1,40	0,012
Reaplicação de N					
sem	0,02a	0,003b	0,03b	1,16a	0,011a
com	0,02a	0,01a	0,05a	1,23a	0,012a
D.M.S. (5%)	0,005	0,004	0,02	0,20	0,003
C.V. (%)	0,62#	0,48#	2,11#	19,43	0,34#
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	1,45^{ns}	1,92^{ns}	2,24^{ns}	5,18*	0,33^{ns}

* e ** - significativo a 5 e 1% pelo teste F. ns - não significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
#Dados corrigidos pela equação $(x+0,5)^{0,5}$
Fonte: Própria autora.

Para o acúmulo de Fe nas folhas do eucalipto observou-se efeito significativo na interação "doses de N" *x* "reaplicação de N" (Tabela 21). Houve ajuste à equação de regressão quadrática para "sem" reaplicação de N dentro das doses de N, com maior acúmulo de Fe na dose zero de N. Para "com" reaplicação de N dentro das doses de N houve ajuste a equação de quadrática com a dose ótima de 80 kg ha^{-1} de N. Para o desdobramento das doses de N dentro

da reaplicação das doses de N, tem-se que nas doses 70 e 105 kg ha^{-1} de N, "com" a reaplicação houve os maiores acúmulos de Fe nas folhas da biomassa do eucalipto. O acúmulo de Fe nas folhas tem importante papel na fotossíntese, além também de estar envolvido nos processos de respiração e na fixação biológica (em outras espécies vegetais); na fotossíntese está envolvido com a transferência de elétrons (enzimas citocromos) em reações redox (TAIZ *et al*., 2017). Um maior acúmulo de Fe na biomassa das folhas do eucalipto podem consequentemente aumentar a taxa fotossintética significando ganhos na produção de biomassa neste tratamentos.

Quanto ao efeito da interação doses residuais de N pela reaplicação de N no acúmulo de Fe na casca do eucalipto, constatou-se ajuste a regressão quadrática para "sem" reaplicação de N dentro das doses de N, com a dose ótima calculada em 64,29 kg ha^{-1} de N. Também houve diferença significativa das doses de N dentro de reaplicação de N apenas na dose de 70 kg ha^{-1} de N (Tabela 21), onde "sem" a reaplicação de N, o acúmulo de Fe na casca foi superior.

Tabela 21. Desdobramentos da interação doses residuais de N e reaplicação das doses de N aos nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de Fe nas folhas e acúmulo de Fe na casca. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de N	**Reaplicação de N**			
	Acúmulo de Fe (kg ha^{-1}) nas folhas		**Acúmulo de Fe (kg ha^{-1}) na casca**	
	sem(1)	**com(2)**	**sem(3)**	**com^{ns}**
(kg ha^{-1})				
0	0,32a	0,25a	0,05a	0,03a
70	0,22b	0,40a	0,09a	0,02b
105	0,17b	0,31a	0,04a	0,03a
140	0,27a	0,29a	0,04a	0,02a
D.M.S. (5%)	0,11		0,04	

ns - não significativo a 5% pelo teste F.
Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
(1) $Y = 0,00002x^2 – 0,0032x + 0,3208$ ($R^2 = 0,84^*$)
(2) $Y = -0,00002x^2 + 0,0032x + 0,2518$ ($R^2 = 0,77^*$ e PM = 80 kg ha^{-1})
(3) $Y = -0,000007x^2 + 0,0009x + 0,0497$ ($R^2 = 0,55^*$ e PM = 64,29 kg ha^{-1})
Fonte: Própria autora.

Na Tabela 22 constam o acúmulo de micronutrientes nas biomassas do lenho e total do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de N e da reaplicação com N. Para o acúmulo de Fe no lenho em função das doses residuais de N (Figura 17 (a)), houve ajuste a equação de regressão quadrática, onde se observou maior acúmulo na dose 140 kg ha^{-1} de N.

Para o acúmulo de Mn no lenho do eucalipto houve diferença significativa entre os tratamentos da reaplicação de N, sendo que, "com" a reaplicação verificou-se o maior acúmulo deste micronutriente no lenho. Para os demais micronutrientes o efeito isolado da reaplicação não foi significativo (Tabela 22). Também não houve interação entre as doses de N e a reaplicação de N para nenhum dos acúmulos de micronutriente no lenho do eucalipto (Tabela 22).

No acúmulo de micronutrientes totais, avaliando o efeito isolado das doses residuais de N, constatou-se ajuste para a regressão quadrática para o acúmulo de Fe total, constatando-se maior acúmulo na dose 140 kg ha^{-1} de N (Figura 17 (b)). Reportou-se diferença significativa entre os tratamentos da reaplicação de N no acúmulo de Mn total, onde o tratamento que recebeu a reaplicação foi significativamente maior que o sem a reaplicação (Tabela 22).

Não houve interação entre as doses de N e a reaplicação de N para nenhum dos acúmulos de micronutriente totais (Tabela 22).

Tabela 22. Acúmulo de micronutrientes nas biomassas (lenho e total) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de N e da reaplicação com N. Três Lagos – MS, 2019.

Doses de N (kg ha^{-1})	**B**	**Cu**	**Fe (kg ha^{-1})**	**Mn**	**Zn**
			Lenho		
0	0,06^{ns}	0,02^{ns}	0,98$^{(1)}$	0,92^{ns}	0,22^{ns}
70	0,08	0,04	0,70	1,26	0,29
105	0,05	0,02	0,37	0,64	0,20
140	0,07	0,03	2,40	1,39	0,27
Reaplicação de N					
sem	0,06a	0,022a	0,88a	0,83b	0,20a
com	0,07a	0,029a	1,35a	1,27a	0,29a
D.M.S. (5%)	0,02	0,01	0,73	0,25	0,10
C.V. (%)	1,98#	1,01#	21,54#	27,12	47,45
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	1,56^{ns}	1,08^{ns}	2,13^{ns}	0,80^{ns}	1,34^{ns}
			Total		
0	0,16^{ns}	0,04^{ns}	1,35$^{(2)}$	4,54^{ns}	0,28^{ns}
70	0,18	0,06	1,13	5,41	0,35
105	0,13	0,05	0,69	3,52	0,25
140	0,16	0,06	2,76	5,66	0,32
Reaplicação de N					
sem	0,15a	0,05a	1,28a	4,21b	0,25a
com	0,17a	0,06a	1,69a	5,36a	0,35a
D.M.S. (5%)	0,03	0,02	0,71	0,83	0,11
C.V. (%)	20,10	1,57#	17,35#	19,93	42,36
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	2,74^{ns}	2,26^{ns}	1,75^{ns}	2,52^{ns}	1,51^{ns}

* e ** - significativo a 5 e 1% pelo teste F. ns - não significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

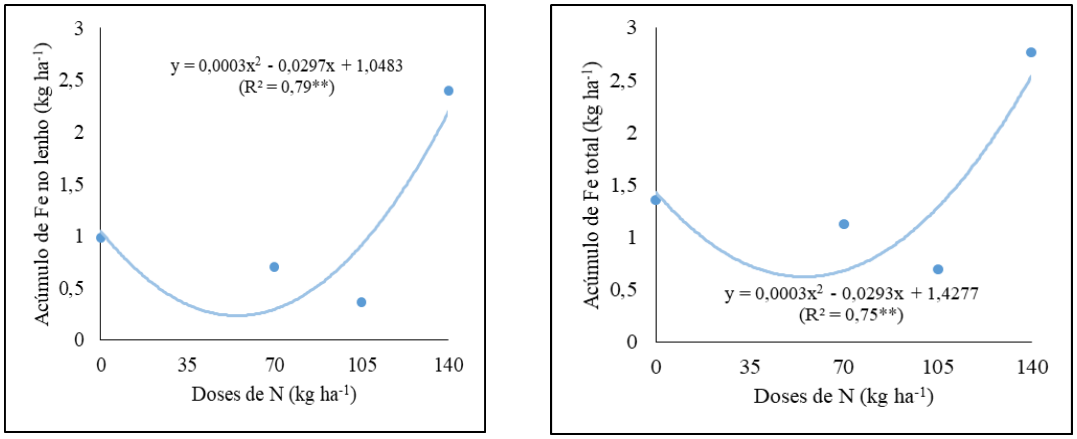
(1) $Y = 0,00027x^2 – 0,02971x + 1,04826$ ($R^2 = 0,79^{**}$)

(2) $Y = 0,00027x^2 – 0,02929x + 1,42774$ ($R^2 = 0,75^{**}$)

#Dados corrigidos pela equação $(x+0,5)^{0,5}$

Fonte: Própria autora.

Figura 17. (a) Acúmulo de Fe no lenho do eucalipto em função das doses residuais de N. **(b)** Acúmulo de Fe total em função das doses residuais de N.



(a) **(b)**

Fonte: Própria autora.

O acúmulo de macronutrientes nas biomassas de folhas, galhos e casca do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de P_2O_5 e da reaplicação com P_2O_5, constam na Tabela 23. O efeito da reaplicação de P_2O_5 apenas teve diferença significativa no acúmulo de Mg nas folhas do eucalipto, entretanto, não houve efeito da interação entre as doses de P_2O_5 e reaplicação de P_2O_5 e nem o efeito isolado das doses de P_2O_5 sobre o acúmulo deste macronutriente nas folhas do eucalipto (Tabela 23).

Para o acúmulo de Ca na biomassa das folhas do eucalipto, houve ajuste à regressão quadrática em função das doses de P_2O_5 (Figura 18 (a)), e se constatou efeito na interação entre as doses de P_2O_5 e a reaplicação de P_2O_5 (Tabela 23). Para os acúmulos de N e K, também houve efeito entre a interação das doses de P_2O_5 e a reaplicação de P_2O_5 (Tabela 23).

O acúmulo de N nos galhos do eucalipto não foi influenciado pelos efeitos isolados das doses de P_2O_5 nem da reaplicação de P_2O_5 no segundo ciclo de produção (Tabela 23). A interação das "dose de P_2O_5" *x* a "reaplicação de P_2O_5" foi significativa. Para o acúmulo de P na biomassa dos galhos, tem-se que apenas o efeito isolado da reaplicação de P_2O_5 foi significativo, com diferença significativa entre os tratamentos da reaplicação, onde se constatou (Tabela 23) que com a reaplicação das doses deste nutriente no segundo ciclo de produção ocorreu maior acúmulo de P na biomassa dos galhos.

No acúmulo de Ca nos galhos de eucalipto, houve efeito isolado da reaplicação de fósforo, com maior acúmulo deste macronutriente na reaplicação de P_2O_5. Também se verificou efeito para a interação "doses de P_2O_5" *x* "reaplicação de P_2O_5" (Tabela 23). Para o acúmulo de S nos galhos do eucalipto foi verificado na interação entre as doses de P_2O_5 e a reaplicação de

P_2O_5 houve efeito (Tabela 23). Também houve o efeito isolado da reaplicação de P_2O_5, onde o tratamento “com” proporcionou o maior acúmulo de S nos galhos do eucalipto (Tabela 23).

Na biomassa da casca do eucalipto, os acúmulos de N, Mg e S foram influenciados pelo efeito isolado das doses de P_2O_5 (Tabela 26). Para os acúmulos de N e S na casca notou-se ajuste a função de regressão quadrática (Figura 18 (b) e (d), respectivamente). Com relação ao acúmulo de Mg na casca o ajuste à equação de regressão foi quadrático (Figura 18 (c)). Para o acúmulo de S na casca reportou-se efeito da reaplicação de P_2O_5, onde o tratamento “com” proporcionou o maior acúmulo de S na casca do eucalipto. A interação também apresentou efeito significativo para o acúmulo deste macronutriente na casca (Tabela 23).

O acúmulo de P na casca do eucalipto, em relação a reaplicação de P_2O_5, houve influência dos tratamentos, proporcionando maior acúmulo deste macronutriente na casca do eucalipto (Tabela 23). A interação “doses de P_2O_5” *x* “reaplicação de P_2O_5” também houve influência no acúmulo de P na casca do eucalipto (Tabela 23).

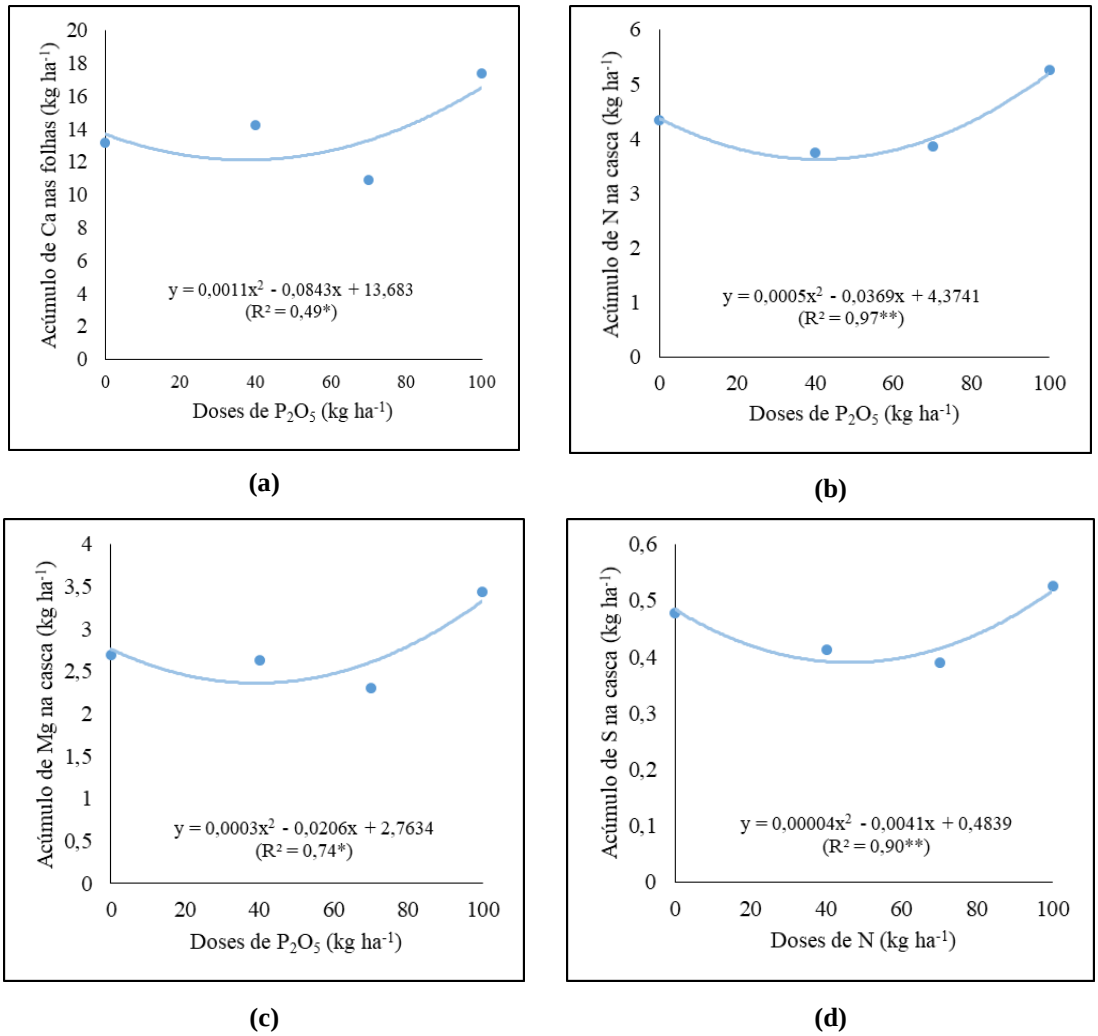
Para o acúmulo de K na biomassa da casca do eucalipto, apenas a interação das doses de P_2O_5 e a reaplicação de P_2O_5 influenciaram no acúmulo deste macronutriente (Tabela 23). No acúmulo de Ca na casca, com a reaplicação de P_2O_5 houve diferença significativa entre os tratamentos, “com” a reaplicação do P_2O_5 ocorreu maior acúmulo de Ca na casca. A interação “doses” *x* “reaplicação” para o acúmulo de Ca na casca também foi significativa (Tabela 23).

