

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CARLA FERNANDA FERREIRA

GESSO AGRÍCOLA SOBRE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E  
DESENVOLVIMENTO DO EUCALIPTO EM CONDIÇÕES SUBTROPICAIS

CURITIBA

2018

CARLA FERNANDA FERREIRA

GESSO AGRÍCOLA SOBRE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E  
DESENVOLVIMENTO DO EUCALIPTO EM CONDIÇÕES SUBTROPICAIS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração Solo e Ambiente, na Linha de Pesquisa Propriedades e Processos Biogeoquímicos nos Ecossistemas, do Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr Antônio Carlos Vargas Motta  
Co-Orientador: Prof. Dr. Volnei Pauletti

CURITIBA

2018

F383g Ferreira, Carla Fernanda  
Gesso agrícola sobre atributos químicos do solo e desenvolvimento do eucalipto em condições subtropicais / Carla Fernanda Ferreira. - Curitiba, 2018.  
183 p.: il.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.  
Orientador: Antônio Carlos Vargas Motta  
Coorientador: Volnei Pauletti

1. Sulfato de cálcio. 2. Eucalipto - Nutrição. 3. Análise foliar. 4. Microscopia eletrônica. I. Motta, Antônio Carlos Vargas II. Pauletti, Volnei. III. Título. IV. Universidade Federal do Paraná.

CDU 631.8: 582.776.2



## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS DO SOLO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de CARLA FERNANDA FERREIRA intitulada: **GESSO AGRÍCOLA SOBRE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E DESENVOLVIMENTO DO EUCALIPTO EM CONDIÇÕES SUBTROPICAIS**, após terem ouvido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no ato de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo Colegiado ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 27 de Julho de 2018.

  
ANTONIO CARLOS VARGAS MOTTA  
Presidente da Banca Examinadora

  
ELOANA JANICE BONFLEUR  
Avaliador Interno

  
JOSILÉIA ACORDI ZANATTA  
Avaliador Externo

  
MARCIA TOFFANI SIMÃO SOARES  
Avaliador Externo

  
JULIERME ZIMMER BARBOSA  
Avaliador Externo

Dedico esta tese ao meu amado primo André Luiz Schafranski (em memória) que tão precocemente nos deixou mas para sempre estará em nossas lembranças.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço por todo o companheirismo durante minha caminhada acadêmica e profissional a minha amada mãe Marcela Szawka. Família é sinônimo de companheirismo e todo trabalho torna-se muito menos árduo quando há parceria e a todos da minha família agradeço. Em especial, agradeço pela parceria do meu irmão João Gustavo Ferreira, minha avó Valéria Szawka, meus tios Rosa Szawka (em memória), Vanda Schafranski, Ailton Schafranski, João Carlos Szawka, minha prima Valéria Schafranski e cunhada Lorena Gabrielle Ferreira.

Em segundo lugar agradeço ao meu orientador e professor Antônio Carlos Vargas Motta e a toda sua família em especial a Marla Cristina Becker Motta. Exemplos de profissionais e de seres humanos, me receberam em suas vidas de maneira carinhosa e afetiva, muito além de uma orientação de pesquisa científica. Estendo este agradecimento a todos os professores do programa de pós-graduação em Ciências do Solo da Universidade Federal do Paraná em especial aos professores Elen Alvarenga Silva, Marcelo Ricardo de Lima, Volnei Pauletti, Samir Paulo Jasper e Jorge Luiz Moretti de Souza que tanto dividiram seus conhecimentos em suas disciplinas. Não poderia deixar de destacar meu carinho especial a professora Fabiane Machado Vezzani que tanto me auxiliou em um momento em particular, o meu muito obrigada.

Em terceiro lugar, agradeço ao meu colega da pós-graduação Marcos Vinicius Martins Bassaco, que confiou em meu trabalho não podendo deixar de destacar que como idealizador deste projeto, sempre companheiro e profissional, espero ter correspondido a suas expectativas. Estendo este agradecimento a todos os meus colegas da pós-graduação em Ciências do Solo, mestres e doutores, em especial Anne Luize Sass, Cleiton Frigo, Milena Pereira, Cibelle Tamires de Oliveira, Leiken Lauria Weber, Maíra Laskoski, Rangel Consalter, que além do companheirismo durante a pós-graduação, confiaram suas avaliações aos meus orientados, toparam o desafio da docência no curso de especialização, auxiliaram na execução deste projeto e serão para sempre parceiros da vida.

A empresa Florestal Vale do Corisco que cedeu a área para execução deste projeto de pesquisa, apoiou incondicionalmente a realização cedendo seus funcionários desde a implantação ao manejo da área florestal, incluindo a receptividade, sempre prontamente dispostos a meu auxílio.

Aos funcionários da Universidade Federal do Paraná, em especial a todos que me auxiliaram na execução das tarefas laboratoriais do departamento de Solos em Engenharia Agrícola Carla Gomes Albuquerque, Flóri Roberto Margraf Barberi, Letícia Gonçalves, Fabiane Gavelaki e Maria Aparecida de Carvalho Santos, a equipe técnica do Centro de Microscopia Eletrônica Deonir Agustini, Érico Sito Szameitat e Rosângela Borges Freitas. Agradeço em especial a Denise de Conti, secretaria do curso de pós-graduação em Ciência do Solo pelo ombro amigo.

Aos membros da banca de qualificação Alessandro Camargo Angelo e Paulo Cassol, pelas correções e orientações cedidas. Estendo aos membros convidados da banca de defesa desta tese Eloana Janice Bonfleur, Josileia Acordi Zanatta, Julierme Zimmer Barbosa e Márcia Toffani Simão Soares pela atenção e ao tempo dispensado ao efetuarem suas correções.

Ao Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais, a qual confiaram conciliar meus estudos e meu emprego, permitindo com que pudesse ampliar meus conhecimentos e a todos os meus colegas professores da instituição, principalmente as mulheres da Agronomia Ariadne Waureck, Hagata Siqueira Hennipman e Tereza Cristina de Carvalho. Em especial, agradeço aos amigos Jean Ricardo Olinik por sempre ceder aos horários para que pudesse participar de congressos e coletas a campo e Luis Miguel Schiebelbein, sempre prestativo com seu auxílio estatístico e amizade. Estendo estes agradecimentos a todos os meus eternos alunos, em especial ao Leandro Antônio Panaczewicz, Igor Rogério Ruppel, Henrique Abramant Chaves, Murilo Berger, Taize Schafranski e Camila de Cássia Berger Baptista que me acompanharam em coletas a campo e a Ana Kelly Chornobay pelo auxílio.

Aos meus amigos que estiveram comigo nesta caminhada em especial Adriane Buczynski, Camila Weiber de Lima, Cinthia Nara Martins dos Santos, Dácio Antônio Benassi, Edson Márcio de Siqueira, José Alfredo dos Santos, Mercedes Malys, Michele Derbli Schicorski de Campos, Renata Cristina Leôncio e Tiago Ribas de Campos. A todos vocês meu muito obrigada.

“Por mais que você tente manter a ordem em sua vida, por mais que você tente se guardar contra erros, contra imperfeições, sempre há alguma mancha, alguma falha, espreitando onde não pode ser vista. Aguardando para surpreender você”. (TESS GERRITSEN)



## RESUMO

O gesso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) é um subproduto derivado da indústria de adubos fosfatados, através do beneficiamento do minério de fosfato de cálcio ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ ) com ácido sulfúrico, resultando em uma escória cristalizada di-hidratada, o sulfato de cálcio. Sua aplicação no solo apresenta efeitos mais eficazes em subsuperfície quanto a redução da acidez trocável, além de elevar os níveis de cálcio e enxofre no solo, atuando no suprimento as plantas. Outro efeito está relacionado com a distribuição dos sistemas radiculares em profundidade podendo ser um condicionador agrícola benéfico ao desenvolvimento de culturas com sistemas radiculares profundos como área de reflorestamento de eucalipto, principalmente em períodos de estiagem. Objetivando identificar a influência da aplicação de gesso no solo sobre o desenvolvimento do híbrido de eucalipto *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) e sobre os teores de nutrientes no solo e na planta em condição subtropical do Brasil. Instalaram-se dois experimentos nos municípios de Jaguariaíva e Ventania, no estado do Paraná. Os experimentos foram instalados em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura franco-arenosa cujas características químicas e físicas indicam um solo com baixa capacidade de troca catiônica, elevada acidez ativa e potencial. Antes da instalação do experimento a área foi cultivada com pinus por 15 anos. Após a colheita do pinus a área recebeu calagem na dose de  $2 \text{ Mg ha}^{-1}$  de calcário dolomítico e subsolagem a 0,45 m, junto com a aplicação de fosfato natural reativo. Antes do plantio das mudas foram aplicadas sete doses de gesso agrícola manualmente sobre a superfície do solo, sendo elas: 0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 e  $9,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ . O estudo propôs avaliações dendrométricas de ordenamento quanto a altura e diâmetro a altura do peito ao longo do ciclo da cultura, avaliada aos 9, 12, 18, 24, 30 e 36 meses; determinação do conteúdo nutricional de tecido vegetal coletado nas folhas do meio da copa aos 12, 24 e 36 meses após o transplante das mudas; a caracterização química do complexo sortivo do solo aos 6 meses e dos teores de alumínio, cálcio e magnésio em cinco profundidades espaçadas em 0,20 m aos 6, 12, 18 e 24 meses; e identificação através de microscopia eletrônica quanto a presença de oxalato de cálcio nas folhas e casca aos 36 meses de idade. Conclui-se que o gesso agrícola aplicado a lanço ao solo não apresentou resultados satisfatórios para o parâmetro de solo e planta analisados. Tal fato está relacionado a baixa resposta do gesso quando aplicado em conjunto a calagem, principalmente relacionadas ao fornecimento do elemento cálcio, a cultura de estudo ser tolerante as altos teores de alumínio no solo, outro efeito da aplicação de gesso agrícola e as condições climáticas gerais foram semelhantes nos dois sítios florestais avaliados com precipitação bem distribuídas ao longo do desenvolvimento do eucalipto sem período de estiagem ou déficit hídrico, proporcionando um desenvolvimento satisfatório para a cultura.

Palavras-chave: Sulfato de cálcio. Híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*). Diagnose foliar. Microscopia eletrônica.

## ABSTRAT

The agricultural gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) is a by-product derived from the phosphate industry, by beneficiation of the calcium phosphate ore ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ ) with sulfuric acid, resulting in a dehydrated crystallized slag, calcium sulphate. Its application in agriculture has more efficient subsurface effects in reducing acidity, as well as raising calcium and sulfur levels in soil and plants. Another notable effect is related to the distribution of root systems in depth and can be an agricultural conditioner beneficial to the development of crops with deep root systems as a reforestation area of eucalyptus, mainly during periods of drought. In order to identify the influence of soil gypsum application on the development of the hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) and nutrient content in soil and plant in subtropical Brazil, two experiments were carried out in different areas. In the municipalities of Jaguariaíva and Ventania, in the state of Paraná. The experiments were carried out in a Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (Oxisols dystrophic FAO) sandy-loam texture, whose chemical and physical characteristics indicate a soil with low cation exchange capacity, high active and potential acidity. Before planting the seedlings were applied seven doses of agricultural plaster manually on the surface of the soil, being: 0; 0.3; 0.6; 1.2; 2.4; 4.8 e 9.6  $\text{Mg ha}^{-1}$ . Before the installation of the experiment, the area was cultivated with Pinus for 15 years. After harvesting the pine, the area was limed in the dosage of 2  $\text{Mg ha}^{-1}$  of dolomitic limestone and subsoiling at 0.45 m, together with the application of natural reactive phosphate. The study proposed dendrometric evaluations of height and diameter of breast height throughout the culture cycle, evaluated at 9, 12, 18, 24, 30 and 36 months; Determination of the nutritional content of plant tissue collected in the middle leaves of the crown at 12, 24 and 36 months after transplanting the seedlings; The chemical characterization of the soil sorption complex at 6 months and the aluminum, calcium and magnesium contents at five depths spaced at 0.20 m at 6, 12, 18 and 24 months; And identification by electron microscopy of the presence of calcium oxalate in the leaves and bark at 36 months of age. It was concluded that the agricultural gypsum applied to the soil to the soil does not present satisfactory results for the parameter of soil and planting. You are invited to have access to a set of applications of high level, high level of performance, high level of performance, high level of performance, high performance of soil applications and have gained two years of forest with well distributed results over of the development of eucalyptus without a period of striation or water deficit, providing a satisfactory development for the crop.

**Key-Words:** Calcium sulphate. Hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*). Leaf diagnosis. Electron microscopy.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>13</b>
<b>2. CAPÍTULO 1: EFEITOS DO USO DE GESSO AGRÍCOLA SOBRE OS PARÂMETROS QUÍMICOS EM SOLOS FLORESTAIS EM REGIÃO SUBTROPICAL</b> .....	<b>20</b>
2.1 RESUMO.....	20
2.2 ABSTRACT .....	21
2.3 INTRODUÇÃO .....	21
2.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
2.4.1 ÁREA DE ESTUDO E AMOSTRAGEM DOS SOLOS .....	25
2.4.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	26
2.4.3. COLETA E ANÁLISES QUÍMICAS DOS SOLOS .....	27
2.4.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	28
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
2.6 CONCLUSÕES .....	47
2.7 REFERÊNCIAS.....	48
<b>3. CAPÍTULO 2: ANÁLISE DENDROMÉTRICA EM DESENVOLVIMENTO INICIAL DE <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> (<i>E. urograndis</i>) SOB USO DE GESSO AGRÍCOLA EM CONDIÇÕES SUBTROPICAIS</b> .....	<b>56</b>
3.1 RESUMO.....	56
3.2 ABSTRACT .....	56
3.3 INTRODUÇÃO .....	57
3.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	59
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
3.6 CONCLUSÕES .....	70
3.7 REFERÊNCIAS.....	70
<b>4. CAPÍTULO 3: AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE PLANTAS DE EUCALIPTO SOB DOSES DE GESSO AGRÍCOLA EM DOIS SÍTIOS FLORESTAIS NO SUL DO BRASIL</b> .....	<b>76</b>
4.1 RESUMO.....	76
4.2 ABSTRACT .....	77
4.3 INTRODUÇÃO .....	77

4.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	81
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	84
4.5.1 ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE CORREÇÃO LINEAR DE PEARSON ENTRE DOSES DE GESSO AGRÍCOLA E DEMAIS CARACTERES DE PLANTAS DE EUCALIPTO .....	84
4.5.2 CONCENTRAÇÃO FOLIAR EM EUCALIPTO .....	87
4.5.2.1 Concentração de macronutrientes .....	87
4.5.2.2 Concentração de micronutrientes .....	93
4.5.2.3 Concentração de elementos tóxicos e elementos traços .....	97
4.6 CONCLUSÕES .....	103
4.7 REFERÊNCIAS.....	104
<b>5. CAPÍTULO 4: COMPOSIÇÃO QUÍMICA ELEMENTAR E MORFOANATOMIA EM FOLHAS E TRONCO DE EUCALIPTO ATRAVÉS DA MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA SOB INFLUÊNCIA DE GESSO AGRÍCOLA DURANTE O DESENVOLVIMENTO INICIAL.....</b>	<b>111</b>
5.1 RESUMO.....	111
5.2 ABSTRACT .....	111
5.3 INTRODUÇÃO .....	112
5.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	115
5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	119
5.5.1 COMPOSIÇÃO DOS TECIDOS .....	119
5.5.2 ESTUDO BOTÂNICO .....	123
5.6 CONCLUSÕES .....	127
5.7 REFERÊNCIAS.....	127
<b>6. CONCLUSÃO GERAL .....</b>	<b>131</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>132</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>133</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O gesso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) é um subproduto derivado da indústria de adubos fosfatados, através do beneficiamento do minério de fosfato de cálcio ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ ), a apatita ou fluorapatita, com ácido sulfúrico, resultando em uma escória cristalizada di-hidratada, o sulfato de cálcio (PERÉZ-LOPES et al., 2010, BORGES et al., 2016). Também pode ser denominado como fosfogesso em razão de conter, ainda que pequena quantidade de P, cerca de 0,5 a 0,8% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e apresenta uma garantia mínima de 16% de cálcio (Ca) e de 13% de enxofre (S) (COMISSÃO, 1994). Para cada tonelada de ácido fosfórico produzido, cerca de 5 toneladas de gesso encontram-se acumulando em depósitos industriais, tornando-se um sério problema ambiental (PAPASTEFANOU et al., 2006). Provindo do processo industrial baseado na metodologia via úmida, resultando na produção de quantidades substanciais de sulfato de cálcio hidratado (HULL; BURNETT, 1996, MAZZILLI et al., 2000, PLOTEGHER; RIBEIRO, 2016) conforme apresenta a equação 1.



A partir desta equação química podemos observar que, o ataque ácido sobre a rocha fosfatada tem como produtos o sulfato de cálcio di-hidratado, o ácido fosfórico e o ácido fluorídrico. Outros micronutrientes também são encontrados na composição do gesso agrícola como o boro (B) ( $3 \text{ mg Mg}^{-1}$ ), cobalto (Co) ( $23 \text{ mg Mg}^{-1}$ ), cobre (Cu) ( $8 \text{ mg Mg}^{-1}$ ), ferro (Fe) ( $670 \text{ mg Mg}^{-1}$ ), manganês (Mn) ( $15 \text{ mg Mg}^{-1}$ ), molibdênio (Mo) ( $16 \text{ mg Mg}^{-1}$ ), níquel (Ni) ( $2 \text{ mg Mg}^{-1}$ ) e zinco (Zn) ( $9 \text{ mg Mg}^{-1}$ ) (MALAVOLTA, 1994, PÉREZ-LOPES; VALERO; MIGUEL NETO, 2007, PÉREZ-LOPES et al., 2010).

Como a demanda global pela produção de alimentos tem estimulado a produção da indústria de fertilizantes fosfatados que, traz como consequência, acúmulos de maiores quantidades de resíduos como o gesso, torna-se necessário buscar alternativas quanto ao seu uso (AROCENA; RUTHERFORD; DUDAS, 1995,

CANUT et al., 2008, DUEÑAS et al., 2010). Trata-se de um resíduo industrial utilizado como condicionante em solos agrícolas.

Ao propor uma utilização agrícola para o gesso é necessário observar sua composição química relacionada ao fornecimento de cálcio e sulfato, indicando seu potencial condicionador. Também são originados desta reação industrial outros compostos químicos como o ácido fluorídrico entre outras impurezas, metais pesados e inclusive radioativos. A concentração destes elementos varia principalmente em função da rocha de origem mas podem ocorrer alterações providas do processo produtivo e do tempo de fabricação do produto (RENTERÍA-VILLALLOBOS et al., 2010).

O gesso apresenta partículas com tamanho médio que variam entre 0,250 a 0,045 mm de diâmetro (partículas médias a finas), com densidade entre 2,27 a 2,40 g cm<sup>-3</sup> e densidade aparente entre 0,9 a 1,7 g cm<sup>-3</sup> (RUTHERFORD; DUDAS; SAMEK, 1994).

Outro parâmetro importante para determinar o potencial condicionante do gesso na sua utilização em solos agrícolas está relacionado a sua solubilidade. Haghtalab; Badizad (2016) avaliaram a solubilidade do gesso em duas soluções aquosas de sulfato de potássio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e cloreto de sódio (NaCl) para avaliar seus efeitos sobre as interações iônicas quanto a atividade do cálcio (Ca<sup>2+</sup>). Estes autores demonstram que a solubilidade do gesso em solução aquosa ocorre segundo a equação 2.



Trata-se de um sal com solubilidade moderada, porém muito superior ao calcário (BOHN; STRAWN; O'CONNOR, 2015). Os autores demonstraram que ao aumento da concentração de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> em solução aquosa ocorre uma redução acentuada na solubilidade do gesso, reduzindo a disponibilidade de Ca<sup>2+</sup> para a solução. Um efeito contrário ocorre em solução de NaCl, comprovando a eficácia do gesso agrícola sobre as correções de solos com alta salinidade e sodicidade (AHMED et al., 2015).

A solubilidade em solução aquosa do gesso agrícola é na ordem de 0,241g 100 ml<sup>-1</sup> enquanto que o calcário apresenta uma solubilidade reduzida na ordem de 0,0014 g 100ml<sup>-1</sup> (VITTI, 1987 apud ORDONIO, 2004, PHILLIPS; MAJUMDAR, 2012). Ou seja, a solubilidade do gesso agrícola é cerca de 172 vezes superior quando comparada ao calcário.

Os benefícios do uso do gesso agrícola em solos são reportados por diversos autores. Em regiões do Cerrado, alguns produtores utilizavam superfosfato simples, outros superfosfato triplo. Como o superfosfato simples apresenta como impureza o gesso agrícola, observou-se uma melhora nas condições do solo e consequentemente, benefícios as plantas em condições de seca (NOVAIS et al., 2007). Dentre estes benefícios nas plantas podemos citar os efeitos positivos sobre a produtividade em condições de estresse hídrico (PAULETTI et al., 2014, VITTI et al., 2015), alterações fisiológicas como o aumento de açúcares e proteínas (ELLOUMI et al., 2015), incrementos em altura e massa seca da parte aérea (SÁ et al., 2015), aumento nos teores de nutrientes nos tecidos vegetais (CASCARDO; OLIVEIRA; SOARES, 1993) e aumento expressivo do crescimento do sistema radicular (ZANDONÁ et al., 2015).

Entretanto, a literatura também reporta os efeitos deletérios do uso do gesso agrícola no solo, principalmente quando utilizados em dosagens elevadas. Rodrigues et al. (2015) relata sobre a relação Ca/Mg nos solos sob dosagens de 52 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola. Este desequilíbrio causado pelo excesso de Ca<sup>2+</sup> na solução e a redução expressiva dos teores de Mg<sup>2+</sup> no solo (ZAMBROSI; ALLEONI; CAIRES, 2007), deve-se às relações de tamanho do raio iônico destes elementos e da densidade de cargas (relação entre a carga e o raio) (RAMPIM et al., 2011; RAMOS, 2012; RAMOS et al., 2013). A lixiviação dos nutrientes proporcionada pelo uso do gesso agrícola, intensifica-se sob altas dosagens, ocasionando a redução da disponibilidade de magnésio (ERNANI; RIBEIRO; BAYER, 2001; CAIRES et al., 2006; RAMOS et al. 2006; LEITE et al., 2007, SORATTO; CRUSIOL, 2008; SOUZA et al., 2012) e potássio (MARIA et al., 1993; OLIVEIRA; ERNANI; AMARANTE, 2002; SOUZA et al., 2012).

As doses de gesso agrícola proporcionam resultados discrepantes quanto ao conteúdo e a lixiviação de nutrientes. Moraes; Melo; Brito (2016) verificaram que sob dosagens reduzidas, o gesso agrícola não proporcionou lixiviação de potássio.

Sobre a produtividade das culturas, o gesso agrícola apresenta melhores respostas as baixas dosagens. Estudos indicam que o gesso agrícola não exerce influência sobre o rendimento produtivo na cultura da soja (NEIS et al., 2010; GELAIN et al.; 2011; RAMPIM et al., 2011, MODA et al., 2013; SOARES, 2016). Pauletti et al. (2014) relata que as altas dosagens de gesso ( $12 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) prejudicaram o rendimento da soja, sob condições hídricas normais.

Caires et al. (1999) encontraram respostas em rendimento produtivo após a aplicação de  $12 \text{ Mg ha}^{-1}$  apenas na cultura do milho, enquanto que não houve resposta para as culturas da soja e trigo.

Em culturas perenes, dosagens elevadas podem acarretar em incrementos na produtividade. Marques et al. (2016) observou incrementos em produtividade na cultura do cafeeiro aplicando-se  $52 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Os resultados foram superiores quando o gesso agrícola foi aplicado em área total comparado a aplicação na linha de plantio.

No solo, podemos indicar que gesso agrícola atua nas reações de sorção e adsorção fornecendo nutrientes pela interfase existente entre a fase sólida e a solução (SODRÉ; LENZI; COSTA, 2001, GÉRARD, 2016) e, conseqüentemente, disponibiliza-os para a absorção das plantas. Além disso, fornece  $\text{Ca}^{2+}$  pela sua composição química, aumenta, através da troca iônica, os teores de  $\text{K}^+$  e  $\text{Mg}^{2+}$  em solução e reduz o  $\text{Al}^{3+}$  trocável, embora em pequenas quantidades, em razão da alta energia de retenção deste elemento dada pela série liotrópica onde  $\text{Al}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ = \text{NH}_4^+ > \text{Na}^+$  (RAIJ, 2010).

Ernani; Ribeiro; Bayer (2001) reportam modificações químicas no solo pela adição de calcário e gesso agrícola e demonstram que as alterações quanto aos valores do alumínio trocável restringem-se as camadas mais superficiais do solo quando aplicado calcário devido à baixa solubilidade deste corretivo, alterando a composição química somente na camada entre 0 a 2 cm.

Em contrapartida, o gesso agrícola provoca lixiviação das bases cálcio e, principalmente, magnésio, avaliando-se até as camadas mais profundas,



comprovando a solubilidade deste corretivo (CAIRES et al., 1998), inclusive melhorou a produção de grãos e trouxe acréscimos em produtividade em decorrência da maior disponibilidade do  $Mg^{2+}$  (CAIRES et al., 2001, WULFF-ZOTTELE et al., 2014).

Desta forma, a utilização do gesso advindo de subproduto da indústria fosfatada pela agricultura, deixará este resíduo de permanecer acumulado em pátios industriais, tornando seu acúmulo menos impactante ao ambiente. Além disso, em dosagens corretas e manejo de solo apropriado apresenta características favoráveis para melhorar as propriedades químicas do solo bem como pode ampliar os tetos produtivos das culturas comerciais.

Existem alguns habitats naturais que apresentam como características de solo, elevadas concentrações de sulfato de cálcio. Neste cenário, algumas plantas são capazes de se desenvolver normalmente sob altas concentrações deste composto (ROMÃO, ESCUDERO, 2005; BALLESTEROS et al., 2014; CAÑADAS et al., 2015). De maneira similar, podemos caracterizar os solos agrícolas quando adicionamos gesso, entretanto atentos que sua utilização provoca modificações em plantas não adaptadas a sua alta concentração, principalmente as culturas comerciais (CARVALHO; NASCENTE, 2014, CRUSCIOL et al., 2016). Muitos autores reportam alterações fisiológicas, no desenvolvimento de parte aérea e sistema radicular e na capacidade produtiva de diferentes culturas comerciais após a aplicação de gesso agrícola, entretanto, em essenciais florestais ainda há poucos estudos relatando os efeitos do gesso agrícola sobre seu desenvolvimento e produtividade.

Embora os avanços genéticos, expressivos em algumas essências florestais, e mais relevantes em espécies exóticas, a maioria as áreas destinadas a silvicultura no Brasil são marginais e de baixa qualidade química, exigindo maior adaptação dos híbridos. A química de solos florestais está caracterizada por baixas concentrações de bases catiônicas, solos com elevada acidez indicada pelo pH baixo e presença de Al trocável (NIETFELD; PRENZEL, 2015). Cook; Binkley; Stape (2016) caracterizam que a maioria das áreas de exploração silvícolas estão localizados em solos altamente intemperizados e com baixa capacidade de troca catiônica.

Desta forma, o uso de um condicionante de solo ou qualquer alteração proposta no manejo pode acarretar em benefícios e ganhos expressivos no desenvolvimento em reflorestamento. Em meio as espécies florestais que mais avançaram quanto ao melhoramento genético, podemos destacar a cultura do eucalipto (*Eucalyptus sp.*). Trata-se de uma planta arbórea tropical rústica de porte elevado, forte dominância apical, casca parcialmente rugosa com folhas alongadas, estreitas e pecioladas (FORMENTO, 2014). A cultura do eucalipto apresenta grande variabilidade genética (COSTA et al., 2015) onde existem mais de 600 espécies das quais podemos destacar a espécie *E. urophylla* com elevado porte e excelente caráter produtivo e *E. grandis*, mais adaptado as condições tropicais brasileiras (PIGATO; LOPES, 2001).

Estudos propostos por Rodrigues et al., 2016 (A) avaliando os parâmetros dendrométricos observaram um aumento de 96% a produção de madeira com a aplicação de gesso agrícola somado a aplicação de calcário. Quando comparado a aplicação de gesso isoladamente, comparando-se os resultados obtidos em aplicação em faixa ou distribuídos em área total, não houve diferença entre os parâmetros avaliados com exceção da massa seca da parte aérea, indicando melhor aproveitamento do cálcio nutriente fornecido pelo gesso na aplicação alocada em faixa.

Outro benefício proporcionado pela aplicação de gesso agrícola em solos florestais é o incremento de S na nutrição mineral de plantas. Lilienfein et al. (2000) avaliando a caracterização química média de solos sob diferentes condições de uso, identificaram que as concentrações de S total em solos com produção de *Eucalyptus* são inferiores à solos com cultivo agrícola em sistema de semeadura direta sobre a palha, em diferentes regiões do Cerrado. Em contrapartida, o trabalho de Chaves; Correa (2005) revelou que os níveis de S observados em reflorestamentos não são os responsáveis pelos sintomas de amarelecimento nas folhas, tão pouco indicou grande exigência deste nutriente para as espécies de *Pinus*.

Várias áreas de cultivo de eucalipto no Brasil têm apresentado deficiência de enxofre (ROCHA et al., 2015). Pesquisas demonstram que este nutriente apresenta menor taxa de acumulação no cultivo de eucalipto. Neves (2000) demonstrou uma taxa de acúmulo médio entre 11 clones de eucalipto na ordem de 2,77 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>,

evidenciando a sequência da taxa de acúmulo dentre os macronutrientes  $Ca > N > K > Mg > Na > P > S$ , portanto, a menor taxa foi observada para o S. Já, Gonçalves et al. (2013) registraram um acúmulo de  $13,8 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $33,1 \text{ kg ha}^{-1}$  em plantações de Eucalipto com 7 e 9 anos, respectivamente, ou seja, cerca de  $3,67 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

As pesquisas relacionadas ao tema desta tese sugerem como hipóteses, que a aplicação do gesso agrícola em solos em condições subtropicais do Brasil, caracterizados pela baixa fertilidade natural e elevada acidez propõem como possibilidades alterações nas condições químicas do solo tais como incremento de cálcio e magnésio e a redução do alumínio tóxico, proveitos ao desenvolvimento de plantas de eucalipto, em função dos benefícios que o gesso agrícola acarreta em profundidade e trata-se de uma planta com sistema radicular profundo e alterações na nutrição mineral desta essência florestal.

Para melhor compreender uma produção florestal sustentável, é necessário buscar maiores informações de como atuam os componentes dos ecossistemas florestais e seus processos que determinam o balanço nutricional. Compreender as recomendações práticas de manejo, como o uso de condicionantes do solo proporciona quantificar o fluxo de entradas e saídas de nutrientes nos componentes deste ecossistema visando obter maiores tetos produtivos e madeira comercial de melhor qualidade.

## 2 CAPÍTULO 1: EFEITOS DO USO DE GESSO AGRÍCOLA SOBRE OS PARÂMETROS QUÍMICOS EM SOLOS FLORESTAIS EM REGIÃO SUBTROPICAL

### 2.1 RESUMO

As reações que ocorrem nos solos após a aplicação de gesso agrícola são dependentes da solubilidade deste produto e, por esta razão, atua de maneira distinta entre as camadas no solo. As principais alterações no complexo sortivo, após a aplicação de gesso agrícola estão relacionadas ao incremento dos íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ , disponibilizados para a solução do solo, formando novos pares iônicos como  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  e  $\text{KSO}_4$ , complexos que apresentam alta mobilidade e translocam para as camadas mais profundas. O objetivo desse trabalho foi quantificar os teores de alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e demais parâmetros do complexo sortivo de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura franco-arenosa por efeito de diferentes dosagens de gesso agrícola aplicado na superfície sob cultivo do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*). Este experimento foi instalado em duas áreas florestais situadas em condições subtropicais brasileiras, no município de Jaguariaíva e no município de Ventania, estado do Paraná. Foram avaliadas sete doses de gesso agrícola 0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 e 9,6  $\text{Mg ha}^{-1}$ , aplicadas à lanço. A coleta de solos foi efetuada a cada 6 (seis) meses, nas profundidades entre 0 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m; 0,40 a 0,60 m; 0,60 a 0,80 m e 0,80 a 1,00 m. Nas amostras coletadas aos 6 (seis) meses foram determinados os níveis de pH ( $\text{CaCl}_2$ ),  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , P (Mehlich),  $\text{C}_{\text{orgânico}}$  para quantificar os parâmetros somas das bases, capacidade de troca de cátions, saturação por bases e saturação por alumínio. Já aos 12 (doze); 18 (dezoito) e 24 (vinte e quatro) meses foram quantificados parâmetros químicos do solo determinando-se os níveis de  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . Verificou-se o aumento pouco expressivo do pH ( $\text{CaCl}_2$ ) sob as doses de gesso. A soma das bases e a saturação das bases apresentaram maiores valores nas camadas mais profundas. A saturação por Al (m%) reduziu com a aplicação do gesso nas camadas do solo mais profundas, mas os teores permaneceram sob níveis muito elevados. O  $\text{Ca}^{2+}$  permaneceu abaixo dos índices desejados ao desenvolvimento das culturas. Já os teores de  $\text{Mg}^{2+}$  apresentaram índices que variaram entre baixo a médio. Para estes parâmetros, os efeitos do gesso agrícola foram mais expressivos nas avaliações aos 6 e 12 meses. Conclui-se que a resposta dos parâmetros de solo avaliados após a aplicação do gesso agrícola foi mais expressiva em camadas subsuperficiais, reduzindo o teor de Al e crescendo o teor de Ca, ainda que em índices inadequados para a avaliação da fertilidade do solo.