Tabela 23. Acúmulo de macronutrientes nas biomassas (folhas, galhos e casca) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de P_2O_5 e da reaplicação com P_2O_5. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})	N	P	K	Ca	Mg	S
			(kg ha^{-1})			
			Folhas			
0	39,42^{ns}	2,38^{ns}	18,70^{ns}	13,14*	4,91^{ns}	2,57^{ns}
40	42,42	2,36	21,04	14,21	5,44	2,61
70	30,45	2,22	14,84	10,92	4,58	2,02
100	44,57	2,69	19,52	17,37	6,06	2,99
Reaplicação de P_2O_5						
sem	39,05a	2,66a	18,28a	13,48a	4,80b	2,56a
com	39,37a	2,66a	18,77a	14,34a	5,70a	2,70a
D.M.S. (5%)	6,39	0,27	2,60	2,03	0,82	0,42
C.V. (%)	18,62	11,51	16,05	16,66	17,91	18,19
F doses x reaplicação	3,94*	2,20^{ns}	4,19*	4,27*	1,96^{ns}	2,35
			Galhos			
0	9,50^{ns}	1,84^{ns}	10,10^{ns}	6,37^{ns}	1,93^{ns}	0,77^{ns}
40	11,13	2,64	12,32	12,97	1,96	0,82
70	10,51	1,63	12,44	7,92	1,96	0,62
100	10,18	2,15	10,84	9,26	1,63	0,90
Reaplicação de P_2O_5						
sem	9,56a	1,80b	10,56a	7,45b	1,72a	0,72b
com	11,10a	2,33a	12,28a	10,81a	2,02a	0,84a
D.M.S. (5%)	2,31	0,49	2,42	2,00	0,58	0,12
C.V. (%)	25,55	27,33	24,23	25,06	14,15#	17,11
F doses x reaplicação	4,80*	2,42^{ns}	0,57^{ns}	6,03**	1,53^{ns}	9,32**
			Casca			
0	4,34**	0,80^{ns}	8,73^{ns}	17,76^{ns}	2,70*	0,48**
40	3,74	1,24	8,76	19,42	2,63	0,41
70	3,87	0,66	7,82	17,66	2,30	0,39
100	5,25	1,20	9,18	17,01	3,44	0,53
Reaplicação de P_2O_5						
sem	4,23a	0,84b	8,31a	15,57b	2,69a	0,40b
com	4,37a	1,11a	8,94a	20,35a	2,84a	0,50a
D.M.S. (5%)	0,64	0,24	1,40	3,44	0,46	0,04
C.V. (%)	17,00	28,40	18,49	21,88	18,87	11,21
F doses x reaplicação	1,83^{ns}	3,37*	4,21*	8,47**	0,41^{ns}	13,39**

* e ** - significativo a 5 e 1% pelo teste F. ns - não significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
#Dados corrigidos pela equação $(x+0,5)^{0,5}$
Fonte: Própria autora.

Figura 18. (a) Acúmulo de Ca nas folhas do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5 (kg ha^{-1}). **(b)** Acúmulo de N na casca do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(c)** Acúmulo de Mg na casca do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(d)** Acúmulo de S na casca do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5.



Fonte: Própria autora.

Constatou-se efeito significativo para a interação doses de P_2O_5 e reaplicação de P_2O_5 no acúmulo de K nas folhas, onde "sem" a reaplicação dentro das doses residuais verificou-se ajuste à regressão linear decrescente, e para o desdobramento de cada dose dentro da reaplicação de P_2O_5, no acúmulo de K nas folhas, apenas na dose de 0 kg ha^{-1} constatou-se diferença, com maior acúmulo quando não foi reaplicado o fósforo (Tabela 24).

No acúmulo de Mg nas folhas do eucalipto, do desdobramento da reaplicação de P_2O_5 dentro das doses residuais de P_2O_5, verificou-se ajuste à regressão linear crescente para o tratamento "com" a reaplicação de P_2O_5. Não houve diferença no desdobramento das doses dentro de reaplicação de P_2O_5 (Tabela 24).

Para o acúmulo de K na casca do eucalipto, houve diferença significativa no desdobramento das doses de P_2O_5 dentro de reaplicação de P_2O_5 apenas na testemunha, sendo que com a reaplicação constatou-se o maior acúmulo de K na casca. Na interação da reaplicação de P_2O_5 dentro das doses de P_2O_5, houve ajuste a regressão linear crescente para o tratamento "sem" reaplicação da adubação fosfatada (Tabela 24).

O acúmulo de Ca na casca, no desdobramento da reaplicação dentro das doses de P_2O_5, apresentou ajuste à regressão linear crescente para "sem" reaplicação de P_2O_5 e linear decrescente para "com" a reaplicação de P_2O_5 (Tabela 24). Avaliando o desdobramento das doses de P_2O_5 dentro da reaplicação de P_2O_5 no acúmulo de Ca na casca, tem-se que nas doses residuais de 0 kg ha^{-1} e 40 kg ha^{-1}, houve diferença entre os tratamentos da reaplicação, sendo que em ambas as doses "com" a reaplicação de P_2O_5, os acúmulo de Ca na casca do eucalipto foram superiores (Tabela 24).

Verificou-se efeito significativo para a regressão no desdobramento da reaplicação de P_2O_5 dentro das doses de P_2O_5 no acúmulo de S na casca da biomassa do eucalipto, sendo que para o tratamento "sem", o ajuste à regressão linear foi decrescente, e para o tratamento "com" o ajuste foi para à equação de regressão quadrática, embora o maior acúmulo de S tenha sido observado na menor dose de P_2O_5 (Tabela 24). Ainda sobre o acúmulo de S na casca, no desdobramento das doses dentro da reaplicação de P_2O_5, houve diferença para as doses de 0 e 40 kg ha^{-1} de P_2O_5, sendo que em ambas, "com" a reaplicação de fósforo, o acúmulo de S na casca foi maior (Tabela 24).

Tabela 24. Desdobramentos da interação doses residuais de P_2O_5 e reaplicação das doses de P_2O_5 aos nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de K nas folhas, acúmulo de Mg nas folhas, acúmulo de K na casca, acúmulo de Ca na casca e acúmulo de S na casca. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de P_2O_5	Reaplicação de P_2O_5			
	Acúmulo de K (kg ha^{-1}) nas folhas		Acúmulo de Mg (kg ha^{-1}) nas folhas	
	sem[(1)]	com[ns]	sem[ns]	com[(2)]
(kg ha^{-1})				
0	22,21a	15,19b	5,24a	4,59a
40	19,56a	22,53a	4,55a	6,34a
70	15,68a	13,99a	4,03a	5,13a
100	17,64a	21,41a	5,37a	6,76a
D.M.S. (5%)	5,21		1,65	

Doses de P_2O_5	Reaplicação de P_2O_5			
	Acúmulo de K (kg ha^{-1}) na casca		Acúmulo de Ca (kg ha^{-1}) na casca	
	sem[(3)]	com[ns]	sem[(4)]	com[(5)]
(kg ha^{-1})				
0	7,01b	10,45a	10,53b	25,00a
40	7,64a	9,89a	14,14b	24,71a
70	8,98a	6,65a	20,48a	14,83a
100	9,60a	8,77a	17,14a	16,88a
D.M.S. (5%)	2,79		6,88	

Doses de P_2O_5	Reaplicação de P_2O_5	
	Acúmulo de S (kg ha^{-1}) na casca	
	sem[(6)]	com[(7)]
(kg ha^{-1})		
0	0,34b	0,62a
40	0,33b	0,50a
70	0,42a	0,36a
100	0,51a	0,54a
D.M.S. (5%)	0,09	

* e ** - significativo a 5 e 1% pelo teste F. ns - não significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
(1) $Y = -0,0545x + 21,6344$ ($R^2 = 0,70^{*}$)
(2) $Y = 0,0166x + 4,8317$ ($R^2 = 0,49^{*}$)
(3) $Y = 0,0273x + 6,8740$ ($R^2 = 0,96^{*}$)
(4) $Y = 0,0810x + 11,3245$ ($R^2 = 0,66^{*}$)
(5) $Y = -0,1022x + 25,7219$ ($R^2 = 0,69^{**}$)
(6) $Y = 0,0018x + 0,3075$ ($R^2 = 0,80^{**}$)
(7) $Y = 0,00006x^2 – 0,0073x + 0,6315$ ($R^2 = 0,76^{**}$)
Fonte: Própria autora.

Na Tabela 25 constam os acúmulos de macronutrientes nas biomassas (lenho e total) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de P_2O_5 e da reaplicação com P_2O_5. No acúmulo dos macronutrientes no lenho, não houve efeito na interação entre doses de P_2O_5 e reaplicação de P_2O_5 para nenhum dos macronutrientes. Avaliando o acúmulo dos macronutrientes no lenho em função das doses residuais de P_2O_5 tem-se que o N, K, Ca e Mg foram influenciados pelo aumento das doses residuais nos seus acúmulos no lenho (Figura 19). Para o acúmulo de N no lenho em função das doses de P_2O_5, houve ajuste à regressão linear crescente (Figura 20 (a)); o acúmulo de K no lenho em função das doses de P_2O_5 ajustou à equação de regressão quadrática, onde a dose residual ótima foi de

54,47 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 19 (b)); também houve ajuste à regressão quadrática para o acúmulo do Ca e do Mg no lenho (Figura 19 (c) e (d)), cuja doses ótima foram de 59,84 e 52,43 kg ha^{-1} de P_2O_5, respectivamente.

Para o efeito isolado da reaplicação de P_2O_5, houve diferença nos acúmulos de N, K, Ca, Mg e S no lenho, para todos esses macronutrientes o tratamento “com” a reaplicação de P_2O_5 proporcionou maiores acúmulos (Tabela 25).

No acúmulo de K total, houve ajuste à equação de regressão quadrática para o efeito das doses residuais de P_2O_5, onde a dose residual ótima foi de 54,15 kg ha^{-1} (Figura 19 (e)). Constatou-se diferença entre o efeito isolado dos tratamentos da reaplicação de P_2O_5 nos acúmulos de macronutrientes total, para os nutrientes: N, K, Ca, Mg e S, sendo que “com” a reaplicação houve maiores acúmulos totais destes nutrientes (Tabela 25).

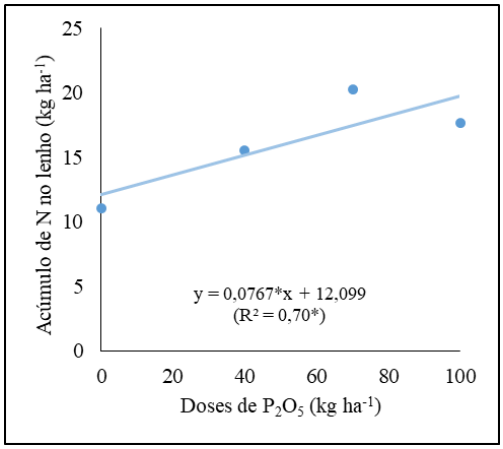
Para o acúmulo total de N na biomassa do eucalipto, houve efeito entre a interação doses de P_2O_5 e a reaplicação de P_2O_5 (Tabela 25). Também se constatou efeito na interação para o acúmulo total de Ca no eucalipto (Tabela 25).

Tabela 25. Acúmulo de macronutrientes nas biomassas (lenho e total) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de P_2O_5 e da reaplicação com P_2O_5. Três Lagoas – MS, 2019.

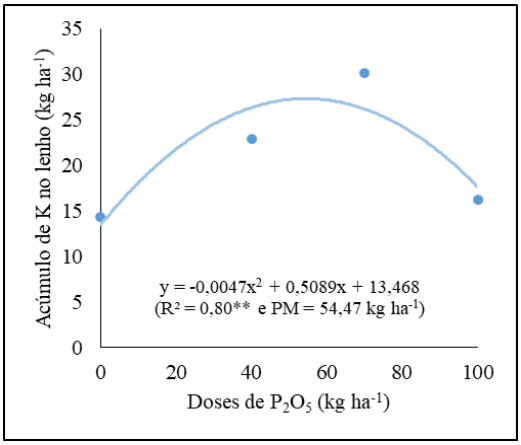
Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})	N	P	K	Ca	Mg	S
			kg ha^{-1}			
			Lenho			
0	11,02*	0,38^{ns}	14,36**	2,97**	2,18*	1,41^{ns}
40	15,56	0,88	22,90	6,15	2,65	1,92
70	20,25	0,61	30,15	8,82	5,05	2,83
100	17,66	0,42	16,27	5,06	1,77	1,90
Reaplicação de P_2O_5						
sem	13,02b	0,40a	15,94b	4,40b	1,64b	1,56b
com	19,23a	0,74a	25,89a	7,10a	4,19a	2,46a
D.M.S. (5%)	4,40	0,44	6,65	1,74	1,35	0,84
C.V. (%)	17,20#	21,70#	18,30#	16,57#	23,66#	18,96#
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	1,39^{ns}	1,77^{ns}	1,29^{ns}	1,64^{ns}	0,34^{ns}	1,13^{ns}
			Total			
0	64,28^{ns}	5,40^{ns}	51,89*	40,25^{ns}	11,72^{ns}	5,22^{ns}
40	72,85	5,12	65,02	52,76	12,68	6,07
70	65,08	5,11	65,24	45,30	13,90	5,86
100	77,67	6,46	55,82	48,70	12,91	6,30
Reaplicação de P_2O_5						
sem	65,87b	5,70a	53,58b	40,90b	11,30b	5,23b
com	74,07a	6,85a	65,40a	52,61a	14,30a	6,50a
D.M.S. (5%)	8,13	1,24	10,28	7,24	2,35	0,86
C.V. (%)	13,28	22,56	19,73	17,70	20,99	16,66
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	5,81**	2,79^{ns}	1,13^{ns}	4,98*	0,61^{ns}	2,75^{ns}

* e ** - significativo a 5 e 1% pelo teste F. ns - não significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
#Dados corrigidos pela equação $(x+0,5)^{0,5}$
Fonte: Própria autora.

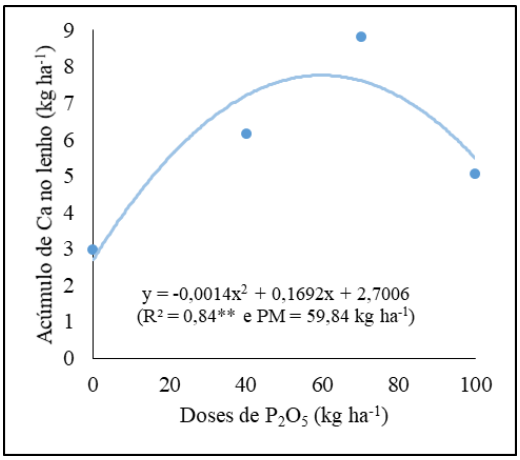
Figura 19. (a) Acúmulo de N no lenho do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(b)** Acúmulo de K no lenho do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(c)** Acúmulo de Ca no lenho do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(d)** Acúmulo de Mg no lenho do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(e)** Acúmulo de K total em função das doses residuais de P_2O_5.



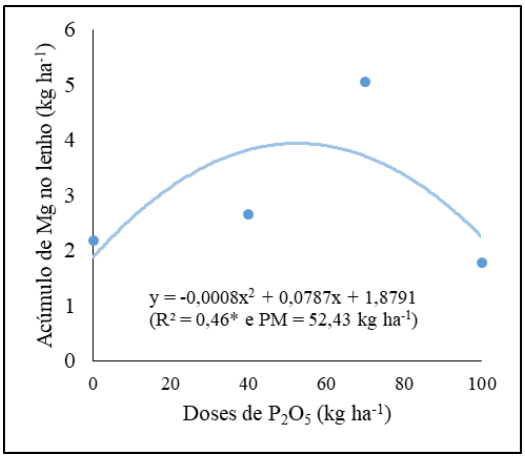
(a)



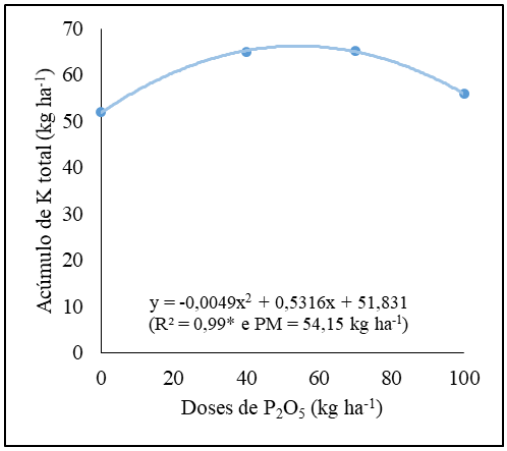
(b)



(c)



(d)



(e)

Fonte: Própria autora.

No acúmulo de Mg no lenho, houve ajuste à regressão quadrática no desdobramento do tratamento "sem" reaplicação de P_2O_5. Para o desdobramento das doses dentro da reaplicação de P_2O_5, apenas na testemunha houve diferença entre os tratamentos da reaplicação, sendo que o maior acúmulo de Mg no lenho "com" a reaplicação de P_2O_5 (Tabela 26).

Para o acúmulo de N total, no tratamento "com" a reaplicação de P_2O_5 dentro das doses residuais de P_2O_5 houve ajuste a regressão linear crescente. E na dose residual de 100 kg ha^{-1} de P_2O_5, o acúmulo total de N foi 52,44% maior que na dose residual testemunha. Verificou-se ainda que no desdobramento das doses de P_2O_5 dentro da reaplicação de P_2O_5, houve diferença nas doses 40 e 100 kg ha^{-1} de P_2O_5, e em ambas "com" a reaplicação da adubação fosfatada no segundo ciclo o acúmulo total de N foi maior (Tabela 26).

Analisando o acúmulo de Ca total, tem-se que houve ajuste à regressão linear crescente para o tratamento "sem" reaplicação de P_2O_5 dentro das doses de P_2O_5. Para o desdobramento da interação doses de P_2O_5 *x* reaplicação de P_2O_5, houve diferença nas doses de 0 e 40 kg ha^{-1}, onde, o tratamento "com" reaplicação de P_2O_5 apresentou maiores acúmulos de Ca total (Tabela 26). Lima *et al*. (2018), avaliando o efeito da omissão dos nutrientes no crescimento das brotações de eucalipto, também constataram que no tratamento sem aplicação de P, houve menores teores de Ca no eucalipto aos dezoito meses de idade.

Tabela 26. Desdobramentos da interação doses residuais de P_2O_5 e reaplicação das doses de P_2O_5 aos nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de Mg no lenho, acúmulo de N no lenho e acúmulo de Ca total. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de P_2O_5	**Reaplicação de P_2O_5**			
	Acúmulo de Mg (kg ha^{-1}) no lenho		**Acúmulo de N (kg ha^{-1}) total**	
	sem(1)	**com^{ns}**	**sem^{ns}**	**com(2)**
(kg ha^{-1})				
0	0,38b	3,98a	69,47a	59,09a
40	1,59a	3,71a	61,37b	84,33a
70	4,08a	6,03a	67,37a	62,79a
100	0,51a	3,04a	65,26b	90,08a
D.M.S. (5%)	2,70		16,27	

Doses de P_2O_5	**Reaplicação de P_2O_5**	
	Acúmulo de Ca (kg ha^{-1}) total	
	sem(3)	**com^{ns}**
(kg ha^{-1})		
0	32,06b	48,43a
40	38,61b	66,92a
70	49,21a	41,40a
100	43,72a	53,68a
D.M.S. (5%)	14,49	

ns - não significativo a 5% pelo teste F.
Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
(1) $Y = -0{,}0010x^2 + 0{,}1056x + 0{,}0819$ ($R^2 = 0{,}60^{*}$ e PM = 52,80 kg ha^{-1})
(2) $Y = 0{,}2230x + 62{,}3663$ ($R^2 = 0{,}38^{**}$)
(3) $Y = 0{,}1410x + 33{,}4978$ ($R^2 = 0{,}68^{*}$)
Fonte: Própria autora.

O acúmulo de micronutrientes nas biomassas de folhas, galhos e casca do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos em função do residual das doses de P_2O_5 e da reaplicação com P_2O_5, estão demonstrados na Tabela 27. O acúmulo de Fe nas folhas do eucalipto em função das doses de P_2O_5 apresentou ajuste a função de regressão quadrática, sendo observado o maior acúmulo com 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 19 (a)). Para o efeito isolado da reaplicação de P_2O_5 não houve diferença no acúmulo de Fe nas folhas, porém a interação doses de P_2O_5 *x* reaplicação de P_2O_5 foi significativa (Tabela 27).

Para o acúmulo de B nas folhas do eucalipto, houve efeito apenas na interação das doses de P_2O_5 *x* reaplicação das doses de P_2O_5, o mesmo ocorreu para o acúmulo de Mn nas folhas (Tabela 27).

No acúmulo de B na biomassa dos galhos do eucalipto, em função das doses de P_2O_5 constatou-se ajuste à função linear crescente com o incremento das doses residuais de P_2O_5 (Figura 20 (b)). Em relação ao Fe, seu acúmulo nos galhos do eucalipto apresentou ajuste às doses residuais de P_2O_5 também à uma função linear crescente (Figura 20 (c)). No acúmulo do Fe nos galhos também houve efeito para a interação entre as doses de P_2O_5 e a reaplicação de P_2O_5, a 5% de probabilidade (Tabela 27).

O acúmulo de Mn nos galhos em função das doses residuais de P_2O_5 o ajuste foi a equação de regressão quadrática (Figura 20 (d)), com a dose residual ótima estimada em 51,50 kg ha^{-1} de P_2O_5. Foi constatado também efeito na interação para o acúmulo deste micronutriente nos galhos do eucalipto. No efeito isolado da reaplicação de P_2O_5, em que "com" a reaplicação se obteve o maior acúmulo de Mn nos galhos do eucalipto (Tabela 27).

O acúmulo de Fe na casca da biomassa do eucalipto "com" a reaplicação de P_2O_5 proporcionou maiores acúmulos deste micronutriente neste órgão em questão (Tabela 27), quando avaliado o efeito isolado da reaplicação. A interação das doses residuais de P_2O_5 e a reaplicação da adubação fosfatada também influenciou no acúmulo de Fe na casca do eucalipto (Tabela 27).

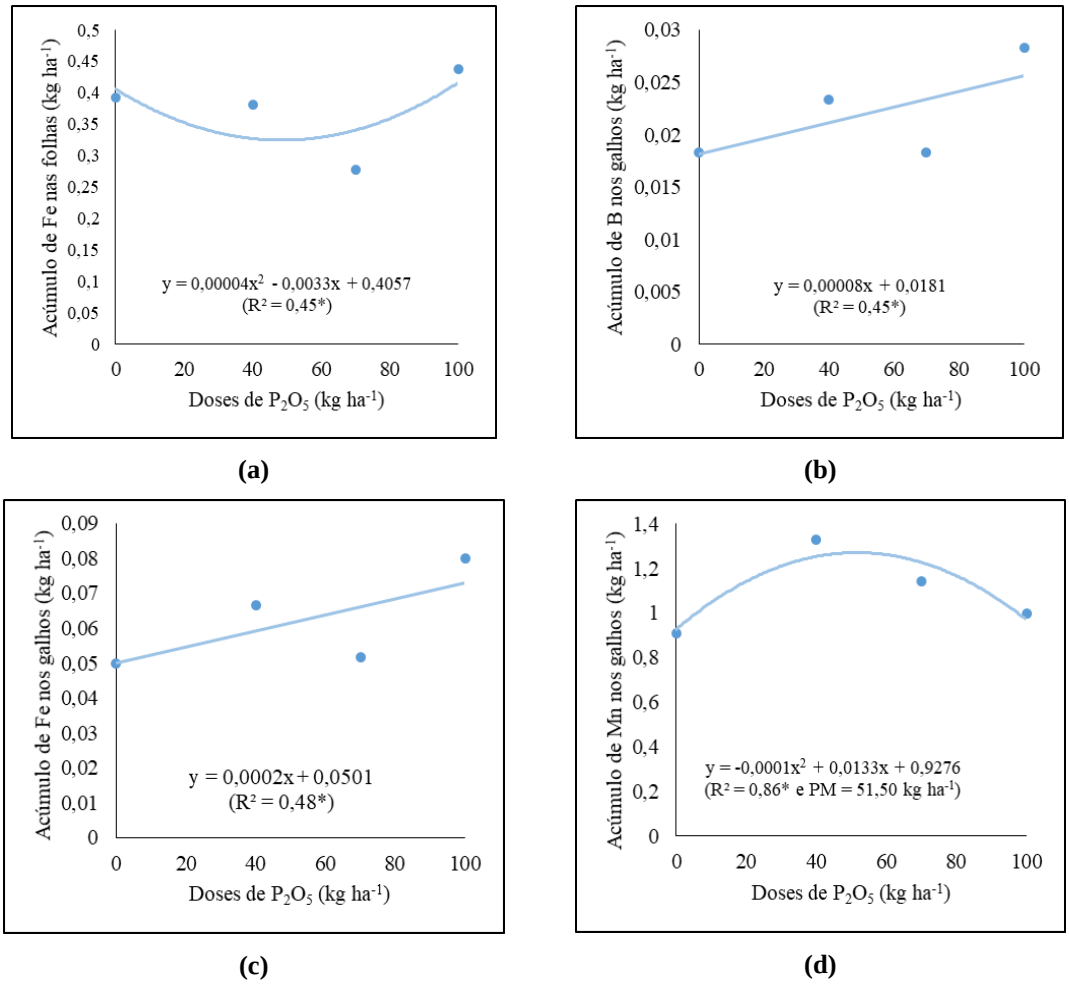
Já para o acúmulo de Mn na casca do eucalipto, apenas a interação influenciou no acúmulo deste micronutriente, os efeitos isolados não proporcionaram nenhum ajuste ou aumento significativo para o Mn na casca do eucalipto (Tabela 27).

Tabela 27. Acúmulo de micronutrientes nas biomassas (folhas, galhos e casca) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de adubação com P_2O_5 e da reaplicação com P_2O_5. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			(kg ha^{-1})		
			Folhas		
0	0,06^{ns}	0,01^{ns}	0,39*	2,30^{ns}	0,03^{ns}
40	0,08	0,02	0,38	2,30	0,04
70	0,06	0,01	0,28	1,72	0,02
100	0,09	0,02	0,44	2,46	0,04
Reaplicação de P_2O_5					
sem	0,07a	0,014a	0,37a	2,19a	0,03a
com	0,07a	0,017a	0,37a	2,20a	0,03a
D.M.S. (5%)	0,01	0,005	0,06	0,31	0,005
C.V. (%)	19,12	0,65#	19,26	16,32	20,29
F doses x reaplicação	4,24*	0,25^{ns}	4,01*	7,37**	2,44^{ns}
			Galhos		
0	0,018*	0,01^{ns}	0,05*	0,91*	0,02^{ns}
40	0,023	0,01	0,07	1,33	0,02
70	0,018	0,01	0,05	1,14	0,02
100	0,028	0,01	0,08	1,00	0,02
Reaplicação de P_2O_5					
sem	0,020a	0,01a	0,06a	0,95b	0,02a
com	0,024a	0,01a	0,07a	1,24a	0,02a
D.M.S. (5%)	0,004	0,004	0,01	0,25	0,005
C.V. (%)	22,91	0,47#	26,88	26,53	0,59#
F doses x reaplicação	2,77^{ns}	1,14^{ns}	4,32^{ns}	3,68*	3,07^{ns}
			Casca		
0	0,02^{ns}	0,02^{ns}	0,03^{ns}	1,40^{ns}	0,01^{ns}
40	0,02	0,01	0,04	1,27	0,01
70	0,02	0,01	0,03	1,40	0,01
100	0,02	0,01	0,04	1,23	0,01
Reaplicação de P_2O_5					
sem	0,02a	0,01a	0,02b	1,24a	0,01a
com	0,02a	0,01a	0,04a	1,41a	0,01a
D.M.S. (5%)	0,004	0,01	0,01	0,26	0,003
C.V. (%)	28,08	0,73#	27,43	22,68	0,34#
F doses x reaplicação	0,88^{ns}	2,08^{ns}	4,07*	5,04*	0,33^{ns}

* e ** - significativo a 5 e 1% pelo teste F. ns - não significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
#Dados corrigidos pela equação $(x+0,5)^{0,5}$
Fonte: Própria autora.

Figura 20. (a) Acúmulo de Fe nas folhas do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(b)** Acúmulo de B nos galhos do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(c)** Acúmulo de Fe nos galhos do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(d)** Acúmulo de Mn nos galhos do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5.



Fonte: Própria autora.

O acúmulo de Fe nas folhas apresentou efeito para a interação doses residuais de P_2O_5 e reaplicação de P_2O_5 (Tabela 28). Constatou-se ajuste à regressão linear crescente no tratamento "com" reaplicação de P_2O_5 em função das doses residuais de P_2O_5. Já no desdobramento das doses de P_2O_5 dentro da reaplicação de P_2O_5, apenas na maior dose 100 kg ha^{-1} de P_2O_5, houve diferença entre os tratamentos da reaplicação, onde "com" apresentou o maior acúmulo de Fe nos galhos (Tabela 28).

Para o acúmulo de Mn nos galho do eucalipto, constatou-se ajuste à equação de regressão quadrática, para o desdobramento dos tratamentos da reaplicação dentro das doses residuais de P_2O_5, ao tratamento "com" (Tabela 28). Em relação ao desdobramento das doses dentro de reaplicação de fósforo, apenas na dose de 40 kg ha^{-1} houve diferença, sendo que "com" a reaplicação o acúmulo de Mn nos galho foi cerca de 113% maior (Tabela 28).

O acúmulo de Zn nos galhos no desdobramento da reaplicação de P_2O_5 dentro das doses de P_2O_5, “com” a reaplicação de P_2O_5 houve ajuste à regressão linear crescente, indicando que com o incremento nas doses residuais de P_2O_5 houve aumento no acúmulo de Zn nos galhos com a reaplicação de P_2O_5 no segundo ciclo de produção (Tabela 28). No desdobramento das doses dentro da reaplicação de P_2O_5, para o acúmulo de Zn nos galhos, houve diferença apenas na maior dose residual (100 kg ha^{-1} de P_2O_5), com maior acúmulo do micronutriente Zn nos galhos no tratamento que recebeu a reaplicação de P_2O_5 (Tabela 28).

No acúmulo de Cu na casca da biomassa do eucalipto, houve ajuste à regressão linear decrescente no tratamento “com” dentro das doses residuais de P_2O_5 (Tabela 28). No desdobramento das doses residuais de P_2O_5 dentro da reaplicação de P_2O_5, para o acúmulo de Cu na casca do eucalipto, apenas na dose 0 kg ha^{-1} (testemunha), houve diferença entre “com” ou “sem” a reaplicação de P_2O_5, sendo que “com” proporcionou maiores acúmulos deste micronutriente na casca do eucalipto (Tabela 28).

O acúmulo do Mn na casca, “com” a reaplicação de P_2O_5 dentro das doses de P_2O_5 ajustou-se à regressão linear decrescente, indicando que com o incremento no residual das doses de P_2O_5, dentro do tratamento “com”, houve diminuição no acúmulo do Mn na casca. Nas doses de 0 e 40 kg ha^{-1} houve diferença entre os tratamentos da reaplicação de P_2O_5 para o acúmulo de Mn na casca, sendo que para ambas as doses, os maiores acúmulos foram “com” a reaplicação de P_2O_5, dentro de cada dose (Tabela 28).

Tabela 28. Desdobramentos da interação doses residuais de P_2O_5 e reaplicação das doses de P_2O_5 nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de Fe nos galhos, acúmulo de Mn nos galhos, acúmulo de Zn nos galhos, acúmulo de Cu na casca e acúmulo de Mn na casca. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de P_2O_5	Reaplicação de P_2O_5			
	Acúmulo de Fe (kg ha^{-1}) nos galhos		Acúmulo de Mn (kg ha^{-1}) nos galhos	
	sem^{ns}	com$^{(1)}$	sem^{ns}	com$^{(2)}$
(kg ha^{-1})				
0	0,05a	0,05a	0,51a	0,97a
40	0,06a	0,07a	0,85b	1,81a
70	0,05a	0,05a	1,15a	1,13a
100	0,06b	0,10a	0,97a	1,03a
D.M.S. (5%)	0,03		0,51	

Doses de P_2O_5	Reaplicação de P_2O_5			
	Acúmulo de Zn (kg ha^{-1}) nos galhos		Acúmulo de Cu (kg ha^{-1}) na casca	
	sem^{ns}	com$^{(3)}$	sem^{ns}	com$^{(4)}$
(kg ha^{-1})				
0	0,02a	0,013a	0,01b	0,023a
40	0,01a	0,01a	0,01a	0,01a
70	0,02a	0,02a	0,01a	0,01a
100	0,013b	0,027a	0,01a	0,01a
D.M.S. (5%)	0,01		0,013	

Doses de P_2O_5	Reaplicação de P_2O_5	
	Acúmulo de Mn (kg ha^{-1}) na casca	
	sem^{ns}	com$^{(5)}$
(kg ha^{-1})		
0	1,06b	1,74a
40	0,97b	1,57a
70	1,53a	1,28a
100	1,42a	1,05a
D.M.S. (5%)	0,53	

ns - não significativo a 5% pelo teste F.
Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
(1) $Y = 0,0004x + 0,0486$ ($R^2 = 0,53^{**}$)
(2) $Y = -0,0002x^2 + 0,0215x + 1,0421$ ($R^2 = 0,60^{**}$ e PM = 53,75 kg ha^{-1})
(3) $Y = 0,00014x + 0,0111$ ($R^2 = 0,84^{*}$)
(4) $Y = -0,0002x + 0,0189$ ($R^2 = 0,65^{*}$)
(5) $Y = -0,0071x + 1,7811$ ($R^2 = 0,97^{**}$)
Fonte: Própria autora.

Na Tabela 29 encontram-se os acúmulos dos micronutrientes nas biomassas do lenho e biomassa total do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de P_2O_5 e da reaplicação com P_2O_5. O acúmulo do B no lenho em função das doses de P_2O_5 apresentou ajuste à equação de regressão quadrática, onde a dose ótima calculada foi de 61,57 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 21 (a)). Para o efeito da reaplicação de P_2O_5, no acúmulo de B no lenho, constatou-se que o acúmulo deste micronutriente "com" a reaplicação foi significativamente maior (Tabela 29). No acúmulo do Cu na biomassa do lenho, apenas o efeito isolado da reaplicação proporcionou diferença entre os tratamentos, sendo que "com" a reaplicação de P_2O_5, o acúmulo de Cu no lenho foi superior (Tabela 29).