Palavras-chave: Eucalipto, distribuição de cátions; Alumínio; Cálcio; Magnésio

## 2.2 ABSTRACT

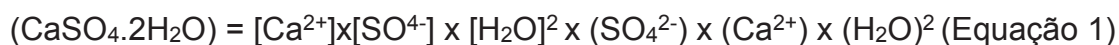
The reactions that occur in soils after the application of agricultural gypsum are dependent on the solubility of this product and, for this reason, it acts in a different way between the layers in the soil. The main changes in the sorption complex after the application of gypsum are related to the increase of the  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  ions, available to the soil solution, forming new ionic pairs such as  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  and  $\text{KSO}_4$ , complexes that have high mobility and translocate to the deeper layers. Another beneficial effect is related to the replacement of aluminum ( $\text{Al}^{3+}$ ) from calcium-exchange sites ( $\text{Ca}^{2+}$ ), while sulfate ions ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) react the free Al in the solution, forming aluminum-sulfate complexes of low solubility causing less effect toxic. The objective of this work was to quantify the concentrations of Aluminum (Al), Calcium (Ca), Magnesium (Mg) and other parameters of the sorghum complex of Dystrophic Red-Yellow Latosol by effect of different dosages of gypsum applied to the surface under hybrid cultivation *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*). This experiment was installed in two forest areas located in subtropical Brazilian conditions, in the municipality of Jaguariaíva and in the municipality of Ventania, Moquem district, state of Paraná. Seven doses of agricultural gypsum 0; 0.3; 0.6; 1.2; 2.4; 4.8 and 9.6 Mg g ha<sup>-1</sup> were applied to the haul. Soil collection was carried out every 6 (six) months, at depths between 0 and 0.20 m; 0.20 to 0.40 m; 0.40 to 0.60 m; 0.60 to 0.80 m and 0.80 to 1.00 m. In the samples collected at 6 (six) the pH ( $\text{CaCl}_2$ ),  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{H}^+$  +  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , P (Mehlich),  $C_{\text{organic}}$  acid were determined to quantify the Basal Sum (SB), Substitution of Cations (T), Basal Saturation (V%) and Saturation by Aluminum (m%). Already at 6 (six); 12 (twelve); 18 (eighteen) and 24 (twenty-four) months soil chemical parameters were quantified by determining the levels of  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$ . An effect of the gypsum on pH ( $\text{CaCl}_2$ ) was not expressed in absolute values. The agricultural gypsum did not interfere on the levels of K, P and Organic Carbon. The sum of the bases and the saturation of the bases presented higher indices in the deeper layers and responded to the addition of gypsum. The saturation by Al (m%) presented significance in practically all the layers of the evaluated soil. Agricultural gypsum reduced  $\text{Al}^{3+}$  contents, but concentrations remained very high in the soil.  $\text{Ca}^{+2}$  remained below the desired rates for crop development, although the percentage of increment of this element was high. On the other hand, the  $\text{Mg}^{2+}$  contents presented indices ranging from low to medium. For these parameters, the effects of gypsum were more significant in the evaluations at 6 and 12 months.

Key-words: Cation distribution; Aluminum; Calcium; Magnesium

## 2.3 INTRODUÇÃO

A composição do gesso agrícola depende de diversos fatores como origem e tipo de rocha fosfatada (AZOUAZI et al., 2001, VALKOV et al., 2014) e os processos de transformação industrial (EL-DIDAMONY et al., 2013). Sua utilização agrícola pode fornecer quantidades variáveis de elementos químicos, uma vez que sua

solubilidade depende também das condições do solo (BLUM; CAIRES; ALEONI, 2013). Desta forma, podemos descrever os produtos constantes resultantes da solubilidade do gesso agrícola conforme descrito na equação 1 (HAMMAS; NAIFER; FÉRID, 2013).



A equação 1 indica que após a solubilização do gesso agrícola, são liberados para a solução do solo principalmente  $[\text{Ca}^{2+}]$  e  $[\text{SO}_4^{-}]$ , em função das concentrações destes elementos no produto e da concentração de água disponível para ocorrer a reação. Assim, o gesso agrícola atua nas reações de adsorção que ocorrem nos solos, fornecendo nutrientes pela interface existente entre a fase sólida e a solução (SODRÉ; LENZI; COSTA, 2001) e, conseqüentemente, disponibiliza-os para a absorção das plantas.

Por definição, trocadores de íons são materiais que contém íons a sua superfície atraindo outros íons de cargas opostas (HANS, 1980). Assim, o gesso adicionado ao solo fornece cálcio pela sua composição química, aumenta, através da troca iônica, os teores de potássio, magnésio e alumínio em solução sendo inversamente proporcional a força de retenção ou série liotrópica onde  $\text{Al}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ = \text{NH}_4^+ > \text{Na}^+$  (RAIJ, 2008). Neste caso, o gesso agrícola pode atuar como fornecedor de cátions e ânions com os materiais trocadores de íon, interagindo sobre as reações de adsorção que ocorre nos argilominerais (SINGH; SCHULZE, 2015).

Com relação a toxidez do alumínio, as interações entre o gesso agrícola e a redução na atividade deste elemento são mencionadas na literatura. A redução do  $\text{Al}^{3+}$  em resposta a aplicação de gesso agrícola é reportada por Wulff-Zottele et al. (2014), onde a formação de minerais de hidróxido de alumínio ( $\text{AlOH}$ ) e sulfato de alumínio ( $\text{Al-SO}_4$ ), consideravelmente menos tóxicos, proporcionou aumento nos rendimentos em pastagem cultivada de azevém, além de reduzir as concentrações do elemento nos tecidos vegetais.

Wang et al. (2015) garantem que a solubilidade do sulfato atenua a toxicidade do alumínio pela formação de compostos estáveis de  $\text{Al-SO}_4$ . Estes

autores também afirmam que as concentrações de Al-SO<sub>4</sub>, Al-F, Al-SiO<sub>3</sub>, Al-associado a matéria orgânica reduzem proporcionalmente ao aumento do pH. Além destas interações, Crusciol et al. (2016) afirmam que a aplicação de gesso agrícola reduz a concentração de Al<sup>3+</sup>, promovendo a interação entre este composto e o Al<sup>3+</sup> por troca iônica. Esta reação envolve o deslocamento dos Al<sup>3+</sup> pelo complexo de troca pelo Ca<sup>2+</sup> e, conseqüentemente ocorre a formação do par iônico AlSO<sub>4</sub>.

Da mesma forma que o fosfato, o sulfato pode ser adsorvido especificamente nas estruturas dos óxidos. Assim, a troca dos ligantes proporciona correção da acidez uma vez que libera hidroxilas (OH<sup>-</sup>) para a solução do solo, entretanto o íon fosfato têm adsorção preferencial, por isso o P acumula-se na camada arável, translocando o sulfato para camadas mais profunda, abaixo de 0,20 m (QUAGGIO, 2000), efeito capaz de proporcionar aumento pequeno do pH do solo.

Ainda são reportadas formações de complexos estáveis de alumínio com o flúor, fornecido pelo gesso agrícola, quando o material de origem é a fluorapatita. Stevens; McLaughlin; Alston (1997) em experimento controlado compararam os efeitos da atividade de alumínio sobre a fitotoxicidade de plantas em soluções com complexos de Al<sup>3+</sup>, AlOH<sub>2</sub>, Al(OH), Al(OH)<sub>2</sub> e AlF<sub>3</sub>, indicando que o alumínio apresenta maior toxicidade quando forma complexos com o flúor (AlF<sub>2</sub><sup>+</sup>) quando comparada aos demais elementos. Contrariando estes autores, os dados Luther et al. (1996) indicaram que a maior parte do Al<sup>3+</sup> formam complexos estáveis com o F, tornando os complexos precipitáveis, que atuam na subsuperfície em pH mais ácidos, neste caso proporcionando menor toxicidade através da neutralização do Al<sup>3+</sup>, para camadas mais profundas.

Os efeitos do uso de 2,5 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola sobre os teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup> não foram observados por Carvalho; Nascente (2014), mesmo em camadas mais superficiais. Este fato está relacionado aos baixos índices de precipitação nos anos de estudo, embora a área apresentasse um histórico de precipitação alto. Os teores de água no solo influenciam sobre as respostas da concentração de nutrientes e correção do alumínio após a adição do gesso. Smith et al. (1994) não observaram um incremento sobre o pH do solo em camadas abaixo de 0,05m, após 18 meses da aplicação de gesso associado ao calcário, atribuídos aos baixos índices de precipitação.

Em camada subsuperficial, os efeitos nos nutrientes no solo,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{K}^+$ , foram reportados por Rampim; Lana (2015). Seus dados indicaram alterações significativas após a aplicação de gesso agrícola, tanto nas camadas entre 0 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m e 0,20 a 0,40 m, entretanto as maiores variações foram observadas na camada entre 0,20 a 0,40 m onde a soma das bases trocáveis variou de  $5,63 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para aproximadamente  $6,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  após a aplicação da dose máxima avaliada de  $5 \text{ Mg ha}^{-1}$  de gesso, ainda que este aumento seja pequeno.

Borges et al. (1997) avaliaram os efeitos de doses crescente de gesso agrícola, entre 0 e  $2,03 \text{ Mg ha}^{-1}$ , sob condições controladas em colunas, quanto aos teores de cálcio no solo e observaram um efeito crescente linear no teor deste elemento, em tratamentos com presença e ausência de calagem. Ainda neste experimento, os autores obtiveram aumentos que variaram entre aproximadamente  $1,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para aproximadamente  $6,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de  $\text{Ca}^{2+}$  no solo quando aplicado  $2,03 \text{ Mg ha}^{-2}$  de gesso agrícola, sob diferentes densidades, também demonstrando um pequeno incremento concordando com os autores anteriores.

O incremento destes elementos em subsuperfície também foram mencionados por Ernani; Ribeiro; Bayer (2001) onde o gesso agrícola aplicado de forma incorporada aumentou 32 vezes a concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  em colunas de lixiviação, observando as camadas entre 0 a 0,02 m e 0,02 a 0,30 m. A aplicação de gesso também proporciona o aumento do  $\text{Ca}^{2+}$  e do  $\text{Mg}^{2+}$  ao longo do perfil, apresenta um efeito residual sobre os teores de  $\text{SO}_4^{2-}$  (CAIRES et al., 2006, PAULETTI et al., 2014, COSTA; CRUSCIOL, 2016). Ainda em subsuperfície, Ramos et al. (2013) reportam que a aplicação de gesso agrícola proporcionou incrementos no teor de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , mas reduziu de  $\text{K}^+$  a partir de 0,85 m.

As pesquisas relacionadas ao tema desta tese sugerem como hipóteses, que a aplicação do gesso agrícola promoverá alterações químicas no solo, principalmente em camadas mais profundas. O objetivo desse trabalho foi quantificar os teores de alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e demais parâmetros do complexo sortivo do solo, em profundidades após aplicação superficial de gesso agrícola sob cultivo do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*).

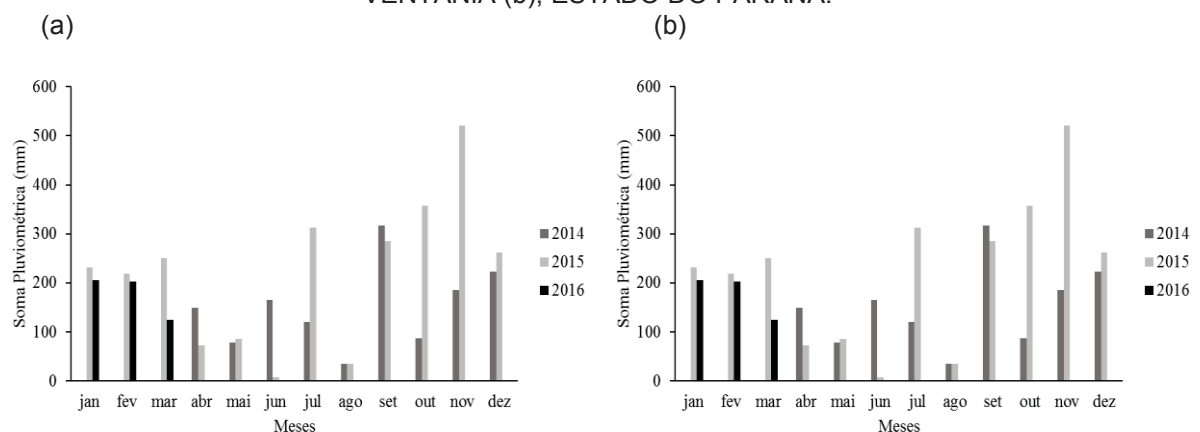


## 2.4 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.4.1 ÁREA DE ESTUDO E AMOSTRAGEM DOS SOLOS

Foram instalados dois experimentos em áreas florestais situadas em condições subtropicais brasileiras, sob cultivo do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*). O primeiro experimento foi instalado no município de Jaguariaíva, estado do Paraná, sob as coordenadas cartográficas 24°15'04" S de latitude, 49°42'21" W de longitude e 850 m altitude onde clima da região é caracterizado do tipo Cfb, temperado úmido mesotérmico, de acordo com Alvares et al. (2013). O segundo experimento instalado no município de Ventania, distrito de Moquem, estado do Paraná, sob coordenadas cartográficas de 24°14'45" S latitude, 50°14'34" W de longitude e 990 m de altitude, também sob clima Cfb. O gráfico 1 apresenta os dados climáticos da soma pluviométrica mensal, nos períodos entre janeiro de 2014 a dezembro de 2015 para o município de Jaguariaíva e abril de 2014 à março de 2016 para o município de Ventania, obtidos através de estações meteorológicas do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico da EMBRAPA (Agritempo, 2017).

GRÁFICO 1 – SOMATÓRIA DA DISTRIBUIÇÃO MENSAL PLUVIOMÉTRICA NO PERÍODO DE AVALIAÇÃO E COLETA DE SOLOS, MUNICÍPIO DE JAGUARIAÍVA (a) E NO MUNICÍPIO DE VENTANIA (b), ESTADO DO PARANÁ.



Fonte: Adaptado de Agritempo (2017).

Ambas as áreas experimentais estão localizadas no segundo planalto paranaense, formado no Paleozóico pelo embasamento geológico sedimentar das

formações do arenito Furnas, folhelho Ponta Grossa e grupo Itararé. Os solos dos dois locais são Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura franco-arenosa. Antes do plantio foram coletadas amostras de solo nas profundidades 0 a 0,10; 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m para caracterização inicial. As amostras foram secas ao ar, homogêneas e passadas em peneira de malha 2 mm para posterior análise de pH,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  (extraído com  $\text{KCl}$   $1\text{ mol L}^{-1}$ ),  $\text{K}^+$  e P extraível por Mehlich I, e  $\text{Al}^{3+}$  (extraído com  $\text{KCl}$   $1\text{ mol L}^{-1}$ ), de acordo com a metodologia descrita por EMBRAPA (1997). No quadro 1 constam as características químicas antes da instalação do experimento na área experimental, de ambos os municípios.

QUADRO 1 - CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO ANTES DA INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO NA ÁREA EXPERIMENTAL SOB CULTIVO ANTERIOR DE PINUS LOCALIZADA NOS MUNICÍPIOS DE JAGUARIAÍVA E VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ.

Profundidade	pH CaCl <sub>2</sub>	pH SMP	Al <sup>3+</sup>	H+Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	SB	CTC pH 7,0	P	C <sub>org</sub>	V	m
m			----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	----- % -----		
Município de Jaguariaíva													
0,00 a 0,20	3,9	5,7	1,5	6,4	0,2	0,2	0,02	0,42	6,82	1,0	23,6	6,15	78,12
0,20 a 0,40	3,8	5,9	1,2	2,2	0,1	0,1	0,02	0,22	2,42	0,7	16,1	9,09	84,50
0,40 a 0,60	4,0	6,1	1,0	4,6	0,1	0,1	0,01	0,21	4,81	0,6	17,4	4,36	82,64
Município de Ventania													
0,00 a 0,20	4,3	6,2	1,5	4,3	0,1	0,1	0,03	0,23	4,53	2,2	21,0	5,08	86,71
0,20 a 0,40	4,5	6,7	1,1	3,0	0,1	0,1	0,03	0,23	3,23	1,6	11,0	7,12	82,70
0,40 a 0,60	4,4	6,8	1,2	2,7	0,1	0,1	0,03	0,23	2,93	0,4	7,3	7,84	83,91

FONTE: A autora (2018).