Para o acúmulo de Mn no lenho, em função das doses de P_2O_5 houve ajuste à equação de regressão quadrática, com a dose residual ótima estimada em 54,75 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 21 (b)). Na reaplicação de P_2O_5 constatou-se diferença entre os tratamentos para o acúmulo de Mn no lenho, em que o tratamento que recebeu a reaplicação de P_2O_5 foi significativamente maior (Tabela 29).

Em relação ao acúmulo de Zn no lenho, houve ajuste à equação de regressão quadrática, cuja dose ótima (PM) foi de 53,39 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 21 (c)). O efeito isolado da reaplicação de P_2O_5 também influenciou no acúmulo de Zn no lenho, sendo que "com" a reaplicação de P_2O_5 houve um maior acúmulo de Zn no lenho (Tabela 29).

A interação "dose de P_2O_5" *x* "reaplicação de P_2O_5" não influenciou em nenhum dos acúmulos dos micronutrientes no lenho.

No acúmulo de B total, constatou-se ajuste à regressão linear crescente (Figura 21 (d)) para as doses residuais de P_2O_5; em relação ao efeito isolado da reaplicação de P_2O_5 no acúmulo de B total, verificou-se que "com" a reaplicação o acúmulo total deste micronutriente foi superior (Tabela 29).

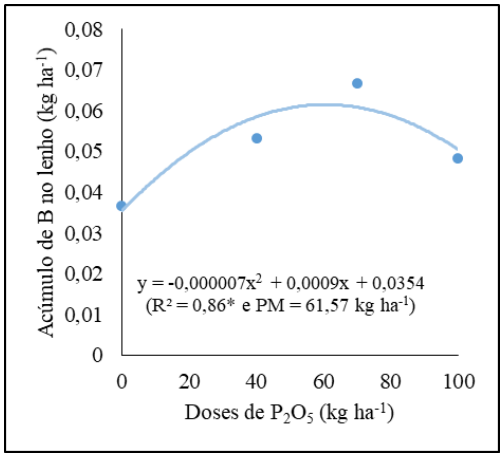
Para o acúmulo de Cu total, apenas a reaplicação de P_2O_5 teve efeito sobre o acúmulo total deste micronutriente, sendo que "com" a reaplicação houve maior acúmulo total de Cu no eucalipto (Tabela 29). No acúmulo de Zn total verificou-se ajuste à regressão quadrática em função das doses de P_2O_5, com a dose residual ótima calculada em 54,61 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 21 (e)). Para a reaplicação de P_2O_5, o acúmulo de Zn total foi significativamente maior no tratamento "com" a reaplicação (Tabela 29).

Tabela 29. Acúmulo de micronutrientes nas biomassas (lenho e total) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de P_2O_5 e da reaplicação com P_2O_5. Três Lagoas – MS, 2019.

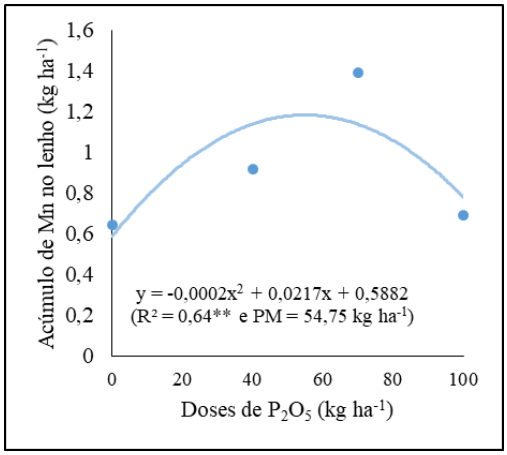
Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			(kg ha^{-1})		
			Lenho		
0	0,04*	0,02^{ns}	0,36^{ns}	0,64**	0,13*
40	0,05	0,02	0,78	0,92	0,21
70	0,07	0,03	2,40	1,39	0,27
100	0,05	0,02	1,08	0,69	0,14
Reaplicação de P_2O_5					
sem	0,04b	0,02b	1,14a	0,70b	0,14b
com	0,061a	0,03a	1,16a	1,13a	0,24a
D.M.S. (5%)	0,02	0,008	0,82	0,27	0,08
C.V. (%)	1,61#	0,87#	23,97#	10,69#	6,80#
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	0,43^{ns}	1,12^{ns}	1,96^{ns}	0,34^{ns}	0,73^{ns}
			Total		
0	0,14**	0,05^{ns}	0,82^{ns}	5,25^{ns}	0,19*
40	0,18	0,05	1,27	5,81	0,28
70	0,16	0,06	2,76	5,66	0,32
100	0,19	0,06	1,64	5,38	0,21
Reaplicação de P_2O_5					
sem	0,15b	0,05b	1,62a	5,09a	0,20b
com	0,18a	0,06a	1,63a	5,96a	0,30a
D.M.S. (5%)	0,02	0,01	0,80	0,88	0,09
C.V. (%)	15,00	22,22	18,52#	18,14	6,49#
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	2,48^{ns}	2,01^{ns}	2,10^{ns}	3,32^{ns}	0,66^{ns}

* e ** - significativo a 5 e 1% pelo teste F. ns - não significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
#Dados corrigidos pela equação $(x+0,5)^{0,5}$
Fonte: Própria autora.

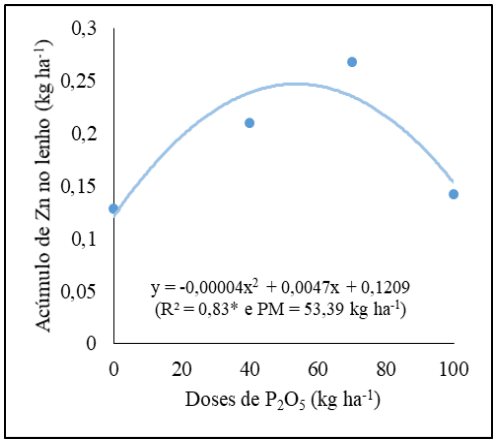
Figura 21. (a) Acúmulo de B no lenho do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(b)** Acúmulo de Mn no lenho do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(c)** Acúmulo de Zn no lenho do eucalipto em função das doses residuais de P_2O_5. **(d)** Acúmulo de B total em função das doses residuais de P_2O_5. **(e)** Acúmulo de Zn total em função das doses residuais de P_2O_5.



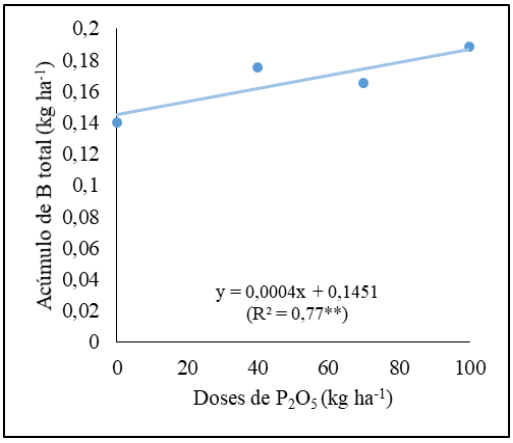
(a)



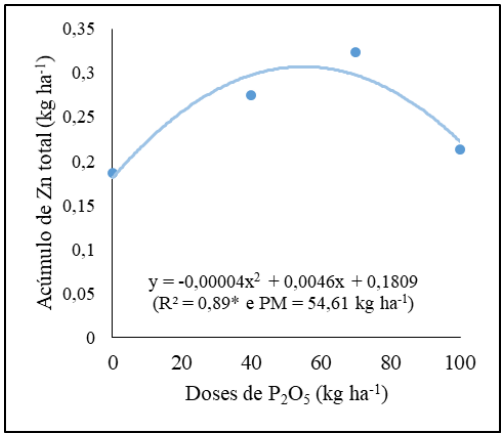
(b)



(c)



(d)



(e)

Fonte: Própria autora.

Houve ajuste para equação de regressão quadrática para ambos os tratamentos da reaplicação de P_2O_5 no acúmulo de Mn no lenho dentro do desdobramento da reaplicação de P_2O_5 *x* doses de P_2O_5 para "sem" reaplicação, a dose residual ótima foi de 55 kg ha^{-1} de P_2O_5 e para "com" reaplicação de fósforo, a dose residual ótima calculada foi de 53,50 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Tabela 30). Ainda no acúmulo de Mn no lenho no desdobramento das doses de P_2O_5, dentro da reaplicação de P_2O_5, constatou-se que apenas na dose de 40 kg ha^{-1} houve diferença entre os tratamentos da reaplicação, sendo que o maior acúmulo de Mn no lenho foi "com" a reaplicação de P_2O_5 (Tabela 30).

Tabela 30. Desdobramentos da interação doses residuais de P_2O_5 e reaplicação das doses de P_2O_5 nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de Mn no lenho. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de P_2O_5	**Reaplicação de P_2O_5**	
	Acúmulo de Mn (kg ha^{-1}) no lenho	
	sem(1)	**com(2)**
(kg ha^{-1})		
0	0,40a	0,89a
40	0,62b	1,22a
70	1,26a	1,52a
100	0,51a	0,87a
D.M.S. (5%)	0,54	

ns - não significativo a 5% pelo teste F.
Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
(1) $Y = -0{,}0002x^2 + 0{,}0220x + 0{,}3238$ ($R^2 = 0{,}54^*$ e PM= 55 kg ha^{-1})
(2) $Y = -0{,}0002x^2 + 0{,}0214x + 0{,}8526$ ($R^2 = 0{,}78^*$ e PM= 53,50 kg ha^{-1})
Fonte: Própria autora.

O acúmulo de macronutrientes nas biomassas de folhas, galhos e casca do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de K_2O e da reaplicação com K_2O, constam na Tabela 31. Apenas para os macronutrientes Ca e Mg houve influência do residual das doses de K_2O nos seus acúmulos na biomassa das folhas do eucalipto (Tabela 31). Para o acúmulo de Ca nas folhas em função das doses de K_2O, houve ajuste a equação de regressão quadrática (PM = 85,12 kg ha^{-1} de K_2O) (Figura 22 (a)). Por sua vez, o acúmulo de Mg nas folhas do eucalipto se ajustou também à regressão quadrática, porém com a dose ótima estimada em 77,19 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 22 (b)). Lima *et al*. (2018) constataram em seus experimentos com a omissão de nutrientes no crescimento do eucalipto, que os maiores teores de Ca e Mg na parte aérea do eucalipto foram no tratamento que houve a omissão de K. Entretanto, esse resultado foi provavelmente devido ao efeito concentração, pois as plantas que não receberam K cresceram menos, portanto, houve maior concentração do Ca e do Mg nas árvores.

No acúmulo de K nos galhos do eucalipto, em função das doses de K_2O houve ajuste à equação de regressão quadrática, cujo maior valor foi reportado na dose 0 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 22 (c)). Para o efeito isolado da reaplicação sobre o acúmulo deste macronutriente nos

galhos verificou-se que “com” a reaplicação do K_2O ocorreram os maiores acúmulos (Tabela 31).

Para o acúmulo de S nos galhos apenas constatou-se ajuste para o efeito isolado das doses residuais de K_2O, sendo que o incremento nas doses residuais de K_2O proporcionou diminuição linear no acúmulo deste macronutriente nos galhos (Figura 22 (d)).

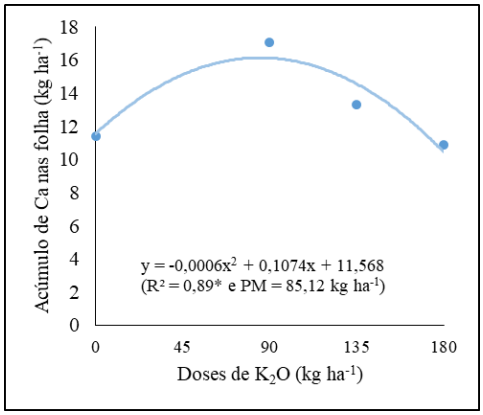
O acúmulo de K na casca do eucalipto foi influenciado pela interação “doses de K_2O” *x* “reaplicação de K_2O” (Tabela 31). Para o acúmulo de Mg na casca do eucalipto, apenas o efeito isolado das doses residuais de K_2O influenciaram nos acúmulos deste nutriente na casca, sendo que, houve ajuste à equação de regressão quadrática com dose ótima em 93,80 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 22 (e)).

Tabela 31. Acúmulo de macronutrientes nas biomassas (folhas, galhos e casca) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de K_2O e da reaplicação com K_2O. Três Lagoas – MS, 2019.

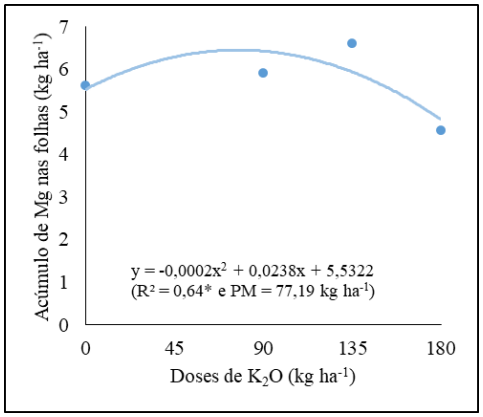
Doses de K_2O (kg ha^{-1})	N	P	K	Ca	Mg	S
			(kg ha^{-1})			
			Folhas			
0	32,77^{ns}	2,43^{ns}	15,62^{ns}	11,42*	5,62*	2,45^{ns}
90	35,34	2,52	16,76	17,04	5,92	2,40
135	43,79	3,10	18,45	13,34	6,62	2,99
180	30,45	2,22	14,84	10,92	4,58	2,02
Reaplicação de K_2O						
sem	34,85a	2,56a	16,00a	11,40a	5,31a	2,45a
com	36,32a	2,58a	16,83a	14,92a	6,05a	2,47a
D.M.S. (5%)	7,34	0,52	4,12	3,98	0,92	0,54
C.V. (%)	23,55	23,14	28,69	14,24#	18,47	24,86
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	0,21^{ns}	0,14^{ns}	0,68^{ns}	0,99^{ns}	0,12^{ns}	0,61^{ns}
			Galhos			
0	10,43^{ns}	2,28^{ns}	14,19*	10,08^{ns}	2,41^{ns}	3,70*
90	7,86	1,77	9,86	10,23	1,90	0,70
135	14,87	3,62	11,47	11,11	3,57	1,29
180	1051	1,63	12,44	7,92	1,96	0,62
Reaplicação de K_2O						
sem	10,76a	1,98a	10,45b	8,42a	2,45a	0,95a
com	11,07a	2,67a	13,53a	11,25a	2,48a	2,22a
D.M.S. (5%)	3,00	0,81	2,38	3,33	0,69	1,60
C.V. (%)	14,08#	13,99#	22,71	18,46#	13,56#	30,06#
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	1,75^{ns}	1,35^{ns}	2,03^{ns}	1,83^{ns}	0,33^{ns}	2,99^{ns}
			Casca			
0	3,14^{ns}	0,78^{ns}	6,94^{ns}	12,55^{ns}	2,18*	0,33^{ns}
90	3,52	1,08	7,14	19,23	2,92	0,40
135	3,76	0,84	6,65	13,83	2,74	0,40
180	3,87	0,66	7,82	17,66	2,30	0,39
Reaplicação de K_2O						
sem	3,28a	0,79a	6,95a	15,51a	2,39a	0,36a
com	3,87a	0,89a	7,32a	16,12a	2,69a	0,40a
D.M.S. (5%)	0,90	0,32	1,42	4,45	0,46	0,09
C.V. (%)	28,64	12,65#	22,64	14,06#	20,52	27,12
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	1,68^{ns}	1,89^{ns}	3,43*	2,01^{ns}	2,17^{ns}	1,26^{ns}

* e ** - significativo a 5 e 1% pelo teste F. ns - não significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
#Dados corrigidos pela equação $(x+0,5)^{0,5}$
Fonte: Própria autora.

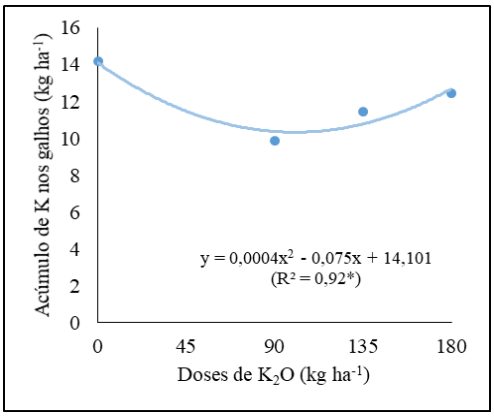
Figura 22. (a) Acúmulo de Ca nas folhas do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(b)** Acúmulo de Mg nas folhas do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(c)** Acúmulo de K nos galhos do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(d)** Acúmulo de S nos galhos do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(e)** Acúmulo de Mg na casca do eucalipto em função das doses residuais de K_2O.



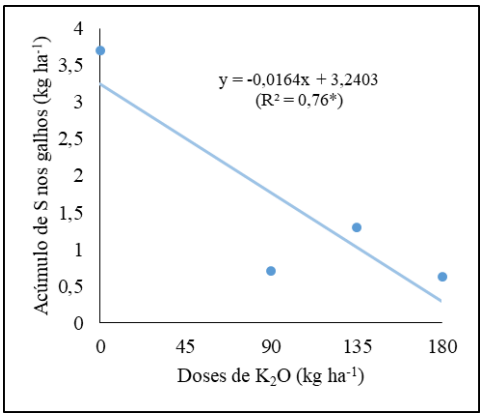
(a)



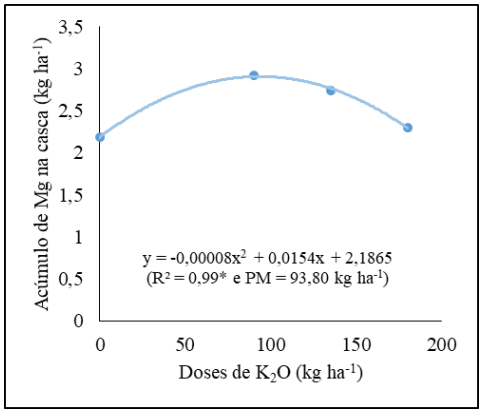
(b)



(c)



(d)



(e)

Fonte: Própria autora.

O acúmulo de Ca na casca apresentou ajuste à regressão linear crescente para o desdobramento da interação "sem" reaplicação das doses de K_2O dentro das doses residuais de K_2O (Tabela 32).

No acúmulo de Mg, na biomassa da casca do eucalipto houve ajuste para a equação quadrática "com" a reaplicação de K_2O dentro das doses de K_2O, cuja dose residual de K_2O ótima foi de 85,67 kg ha^{-1} (Tabela 32). No desdobramento da interação doses de K_2O dentro da reaplicação de K_2O houve efeito na dose de 135 kg ha^{-1} de K_2O, onde "com" a reaplicação tem-se o maior acúmulo de Mg na casca do eucalipto, sendo cerca de 42,50% maior em relação ao "sem" (Tabela 32).

Tabela 32. Desdobramentos da interação doses residuais de K_2O e reaplicação das doses de K_2O nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de Ca na casca e no acúmulo de Mg na casca. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de K_2O	**Reaplicação de K_2O**			
	Acúmulo de Ca (kg ha^{-1}) na casca		**Acúmulo de Mg (kg ha^{-1}) na casca**	
	sem[(1)]	**com[ns]**	**sem[ns]**	**com[(2)]**
(kg ha^{-1})				
0	9,57a	15,53a	2,12a	2,25a
90	16,59a	21,87a	2,63a	3,22a
135	15,39a	12,27a	2,26b	3,22a
180	20,48a	14,83a	2,55a	2,06a
D.M.S. (5%)	8,89		0,91	

ns - não significativo a 5% pelo teste F.
Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
(1) $Y = 0,0551x + 9,9277$ $(R^2 = 0,88^{*})$
(2) $Y = -0,00015x^2 + 0,0257x + 2,2269$ $(R^2 = 0,95^{**}$ e PM = 85,67 kg $ha^{-1})$
Fonte: Própria autora.

Os acúmulos de macronutrientes no lenho do eucalipto e total, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de K_2O e da reaplicação com K_2O, estão descritos na Tabela 33. O acúmulo de N no lenho, em função das doses residuais de K_2O, ajustou à regressão linear crescente, onde, o incremento nas doses residuais de K_2O proporcionou aumento no acúmulo deste macronutriente no lenho do eucalipto (Figura 23 (a)). Para o P, acumulado no lenho do eucalipto, houve diferença apenas para o efeito isolado da reaplicação, "com" a reaplicação de K_2O ocorreu maior acúmulo de P no lenho, no segundo ciclo de produção, aos noves meses após a definição dos brotos (Tabela 33).

O acúmulo de K no lenho teve influência do residual das doses de K_2O, sendo que o ajuste à equação de regressão foi quadrática, porém foi na dose 180 kg ha^{-1} de K_2O que se verificou o maior acúmulo de K no lenho (Figura 23 (b)). A interação das "doses de K_2O" e "reaplicação de K_2O" também influenciou no acúmulo de K no lenho (Tabela 33).

Para os acúmulos de Ca e Mg no lenho houve ajuste à equação de regressão quadrática, ambos com os pontos mínimos estimados em 62,68 e 57,74 kg ha^{-1} de K_2O, respectivamente

(Figura 23 (c) e (d)). Para o acúmulo de Mg também houve diferença entre a interação "doses de K_2O" *x* "reaplicação de K_2O" (Tabela 33).

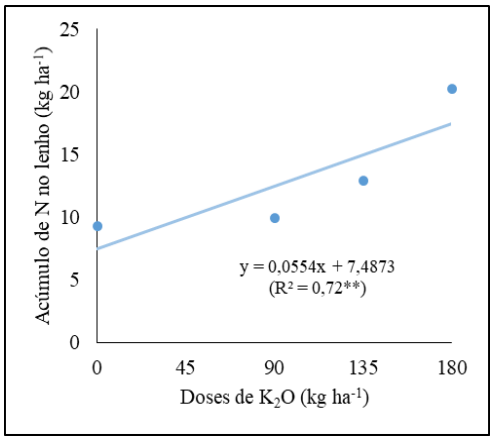
O acúmulo de S no lenho em função das doses de K_2O, ajustou-se à função linear crescente (Figura 23 (e)), o mesmo ocorreu para o acúmulo de N total (Figura 23 (f)). Houve ajuste à equação de regressão quadrática para o acúmulo de K total em função das doses residuais de K_2O, com destaque positivo para a maior dose 180 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 23 (g)).

Tabela 33. Acúmulo de macronutrientes nas biomassas (lenho e total) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de K_2O e da reaplicação com K_2O. Três Lagos – MS, 2019.

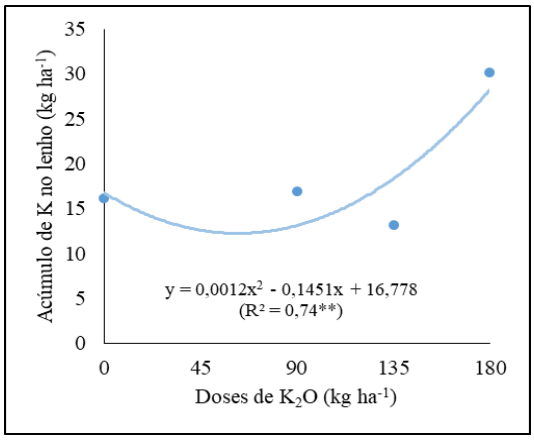
Doses de K_2O (kg ha^{-1})	**N**	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**S**
			(kg ha^{-1})			
			Lenho			
0	9,27**	0,51^{ns}	16,14**	3,82**	2,52**	1,13**
90	9,92	0,49	16,94	3,72	2,88	1,78
135	12,93	0,59	13,22	3,11	2,24	1,40
180	20,25	0,61	30,15	8,82	5,05	2,83
Reaplicação de K_2O						
sem	12,78a	0,42b	18,94a	4,67a	3,05a	1,70a
com	13,40a	0,68a	19,28a	5,07a	3,30a	1,88a
D.M.S. (5%)	3,57	0,19	2,88	1,41	0,66	0,61
C.V. (%)	16,28#	10,59#	17,21	15,48#	23,86	14,77#
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	0,23^{ns}	0,10^{ns}	3,82*	2,29^{ns}	6,68**	0,10^{ns}
			Total			
0	55,61*	6,00^{ns}	52,88**	37,86^{ns}	12,73^{ns}	7,62^{ns}
90	56,63	5,87	50,70	50,22	13,63	5,28
135	75,35	8,15	49,79	41,40	15,16	6,08
180	65,08	5,12	65,24	45,30	13,90	5,86
Reaplicação de K_2O						
sem	61,67a	6,04a	52,68a	40,40a	13,47a	5,51a
com	64,67a	6,53a	56,63a	47,00a	14,24a	6,91a
D.M.S. (5%)	7,94	1,30	6,20	11,63	1,28	1,67
C.V. (%)	14,35	23,68	12,97	30,41	10,57	30,75
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	0,62^{ns}	0,60^{ns}	0,81^{ns}	1,03^{ns}	1,10^{ns}	2,04^{ns}

* e ** - significativo a 5 e 1% pelo teste F. ns - não significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
#Dados corrigidos pela equação $(x+0,5)^{0,5}$
Fonte: Própria autora.

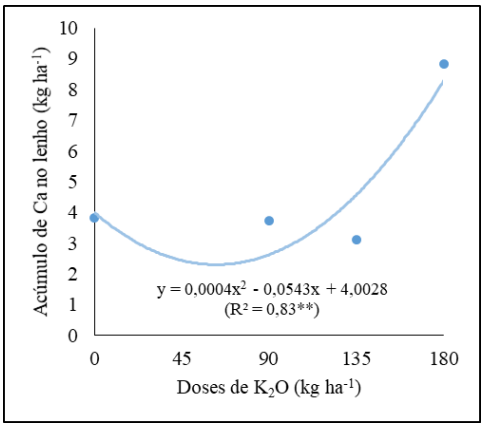
Figura 23. (a) Acúmulo de N no lenho do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(b)** Acúmulo de K no lenho do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(c)** Acúmulo de Ca no lenho do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(d)** Acúmulo de Mg no lenho do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(e)** Acúmulo de S no lenho do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(f)** Acúmulo de N total em função das doses residuais de K_2O. **(g)** Acúmulo de K total em função das doses residuais de K_2O.



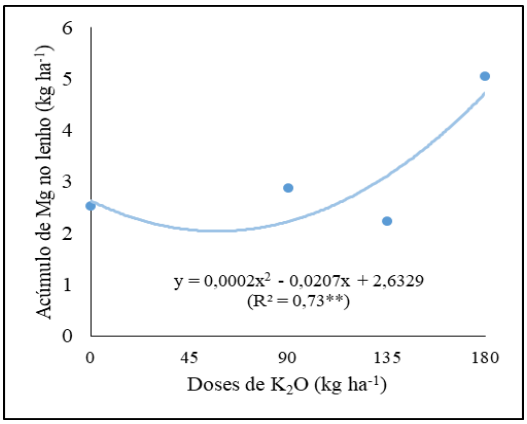
(a)



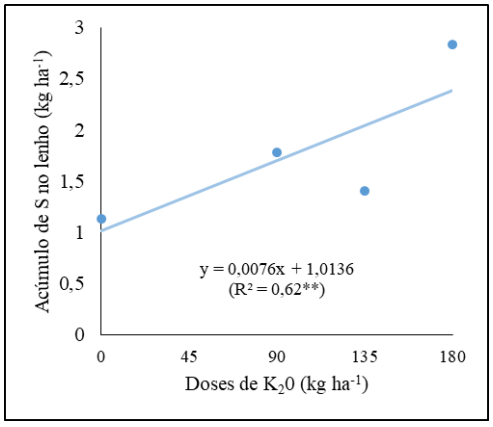
(b)



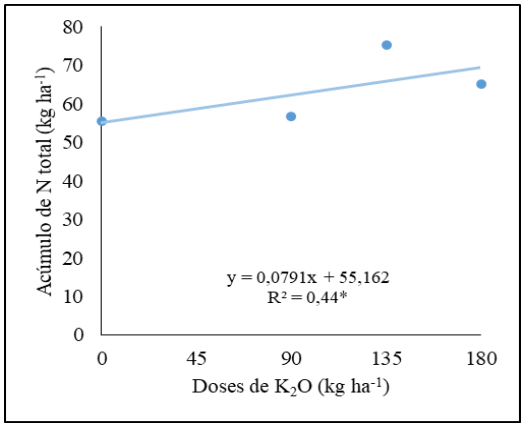
(c)



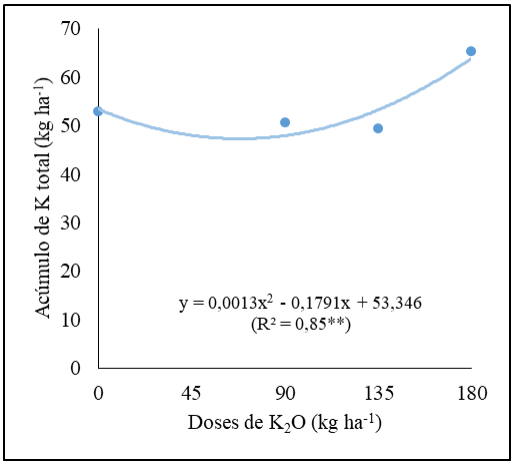
(d)



(e)



(f)



(g)

Fonte: Própria autora.

O acúmulo de N total no desdobramento da interação reaplicação de K_2O *x* doses de K_2O apresentou ajuste no tratamento "sem" à regressão linear crescente, onde o incremento nas doses residuais de K_2O proporcionou aumento linear no acúmulo de N total, quando não houve reaplicação das doses de K_2O (Tabela 34).

Para o acúmulo de K total, houve ajuste a regressão linear crescente no tratamento "sem" reaplicação de K_2O dentro das doses de K_2O e ajuste a equação de regressão quadrática no tratamento "com" (Tabela 34). Para ambos os acúmulos totais dos macronutrientes citados acima não houve diferença no desdobramento das doses dentro da reaplicação das doses de K_2O.

No acúmulo de S total constatou-se ajuste à regressão linear decrescente para o desdobramento do tratamento "sem" dentro das doses de K_2O. No desdobramento das doses de K_2O dentro da reaplicação de K_2O no segundo ciclo de produção, somente na testemunha houve diferença, sendo que "sem" a reaplicação de K_2O ocorreram maiores acúmulos de S total (Tabela 34).

Tabela 34. Desdobramentos da interação doses residuais de K_2O e reaplicação das doses de K_2O nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de N total, no acúmulo de K total e no acúmulo de S total. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de K_2O	Reaplicação de K_2O			
	Acúmulo de N (kg ha^{-1}) total		Acúmulo de K (kg ha^{-1}) total	
	sem[(1)]	com[ns]	sem[(2)]	com[(3)]
(kg ha^{-1})				
0	51,10a	60,11a	48,66a	57,11a
90	55,63a	57,64a	47,44a	53,96a
135	72,58a	78,12a	51,50a	48,09a
180	67,37a	62,79a	63,13a	67,36a
D.M.S. (5%)	15,87		12,41	

Doses de K_2O	Reaplicação de K_2O	
	Acúmulo de S (kg ha^{-1}) total	
	sem[(4)]	com[ns]
(kg ha^{-1})		
0	9,98a	5,25b
90	5,36a	5,19a
135	6,19a	5,98a
180	6,10a	5,62a
D.M.S. (5%)	3,34	

ns - não significativo a 5% pelo teste F.
Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
(1) $Y = 0,1103x + 50,4971$ $(R^2 = 0,72^*)$
(2) $Y = 0,0705x + 45,5415$ $(R^2 = 0,57^*)$
(3) $Y = 0,0015x^2 – 0,2287x + 57,8706$ $(R^2 = 0,67^*)$
(4) $Y = -0,0215x + 9,0885$ $(R^2 = 0,62^*)$
Fonte: Própria autora.

O acúmulo de micronutrientes nas biomassas de folhas, galhos e casca do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de adubação com K_2O e da reaplicação com K_2O, constam na Tabela 38. No acúmulo dos micronutrientes nas folhas do eucalipto, apenas no acúmulo de Zn verificou-se ajuste para a regressão em função do residual das doses de K_2O, sendo este a uma equação de regressão quadrática com a dose ótima estimada em 90,50 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 24 (a)). Não houve efeito isolado da reaplicação nem para a interação entre as doses de K_2O e a reaplicação para nenhum dos acúmulos de micronutrientes nas folhas (Tabela 35).

Para o acúmulo de Cu nos galhos do eucalipto constatou-se ajuste à regressão linear decrescentes (Figura 24 (b)). Também houve efeito entre os tratamentos na interação "dose de K_2O" *x* "reaplicação de K_2O" (Tabela 35). No acúmulo de Mn nos galhos, apenas o efeito isolado da reaplicação de K_2O influenciou no acúmulo deste micronutriente, "com" a reaplicação de K_2O obteve maior acúmulo do micronutriente nos galhos de eucalipto (Tabela 35).