#### 2.4.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com 7 tratamentos contemplando sete doses de gesso (0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 e 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>) em 4 repetições, totalizando 28 parcelas. Cada parcela mediu 24 x 24 m, totalizando área de parcela de 576 m<sup>2</sup>, em uma área total do experimento de 16128 m<sup>2</sup>. A composição química do gesso agrícola utilizado no experimento apresentou 19,31% de cálcio e 15,83% de enxofre.

As mudas foram transplantadas, com altura entre 15 a 20 cm, em espaçamento de 3 x 3 m entre plantas e entre linhas, 64 plantas por parcela, totalizando 1792 plantas no experimento em cada uma das áreas estudadas. Antes da instalação do experimento a área foi cultivada com pinus por 15 anos. Cabe

ressaltar que a forma de colheita do pinus foi diferente entre as áreas avaliadas. Em Jaguariaíva, após o abate das árvores o desgalhamento ocorreu fora da área, com manutenção apenas dos resíduos foliares. Já em Ventania, o desgalhamento ocorreu dentro da área e os resíduos mantidos em leira de compostagem entre as parcelas. Após a colheita do pinus a área recebeu calagem com  $2 \text{ Mg ha}^{-1}$  de calcário dolomítico à lanço e subsolagem a 45 cm, junto com a aplicação de fosfato natural reativo em área total. Os tratamentos com as doses de gesso foram aplicados em superfície imediatamente antes do plantio das mudas.

As mudas foram plantadas na linha de subsolagem e adubadas com N, P e K nas dosagens de  $8,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $51 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $17 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , a aplicação realizada aos dois lados da muda transplantada. Aos 3 meses após o transplante das mudas foi realizada aplicação de fertilizantes em cobertura na projeção da copa das plantas, na dose de  $24 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $8 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $48 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  e  $0,8 \text{ kg ha}^{-1}$  de Boro. As fontes utilizadas foram ureia (N), super triplo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), Cloreto de Potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) e ácido bórico (B), não havendo a adição de S via adubação.

#### 2.4.3. COLETA E ANÁLISES QUÍMICAS DOS SOLOS

A coleta de solos foi efetuada através do trado holandês a cada 6 (seis) meses, sendo retiradas amostras em oito pontos distintos na parcela nas profundidades entre 0 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m; 0,40 a 0,60 m; 0,60 a 0,80 m e 0,80 a 1,00 m, para composição de amostra composta homogeneizada, em amostras obtidas nas entre linhas de cultivo do Eucalipto, no período entre dezembro de 2014 à março de 2016.

Em laboratório, as amostras coletadas foram levadas a estufa de fluxo de ar contínuo à  $60^\circ\text{C}$ , onde permaneceram durante 24 horas. Após este procedimento, as amostras foram passadas em peneira de malha 2 mm para posterior análise.

Nas amostras coletadas aos 6 (seis) meses pós-plantio foram determinados os níveis de pH ( $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ ) e pH SMP,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , P (Mehlich),  $\text{C}_{\text{orgânico}}$  para quantificar os parâmetros somas das bases (SB), capacidade de troca de cátions (T), saturação por bases (V%) e saturação por Al (m%). Já aos

12 (doze); 18 (dezoito) e 24 (vinte e quatro) meses foram quantificados parâmetros químicos do solo determinando-se os níveis de  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , segundo a metodologia proposta pela EMBRAPA (1997), adotada pelo laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal do Paraná, visto que são parâmetros que indicaram maiores alterações sob influência das doses de gesso.

#### 2.4.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e suas médias comparadas com a análises de regressão, utilizando o programa estatístico Assistência Estatística (ASSISTAT) proposto por Silva; Azevedo (2002) e equações de regressão ajustadas, o nível de probabilidade de 1% ( $p \leq 0,01$ ) ou 5% ( $p \leq 0,05$ ).

## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos quanto as caracterizações químicas dos solos em relação a acidez ativa do solo determinada pelo pH (CaCl<sub>2</sub>) e acidez potencial (H+Al) e o teor dos K e P disponível aos 6 meses após a aplicação de doses de gesso agrícola, estão discriminadas na tabela 1.

TABELA 1 - ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, EM CINCO PROFUNDIDADES, APÓS 6 MESES DE APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA SOB CULTIVO DE EUCALIPTO, ÁREA EXPERIMENTAL LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE JAGUARIAÍVA E NO MUNICÍPIO DE VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ.

Gesso Agrícola Mg ha <sup>-1</sup>	Jaguariaíva				Ventania			
	pH CaCl <sub>2</sub>	H+Al ----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	K <sup>+</sup> -----	P mg dm <sup>-3</sup>	Ph CaCl <sub>2</sub>	H+Al ----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	K <sup>+</sup> -----	P mg dm <sup>-3</sup>
----- 0,00 - 0,20 m -----								
0	3,9	7,80	0,05	16,70	4,1	5,03	0,01	3,53
0,3	3,7	9,75	0,04	3,58	4,1	4,95	0,01	2,60
0,6	3,8	8,58	0,05	5,83	4,1	5,00	0,04	2,58
1,2	3,8	9,08	0,04	2,70	4,1	4,95	0,03	2,68
2,4	3,8	9,13	0,04	2,25	4,2	4,99	0,05	1,75
4,8	4,0	8,25	0,06	3,58	4,2	5,13	0,04	0,10
9,6	4,1	7,85	0,06	7,23	4,2	7,42	0,04	1,23
CV (%)	6,68 <sup>n.s.</sup>	21,74 <sup>n.s.</sup>	60,58 <sup>n.s.</sup>	185,56 <sup>n.s.</sup>	1,61 <sup>**10</sup>	34,23 <sup>n.s.</sup>	44,76 <sup>*10</sup>	77,17 <sup>*20</sup>
----- 0,20 - 0,40 m -----								
0	3,8	7,13	0,04	6,58	4,2	4,18	0,01	2,08
0,3	3,6	10,35	0,04	6,03	4,2	3,85	0,01	2,35
0,6	3,9	7,40	0,05	10,9	4,2	3,93	0,03	2,48
1,2	3,8	7,38	0,03	11,1	4,2	4,03	0,04	3,85
2,4	3,8	7,63	0,05	2,50	4,3	4,77	0,04	2,53
4,8	4,1	6,58	0,11	38,48	4,3	3,99	0,03	0,10
9,6	4,1	6,38	0,06	3,25	4,3	4,36	0,03	1,28
CV (%)	51,09 <sup>*10</sup>	25,06 <sup>n.s.</sup>	108,60 <sup>n.s.</sup>	248,69 <sup>n.s.</sup>	1,26 <sup>***20</sup>	20,13 <sup>n.s.</sup>	46,29 <sup>n.s.</sup>	88,28 <sup>n.s.</sup>
----- 0,40 - 0,60 m -----								
0	3,9	6,40	0,03	3,15	4,2	3,70	0,01	1,35
0,3	3,9	6,88	0,03	2,83	4,5	3,35	0,01	0,55
0,6	4,0	6,03	0,04	1,65	4,2	3,65	0,05	1,10
1,2	3,9	6,70	0,02	6,13	4,2	3,43	0,03	1,45
2,4	3,9	6,28	0,03	1,28	4,3	4,35	0,04	0,90
4,8	4,1	6,30	0,06	14,2	4,3	3,54	0,06	0,80
9,6	4,0	6,15	0,04	2,43	3,8	4,14	0,03	1,08
CV (%)	3,93 <sup>*10</sup>	14,94 <sup>n.s.</sup>	74,27 <sup>n.s.</sup>	198,06 <sup>n.s.</sup>	10,72 <sup>n.s.</sup>	15,62 <sup>n.s.</sup>	47,06 <sup>n.s.</sup>	122,96 <sup>n.s.</sup>

Continua...

Profundidade 0,60 - 0,80 m								
0	3,9	6,13	0,03	1,78	4,2	3,15	0,01	1,93
0,3	3,9	5,63	0,02	1,90	4,2	3,10	0,01	0,48
0,6	3,9	5,85	0,03	1,48	4,3	3,28	0,03	0,68
1,2	3,9	5,50	0,02	1,28	4,3	3,05	0,03	0,68
2,4	3,9	6,00	0,03	1,05	4,2	3,56	0,04	0,65
4,8	4,1	5,23	0,02	10,98	4,3	3,69	0,04	0,10
9,6	4,1	5,60	0,03	1,35	4,3	3,59	0,03	0,75
CV (%)	2,06 <sup>*1o</sup>	13,61 n.s.	49,51 n.s.	260,00 n.s.	0,92 <sup>*2o</sup>	7,26 <sup>*1o</sup>	46,03 n.s.	122,00 n.s.
Profundidade 0,80 - 1,00 m								
0	3,9	5,60	0,02	1,25	4,2	3,30	0,01	1,18
0,3	3,9	5,93	0,02	2,53	4,2	3,10	0,01	0,18
0,6	4,0	5,30	0,02	0,68	4,2	3,60	0,03	0,55
1,2	4,0	4,73	0,02	1,16	4,3	3,20	0,03	0,45
2,4	4,0	5,40	0,02	0,83	4,3	3,78	0,04	0,68
4,8	4,1	5,00	0,03	6,18	4,3	3,59	0,03	0,80
9,6	4,1	5,10	0,02	3,53	4,3	3,60	0,03	0,60
CV (%)	1,49 <sup>**1o</sup>	6,59 <sup>**1o</sup>	44,54 n.s.	188,55 n.s.	1,38 <sup>**1o</sup>	8,44 <sup>*1o</sup>	43,53 n.s.	122,05 n.s.

\*\* e \* significativo ao nível de 1% e a 5%, respectivamente, de probabilidade de erro, pelo teste de regressão; n.s. não significativo. 1º e 2º representam equações de regressão linear e quadrática, respectivamente.

FONTE: A autora (2018).

Os resultados de pH indicam uma elevada acidez com valores próximos a 4,0, sendo considerado muito ácido (NEPAR, 2017). Assim, o uso de calcário na dose 2 Mg ha<sup>-1</sup> não foi suficiente para resultar em acréscimo nem na primeira camada avaliada. A ocorrência de uma camada de resíduos do corte do pinus e a serapilheira podem ter contribuído para manutenção do solo ácido. Os resultados indicam variações do pH com uso de gesso para solo de Jaguariaíva e Ventania, em quatro das cinco camadas avaliadas. O gesso agrícola não acarretou em mudanças expressivas no pH (CaCl<sub>2</sub>) com aumento máximo de 0,23, onde em todas as amostras médias avaliadas permaneceram em níveis muito alto de acidez e influenciado pelo poder tampão do solo.

Concordando com estes resultados, Veloso et al. (1992), Quaggio et al. (1993), Caires et al. (2003) e Araújo et al. (2016) observaram que a aplicação de gesso agrícola em doses similares acarretou em acréscimos do pH, porém pouco relevantes em valor absoluto.

Em contrapartida, Borges et al. (1998), Zandoná et al. (2015) e Zahra; Sarwar; Muhammad (2015) observaram reduções nos valores de pH sob dosagens que variaram entre 0,2 à 9 Mg ha<sup>-1</sup>. Para estes autores, a redução está relacionada ao ambiente controlado por organismos anaeróbicos, com atividade microbiana reduzida, degradação da matéria orgânica incompleta e caráter mais ácido, podendo ser incompletos e de caráter ácido, promovendo a redução do pH.

Estudos revelam que a aplicação de gesso agrícola proporciona uma pequena redução na acidez ativa do solo, onde a hidrólise do Al, o incremento de Ca deslocando os cátions adsorvidos nas cargas negativas e o aumento da concentração de eletrólitos nos solos com predomínio de carga negativa proporciona estas pequenas alterações no pH (ILYAS; QURESHI; QUADIR, 1997; RAMOS et al., 2013).

Quanto aos resultados obtidos na acidez potencial do solo (H + Al) a aplicação de gesso foi menos expressiva quando comparado a acidez ativa (pH CaCl<sub>2</sub> – 0,01 M). Corroborando com estes dados, Soratto; Crusciol (2008) também não observaram a influência do gesso agrícola sobre a acidez potencial. A tabela 1 nos demonstra que houve uma relação linear entre dose e H + Al, apenas na camada entre 0,80 a 1,00 m, em ambos os municípios e na camada entre 0,60 a 0,80 m, apenas no município de Ventania.

Ao defrontar os solos dos dois municípios, podemos verificar que as de H+Al<sup>3+</sup> foram superiores em Jaguariaíva quando comparadas à Ventania, sob ótica opostas uma vez que a resposta em Jaguariaíva foi decrescente as dosagens em contrapartida em Ventania foi crescente as dosagens, fator preponderante pode estar relacionado as diferenças da serrapilheira e da quantidade de material orgânico do cultivo anterior de pinus, uma vez que as formas de colheita foram distintas entre os dois sítios.

Crusciol et al. (2016) observaram redução no H+Al<sup>3+</sup> após a aplicação de gesso apenas na camada superficial do solo, após 12 meses, pelo deslocamento de íons H<sup>+</sup> para solução. Moraes et al. (2016) também indicaram reduções no H+Al<sup>3+</sup> e no Al trocável (Al<sup>3+</sup>) após a aplicação de gesso. O gesso não neutraliza os íons de H<sup>+</sup>, mas interfere sobre Al<sup>3+</sup> no solo cujo incremento desta carga positiva exerce

influência quando em solução do solo, nos sítios de troca com as hidroxilas que interagem sobre o  $H+Al^{3+}$  (FAGERIA; STONE, 1999).

Quando comparado com a aplicação de calcário, o gesso agrícola não apresentou efeitos sobre a correção do  $H+Al^{3+}$ , conforme indicado no trabalho de Rocha et al. (2008) (a). Este estudo propôs avaliar os efeitos do gesso associado ou não ao calcário sobre atributos químicos do solo e identificou que não houve variações no  $H+Al^{3+}$ , nem nas camadas mais superficiais.

Quanto aos teores de potássio, apenas a primeira camada do solo de Ventania apresentou relação direta. Desta forma, pode-se concluir que o gesso agrícola apresentou efeitos sobre este elemento, pouco expressivo em valores absolutos (tabela 1). Inicialmente, ambos os solos apresentavam níveis muito baixos de  $K^+$  (NEPAR, 2017) e, estes, após a aplicação do gesso, permaneceram sob níveis muito baixos. O efeito observado na primeira camada pode ser desconsiderado uma vez que, observando os incrementos em seus valores absolutos foram inexpressivos. Estes dados concordam com os observados por Walia; Dick (2016) e Araújo et al. (2016), não observaram resultados significativos, entretanto, os níveis iniciais destes trabalhos eram muito superiores ao estudo proposto.

A capacidade de lixiviação de  $K^+$  em um solo tratado com gesso atingiu uma porcentagem de perda de 64% deste elemento, enquanto que um solo tratado com calcário perdeu metade, na ordem de 32% (JALALI; ROWELL, 2003). Os teores superficiais também reduziram no trabalho de Syed-Omar; Summer (1991) após a aplicação sem incorporação de  $2 \text{ Mg ha}^{-1}$  de gesso agrícola.

Os efeitos do gesso agrícola sobre o movimento do  $K^+$  no solo também foram verificados por Maria et al. (1993). Essa mobilidade em profundidade dos elementos pode ser vantajosa em situações onde o crescimento do sistema radicular em profundidade é um fenômeno desejável. As discussões destes autores quanto aos efeitos do gesso sobre a mobilidade do  $K^+$  discordam dos dados observados neste experimento. Não foi possível identificar um incremento de  $K^+$  em profundidade, onde, na tabela 1 podemos verificar que as camadas mais superficiais apresentam maior teor deste elemento quando comparadas as subsuperficiais em



ambos os municípios. Vale destacar, que os índices estão muito baixos, o que influencia neste resultado.

Discordando dos autores anteriores, a redistribuição dos elementos no solo após a aplicação de gesso foi avaliada por Yazdanpanah et al. (2013) sob condições controladas e por Michalovicz (2012) onde aplicação de gesso agrícola reduziram linearmente os teores de  $K^+$  nas amostragens de solos até a camada 0,60 m.

A disponibilidade de fósforo no solo não apresentou diferença em todas as camadas avaliadas em Jaguariaíva. Já para Ventania, constatou-se decréscimo da disponibilidade e seguida de acréscimo. Convém destacar, que os coeficientes de variação deste elemento estão elevados, uma vez que a coleta do solo foi realizada próximo da área de aplicação subsolada de fosfato natural reativo, interferindo sobre os resultados.

Embora a dinâmica do P nos solos esteja associada a diversos fatores ambientais (BAHIA FILHO et al. 1983; SANTOS; GATIBONI; KAMINSKI, 2008), em geral, solos brasileiros apresentam baixa disponibilidade de P lábil (VALLADARES et al. 2003; CAPONE et al. 2016). Neste experimento, os teores de P indicaram classificação de nível no solo desde muito baixo a muito alto (NEPAR, 2018) provavelmente relacionado ao fertilizante depositado 6 meses antes com reação lenta e ataque pelo método ácido do extrator Mehlich.