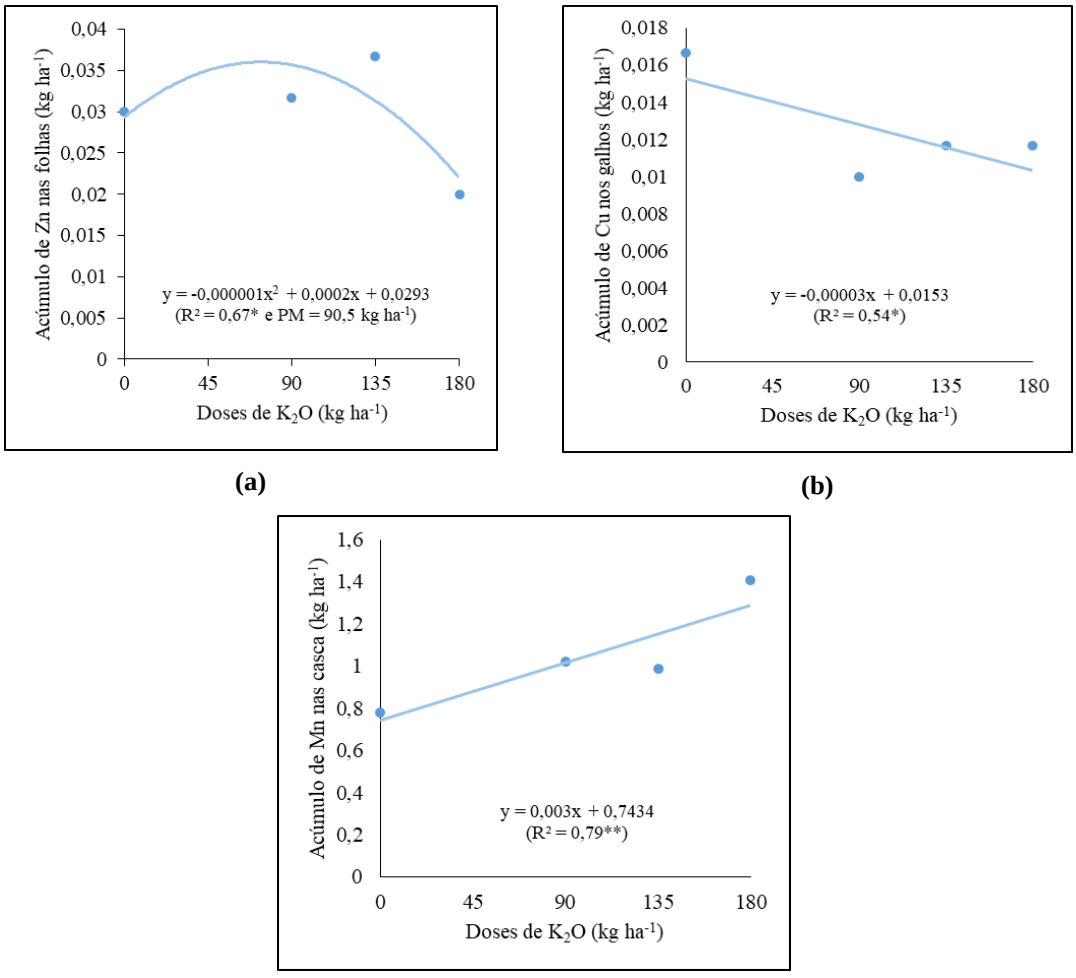
O acúmulo de Mn na casca do eucalipto em função das doses residuais de K_2O ajustou-se à equação de regressão linear crescente (Figura 24 (c)), para as demais fonte de variação não houve efeito no acúmulo de Mn na casca (Tabela 35).

Tabela 35. Acúmulo de micronutrientes nas biomassas (folhas, galhos e casca) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de K_2O e da reaplicação com K_2O. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de K_2O (kg ha^{-1})	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			(kg ha^{-1})		
			Folhas		
0	0,06^{ns}	0,016^{ns}	0,29^{ns}	1,43^{ns}	0,03*
90	0,07	0,018	0,30	1,72	0,03
135	0,08	0,013	0,42	2,20	0,04
180	0,06	0,012	0,28	1,72	0,02
Reaplicação de K_2O					
sem	0,06a	0,014a	0,30a	1,59a	0,03a
com	0,07a	0,016a	0,34a	1,95a	0,03a
D.M.S. (5%)	0,02	0,004	0,07	0,52	0,006
C.V. (%)	1,91#	0,50#	26,03	12,40#	24,88
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	0,20^{ns}	1,91^{ns}	0,51^{ns}	0,95^{ns}	0,90^{ns}
			Galhos		
0	0,023^{ns}	0,016*	0,06^{ns}	1,09^{ns}	0,02^{ns}
90	0,018	0,010	0,05	0,71	0,01
135	0,023	0,012	0,08	1,30	0,02
180	0,018	0,012	0,05	1,14	0,02
Reaplicação de K_2O					
sem	0,018a	0,010a	0,06a	0,87b	0,02a
com	0,023a	0,015a	0,07a	1,24a	0,02a
D.M.S. (5%)	0,004	0,003	0,01	0,34	0,004
C.V. (%)	23,42	28,28	24,76	11,80#	27,60
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	3,03^{ns}	4,00*	1,91^{ns}	1,92^{ns}	3,04^{ns}
			Casca		
0	0,015^{ns}	0,005^{ns}	0,03^{ns}	0,78**	0,01^{ns}
90	0,020	0,007	0,03	1,02	0,01
135	0,016	0,008	0,03	0,99	0,01
180	0,018	0,007	0,03	1,40	0,01
Reaplicação de K_2O					
sem	0,016a	0,006a	0,02a	1,01a	0,01a
com	0,019a	0,008a	0,04a	1,08a	0,01a
D.M.S. (5%)	0,007	0,004	0,02	0,28	0,002
C.V. (%)	0,78#	0,51#	2,17#	29,99	19,60
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	0,86^{ns}	1,06^{ns}	1,85^{ns}	1,49^{ns}	1,00^{ns}

* e ** - significativo a 5 e 1% pelo teste F. ns - não significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
#Dados corrigidos pela equação $(x+0,5)^{0,5}$
Fonte: Própria autora.

Figura 24. (a) Acúmulo de Zn nas folhas do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(b)** Acúmulo de Cu nos galhos do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(c)** Acúmulo de Mn na casca do eucalipto em função das doses residuais de K_2O.



Fonte: Própria autora.

Para o acúmulo de Cu nas folhas do eucalipto, em relação ao desdobramento da interação reaplicação de K_2O nas doses residuais de K_2O, constatou-se ajuste para “com” a reaplicação de K_2O, sendo este linear decrescente (Tabela 36). Não foi verificada diferença no desdobramento das doses residuais de K_2O dentro da reaplicação de K_2O (Tabela 36).

Tabela 36. Desdobramentos da interação doses residuais de K_2O e reaplicação das doses de K_2O aos nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de Cu nas folhas. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de K_2O	**Reaplicação de K_2O**	
	Acúmulo de Cu (kg ha^{-1}) nas folhas	
	sem^{ns}	**com$^{(1)}$**
(kg ha^{-1})		
0	0,013a	0,02a
90	0,017a	0,02a
135	0,017a	0,01a
180	0,013a	0,01a
D.M.S. (5%)	0,01	

ns - não significativo a 5% pelo teste F.
Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
(1) $Y = -0,00006x + 0,0204$ ($R^2 = 0,89^*$)
Fonte: Própria autora.

Os acúmulos de micronutrientes nas biomassas de lenho e total do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos em função do residual das doses de K_2O e da reaplicação com K_2O estão descritos na Tabela 37. Houve ajuste à regressão linear crescente para o acúmulo de B no lenho em função das doses residuais de K_2O (Figura 25 (a)). O mesmo comportamento ocorreu para o acúmulo de Cu no lenho em função das doses residuais de K_2O (Figura 25 (b)). Para o acúmulo de Cu no lenho, além do ajuste às doses residuais de K_2O, foi verificado efeito significativo para a interação entre as doses residuais de K_2O e a reaplicação de K_2O (Tabela 37). Para os acúmulos de Fe, Mn e Zn, apenas houve ajuste em função das doses residuais de K_2O, sendo que para todos os micronutrientes citados, os ajustes constatados foram à equação de regressão linear crescente (Figura 25 (c), (d) e (e)).

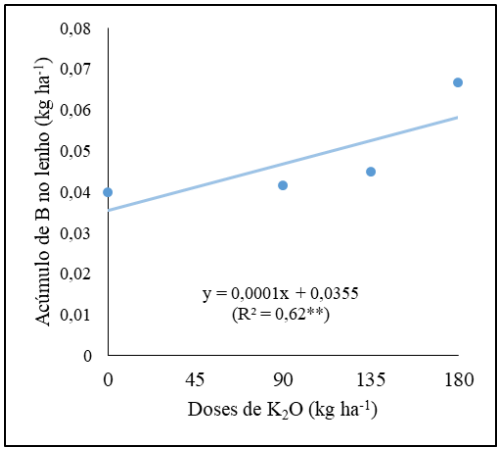
Para o acúmulo de micronutrientes total, o B em função das doses residuais de potássio, apresentou ajuste à regressão linear crescente, não havendo diferença para o efeito isolado da reaplicação nem efeito para a interação (Tabela 37). Para o acúmulo de Cu total, houve diferença somente na interação "doses residuais de K_2O" e "reaplicação de K_2O" (Tabela 37). Para o acúmulo de Fe, Mn e Zn em função das doses de K_2O houve ajustes à regressão linear crescente (Figura 25 (g), (h) e (i)), sendo que em nenhum destes micronutriente e seus acúmulos totais constatou-se diferença para o efeito isolado da reaplicação de K_2O e da interação entre as "doses residuais de K_2O" *x* "reaplicação de K_2O".

Tabela 37. Acúmulo de micronutrientes nas biomassas (lenho e total) do eucalipto, aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de K_2O e da reaplicação com K_2O. Três Lagoas – MS, 2019.

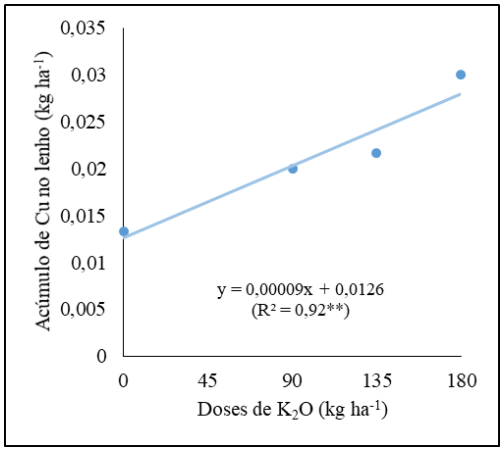
Doses de K_2O (kg ha^{-1})	B	Cu	Fe (kg ha^{-1})	Mn	Zn
			Lenho		
0	0,04**	0,01**	0,36**	0,49**	0,11**
90	0,04	0,02	1,09	0,50	0,18
135	0,05	0,02	0,36	0,60	0,12
180	0,07	0,03	2,40	1,39	0,27
Reaplicação de K_2O					
sem	0,047a	0,02a	0,71a	0,73a	0,15a
com	0,049a	0,02a	1,40a	0,76a	0,19a
D.M.S. (5%)	0,01	0,004	0,83	0,10	0,06
C.V. (%)	23,94	22,67	24,02#	14,82	4,60#
F doses x reaplicação	0,54ns	4,49*	1,15ns	3,30ns	0,77ns
			Total#		
0	0,13*	0,05ns	0,75**	3,79*	0,17**
90	0,15	0,05	1,47	3,96	0,23
135	0,16	0,05	0,90	5,07	0,19
180	0,16	0,06	2,76	5,66	0,32
Reaplicação de K_2O					
sem	0,15a	0,05a	1,16a	4,20a	0,21a
com	0,16a	0,05a	1,78a	5,04a	0,25a
D.M.S. (5%)	0,02	0,005	0,79	1,05	0,50
C.V. (%)	16,57	10,60	18,43	25,95	25,02
F doses x reaplicação	0,16ns	14,54**	1,33ns	0,56ns	0,94ns

* e ** - significativo a 5 e 1% pelo teste F. ns - não significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
#Dados corrigidos pela equação $(x+0,5)^{0,5}$
Fonte: Própria autora.

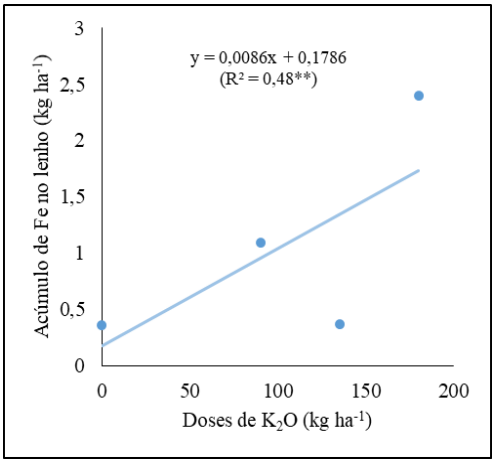
Figura 25. (a) Acúmulo de B no lenho do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(b)** Acúmulo de Cu no lenho do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(c)** Acúmulo de Fe no lenho do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(d)** Acúmulo de Mn no lenho do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(e)** Acúmulo de Zn no lenho do eucalipto em função das doses residuais de K_2O. **(f)** Acúmulo de B total em função das doses residuais de K_2O. **(g)** Acúmulo de Fe total em função das doses residuais de K_2O. **(h)** Acúmulo de Mn total em função das doses residuais de K_2O. **(i)** Acúmulo de Zn total em função das doses residuais de K_2O.



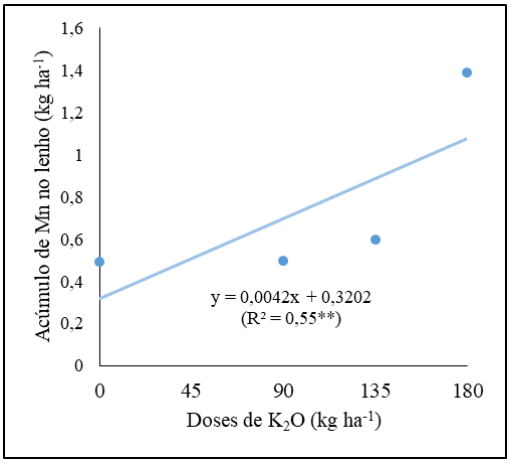
(a)



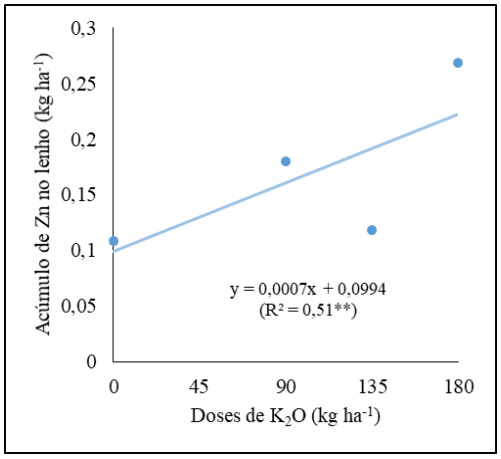
(b)



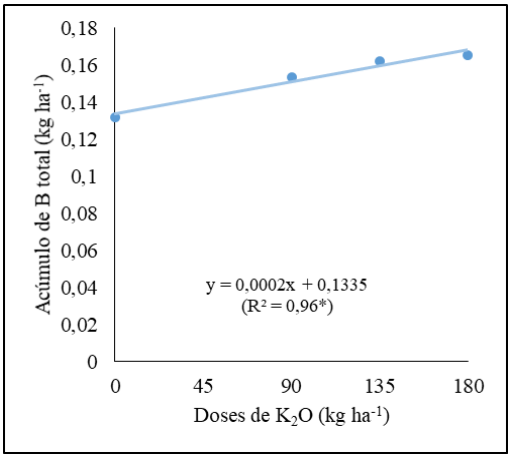
(c)



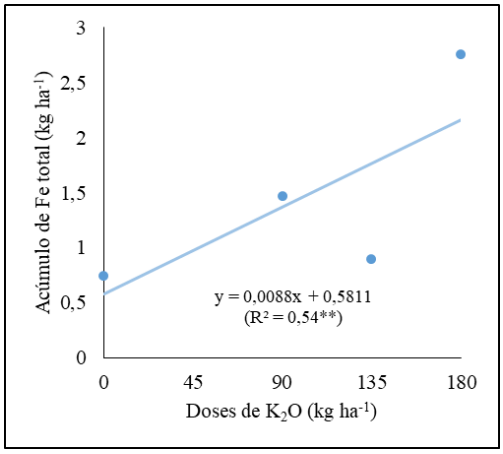
(d)



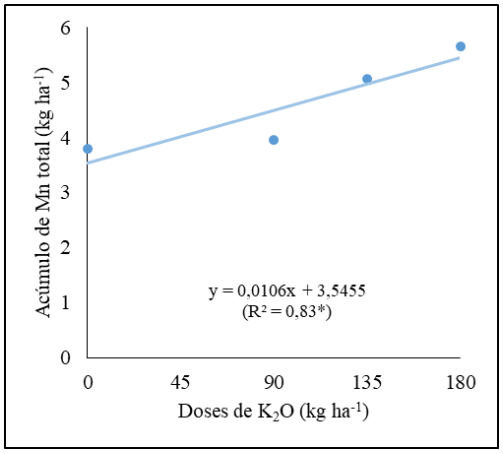
(e)



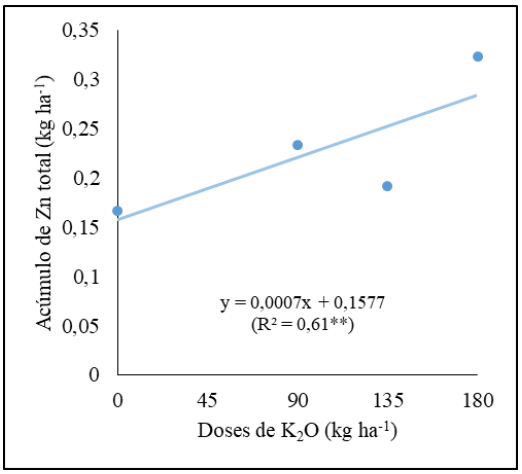
(f)



(g)



(h)



(i)

Fonte: Própria autora.