Existe uma relação entre a aplicação de gesso agrícola no solo sobre a mobilidade do elemento P, relacionada com a formação de complexos estáveis pelo Ca fornecido por este insumo. Favaretto et al. (2006) e Murphy; Stevens (2010) demonstraram que o gesso agrícola pode ser um excelente redutor sobre as perdas de P no solo uma vez que, incrementa  $Ca^{2+}$  na solução formando um complexo estável entre estes elementos e o material orgânico. Além disso, apresenta uma floculação de maior potencial iônico, estabilizando mais facilmente o P. A estabilização está associada a reação entre o cálcio e o fosfato formando compostos como a hidroapatita ( $Ca_5[PO_4]_3OH$ ), cujas reações no solo são influenciadas por fatores como pH e o teor de íons de  $Ca^{2+}$  (BASTIN et al., 1999).

Outro benefício pode ser citado como atenuar a adsorção deste elemento nas argilas trocadoras de íons (SANTOS et al., 2016). Andrade; Fernandes; Faquim (2002) concluem em seu trabalho que a adição do gesso, devido as reduções do

teor de  $Al^{3+}$ , reduziu a adsorção do P. O gesso agrícola é um fornecedor de P, embora em sua composição apresente índices muito baixos deste elemento (MERWE; STRYDOM; POTGIETER, 1999). Caires et al. (2003) avaliando o efeito de doses de gesso no solo observaram que os teores de P aumentaram linearmente na camada superficial do solo, pressupondo que este elemento seja uma impureza encontrada no gesso. Em contrapartida, mesmo, após a aplicação de  $5 \text{ Mg ha}^{-1}$  Anikwe; Eze; Ibudialo (2016) não observaram incrementos de P no solo, concordando com os resultados obtidos neste experimento.

Os resultados obtidos quanto as caracterizações do carbono orgânico dos solos, estão discriminadas na tabela 2. As análises de C demonstram, como esperado, uma redução ao longo da profundidade.

No município de Jaguariaíva, apenas a camada do solo entre 0,40 a 0,60m apresentou significância estatística, entretanto, no município de Ventania, a primeira camada respondeu de ordem quadrática e entre 0,60 a 1,00m respondeu de ordem linear. Não era esperada variação no C orgânico em curto espaço de tempo, principalmente em profundidade como observado neste experimento.

TABELA 2 - CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO QUANDO AOS TEORES DE CARBONO ( $\text{g dm}^{-3}$ ), EM CINCO PROFUNDIDADES, APÓS 6 MESES DE APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA SOB CULTIVO DE EUCALIPTO, ÁREA EXPERIMENTAL LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE JAGUARIAÍVA E NO MUNICÍPIO DE VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ.

Gesso Agrícola $\text{Mg ha}^{-1}$	Jaguariaíva					Ventania				
	0,00 - 0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	0,60-0,80	0,80-1,00	0,00 - 0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	0,60-0,80	0,80-1,00
	m									
0	18,98	12,83	12,18	11,88	9,93	11,32	11,83	8,70	8,73	6,20
0,3	29,03	25,00	10,65	11,90	10,60	10,95	10,58	7,45	6,20	8,10
0,6	22,98	18,95	11,58	10,88	10,33	13,20	10,58	8,08	5,25	5,28
1,2	27,40	18,65	15,38	11,23	17,20	18,30	12,20	8,73	8,38	4,95
2,4	23,98	21,63	15,70	13,20	11,58	15,08	13,15	9,03	9,65	8,08
4,8	28,30	17,98	20,65	15,40	12,50	15,75	12,18	13,25	11,58	10,60
9,6	26,03	19,33	16,03	12,80	9,05	20,63	13,10	9,63	10,58	8,07
CV (%)	27,27 n.s.	37,98 n.s.	31,60**1o	31,84 n.s.	48,97 n.s.	25,28**2o	25,52 n.s.	34,69 n.s.	28,78**1o	40,69**1o

\*\* e \* significativo ao nível de 1% e a 5%, respectivamente, de probabilidade de erro, pelo teste de regressão; n.s. não significativo. 1º e 2º representam equações de regressão linear e quadrática, respectivamente.

FONTE: A autora (2018).

Poucos estudos avaliaram o efeito do gesso sobre o C orgânico e os que avaliaram indicam respostas contrastantes. Wong; Dalal; Greene (2009) avaliaram a

dinâmica do C orgânico no solo após a aplicação de gesso agrícola, entretanto, sob condições de incubação laboratorial. O trabalho propõe que a adição de gesso agrícola reduz a atividade microbiana e, conseqüentemente, reduz as taxas de decomposição da matéria orgânica, atribuída pela alteração química da solução, mas afirma que não são resultados conclusivos.

Já, Inagaski et al. (2016) avaliando os efeitos do gesso agrícola sobre os estoques de C orgânico em experimento de longa duração observaram que o gesso agrícola exerceu influência nos compartimentos lábeis da matéria orgânica, entretanto, seu efeito isolado não apresentou significância quando comparado ao uso do calcário ou quando o gesso estava associado ao calcário.

O efeito do gesso sobre o C orgânico foi avaliado por Belkacem; Nys (1995) comparando-se com outros insumos como calcário e calcário associado ao óxido de magnésio. O teor de C no solo não foi influenciado por nenhum dos tratamentos, incluindo o gesso agrícola.

Com relação aos parâmetros do complexo sortivo do solo como soma das bases trocáveis (SB) e saturação das bases trocáveis (V%) os dados estão apresentados na tabela 3, em ambos os municípios.

TABELA 3 – COMPLEXO SORTIVO DO SOLO, EM CINCO PROFUNDIDADES, APÓS 6 MESES DE APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA SOB CULTIVO DE EUCALIPTO, ÁREA EXPERIMENTAL LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE JAGUARIAÍVA E NO MUNICÍPIO DE VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ.

Gesso Agrícola Mg ha <sup>-1</sup>	Jaguariaíva				Ventania			
	SB	T	V	m	SB	T	V	m
	cmolc dm <sup>-3</sup>		%		cmolc dm <sup>-3</sup>		%	
Profundidade 0 - 0,20 m								
0	1,20	9,00	13,22	51,05	0,48	5,49	8,16	78,06
0,3	0,79	10,54	7,18	72,14	0,45	5,32	8,42	77,76
0,6	1,53	10,10	14,65	44,70	1,58	5,36	29,07	51,47
1,2	0,89	9,97	9,01	63,89	1,78	5,46	32,52	47,16
2,4	1,22	10,34	12,05	56,42	2,70	5,87	45,54	34,48
4,8	1,71	9,96	16,42	44,94	2,40	5,88	41,84	35,74
9,6	1,91	9,76	22,75	48,59	1,98	8,03	30,05	36,68
CV (%)	58,93 <sup>n.s.</sup>	16,20 <sup>n.s.</sup>	71,71 <sup>n.s.</sup>	23,06 <sup>n.s.</sup>	29,37 <sup>**2o</sup>	31,43 <sup>n.s.</sup>	33,35 <sup>**2o</sup>	17,71 <sup>**2o</sup>

Continua...

Profundidade 0,20 - 0,40 m								
0	0,59	7,71	7,31	66,11	0,41	4,56	8,75	76,15
0,3	0,49	10,84	4,47	78,31	0,42	4,17	9,95	75,22
0,6	1,22	8,62	14,16	46,22	1,58	4,46	35,70	47,87
1,2	0,76	8,13	9,22	63,64	1,85	4,47	41,10	41,89
2,4	0,92	8,55	10,91	57,82	1,90	5,18	40,36	42,59
4,8	2,26	8,83	21,99	40,16	1,95	4,62	42,20	34,79
9,6	1,86	8,24	20,32	47,20	1,93	4,97	38,61	37,62
CV (%)	105,27* <sup>1º</sup>	22,87 n.s.	81,07* <sup>1º</sup>	32,39** <sup>2º</sup>	21,47** <sup>2º</sup>	19,10 n.s.	25,30** <sup>2º</sup>	13,33** <sup>2º</sup>
Profundidade 40 - 60cm								
0	0,38	6,78	5,30	75,96	0,37	4,06	9,02	76,70
0,3	0,30	7,18	4,12	79,19	0,34	3,62	9,12	79,67
0,6	0,54	6,56	8,02	64,08	1,30	3,94	32,71	53,49
1,2	0,50	7,20	7,14	67,28	1,55	3,74	42,11	43,87
2,4	0,48	6,76	7,26	67,47	1,95	4,87	41,16	36,52
4,8	1,74	8,04	20,63	37,11	2,83	4,08	69,62	31,17
9,6	1,26	7,41	16,74	45,97	1,88	4,72	39,41	33,77
CV (%)	66,07** <sup>1º</sup>	14,47 n.s.	55,25** <sup>1º</sup>	21,29** <sup>1º</sup>	62,08** <sup>1º</sup>	14,59* <sup>1º</sup>	63,40** <sup>1º</sup>	19,02** <sup>2º</sup>
Profundidade 0,60 - 0,80 m								
0	0,30	6,43	4,73	77,55	0,35	3,49	9,87	75,38
0,3	0,27	5,90	4,51	77,79	0,34	3,37	9,87	77,90
0,6	0,38	6,23	5,95	71,01	1,40	3,49	40,22	47,97
1,2	0,27	5,77	4,79	75,60	1,45	3,39	43,28	42,11
2,4	0,33	6,33	5,21	72,60	2,00	4,06	48,87	37,06
4,8	0,72	5,95	11,68	54,58	2,23	4,22	51,70	32,88
9,6	0,90	6,50	13,43	49,48	1,78	4,10	43,09	33,31
CV (%)	54,14* <sup>2º</sup>	12,76 n.s.	48,70* <sup>2º</sup>	14,84* <sup>2º</sup>	31,41* <sup>2º</sup>	7,72** <sup>1º</sup>	27,73** <sup>2º</sup>	15,70** <sup>2º</sup>
Profundidade 0,80 - 1,00 m								
0	0,27	5,87	4,54	76,56	0,35	3,64	9,31	77,66
0,3	0,25	6,17	3,94	79,68	0,41	3,47	11,89	73,57
0,6	0,27	5,57	4,88	73,99	1,45	3,84	38,54	45,36
1,2	0,27	4,99	5,41	72,97	1,45	3,52	41,61	44,52
2,4	0,27	5,67	4,72	74,18	2,00	4,35	45,67	41,38
4,8	0,58	5,58	10,03	56,73	1,50	3,97	37,55	40,93
9,6	0,69	5,79	11,45	54,94	1,68	4,06	41,16	38,84
CV (%)	48,40* <sup>2º</sup>	6,71* <sup>2º</sup>	41,97* <sup>2º</sup>	14,58** <sup>1º</sup>	27,82** <sup>2º</sup>	9,54* <sup>1º</sup>	25,18** <sup>2º</sup>	10,76** <sup>2º</sup>

\*\* e \* significativo ao nível de 1% e a 5%, respectivamente, de probabilidade de erro, pelo teste de regressão; n.s. não significativo. 1º e 2º representam equações de regressão linear e quadrática, respectivamente.

FONTE: A autora (2018).

Já a capacidade de troca de cátions potencial (T) apresentou significância estatística na última camada avaliada em ambos os municípios e na camada entre 0,40 a 0,80 m em Ventania.

Os resultados demonstram que os incrementos de Ca, proporcionados pelo gesso agrícola, foram mais expressivos que ao decréscimo do Al trocável e aumento do pH do solo nos sítios de troca do que sobre a Soma das Bases. Em contrapartida, a saturação por Al (m%) apresentou significância em praticamente todas as camadas do solo avaliadas, com exceção apenas da camada superficial em Jaguariaíva, comprovando os efeitos sobre a acidez trocável, avaliando-se isoladamente o decréscimo do Al trocável e pela adição de base (Ca) após a aplicação do gesso agrícola.

Incrementos similares foram obtidos por Araújo et al. (2016) avaliando a influência do gesso agrícola sobre os parâmetros químicos do solo identificou aumentos dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ , na redução da saturação por  $\text{Al}^{3+}$  (m%) além de ampliar a capacidade de troca de cátions (T) na camada entre 0,40 a 1,00 m. Assim como Nascimento et al. (2017) que, após a aplicação de gesso observam aumentos lineares da saturação das bases, relacionadas aos mesmos aumentos em proporção de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ , embora os teores de  $\text{Mg}^{2+}$  apresentaram uma resposta quadrática. Em contrapartida, Anikewe; Ibudialo (2016) demonstraram em seus resultados que a aplicação de gesso não alterou a saturação de bases (V%) do solo, mas sob baixas dosagens de  $2,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

Desta forma, em coletas de solos em cinco profundidades em duas áreas sob cultivo de Eucalipto, as avaliações estenderam-se além dos 6 meses, sendo realizadas coletas também aos 12; 18 e 24 meses, conforme tabela 4.

Os resultados indicaram que o efeito do gesso agrícola sobre o  $\text{Al}^{3+}$  no solo foi mais efetivo nas amostragens iniciais, aos 6 e 12 meses. Em todas as épocas de coleta avaliadas, o  $\text{Al}^{3+}$  decresce ao longo da profundidade.

Os teores iniciais médios ao longo de 0,60 m foram de 1,00 e 1,50  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  em Jaguariaíva e Ventania, respectivamente, indicam um nível alto de  $\text{Al}^{3+}$  em ambos os solos (NEPAR, 2018). Pressupondo as condições iniciais quanto a este elemento, esperava-se o efeito amenizador do condicionante sobre a acidez, o que não ocorreu, mantendo-se em níveis elevados.

TABELA 4 - TEOR DE  $Al^{3+}$  NO SOLO ( $cmol_c dm^{-3}$ ) NAS PROFUNDIDADES ENTRE 0 A 0,20; 0,20 A 0,40; 0,40 A 0,60; 0,60 A 0,80 E 0,80 A 1,00 m, COLETADOS AOS 6, 12, 18 E 24 MESES APÓS A APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA NAS DOSAGENS DE 0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 E 9,6  $Mg ha^{-1}$ , SOB CULTIVO DE EUCALIPTO, ÁREA EXPERIMENTAL LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE JAGUARIAÍVA E NO MUNICÍPIO DE VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ.

Profundidade (m)	Doses de Gesso Agrícola													
	Jaguariaíva							Ventania						
	0	0,3	0,6	1,2	2,4	4,8	9,6	0	0,3	0,6	1,2	2,4	4,8	9,6
	Mg $ha^{-1}$													
	Teores de Alumínio aos 6 meses													
0,00 – 0,20	1,23	1,88	1,10	1,63	1,60	1,23	1,33	1,55	1,53	1,49	1,59	1,37	1,34	1,16
0,20 – 0,40	1,08	1,65	1,05	1,28	1,25	0,85	1,08	1,27	1,21	1,43	1,42	1,25	1,06	1,43
0,40 – 0,60	1,10	1,13	0,93	1,00	1,00	0,88	0,93	1,17	1,25	1,34	1,22	1,09	1,05	0,95
0,60 – 0,80	1,03	0,93	0,90	0,85	0,88	0,78	0,75	1,04	1,14	1,28	1,06	1,15	0,98	0,88
0,80 – 1,00	0,85	0,95	0,78	0,73	0,78	0,68	0,78	1,17	1,16	1,20	1,18	1,34	1,02	1,06
	Teores de Alumínio aos 12 meses													
0,00 – 0,20	1,73	1,95	2,25	2,08	1,80	2,15	1,88	1,73	2,05	1,73	1,65	1,80	1,90	1,85
0,20 – 0,40	1,68	1,48	1,83	1,95	1,75	1,83	1,73	1,53	1,58	1,63	1,40	1,63	1,63	1,48
0,40 – 0,60	1,85	1,80	1,90	1,88	2,05	1,88	1,95	1,35	1,53	1,33	1,85	1,73	1,55	1,83
0,60 – 0,80	1,90	1,93	1,95	1,45	1,90	1,78	1,65	1,80	1,85	1,60	1,45	1,58	1,65	2,00
0,80 – 1,00	1,65	1,43	1,33	1,40	1,55	1,45	1,35	1,45	1,70	1,65	1,68	1,55	1,73	1,73
	Teores de Alumínio aos 18 meses													
0,00 – 0,20	1,36	1,70	1,24	1,17	1,90	1,62	1,26	1,73	1,52	1,52	1,93	1,59	1,75	1,78
0,20 – 0,40	1,25	1,30	1,15	1,02	1,18	1,33	1,15	1,41	1,34	1,48	1,36	1,39	1,43	1,34
0,40 – 0,60	0,87	1,14	0,80	0,87	0,96	0,82	0,98	1,32	1,34	1,25	1,32	1,18	1,33	1,39
0,60 – 0,80	0,73	0,73	0,80	0,76	0,79	0,90	0,76	1,23	1,38	1,26	1,39	1,29	1,19	1,53
0,80 – 1,00	0,64	0,61	0,73	0,68	0,66	0,78	0,61	1,20	1,36	1,21	1,33	1,26	1,35	1,45
	Teores de Alumínio aos 24 meses													
0,00 – 0,20	1,02	1,50	1,86	1,22	1,21	1,55	1,49	1,63	1,73	1,78	1,77	1,68	1,76	1,78
0,20 – 0,40	1,25	1,29	1,22	1,23	1,31	1,42	1,40	1,43	1,35	1,50	1,43	1,42	1,54	1,42
0,40 – 0,60	0,99	1,20	1,46	1,12	1,31	1,16	1,15	1,32	1,30	1,50	1,36	1,37	1,40	1,43
0,60 – 0,80	1,16	1,03	1,06	1,06	1,10	1,13	0,79	1,38	1,41	1,48	1,40	1,24	1,46	1,44
0,80 – 1,00	1,02	1,02	1,02	1,30	0,83	0,93	0,88	1,41	1,52	1,48	1,39	1,41	1,36	1,32

FONTE: A autora (2018).

Na última camada avaliada (0,80 a 1,00 m), o teor de  $Al^{3+}$  apontado nas análises foram de 0,78; 1,35; 0,61 e 0,88  $cmol_c dm^{-3}$  em Jaguariaíva e 1,06; 1,73; 1,45; 1,32  $cmol_c dm^{-3}$  em Ventania, aos 6, 12, 18 e 24 meses respectivamente, ou seja, ainda estabelecem um nível alto de acidez.

Convém destacar que a literatura relata que os efeitos do gesso agrícola sobre o  $Al^{3+}$  são mais expressivos em profundidade (BURKE et al., 2013; SERAFIN

et al., 2012, ARAUJO et al., 2016; NASCIMENTO et al., 2017), como observado neste experimento. Em contrapartida, alguns autores não obtiveram respostas quanto a redução do  $\text{Al}^{3+}$ , corroborando com os dados obtidos neste experimento (ZAMBROSI; ALLEONI; CAIRES, 2007; BORTOLANZA; KLEIN, 2016) indicando que houve redução no teor em profundidade porém insuficiente para indicar níveis baixos deste elemento no solo. Já Walia; Dick (2016) avaliaram diferentes solos e obtiveram respostas positivas e negativas quanto a correção do  $\text{Al}^{3+}$  após a aplicação de gesso.

Para Freire et al. (2013) e Michalovicz et al. (2014) as reduções dos níveis de  $\text{Al}^{3+}$  encontrados em seus trabalhos estão relacionadas com a associação do  $\text{Al}^{3+}$  com o  $\text{SO}_4^{2-}$  fornecido para a solução do solo após a aplicação de gesso. A formação deste par iônico pode gerar compostos estáveis no solo, como por exemplo o  $\text{AlSO}_4^+$ , capaz de diminuir atividade de  $\text{Al}^{3+}$  na solução do solo proporcionando benefícios ao desenvolvimento das culturas (ZAMBROSI, 2004; SALDANHA et al., 2007, CARVALHO et al., 2013, ROCHA et al., 2014).

Os efeitos do gesso agrícola sobre o teor do  $\text{Al}^{3+}$  no solo foram caracterizados por alguns autores. Summer et al. (1986) observaram que a aplicação de gesso resultou em uma redução progressiva do Al solúvel. Michalovicz (2012) identificou a diminuição dos teores  $\text{Al}^{3+}$  nas dosagens entre 3 a 12  $\text{Mg ha}^{-1}$ , está associada a formação de pares iônicos entre  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Al}^{3+}$  ou entre o  $\text{Al}^{3+}$  e o fluoreto ( $\text{F}^-$ ), presente na composição química deste condicionador do solo.

O decréscimo em profundidade do alumínio observadas na tabela 5 (a e b), com exceção nas avaliações aos 12 meses em ambos os municípios, sugere a associação do para iônico  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Al}^{3+}$ , uma vez que apresentou pequenas reduções no teor de  $\text{Al}^{3+}$  no solo. Para o município de Jaguariaíva, este decréscimo variou entre as camadas 0 a 0,20 m e 0,80 a 1,00 m de 1,33 a 0,78  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; 1,88 a 1,35  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; 1,26 a 0,61  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e 1,49 a 0,88  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , aos 6, 12, 18 e 24 meses, respectivamente, indicando variações entre 42%; 29%; 52% e 41%. Em contrapartida, no município de Ventania, as variações foram 1,16 a 1,06  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; 1,85 a 1,73  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; 1,78 a 1,45  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e 1,78 a 1,32  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , comparando-se as mesmas camadas e épocas de coleta, indicaram variações de apenas 9%; 7%; 19% e 26%. Podemos afirmar que o gesso agrícola interviu com

maior expressividade no solo coletado no município de Jaguariaíva. Entretanto, através da análise estatística, descrita na tabela 5, podemos observar que este efeito foi significativo apenas aos 6 meses.

As equações de regressão ajustadas, o nível de probabilidade de 1% ( $p \leq 0,01$ ) ou 5% ( $p \leq 0,05$ ), o coeficiente de determinação e coeficiente de variação, determinados em cinco profundidades e em ambos os municípios para o elemento  $Al^{3+}$ , estão apresentados na tabela 5, quando este foi influenciado pelo uso do gesso.

TABELA 5 - EQUAÇÃO DA REGRESSÃO, NÍVEL DE PROBABILIDADE, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E DE VARIAÇÃO PARA O TEOR DE  $Al^{3+}$  NO SOLO APÓS A APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA NAS DOSAGENS DE 0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 E 9,6  $Mg\ ha^{-1}$ , SOB CULTIVO DE EUCALIPTO, ÁREA EXPERIMENTAL LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE JAGUARIAÍVA E NO MUNICÍPIO DE VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ, QUANDO ESTE FOI SIGNIFICATIVO.

Profundidade (m)	Época de coleta	Município	Equação	$p$	$R^2$	CV (%)
0,60 a 0,80	6 meses	Jaguariaíva	$Y = 0,932 - 0,022x$	$p \leq 0,05$	0,69	21,37
0,80 a 1,00	6 meses	Jaguariaíva	$Y = 0,817 - 0,010x$	$p \leq 0,05$	0,16	15,70
0,00 a 0,20	6 meses	Ventania	$Y = 1,541 + 0,041x$	$p \leq 0,01$	0,89	12,87
0,40 a 0,60	6 meses	Ventania	$Y = 1,183 + 0,305x$	$p \leq 0,05$	0,95	15,79
0,60 a 0,80	6 meses	Ventania	$Y = 1,145 - 0,018x - 0,001x^2$	$p \leq 0,05$	0,58	13,72
0,60 a 0,80	12 meses	Ventania	$Y = 1,73 - 0,100x + 0,013x^2$	$p \leq 0,05$	0,65	19,05

FONTE: A autora (2018).

Os resultados significativos estatisticamente, apresentados na tabela 5 demonstraram efeitos contrários entre os solos avaliados. A maior influência do gesso sobre o alumínio foi observada aos 6 meses após a aplicação, onde, no município de Jaguariaíva o  $Al^{3+}$  reduz com aumento da concentração de gesso, ao contrário do município de Ventania onde o  $Al^{3+}$  aumenta. Cabe destacar, conforme tabela 4, que o acumulado pluviométrico nos seis primeiros meses foram de 1022,25 e 866,07 mm, em Jaguariaíva e Ventania, respectivamente. Ou seja, Jaguariaíva apresentou um índice de precipitação acumulada superior a Ventania, favorecendo as reações do solo.

Observou-se efeito significativo em profundidade apenas em Jaguariaíva, podendo estar relacionado com as relações de solubilidade do condicionante de solo



em função da sua solubilidade. Dias (1992) (a) afirma que, em solos com textura arenosa e baixos valores da CTC, ocorre maior lixiviação dos compostos  $\text{AlSO}_4$  e  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  para subsuperfície, mediante a presença de água no sistema solo. Em contrapartida, Souza Junior et al. (2004) complementa que o condicionante do solo, quando aplicado de forma superficial, restringe as condições de melhoria química do solo, incluindo a neutralização do alumínio, nas camadas superiores.

Os resultados obtidos quando a caracterização química do  $\text{Ca}^{2+}$  em coletas de solos em cinco profundidades em duas áreas sob cultivo de eucalipto, estão descritos na tabela 6. Cabe destacar que este elemento apresentou as respostas mais significativas quando comparados aos outros elementos do complexo químico sortivo até 24 meses.

Embora, tenha sido obtido resposta quanto ao uso do gesso sobre o teor de  $\text{Ca}^{2+}$ , os acréscimos observados ficaram muito abaixo do esperado, em torno de  $4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Visto que, ao aplicar  $1 \text{ Mg ha}^{-1}$  ao solo de gesso com aproximadamente 20% de Ca, resultaria em condições ideais incrementos próximo a  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de  $\text{Ca}^{2+}$  na camada de 0 a 0,20 m do solo. Desta forma, os incrementos observados neste experimento são inexpressivos para as dosagens propostas.

Tal resultado está associado ao poder tampão do solo, onde este apresenta uma significativa resistência à mudança de pH e demais atributos químicos do solo. Nos solos que apresentam saturação por alumínio (m%) maior que 50%, o elevado poder tampão é uma grande limitação, pois necessitam de elevada quantidade de calcário para neutralizar a acidez do solo e a ação tóxica do alumínio.

Os níveis de  $\text{Ca}^{2+}$  reduziram ao longo da profundidade aos 6 e 24 meses após a aplicação do gesso agrícola no município de Jaguariaíva e apenas aos 6 meses no município de Ventania. As demais avaliações indicaram a manutenção e/ou incremento de  $\text{Ca}^{2+}$  ao longo das profundidades. Em todas as avaliações, ambos os municípios, estabelecem nível muito baixo do elemento, inferiores a  $1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (SERRAT; KRIEGER; MOTTA, 2006). Estes dados contrariam os obtidos em literatura. Experimentos desenvolvidos por Maria et al. (1993), Wadt; Wadt (1999), Ernani; Ribeiro; Bayer (2001), Oliveira; Ernani; Amarante (2002), Caires et al. (2003), Caires et al. (2004), Leite et al. (2007), Ramos et al. (2013), Basso et al.

(2015) obtiveram em seus resultados incrementos de cálcio após a aplicação de gesso.

TABELA 6 - TEOR DE  $\text{Ca}^{2+}$  NO SOLO ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) NAS PROFUNDIDADES ENTRE 0 A 0,20; 0,20 A 0,40; 0,40 A 0,60; 0,60 A 0,80 E 0,80 A 1,00 M, COLETADOS AOS 6, 12, 18 E 24 MESES APÓS A APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA NAS DOSAGENS DE 0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 E 9,6  $\text{Mg ha}^{-1}$ , SOB CULTIVO DE EUCALIPTO, ÁREA EXPERIMENTAL LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE JAGUARIAÍVA E NO MUNICÍPIO DE VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ.

Profundidade (m)	Doses de Gesso Agrícola													
	Jaguariaíva							Ventania						
	0	0,3	0,6	1,2	2,4	4,8	9,6	0	0,3	0,6	1,2	2,4	4,8	9,6
	$\text{Mg ha}^{-1}$													
	Teores de Cálcio aos 6 meses													
0,00 – 0,20	0,78	0,43	0,90	0,50	0,80	1,23	1,38	0,78	0,28	0,25	0,40	0,68	0,60	0,48
0,20 – 0,40	0,33	0,23	0,80	0,48	0,58	1,85	1,38	0,30	0,43	0,28	0,33	0,33	0,53	0,53
0,40 – 0,60	0,18	0,13	0,30	0,30	0,30	1,33	0,93	0,30	0,23	0,23	0,28	0,43	0,45	0,50
0,60 – 0,80	0,15	0,13	0,20	0,13	0,15	0,48	0,63	0,28	0,23	0,18	0,30	0,43	0,43	0,43
0,80 – 1,00	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,35	0,43	0,30	0,33	0,20	0,28	0,48	0,33	0,38
	Teores de Cálcio aos 12 meses													
0,00 – 0,20	0,28	0,25	0,23	0,60	0,53	0,58	0,55	0,04	0,07	0,09	0,10	0,15	0,20	0,10
0,20 – 0,40	0,58	0,65	0,63	0,63	0,65	0,78	0,55	0,10	0,11	0,16	0,18	0,15	0,20	0,16
0,40 – 0,60	0,73	0,40	0,48	0,65	0,60	0,83	0,88	0,19	0,15	0,19	0,25	0,29	0,26	0,16
0,60 – 0,80	0,85	0,88	0,93	1,10	1,00	1,08	1,50	0,50	0,53	0,53	0,68	0,68	0,75	0,28
0,80 – 1,00	0,65	0,40	0,60	0,68	0,65	0,88	1,23	0,38	0,40	0,45	0,63	0,50	0,60	0,65
	Teores de Cálcio aos 18 meses													
0,00 – 0,20	0,75	0,83	1,08	1,40	0,80	0,70	1,10	0,05	0,12	0,09	0,08	0,06	0,07	0,12
0,20 – 0,40	1,00	0,83	0,70	1,15	0,80	0,93	1,05	0,04	0,04	0,05	0,08	0,03	0,04	0,05
0,40 – 0,60	0,95	0,95	0,98	0,98	1,05	0,95	1,05	0,06	0,07	0,06	0,09	0,13	0,03	0,10
0,60 – 0,80	0,90	0,85	0,88	0,88	0,83	0,83	0,80	0,14	0,16	0,16	0,17	0,07	0,12	0,04
0,80 – 1,00	0,85	0,93	1,03	1,00	0,93	0,98	1,05	0,10	0,07	0,13	0,07	0,07	0,07	0,19
	Teores de Cálcio aos 24 meses													
0,00 – 0,20	0,45	0,40	0,83	0,65	0,40	0,58	1,35	0,35	0,53	0,29	0,30	0,42	0,29	0,34
0,20 – 0,40	0,38	0,30	0,48	0,50	0,30	0,38	1,00	0,14	0,22	0,14	0,16	0,16	0,32	0,32
0,40 – 0,60	0,25	0,23	0,28	0,28	0,28	0,33	0,70	0,79	0,81	0,76	0,75	0,78	0,81	0,78
0,60 – 0,80	0,18	0,15	0,23	0,20	0,20	0,30	0,68	0,82	0,85	0,79	0,80	0,89	0,88	0,87
0,80 – 1,00	0,13	0,10	0,13	0,15	0,15	0,25	0,63	0,78	0,81	0,82	0,84	0,82	0,88	0,89

FONTE: A autora (2018).

Após a aplicação de 8  $\text{Mg ha}^{-1}$  gesso agrícola os acréscimos observados por Zandoná et al. (2015) os incrementos nos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  no solo foram de 34%, na camada entre 0 a 0,10 m, com valores médios de cálcio de 5  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ . Embora os

teores ficaram abaixo do esperado, a porcentagem de incremento do cálcio em profundidade foi muito superior. Na última camada avaliada, 0,80 a 1,00 m, comparando-se os tratamentos 0 e 9,6 Mg ha<sup>-1</sup> obteve-se 29, 188, 123 e 500% de incremento nos teores de Ca<sup>2+</sup> aos 6, 12, 18 e 24 meses, respectivamente, em Jaguariaíva, entretanto com valores de cálcio que variam entre 0,10 à 0,80 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.<sup>3</sup> Para o município de Ventania, as porcentagens variaram entre 125, 173, 195 e 114 % com valores de cálcio que variaram entre 0,07 à 0,89 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

As equações de regressão ajustadas, o nível de probabilidade de 1% (p≤0,01) ou 5% (p≤0,05), o coeficiente de determinação e coeficiente de variação, determinados em cinco profundidades e em ambos municípios para o elemento Ca<sup>2+</sup>, estão apresentados na tabela 7.

TABELA 7 - EQUAÇÃO DA REGRESSÃO, NÍVEL DE PROBABILIDADE, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E DE VARIAÇÃO PARA O TEOR DE Ca<sup>2+</sup> NO SOLO APÓS A APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA NAS DOSAGENS DE 0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 E 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>, SOB CULTIVO DE EUCALIPTO, ÁREA EXPERIMENTAL LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE JAGUARIAÍVA E DE VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ, QUANDO ESTE FOI SIGNIFICATIVO.