No acúmulo de Cu total houve ajuste à regressão linear crescente para o tratamento "sem" reaplicação de K_2O, em função das doses residuais de K_2O já para "com" a reaplicação de K_2O dentro das doses de K_2O, o ajuste foi a equação de regressão quadrática, cujo ponto mínimo foi de 100 kg ha^{-1} (Tabela 38). Para o desdobramento das doses dentro da reaplicação de K_2O constatou-se que na testemunha maior acúmulo de Cu total no tratamento "com" a

reaplicação da adubação potássica. Para a dose de 135 kg ha^{-1} de K_2O, o comportamento variou, sendo que o maior acúmulo deste micronutriente foi no tratamento "sem" (Tabela 38).

Tabela 38. Desdobramentos da interação doses residuais de K_2O e reaplicação das doses de K_2O aos nove meses após a definição dos brotos, no acúmulo de Cu total. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de K_2O	Reaplicação de K_2O	
	Acúmulo de Cu (kg ha^{-1}) total	
	sem[(1)]	com[(2)]
(kg ha^{-1})		
0	0,04b	0,06a
90	0,05a	0,05a
135	0,06a	0,04b
180	0,06a	0,05a
D.M.S. (5%)	0,01	

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
(1) $Y = 0{,}0001x + 0{,}0413$ ($R^2 = 0{,}93^{**}$)
(2) $Y = 0{,}000002x^2 - 0{,}0004x + 0{,}0636$ ($R^2 = 0{,}96^{**}$ e PM = 100 kg ha^{-1})
Fonte: Própria autora.

Houve resposta, para a maioria das avaliações realizadas na segunda etapa, à reaplicação das doses de N, P_2O_5 e K_2O, principalmente pelo tipo de colheita realizado na área de estudo, no caso em questão, a colheita retira da área praticamente todo material vegetal, deixando pouco resto cultural para a ciclagem dos nutrientes no ciclo posterior, diminuindo assim a quantidade de serapilheira na área, portanto aumentando o potencial de resposta a reaplicação das adubações NPK. Em consequência do tipo de colheita realizado na área, constataram-se nos três experimentos avaliados, baixo teor de M.O. no solo, este fator somado a outros podem ter contribuídos para as inúmeras respostas às reaplicações das adubações N, P_2O_5 e K_2O.

4.2.4. DAP, altura de plantas e volume de madeira

Aos dozes meses após a definição dos brotos foi mensurado o diâmetro a altura do peito, a altura de plantas e por meio deste obtido o volume de madeira em função do residual das doses de adubação com N e da reaplicação das doses de N no segundo ciclo de produção (Tabela 39). Verificou-se que para o efeito isolado do residual das doses da adubação nitrogenada não houve ajuste a função de regressão, o mesmo ocorreu para o efeito isolado da reaplicação do N no segundo ciclo de produção ("com" ou "sem") para as avaliações de crescimento do eucalipto em questão (Tabela 39).

Constatou-se efeito significativo para a interação residual das doses de adubação e reaplicação das doses de N para o DAP e para o volume de madeira (V).

Tabela 39. Diâmetro a altura do peito (DAP), altura de plantas (H) e volume de madeira (V) aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de N e da reaplicação com N. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de N kg ha^{-1}	**DAP (cm)**	**H (m)**	**V (m^3 ha^{-1})**
0	5,80^{ns}	6,61^{ns}	23,49^{ns}
70	6,12	6,98	28,04
105	5,97	5,77	22,30
140	6,17	7,06	28,31
Reaplicação de N			
sem	5,85a	6,56a	24,18a
com	6,18a	6,66a	26,89a
D.M.S. (5%)	0,38	0,42	4,52
C.V. (%)	7,32	7,23	20,22
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	6,12**	2,83^{ns}	5,68**

* e ** - significativo a 5 e 1% pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
Fonte: Própria autora.

O diâmetro a altura do peito (DAP), altura de plantas (H) e volume (V), aos doze meses após a definição dos brotos do eucalipto em função do residual das doses de P_2O_5 e da reaplicação com P_2O_5, estão descritos na Tabela 40. Não houve efeito para a interação entre o residual das doses com a reaplicação das doses de P_2O_5 em nenhuma das avaliações de crescimento descritos.

O DAP e o volume de madeira apresentaram diferença para o efeito isolado da reaplicação das doses da adubação fosfatada, constatando que, no tratamento com a reaplicação das doses de P_2O_5 (Tabela 40), em ambos, proporcionaram maiores valores, indicando que a adubação fosfatada contribuiu para o aumento do diâmetro do eucalipto e consequentemente para o aumento do volume de madeira.

Houve ajuste a função de regressão para as três variáveis de crescimento em detrimento do residual adubação fosfatada (Figura 26). Para o DAP, constatou-se ajuste à função linear crescente (Figura 26 (a)), indicando que o acréscimo nas doses residuais de fósforo contribuiu para o crescimento radial do lenho.

Para a altura de plantas (Figura 26 (b)) e o volume de madeira (Figura 26 (c)), houve ajuste à função de regressão quadrática, em que os melhores resultados foram obtidos com as aplicações residuais da menor e maior dose de P_2O_5, respectivamente. Cipriani *et al*. (2012) encontraram correlação positiva entre o crescimento em altura de três clones de eucalipto e o incremento na adubação fosfatada, com doses ótimas estimadas em 112 kg ha^{-1} (Clone VM01), 108 kg ha^{-1} (Clone H13) e 128 kg ha^{-1} (Clone Urocam), no geral, estes autores citaram que o P é limitante para o crescimento inicial do eucalipto.

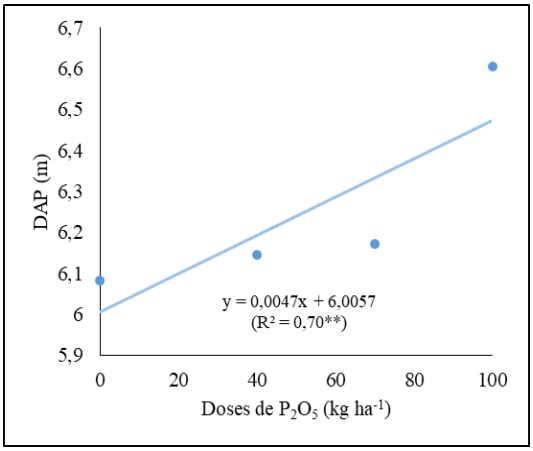
Melo *et al*. (2018), avaliando a resposta de clones de eucaliptos para a aplicação de fertilizantes N, P e K em diferentes condições edafoclimáticas, constataram para a respostas dos clones a adubação fosfatada que ganhos em produtividade são maiores nos estágios iniciais do eucalipto, indicando que há maior demanda por este nutriente no início do crescimento das plantas de eucalipto. Além disso, a resposta a adubação fosfatada também depende da quantidade de P disponível no solo, sendo maiores as respostas a adubação fosfatadas em solos com menores teores deste nutriente no solo.

Tabela 40. Diâmetro a altura do peito (DAP), altura de plantas (H) e volume (V) aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de P_2O_5 e da reaplicação com P_2O_5. Três Lagoas – MS, 2019.

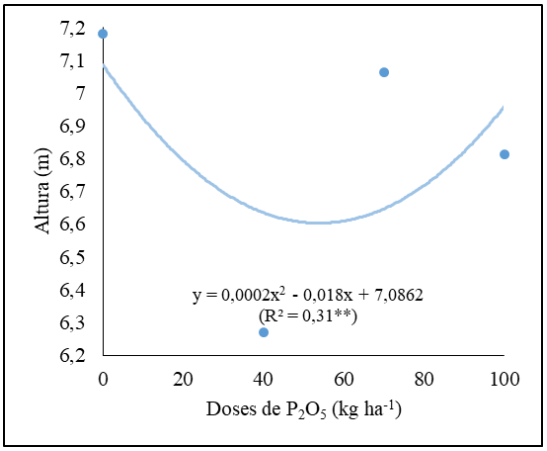
Doses de P_2O_5 kg ha^{-1}	**DAP (cm)**	**H (m)**	**V (m^3 ha^{-1})**
0	6,08**	7,18**	27,99**
40	6,15	6,27	24,79
70	6,17	7,06	28,31
100	6,60	6,81	31,19
Reaplicação de P_2O_5			
sem	6,01b	6,82a	25,90b
com	6,49a	6,84a	30,25a
D.M.S. (5%)	0,25	0,12	2,17
C.V. (%)	4,57	2,05	8,85
F $_{\text{doses x reaplicação}}$	1,49^{ns}	2,52^{ns}	1,45^{ns}

* e ** - significativo a 5 e 1% pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
Fonte: Própria autora.

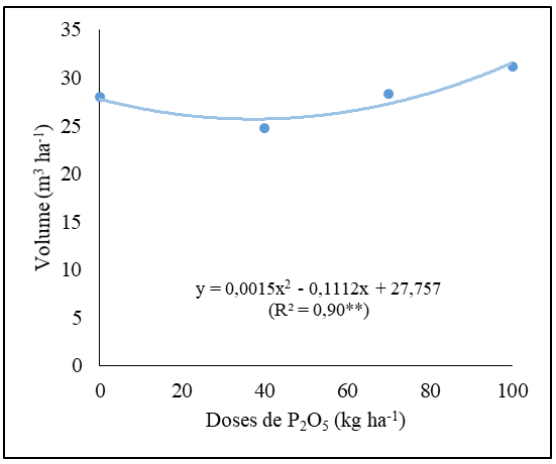
Figura 26. (a) DAP (m) em função das doses residuais de P_2O_5 (kg ha^{-1}). **(b)** Altura de planta (m) em função das doses residuais de P_2O_5 (kg ha^{-1}). **(c)** Volume (m^3 ha^{-1}) em função das doses residuais de P_2O_5 (kg ha^{-1}).



(a)



(b)



(c)

Fonte: Própria autora.

O diâmetro a altura do peito (DAP), altura de plantas (H) e volume (V) aos doze meses após a definição dos brotos em função do residual das doses de K_2O e da reaplicação com K_2O constam na Tabela 41. Não houve ajuste à regressão para o DAP em função do residual das doses de K_2O. Para altura de plantas e volume de madeira, houve ajuste à regressão linear crescente (Figura 27 (a) e (b) respectivamente), onde o incremento no residual das doses da adubação potássica contribuiu para o aumento da altura e do volume de madeira. O teor médio de K^+ trocável no solo do experimento com doses residuais de K_2O (Tabela 10) também respondeu linearmente ao incremento do residual das doses de K_2O, sendo que apenas na dose testemunha o teor esteve abaixo do teor considerado médio segundo Raij *et al*. (1997). Este resultado pode ter contribuído para a resposta da altura de plantas e o volume de madeira ao residual de doses de potássio no solo, pois os teores deste nutrientes estavam dentro do

considerado adequado para a planta de eucalipto, com exceção da testemunha. Cipriani *et al*. (2012) não relataram resposta à adubação potássica para o crescimento inicial do eucalipto, entretanto, pressupõem que este resultado seja devido ao teor de K presente no solo, que estava abaixo do considerado adequado para a cultura do eucalipto. Teixeira *et al*. (2006), avaliando a resposta de mudas de eucalipto em função das doses da adubação potássica, também observaram que doses crescentes da adubação potássica até a dose considerada máxima para cada espécie de eucalipto avaliada, aumento a altura em todas as espécies de eucalipto estudadas.

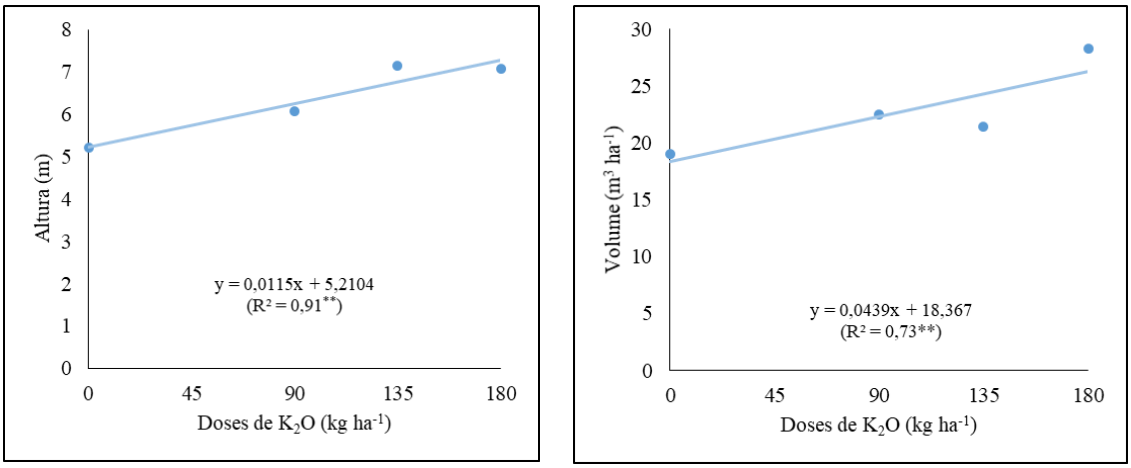
Não houve diferença para o efeito isolado da reaplicação do K_2O em nenhuma das avaliações de crescimento (DAP, H e V). Para a interação do residual das doses de adubação e reaplicação da adubação potássica também não foi constatado efeito para DAP, altura e volume de madeira.

Tabela 41. Diâmetro a altura do peito (DAP), altura de plantas (H) e volume (V) aos doze meses após a definição dos brotos, em função do residual das doses de K_2O e da reaplicação com K_2O. Três Lagoas – MS, 2019.

Doses de K_2O kg ha^{-1}	**DAP (cm)**	**H (m)**	**V (m^3 ha^{-1})**
0	5,54^{ns}	5,92**	18,99**
90	5,88	6,07	22,48
135	5,34	7,15	21,45
180	6,17	7,06	28,31
Reaplicação de K_2O			
sem	5,64a	6,50a	22,16a
com	5,82a	6,60a	23,46a
D.M.S. (5%)	0,38	0,28	3,68
C.V. (%)	7,57	4,96	18,42
F $_{doses\ x\ reaplicação}$	1,53^{ns}	1,73^{ns}	1,90^{ns}

* e ** - significativo a 5 e 1% pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
Fonte: Própria autora.

Figura 27. (a) Altura de planta (m) em função das doses residuais de K_2O (kg ha^{-1}). **(b)** Volume (m^3 ha^{-1}) em função das doses residuais de K_2O (kg ha^{-1}).



(a) **(b)**

Fonte: Própria autora.

5 CONCLUSÕES

5.1 PRIMEIRA ETAPA

Doses residuais de N que variaram entre 64 e 75 kg ha^{-1} proporcionaram maior teor de Fe no solo e teores de N, K, Mg, S, B, Fe e Zn no folhedo do primeiro ciclo do eucalipto. Contudo, os teores de nutrientes foliares e crescimento inicial do eucalipto (cinco meses após a definição dos brotos) não foram influenciados pela adubação nitrogenada residual em solo arenoso.

O incremento de doses residuais de P_2O_5 aumentou os teores de P e Zn no solo, teor de K no folhedo, diminuiu o teor Mg foliar e aumentou o crescimento inicial em altura e volume estimado de madeira de eucalipto.

O residual de doses de K_2O influenciou positivamente o teor de Ca no solo, aumentou o teor de K no folhedo e de Mn e Zn nas folhas, porém diminuiu os teores de Ca, B e Fe no folhedo e de Mg foliar. A adubação potássica residual não aumentou significativamente o crescimento inicial do eucalipto no Cerrado.

5.2 SEGUNDA ETAPA

Aos 12 meses após a definição dos brotos de eucalipto verificou-se efeito residual diferenciado de doses nitrogênio, fósforo e potássio, e principalmente da reaplicação destes nutrientes na absorção e acúmulo de nutrientes nas folhas, galhos, casca, lenho e total da parte aérea de eucalipto cultivado no Cerrado, em solo arenoso de baixa fertilidade.

A reaplicação das doses de N também proporcionou maiores acúmulos de P e Mg na biomassa das folhas, maiores acúmulos de P e Ca na biomassa dos galhos e maiores acúmulos totais de N, P, K Mg e S. Com a reaplicação de P_2O_5 observou-se maiores acúmulos de Mg nas folhas e maiores acúmulos de Ca nos galhos do eucalipto.

A adubação nitrogenada residual e a reaplicação de N não influenciaram o crescimento do eucalipto aos 12 meses após a definição dos brotos. Entretanto, com a reaplicação de N, as biomassas de lenho e total do eucalipto foram maiores.

O incremento de doses residuais de P_2O_5 aumentou linearmente o DAP e influenciou positivamente o volume de madeira e biomassa do lenho; e sem a reaplicação deste nutriente

houve incremento na biomassa da casca. A reaplicação de fósforo proporcionou maior DAP, volume de madeira e biomassas de lenho e total desta espécie florestal.

O residual de doses de K_2O influenciou positivamente as biomassas da folha, lenho e total, e aumentou linearmente a altura de planta e volume de madeira do eucalipto. A reaplicação da adubação potássica não interferiu no crescimento e produtividade do eucalipto, porém aumentou a biomassa total da planta com expectativa de respostas futuras.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. C. R.; LACLAU, J. P.; GONÇALVES, J. L. M.; MOREIRA, R. M.; ROJAS, J. S. D. Índice de área foliar de *Eucalyptus grandis* em resposta à adubação com potássio e sódio. *In*: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL, 1, 2007, Taubaté. **Anais** [...]. Taubaté: [s.n.], 2007. p. 1-7. Disponível em: http://www.agro.unitau.br/serhidro/doc/pdfs/1-7.pdf. Acesso em: 01 abr. 2020.

ALEXANDRE, J. R.; OLIVEIRA, M. L. F.; SANTOS, T. C.; CANTON, G. C.; CONCEIÇÃO, J. M.; EUTROPIO, F. J.; CRUZ, Z. M. A.; DOBBSS, L. B.; RAMOS, A. C. Zinco e ferro: de micronutrientes a contaminantes do solo. **Natureza**, Santa Teresa, v. 10, n. 1, p. 23-28, 2012. Disponível em: http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/05_AlexandreJRetal_023028.pdf. Acesso em: 01 abr. 2020.

ANDRADE, G. C.; BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D.; RIZZI, N. E.; GAVA, J. L. Acúmulo de nutrientes na biomassa e na serapilheira de *Eucalyptus grandis* em função da aplicação de lixo urbano e de nutrientes minerais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 53, p. 109-136, 2006.

ANDRADE, G. C; SILVA, H.D.; BELLOTE, A.F.J.; FERREIRA. C.A. Efeito da adubação fosfatada a da aplicação de resíduo de celulose no crescimento de *Eucalyptus dunnii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 47, p. 43-54, 2003.

ASSIS, C. O.; TRUGILHO, P. F.; GOULART, S. L.; ASSIS, M. R.; BIANCHI, M. L.. Efeito da aplicação de nitrogênio na produção e qualidade da madeira e carvão vegetal de um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 1, 2018. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.117914. Acesso em: 27 jan. 2020.

BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F.; FONSECA, S. Contribuição de reservas orgânicas de N em solos sob plantações de eucalipto. *In*: SEMANA DE ENGENHARIA FLORESTAL, 2, 2011, Vitória da Conquista. **Anais** [...]. Vitória da Conquista: UESB, 2011. p. 48-54.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Eucalypt nutrition and fertilizer regimes in Brazil. *In*: ATTIWILL, P. M.; ADAMS, M. A. **Nutrition of the eucalypts**. Collingwood: CSIRO, 1996. p. 335-356.

BARROS, K. L. C.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N. Capacidade de brotação de teca sob regime de talhadia composta. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 24, 2017. Disponível em: http://www.floram.periodikos.com.br/article/10.1590/2179-8087.134315/pdf/floram-24-e00134315.pdf. Acesso em: 01 abr. 2020.

BASSACO, M. V. M.. **Nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento e nutrição de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* em dois sítios no estado do Paraná, Brasil**. 2018. 82 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em: http://www.pgcisolo.agrarias.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2013/06/Bassaco-NITROG%C3%8ANIO-F%C3%93SFORO-E-POT%C3%81SSIO-NO-CRESCIMENTO-E-NUTRI%C3%87%C3%83O-DE-Eucalyptus-

urophylla-x-Eucalyptus-grandis-EM-DOIS-S%C3%8DTIOS-NO-ESTADO-DO-PARAN%C3%81-v55.pdf. Acesso em: 01 abr. 2020.

BAZANI, J. H.; BATISTUZZO, G. Z. B.; ZUCON, A. R. S.; PRIETO, M. R.; GONÇALVES, J. L. M.; ROCHA, J. H .T.; MELO, E. A. S. C. Qualidade silvicultural: a fertilização de base e sua influência no desenvolvimento inicial de plantações de eucalipto. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 24, n. 45, 2014 Disponível em: https://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr45/st45-cap02.pdf. Acesso em: 01 jul. 2019.

BELLOTE, A. F. G.; DEDECEK, R. A. ; SILVA, H. D. Nutrientes minerais, biomassa e deposição de serapilheira em plantios de *Eucalyptus* com diferentes sistemas de manejo de resíduos florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 56, p. 31-41, 2008. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/315460. Acesso em: 20 ago. 2019.

BENATTI, B. P. **Compartimentalização de biomassa e de nutrientes em estruturas de plantas de eucalipto cultivadas em solos distintos**. 2013. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/749/1/DISSERTACAO_Compartimentaliza%c3%a7%c3%a3o%20de%20biomassa%20e%20de%20nutrientes....pdf. Acesso em: 01 abr. 2020.

CARVALHO, D. C.; PEREIRA, M. G.; TOLEDO, L. O.; SIMON, C. A.; RODRIGUES, J. S.; FERNANDES, J. C. F.; SILVA NETO, E. C. Ciclagem de nutrientes de um plantio de eucalipto em regeneração de espécies nativas no sub-bosque. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 47, n. 1, p. 17-27, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.5380/rf.v47i1.43652. Acesso em: 20 ago. 2019.

CIPRIANI, H. N.; VIEIRA, A. H.; MENDES, A. M.; MARCOLAN, A. L. **Crescimento inicial de clones de eucalipto em função de doses de P e K em Porto Velho, Rondônia**. *In*: SIMPÓSIO DE CIÊNCIA DO SOLO DA AMAZÔNIA OCIDENTAL, 1, 2012, Humaitá. **Anais** [...]. Humaitá: SBCS, 2012. p. 1-4. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/75465/1/Resumo-eucalipto-2-Henrique.pdf. Acesso em: 01 abr. 2020.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P. ; RODRIGUES, C.; SEVERIANO, E. C. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu. I - alterações nas características químicas do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, 2008. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000400023. Acesso em: 04 fev. 2020.

DELL, B.; MALAJCZUK, D.; XU, D.; GROVE, T. S. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. Camberra: ACIAR, 2001. 188 p.

DIAS, L. P. R.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; ARRUDA, B.; COSTA, M. M. Distribuição e morfologia do sistema radicular de *Eucalyptus dunnii* em resposta à aplicação de fósforo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 16, n. 3, p. 203-213, 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.5965/223811711632017203. Acesso em: 20 ago. 2019.

DICK, G.; SCHUMACHER, M. V.; MOMOLLI, D. R. Caracterização da fertilidade do solo em um povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden no bioma Pampa do Rio Grande do Sul. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, v. 4, n. 3, p. 68-77, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.5902/2316980X20588. Acesso em: 12 jun. 2019.

FARIA, G. E.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; LIMA, J. C.; TEIXEIRA, J. L. Produção e estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, em segunda rotação, em resposta à adubação potássica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 577-584, 2002.

FARIA, G. E.; BARROS, N. F.; CUNHA, V. L. P.; MARTINS, I. S.; MARTINS, R. C. C. Avaliação da produtividade, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes em genótipos de *Eucalyptus* spp. no Vale do Jequitinhonha, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 363-373, 2008.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, D. H. A. A.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; PAULA, T. R.; COUTINHO, R. P.; SILVA, R. L. Crescimento e produção de eucalipto na região do médio Paraíba do Sul, RJ. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 24, 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.131315. Acesso em: 22 jan. 2020.

FERRARI, M. P.; FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. **Condução de plantios de *Eucalyptus* em sistema de talhadia**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 28 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 104).

FOELKEL, C. Minerais e nutrientes das árvores dos eucaliptos: Aspectos ambientais, fisiológicos, silviculturais e industriais acerca dos elementos inorgânicos presentes nas árvores. *In*: EUCALYPTUS online book newsletter. Disponível em: http://atividaderural.com.br/artigos/538773282706a.pdf. Acesso em: 22 dez. 2019.

GAMA-RODRIGUES, E. F. **Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo e da serapilheira de povoamentos de eucalipto**. 1997. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1997.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; SANTOS, G. A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 893-901, 2005.

GAVA, J. L. Efeito da adubação potássica em plantios de *E. grandis* conduzidos em segunda rotação em solos com diferentes teores de potássio trocável. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 84-94, 1997.

GAZOLA, R. N.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; DINALLI, R. P.; MORAES, M. L. T.; CELESTRINO, T. S.; SILVA, P. H. M.; DUPAS, E. Doses of N, P and K in the cultivation of eucalyptus in soil originally under Cerrado vegetation. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, n. 35, p. 1895-1912, 2015.

GONÇALVES, J. L. M.; ALVARES, C. A.; BEHLING, M.; ALVES, J. M.; PIZZI, G. T.; ANGELI, A. Produtividade de plantações de eucalipto manejadas nos sistemas de alto fuste e talhadia, em função de fatores edafoclimáticos. Revista Scientia Forestalis (IPEF), v. 42, n. 103, p. 411-419, 2014. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1005140. Acesso em: 15 jan. 2020.

GODOI, N. M. I.; ARAUJO, S. N. S.; BUZETTI, S.; GAZOLA, R. N.; CELESTRINO, T. S; SILVA, A. C.; NOGUEIRA, T.; A. R.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Soil chemical attributes, biometric characteristics, and concentrations of n and p in leaves and litter affected by fertilization and the number of sprouts per the eucalyptus l'hér. strain in the Brazilian Cerrado. **Forests**, v. 9, n. 6, p. 290-311, 24 2018. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/176368/2-s2.0-85047455202.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 01 jul. 2019.

HAAG, H. P.; SARRUGE, J. R.; OLIVEIRA, G. D.; POGGIANI, F.; FERREIRA, C. A. Análise foliar em cinco espécies de eucaliptos. **IPEF**, Piracicaba, v. 13, p. 99-115, 1976. Disponível em: https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr13/cap04.pdf. Acesso em: 01 abr. 2020.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. **Relatório Anual IBÁ – 2019**. Indicadores de desempenho do setor nacional de árvores plantadas referentes ao ano de 2018. Disponível em: https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf. Acesso em: 28 dez. 2019.

JESUS, G. L.; BARROS, N. F.; SILVA, I. R; NEVES, J. C. L; HENRIQUES E. P.; LIMA V. C. SOARES, E. M. B.; FERNANDES, L. V. Doses e fontes de nitrogênio na produtividade do eucalipto e nas frações da matéria orgânica em solo da região do cerrado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 201-214, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v36n1/v36n1a21.pdf. Acesso em: 01 abr. 2020.

KOPPEN Climate Classification Climatology. Encyclopedia Britannica, 1936. Disponível em: https://howlingpixel.com/wiki/K%C3%B6ppen_climate_classification. Acesso em: 5 jul. 2019.

LIMA, A. S. F.; GONÇALVES, J. L. M.; GONÇALVES, A. N. Efeito da omissão de nutrientes em brotações de eucalipto. **Nucleus**, Ituverava, v. 14, n. 1, 2017. Disponível em: http://nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/2836/2558. Acesso em: 01 abr. 2020.

MALAVOLTA. E.; VITTI. G. C.; OLIVEIRA. S. A. Fundações. *In*: MALAVOLTA. E.: VITTI. G. C; OLIVEIRA. S. A. (ed.). **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C.. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 200. 200 p.

MELO, E. A. S. C.; GONÇALVES, J. L. M.; ROCHA, J. H. T.; HAKAMADA, R. ;BAZANI, E. J. H.; WENZEL, A. V. A.; ARTHUR JUNIOR, J. C.; BORGES, J. S.; MALHEIROS, R.; DE LEMOS, C. C. Z.; FERREIRA, E. V. O.; FERRAZ, A. V. Responses of clonal eucalypt plantations to N, P and K fertilizer application in different edaphoclimatic conditions. **Forests**, Basel, v. 7, n. 2, 2015. Disponível em: https://www.mdpi.com/1999-4907/7/1/2. Acesso em: 02 fev. 2019.

MENDES, H. S. J.; DE PAULA, N. F.; SCARPINATTI, E. A.; DE PAULA, R. C. Respostas fisiológicas de genótipos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* à disponibilidade hídrica e

adubação potássica. **Revista Cerne**, Lavras, v. 19, n. 4, 2013. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602013000400010. Acesso em: 25 jan. 2020.

MOREIRA, J. M. M. A. P.; SIMIONI, F. J.; OLIVEIRA E. B. Importância e desempenho das florestas plantadas no contexto do agronegócio brasileiro. **Floresta**, Curitiba, v. 47, n. 1, p. 85 - 94, 2016. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/47687/31915. Acesso em: 01 abr. 2020.

ORTIGOZA, F. S. S.; SENNA, R. J. Caracterização do segmento de florestas plantadas de eucalipto em Mato Grosso do Sul. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, v. 25, n. 2, 2016.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Chemical analysis for fertility evaluation of tropical soils**. Campinas: IAC, 2001. 285 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. 285 p. Boletim técnico, 100.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. **Série técnica IPEF**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 9-22, 1997.

SANGHA, K. K.; JALOTA, R. K.; MIDMORE, D. J. Litter production, decomposition and nutriente release in cleared and uncleared pasture systems of central Queensland, Australia. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 22, n. 2, p. 177-189, 2006.

SANTOS, H. G.; ALMEIDA, J. A.; OLIVEIRA, J. B.; LUMBRERAS, J. F.; ANJOS, L. H. C.; COELHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, V. A (ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, N. A.; FERREIRA, A. P. R.; MENDONÇA, J. A.; SILVA, F. T. Análise de florestas plantadas de eucaliptos no estado do maranhão. *In:* SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17, CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA, 1, 2017, Campinas. **Anais** [...]. Campinas: [s.n.], 2017. DOI - 10.20396/sbgfa.v1i2017.2300 - ISBN 978-85-85369-16-3. Acesso em: 05 jun. 2019.

SETTE JR, C. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C. T. S.; LACLAU, J. P. Crescimento em diâmetro do tronco das árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill. ex. Maiden e relação com as variáveis climáticas e fertilização mineral. **Revista Árvore**, Viçosa, v.3 4, n. 6, 2010.

Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/rarv/v34n6/a03v34n6.pdf. Acesso em: 27 jan. 2020.
SILVA, M. O. P.; CORREA, G. F.; COELHO, L.; RABELO, P. G. Avaliação de dois tratamentos de adubação em plantio de eucalipto clonal em solo arenoso. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, 2012. Disponível em: < http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13264. Acesso em: 02 fev. 2020.

SILVA, P. H. M. **Impactos das doses e do parcelamento da fertilização na produtividade, lixiviação e ciclagem de nutrientes em plantações de eucalipto**. 2011. 118 f. Tese (Doutorado em Ciências/Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

SILVA, J. J. N.; DE MELLO, W. Z.; RODRIGUES, R. A. R.; ALVES, B. J. R.; SOUZA, P. A.; CONCEIÇÃO, M. C. G. Ciclagem de nitrogênio em florestas tropicais e plantações de eucalipto no Brasil no antropoceno. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v. 10, n. 6, p. 1792-1808, 2018. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/191388/1/2019-005.pdf. Acesso em: 01 abr. 2020.

SILVEIRA, R. L. V. A.; GAVA, J. L. Nutrição e adubação fosfatada em eucalipto. *In*: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2004. p. 495-536.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. *In*: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. Brasília, DF: Embrapa, 2004. p. 147-168.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia vegetal e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TEIXEIRA, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; ARTHUR JUNIOR, J. C. Crescimento e partição de matéria seca de mudas de eucalipto em função da adubação potássica e água do solo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 310, p. 662-671, 2006. Disponível em: http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3196/1088. Acesso em: 25 jan. 2020.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; TRÜBY, P.; ARAÚJO, E. F. Biomassa e nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*, em Eldorado do Sul-RS. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/275561889_Biomassa_e_Nutrientes_em_Um_Povoamento_de_Eucalyptus_urophylla_x_Eucalyptus_globulus_em_Eldorado_do_Sul-RS_Nutrients_and_biomass_in_Eucalyptus_urophylla_x_Eucalyptus_globulus_stand_in_Eldorado_do_Sul-. Acesso em: 01 abr. 2020.

WILCKE, W.; LILIENFEIN, J. Nutrient leaching in oxisols under native and managed vegetation in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 69, n. 4, p. 1152-1161, 2005.