Profundidade (m)	Época de coleta	Município	Equação	p	R <sup>2</sup>	CV (%)
0,20 a 0,40	6 meses	Jaguariaíva	Y = 0,450 - 0,130x	p≤0,05	0,57	130,82
0,40 a 0,60	6 meses	Jaguariaíva	Y = 0,155 - 0,058x	p≤0,01	0,99	82,60
0,60 a 0,80	6 meses	Jaguariaíva	Y = 0,112 + 0,058x - 0,0003x <sup>2</sup>	p≤0,01	0,89	69,08
0,80 a 1,00	6 meses	Jaguariaíva	Y = 0,970 + 0,044x - 0,0009x <sup>2</sup>	p≤0,05	0,89	75,13
0,00 a 0,20	12 meses	Jaguariaíva	Y = 0,348 + 0,296x	p≤0,05	0,36	55,35
0,80 a 1,00	12 meses	Jaguariaíva	Y = 0,532 + 0,071x	p≤0,01	0,89	44,83
0,00 a 0,20	24 meses	Jaguariaíva	Y = 0,456 + 0,076x	p≤0,05	0,61	68,49
0,40 a 0,60	24 meses	Jaguariaíva	Y = 0,242 + 0,027x + 0,006x <sup>2</sup>	p≤0,01	0,99	40,19
0,60 a 0,80	24 meses	Jaguariaíva	Y = 0,176 + 0,013x + 0,0007x <sup>2</sup>	p≤0,01	0,98	41,74
0,80 a 1,00	24 meses	Jaguariaíva	Y = 0,115 + 0,011x + 0,002x <sup>2</sup>	p≤0,01	0,99	34,70
0,40 a 0,60	6 meses	Ventania	Y = 0,268 + 0,028x	p≤0,05	0,74	49,67
0,60 a 0,80	6 meses	Ventania	Y = 0,263 + 0,021x	p≤0,05	0,54	49,40
0,60 a 0,80	12 meses	Ventania	Y = 0,482 + 0,179x - 0,059x <sup>2</sup>	p≤0,05	0,96	14,08
0,80 a 1,00	12 meses	Ventania	Y = 0,448 + 0,02x	p≤0,01	0,56	19,94
0,60 a 0,80	18 meses	Ventania	Y = 0,155 - 0,012x	p≤0,05	0,65	55,44
0,60 a 0,80	24 meses	Ventania	Y = 0,826 + 0,0000006x	p≤0,05	0,24	5,610

FONTE: A autora (2018).

Na camada entre 0,20 à 0,60 m, nas avaliações do cálcio aos 6 meses no município de Jaguariaíva, a aplicação de gesso agrícola reduziu o teor deste elemento no solo (tabela 7). Resultado similar foi observado na camada 0,60 a 0,80 m aos 18 meses no município de Ventania. Esses resultados específicos, contrariam os observados em literatura. Serafim et al. (2012) observaram incrementos do cálcio em profundidade após a aplicação de até 15 Mg ha<sup>-1</sup>. E Caires et al. (2003) indicaram um aumento do Ca<sup>2+</sup> no solo em diferentes profundidades, avaliando-se até 0,60 m, onde o efeito foi mais pronunciado na superfície avaliadas aos 8 meses após a aplicação. Em contrapartida, após 32 meses os efeitos foram maiores em camadas mais profundas, assim como neste experimento, principalmente nos resultados obtidos nos solos de Jaguariaíva. Ressalta-se, através do gráfico 1, é possível observar índices pluviométricos deste município foram superiores aos obtidos em Ventania.

Basso et al. (2015) e Rampin; Lana (2015) avaliando o conteúdo de Ca<sup>2+</sup> no solo após a aplicação de gesso verificaram um incremento expressivo de cerca de 1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, acima dos observados neste experimento. Ernani; Ribeiro; Bayer (2001) caracterizaram os maiores acúmulos de Ca<sup>2+</sup> lixiviado até a camada 0,30m com a utilização do gesso agrícola. Apesar do teor de Ca<sup>2+</sup> ser inferior no gesso este produto aumentou o Ca<sup>2+</sup> no solo (OLIVEIRA; ERNANI; AMARANTE, 2002).

Os resultados obtidos quando a caracterização química do Mg<sup>2+</sup> em coletas de solos em cinco profundidades em duas áreas sob cultivo de eucalipto, estão descritos na tabela 8, ao longo de 6, 12, 18 e 24 meses após a aplicação do gesso.

Semelhante aos resultados obtidos no Ca, alteração do Mg quando do uso de gesso agrícola foram mais evidentes nas amostras coletadas aos 6 e 12 meses após a aplicação. As alterações para o solo coletado em Ventania foram menor que ao solo coletado em Jaguariaíva. Enfatizando que os níveis obtidos em Jaguariaíva foram superiores aos obtidos em Ventania. Os teores obtidos no solo de Ventania indicaram em todas as análises nível muito baixo, inferiores à 0,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, com exceção de uma única amostra média 24 meses após a aplicação de 300 kg ha<sup>-1</sup>. Em contrapartida, os resultados obtidos em Jaguariaíva, indicaram níveis que variaram entre muito baixo à médio (SERRAT; KRIEGER; MOTTA, 2006).

Os maiores teores foram observadas nas camadas mais superficiais. Através das avaliações temporais, não foi possível constatar uma relação entre o uso do gesso agrícola e os incrementos de  $Mg^{2+}$ , uma vez que a avaliação aos 12 meses apresentou resultados inferiores quando comparados as demais épocas de coleta.

TABELA 8 - TEOR DE  $Mg^{2+}$  ( $cmol_c\ dm^{-3}$ ) NO SOLO NAS PROFUNDIDADES ENTRE 0 A 0,20; 0,20 A 0,40; 0,40 A 0,60; 0,60 A 0,80 E 0,80 A 1,00 m, COLETADOS AOS 6, 12, 18 E 24 MESES APÓS A APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA NAS DOSAGENS DE 0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 E 9,6  $Mg\ ha^{-1}$ , SOB CULTIVO DE EUCALIPTO, ÁREA EXPERIMENTAL LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE JAGUARIAÍVA (A) E NO MUNICÍPIO DE VENTANIA (B), ESTADO DO PARANÁ.

Profundidade (m)	Doses de Gesso Agrícola													
	Jaguariaíva							Ventania						
	0	0,3	0,6	1,2	2,4	4,8	9,6	0	0,3	0,6	1,2	2,4	4,8	9,6
	kg $ha^{-1}$													
	Teores de Magnésio aos 6 meses													
0,00 – 0,20	0,38	0,33	0,58	0,35	0,38	0,43	0,48	0,08	0,08	0,08	0,08	0,15	0,10	0,10
0,20 – 0,40	0,23	0,23	0,38	0,25	0,30	0,30	0,43	0,08	0,06	0,06	0,03	0,08	0,10	0,08
0,40 – 0,60	0,18	0,15	0,20	0,18	0,15	0,35	0,30	0,06	0,03	0,01	0,01	0,06	0,03	0,06
0,60 – 0,80	0,13	0,13	0,15	0,13	0,15	0,23	0,25	0,06	0,03	0,01	0,01	0,03	0,06	0,06
0,80 – 1,00	0,13	0,10	0,13	0,13	0,13	0,20	0,25	0,03	0,03	0,01	0,01	0,06	0,03	0,06
	Teores de Magnésio aos 12 meses													
0,00 – 0,20	0,13	0,10	0,13	0,10	0,15	0,13	0,10	0,09	0,13	0,14	0,13	0,11	0,11	0,09
0,20 – 0,40	0,08	0,10	0,10	0,13	0,10	0,10	0,08	0,07	0,08	0,09	0,13	0,10	0,07	0,08
0,40 – 0,60	0,05	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,21	0,12	0,21	0,08	0,11
0,60 – 0,80	0,10	0,13	0,08	0,10	0,10	0,13	0,35	0,10	0,10	0,10	0,15	0,10	0,13	0,10
0,80 – 1,00	0,15	0,10	0,15	0,15	0,18	0,18	0,25	0,10	0,10	0,10	0,20	0,10	0,10	0,10
	Teores de Magnésio aos 18 meses													
0,00 – 0,20	0,38	0,43	0,65	0,43	0,25	0,15	0,43	0,13	0,25	0,18	0,18	0,11	0,12	0,18
0,20 – 0,40	0,20	0,23	0,45	0,30	0,13	0,15	0,23	0,08	0,06	0,10	0,08	0,06	0,08	0,07
0,40 – 0,60	0,18	0,18	0,20	0,13	0,23	0,13	0,18	0,05	0,06	0,19	0,08	0,06	0,06	0,08
0,60 – 0,80	0,18	0,13	0,15	0,13	0,10	0,13	0,13	0,05	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08
0,80 – 1,00	0,13	0,08	0,10	0,10	0,10	0,13	0,10	0,07	0,08	0,04	0,05	0,05	0,06	0,09
	Teores de Magnésio aos 24 meses													
0,00 – 0,20	0,33	0,23	0,55	0,15	0,23	0,18	0,40	0,18	0,34	0,16	0,14	0,27	0,16	0,18
0,20 – 0,40	0,15	0,05	0,23	0,15	0,18	0,15	0,35	0,07	0,21	0,09	0,10	0,12	0,09	0,10
0,40 – 0,60	0,10	0,10	0,13	0,08	0,05	0,10	0,20	0,08	0,22	0,08	0,08	0,10	0,09	0,20
0,60 – 0,80	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,10	0,20	0,18	0,10	0,08	0,07	0,12	0,09	0,09
0,80 – 1,00	0,03	0,00	0,08	0,08	0,08	0,13	0,18	0,06	0,05	0,07	0,06	0,08	0,06	0,08

FONTE: A autora (2018).

Bortolanza; Klein (2016) avaliando os teores de  $Mg^{2+}$  influenciados pela aplicação de  $6 \text{ Mg ha}^{-1}$  de gesso agrícola observaram que os efeitos somente foram registrados na superfície. Após os primeiros 0,25 m da camada do solo, o gesso agrícola não proporcionou incrementos sobre o Mg. Para a camada mais superficial, o incremento registrado  $1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  quando comparado ao tratamento testemunha. Outros autores, registraram uma redução deste elemento após a aplicação de gesso agrícola, provavelmente associada a disponibilidade e incremento de Ca trocável. Walia; Dick (2016) registraram reduções na concentração de  $Mg^{2+}$  no solo após a aplicação de  $26,9 \text{ Mg ha}^{-1}$  de gesso agrícola. A participação do Mg no complexo de troca de cargas também reduziu no trabalho de Dalla-Nora (2014). O sulfato presente no gesso tem sua descida facilitada pelo maior saldo de cargas negativas, redistribuindo o  $Mg^{2+}$  para as camadas mais profundas, de acordo com Raij (2010). Caires et al. (2003) identificou uma intensa movimentação do Mg trocável no solo, com a aplicação de gesso, a partir dos 8 meses após a aplicação.

As equações de regressão ajustadas, o nível de probabilidade de 1% ( $p \leq 0,01$ ) ou 5% ( $p \leq 0,05$ ), o coeficiente de determinação e coeficiente de variação, determinados em cinco profundidades e em ambos os municípios para o elemento  $Mg^{2+}$ , estão apresentados na tabela 9.

TABELA 9 - EQUAÇÃO DA REGRESSÃO, NÍVEL DE PROBABILIDADE, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E DE VARIAÇÃO PARA O TEOR DE  $Mg^{2+}$  NO SOLO APÓS A APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA NAS DOSAGENS DE 0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 E  $9,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ , SOB CULTIVO DE EUCALIPTO, ÁREA EXPERIMENTAL LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE JAGUARIAÍVA E NO MUNICÍPIO DE VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ, QUANDO ESTE FOI SIGNIFICATIVO.

Profundidade (m)	Época de coleta	Município	Equação	$p$	$R^2$	CV (%)
0,00 a 0,20	6 meses	Jaguariaíva	$Y = 0,403 + 0,003x - 0,001x^2$	$p \leq 0,01$	0,10	51,72
0,40 a 0,60	6 meses	Jaguariaíva	$Y = 0,168 + 0,008x$	$p \leq 0,05$	0,97	44,68
0,60 a 0,80	6 meses	Jaguariaíva	$Y = 0,126 + 0,014x$	$p \leq 0,05$	0,88	49,40
0,80 a 1,00	6 meses	Jaguariaíva	$Y = 0,108 + 0,015x - 0,00008x^2$	$p \leq 0,05$	0,92	43,24
0,00 a 0,20	12 meses	Jaguariaíva	$Y = 0,120 + 0,007x$	$p \leq 0,01$	0,75	35,45
0,20 a 0,40	12 meses	Jaguariaíva	$Y = 0,077 + 0,053x + 0,003x^2$	$p \leq 0,05$	0,94	33,31
0,40 a 0,60	12 meses	Jaguariaíva	$Y = 0,051 + 0,067x$	$p \leq 0,05$	0,95	38,19
0,80 a 1,00	24 meses	Jaguariaíva	$Y = 0,036 + 0,015x$	$p \leq 0,01$	0,85	88,19
0,80 a 1,00	12 meses	Ventania	$Y = 0,104 - 0,181x$	$p \leq 0,05$	0,94	66,14
0,80 a 1,00	18 meses	Ventania	$Y = 0,063 - 0,007x + 0,001x^2$	$p \leq 0,01$	0,64	33,64

FONTE: A autora (2018).

Assim como observados nos teores de  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{Ca}^{2+}$  os efeitos do gesso agrícola sobre o  $\text{Mg}^{2+}$  foram mais significativos aos 6 e 12 meses. Nas camadas 0 a 0,20 m e 0,80 a 1,00 m aos 6 meses em Jaguariaíva e na camada 0,80 a 1,00 m aos 12 meses em Ventania, houve decréscimo nos teores de  $\text{Mg}^{2+}$  a adição de gesso agrícola. As demais avaliações significativas indicaram que, ao adicionar gesso ao solo, ocorre o incremento do  $\text{Mg}^{2+}$ . Os efeitos do gesso agrícola sobre os teores de  $\text{Mg}^{2+}$  no solo são reportadas, principalmente quando comparadas ao uso do calcário ou adicionando-se calcário e gesso juntos. Dalla-Nora (2014) verificou que, sobre os teores de  $\text{Mg}^{2+}$ , o elemento reduziu da superfície para a subsuperfície na maioria das suas avaliações. Entretanto, o gesso agrícola avaliado isoladamente não apresentou índices significativos estatisticamente.

Inúmeros experimentos têm sido realizados com o intuito de demonstrar os benefícios do uso do gesso agrícola sobre os atributos químicos do solo, entretanto, neste estudo o gesso demonstrou baixa eficácia sobre o incremento e redistribuição de cátions ao longo do perfil.

## 2.6 CONCLUSÕES

1. Os parâmetros indicativos da fertilidade do solo como a Soma das Bases e a Saturação das Bases apresentaram maiores índices nas camadas mais profundas e responderam à adição de gesso. A saturação por Al (m%) apresentou significância em praticamente todas as camadas do solo avaliadas. Assim, conclui-se que os incrementos de  $\text{Ca}^{2+}$ , proporcionados pelo gesso agrícola, foram mais expressivos em relação ao decréscimo do Al trocável e aumento do pH do solo.

2. O gesso agrícola reduziu os teores de  $\text{Al}^{3+}$ , mas os teores permaneceram sob níveis muito elevados no solo. Assim como os níveis de  $\text{Ca}^{2+}$  permaneceram abaixo dos índices desejados ao desenvolvimento das culturas, embora a porcentagem de incremento deste elemento tenha sido elevada. Já os teores de  $\text{Mg}^{2+}$  apresentaram índices que variaram entre baixo a médio. Para estes parâmetros, os efeitos do gesso agrícola foram mais expressivos nas avaliações aos 6 e 12 meses.

## 2.7 REFERÊNCIAS

AGRITEMPO – Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br/> Acesso em: 10 fev. 2010.

ALVARES, C. A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p.711-728, 2013.

ANDRADE, A.T.; FERNANDES, L.A.; FAQUIN, V. Organic residue, limestone, gypsum, and phosphorus adsorption by lowland soils. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 349-355, 2002.

ANIKWE, M.A.N.; EZE, J.C.; IBUDIALO, A.N. Influence of lime and gypsum application on soil properties and yield of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) in a degraded Ultisol in Agbani, Enugu Southeastern Nigeria. **Soil and Tillage Research**, v. 158, p. 32-38, 2016.

ARAÚJO, L.C.; FIGUEIREDO, C.C.; SOUZA, D.M.G.; NUNES, R.S.; REIN, T.A. Influence of gypsum application on sugarcane yield and soil chemical properties in the Brazilian cerrado. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n.11, p. 1557-1563, 2016.

AZOUAZI, M.; OUAHIDI, S.F.; FAKHI, S.; ANDRES, Y.; ABBE, J.C.; BENMANSOUR, M. Natural radioactivity in phosphates, phosphogypsum and natural waters in Marocco. **Journal of environmental radioactivity**, v. 54, p. 231-242, 2001.

BAHIA FILHO, A.F.C.; BRAGA, J.M.; RESENDE, M.; RIBEIRO, A.C. Relação entre adsorção de fósforo e componentes mineralógicos da fração argila de Latossolos do Planalto Central. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 7, p. 221-226, 1983.

BASSO, C.J.; SOMAVILLA, L.; SILVA, R.F.; SANTI, A.L. Intervenção mecânica e gesso agrícola para mitigar o gradiente vertical de cátions sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n.4, p. 456-463, 2015.

BASTIN, O.; JANSSENS, F.; DUFEY, J.; PEETERS, A. Phosphorus removal by a synthetic iron oxide-gypsum compound. **Ecological Engineering**, v. 12, p. 339-351, 1999.

BELKACEM, S.; NYS, C. Consequences of liming and gypsum top-dressing on nitrogen and carbon dynamics in acid forest soils with different humus forms. **Plant and Soil**, v. 173, p. 79-88, 1995.

BLUM, S.C.; CAIRES, E.F.; ALEONI, L.R.F. Lime and phosphogypsum application and sulfate retention in subtropical soils under no-till system. **Journal of Science and Plant Nutritional**, v. 13, p. 279-300, 2013.



BORTOLANZA, D.R.; KLEIN, V.A. Soil chemical and physical properties on an Inceptisol after liming (surface and incorporated) associated with gypsum application. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 40, p. 1-13, 2016.

BORGES, E.M.; LAFORGA, G.; LANA, R.M.Q.; BORGES, E.V.S. COSTA, L.M. Efeito de calcário e gesso nos teores de cálcio e alumínio na camada compactada em Latossolo Vermelho-escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 12, p. 1309-1315, 1997.

BORGES, E.N.; LOMBARDI NETO, F.; COSTA, L.M.; CORRÊA, G.F.; BORGES, E.V.S. Alterações nos componentes da acidez do solo promovidas em camada superficial compactada pela aplicação superficial de gesso. **Ceres**, v. XLV, n.257, p. 55-64, 1998.

BURKE, I.T.; PEACOCK, C.L.; LOCKWOOD, C.L.; STEWART, D.I.; MORTIMER, R.J.G.; WARD, M.B.; RENFORTH, P.; GRUIZ, K.; MAYES, W.M. Behavior of aluminium, arsenic and vanadium during neutralization of red mud leachate by HCl, gypsum or seawater. **Environmental Science and Technology**, v. 47, p. 6527-6535, 2013.

CAIRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v. 27, p. 275-286, 2003.

CAIRES, E.F.; CHURKA, S.; GARBUIO, F.J.; FERRARI, R.A.; MORGANO, M.A. Soybean yield and quality as function of lime and gypsum applications. **Scientia Agricola**, v. 63, p. 370-379, 2006.

CAPONE, V.; KROLOW, I.R.C.; SANTOS, D.R.; SANTOS, L.J.C.; TROIAN, A. Distribuição espacial do fósforo disponível do solo em uma bacia hidrográfica agrícola e sua relação com os fatores ambientais uso da terra e declive. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 4, p. 711-728, 2016.

CARVALHO, J.M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; CARVALHO, M.P. Produtividade da cana soca sem queima em função do uso de gesso e vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 1-9, 2013.

CARVALHO, M.C.S.; NASCENTE, A.S. Limestone and phosphogypsum effects on soil fertility, soybean leaf nutrition and yield. **African Journal Research**, v. 9, p. 1366-1383, 2014.

COSTA, C.H.M.; CRUSCIOL, C.A.C. Long-term effects of lime and phosphogypsum application on tropical no-till soybean-oat-sorghum rotation and soil chemical properties. **European Journal of Agronomy**, v. 74, p. 119-132, 2016.

CRUSCIOL, C.A.C.; ARTIGIANI, A.C.C.A.; ARG, O.; CARMEIS FILHO, A.C.A.; SORATTO, R.P.; NASCENTE, A.S.; ALVAREZ, R.C.F. Soil fertility, plant nutrition,

and grain yield of upland rice affected by surface of lime, silicate, and phosphogypsum in a tropical no-till system. **Catena**, v. 137, p. 87-99, 2016.

DALLA-NORA, D. **Melhoria da qualidade química do perfil do solo como estratégia para atenuar os efeitos de déficits hídricos sobre a produtividade das culturas de grãos em sistema plantio direto**. 116p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo). Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

DIAS, L.E. Dinâmica de formas de enxofre e de cátions trocáveis em colunas de solo tratadas com diferentes doses de fósforo e gesso. 147 p. Tese (Doutorado em Ciências do Solo). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1992.

EL-DIDAMONY, H.; GADO, H.S.; AWWAD, N.S.; FAWZY, M.M.; ATTALLAH, M.F. Treatment of phosphogypsum waste produced from phosphate ore processing. **Journal of Hazardous Materials**, v. 244, p. 596-602, 2013.

EMBRAPA SOLOS. **Manual de métodos de análise de solo**. Ed. Rio de Janeiro; 1997.

ERNANI, P.R.; RIBEIRO, M.S.; BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 825-831, 2001.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. Manejo da acidez dos solos de Cerrado e de várzea do Brasil. **Comunicado técnico: EMBRAPA arroz e feijão**. Santo Antônio de Goiás, 1999.

FAVARETTO, N.; NORTON, L.D.; JOERN, B.C.; BROUDER, S.M. Gypsum amendment and exchangeable calcium and magnesium affecting phosphorus and nitrogen in runoff. **Soil Science Society of American Journal**, v. 70, p. 1788-1796, 2006.

FREIRE, F.J.; FREIRE, M.B.G.S.; ROCHA, A.T.; OLIVEIRA, A.C. Gesso mineral do Araripe e suas implicações na produtividade agrícola da cana-de-açúcar no estado de Pernambuco, Brasil. In: Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, 2007, Recife. **Anais...** Recife: Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, 2007. p. 199-213.

GERÁRD, F. Clay minerals, iron/aluminum oxides, and their contribution to phosphate sorption in soils – a myth revisited. **Geoderma**, v. 262, p. 213-226, 2016.

HAMMAS, I.; NAIFER, K.H.; FÉRID, M. Solubility study and valorization of phosphogypsum salt solution. **International Journal Mineral Processing**, v. 123, p. 87-93, 2013.

HANS, J. **The soil resource**: origin and behavior. Springer Science & Business Media, 1980. 377p.

ILYAS, M.; QURESHI, R.H.; QADIR, M.A. Chemical changes in a saline-sodic soil after gypsum application and cropping. **Soil Technology**, v. 10, p. 247-260, 1997.

INAGASHI, T.M.; SÁ, J.C.M.; CAIRES, E.F.; GONÇALVES, D.R.P. Lime and gypsum application increases biological activity, carbon pools, and agronomic productivity in highly weathered soil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 231, p. 156-165, 2016.

JALALI, M.; ROWELL, D.L. The role of calcite and gypsum in the leaching of potassium in a sand soil. **Experimental Agriculture**, v. 39, p. 379-394, 2002.

LEITE, E.M.; CAVALCANTE, L.F.; DINIZ, A.A.; SANTOS, R.V.; ALVES, G.S.; CAVALCANTE, I.H.L. Correção da sodicidade de dois solos irrigados em resposta a aplicação de gesso agrícola. **Irriga**, v. 12 n. 2, p. 168-176, 2007.

LUTHER, S.M.; POULSEN, L.; DUDAS, M.J.; RUTHERFORD, P.M. Fluoride sorption and mineral stability in an Alberta soil interacting with phosphogypsum leachate. **Canadian Journal of Soil Science**. p. 83-91, 1996.

MARIA, I.C.; ROSSETTO, R.; AMBROSANO, E.J.; CASTRO, O.M. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio no movimento de cátions em colunas de solo. **Scientia Agrícola**, v. 50, n. 1, p. 87-98, 1993.

MERWE, E.M.V.; STRYDOM, C.A.; POTGIETER, J.H. Thermogravimetric analysis of reaction between carbon and  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , gypsum and phosphogypsum in an inert atmosphere. **Thermochimica Acta**, v. 340, p. 431-437, 1999.

MICHALOVICZ, L. **Atributos químicos do solo e resposta da sucessão milho-cevada-feijão-trigo influenciada por doses e parcelamento de gesso em plantio direto**. 52p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2012.

MICHALOVICZ, L.; MÜLLER, M.M.L.; FOLONI, J.S.S.; KAWAKAMI, J.; NASCIMENTO, R.; KRAMER, L.F.M. Soil fertility, nutrition and yield of maize and barley with gypsum application on soil surface in no-till. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 38, p. 1496-1505, 2014.

MORAES, V.R.; BRITO, O.R.; FIORETTO, R.A.; MOREIRA, A. Changes in chemical properties of an Oxisol due to gypsum application. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 47, n. 5, p. 571-580, 2016.

MURPHY, P.N.C.; STEVENS, R.J. Lime and gypsum as source measures to decrease phosphorus loss from soils water. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 212, p. 101-111, 2010.

NASCIMENTO, R.; SOUZA, J.A.; MOREIRA, A.; MORAES, L.A.C. phosphogypsum and vinasse application: soil chemical properties and alfalfa productivity and nutritional characteristics. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 213-219, 2017.

NEPAR. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. 1ª Edição: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2017. 482p.

OLIVEIRA, H.J.; ERNANI, P.R.; AMARANTE, C.V.T. Alteração na composição química das fases sólida e líquida de um solo ácido pela aplicação de calcário e gesso agrícola. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 1, n. 2, p. 1-10, 2002.

PAULETTI, V.; PIERRI, L.; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A.C.V. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 38, p. 495-505, 2014.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B.V.; GALLO, P.B.; MASCARENHAS, H.A.A. Resposta da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 375-383, 1993.

QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas, 2000. 111p.

RAIJ, B.V. **Gesso na agricultura**. Instituto Agronômico de Campinas, 2008. 233p.

RAIJ, B.V. **Gesso na agricultura**. São Paulo: IPNI; 2010. (Informações Agronômicas 122).

RAMOS, B.Z.; TOLEDO, J.P.V.F.; LIMA, J.M.; SIRAFIM, M.E.; GUIMARÃES, P.T.G.; COSCIONE, A.R. Doses de gesso em cafeeiro: influência nos teores de cálcio, K, e pH na solução de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 37, p. 1018-1026, 2013.

RAMPIM, L.; LANA, M.C. Ion mobility and base saturation after gypsum application in continuous soybean-wheat cropping system under no-till. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, p. 468-476, 2015.

ROCHA, A.T.; OLIVEIRA, A.C.; RODRIGUES, A.N.; LIRA JUNIOR, M.A.; FREIRE, F.J. Emprego do gesso na melhoria do ambiente radicular da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 4, p. 307-312, 2008.

ROCHA, I.T.M.; FREIRE, F.J.; SOUZA, E.R.; FREIRE, M.B.G.S.; SILVA, A.V.; SIMÕES NETO, S.N.M. Mineral gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ), a promoter of biomass production of sweet sorghum. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, p. 1663-1670, 2014.

SALDANHA, E.C.M.; ROCHA, A.T.; OLIVEIRA, E.C.A.; NASCIMENTO, C.W.A.; FREIRE, F.J. Uso do gesso mineral em Latossolo cultivado com cana de açúcar. **Revista Caatinga**, v. 20, n.1, p. 36-42, 2007.

SANTOS, S.R. **Dinâmica do fósforo no solo em função de adição de ácidos orgânicos de baixa massa molar**. 68 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

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

SERAFIM, M.E.; LIMA, J.M.; LIMA, V.M.P.; ZEVIANI, W.M.; PESSONI, P.T. Alterações físico-químicas e movimentação de íons em Latossolo gibbsítico sob doses de gesso. **Bragantia**, v. 71, n.1, p. 75-81, 2012.

SERRAT, B.M.; KRIEGER, K.I.; MOTTA, A.C.V. Considerações sobre interpretação de análise de solos (com exemplos). In: LIMA, M.R. et al. **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo**: aspectos teóricos e metodológicos. Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006.

SILVA, F.A.Z.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SINGH, B.; SCHULZE, D.G. Soil minerals and plant nutrition. **Nature Education Knowledge**, v. 6, n. 1, 2015.

SMITH, C.J.; PEOPLES, M.B.; KEERTHISINGHE, G.; JAMES, T.R.; GARDEN, D.L.; TUOMI, S.S. Effect of surface applications of lime, gypsum and phosphogypsum on the alleviating of surface and subsurface acidity in a soil under pasture. **Australian Journal of Soil Reserch**, v. 32, p. 995-1008, 1994.

SODRÉ, F.F.; LENZI, E.; COSTA, A.C.S. Utilização de modelos físico-químicos de adsorção no estudo do comportamento do cobre em solos argilosos. **Química Nova**, v. 24, p. 324-330, 2001.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 675-688, 2008.

SOUZA JUNIOR, R.L.; SILVA JUNIOR, A.M.; SOUZA, M.A.S.; JORGE, R.F.; SOUZA, J.; BORGES, E.N. Dinâmica do alumínio e potássio em solo submetido a diferentes sistemas de manejo associado a aplicação de calcário e gesso agrícola. 2004. In: VII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, Universidade do Vale do Paraíba, **Anais...** 2004.

STEVENS, D.P.; MCLAUGHLIN, M.J.; ALSTON, A.M. Phytotoxicity of aluminium-fluoride complexes and their uptake from solution culture by *Avena sativa* and *Lycopersicon esculentum*. **Plant and Soil**, v. 192, p. 81-93, 1997.

SUMNER, M.E.; SHAHANDEH, H.; BOUTON, J.; HAMMEL, J. Amelioration of an Acid Soil Profile through Deep Liming and Surface Application of Gypsum. **Soil Science Society of American Journal**, v. 50, p. 1254-1258, 1986.

SYED-OMAR, S.R.; SUMMER, M.E. Effect of gypsum on soil potassium and magnesium status and growth of alfalfa. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 22, p. 19-20, 1991.

VALADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **Bragantia**, v. 62, n. 1, p. 111-118, 2003.

VALKOV, A.V.; ANDREEV, V.A.; ANUFRIEDA, A.V.; MAKESEEV, Y.N.; BEZRUKOVA, S.A.; DEMYANENKO, N.V. Phosphogypsum technology with the extraction of valuable components. **Procedia Chemistry**, v. 11, p. 176-181, 2014.

VELOSO, A.C.A.; BORGES, A.L.; MUNIZ, A.S.; VEIGAS, J.M. Efeito de diferentes materiais no pH do solo. **Scientia Agricola**, v. 49, n. 1, p. 123-128, 1992.

VITTI, G.C.; ZAVASCHI, E.; MOURA, T.A.; GOMES, M.H.F. Estudos confirmam os efeitos favoráveis do gesso agrícola na cultura do milho. **Visão Agrícola**, v. 13, p. 49-51, 2015.

WADT, P.G.S.; WADT, L.H.O. Movimentação de cátions em amostras de um Latossolo Vermelho-Amarelo incubadas com duas fontes de cálcio. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 1157-1164, 1999.

WALIA, M.K.; DICK, W.A. Soil chemistry and nutrient concentration in perennial ryegrass as influenced by gypsum and carbon amendments. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 16, n. 3, p. 832-847, 2016.

WANG, L.; BUTTERLY, C.R.; TIAN, W.; HERATH, M.S.K.; XI, Y.; ZHANG, J.; XIAO, X. Effects of fertilization practices on aluminum fractions and species in wheat soil. **Journal of Soils Sediments**, v. 15, p. 365-373, 2015.

WONG, V.N.L.; DALAL, R.C.; GREENE, R.S.B. Carbon dynamics of sodic and saline soils following gypsum and organic material additions: a laboratory incubation. **Applied Soil Ecology**, v. 41, p. 29-40, 2009.

WULFF-ZOTTELE, C.; HESSE, H.; FISAHN, J.; BROMKE, M.; VERA-VILLALOBOS, H.; LI, Y.; FRENZEL, F.; GIAVALISCO, P.; RIBERA-FONSECA, A.; ZUNINO, L.; CARUSO, I.; STOHMANN, E.; MORA, M.L. Sulphate fertilization ameliorates long-term aluminum toxicity symptoms in perennial ryegrass (*Lolium perenne*). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 83, p. 88-99, 2014.

YAZDANPANA, N.; PAZIRA, E.; NESHAT, A.; MAHMOODABADI, M.; SINOBAS, L.R. Reclamation of calcareous saline sodic soil with different amendments (II): Impact on nitrogen, phosphorous and potassium redistribution and on microbial respiration. **Agricultural Water Management**, v. 20, p. 39-45, 2013.

ZAHRA, N.; SARWAR, G.; MUHAMMAD, S. Comparison of gypsum and potassium silicate for reclamation of saline sodic soil. **Pakistan Journal of Agriculture Research**, v. 28, n.1, p. 11-18, 2015

ZAMBROSI, F.C.B. **Calagem e gessagem na especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto**. 123p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição d Plantas). Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2004.

ZAMBROSI, F.C.B.; ALLEONI, L.R.F.; CAIRES, E.F. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 37, n. 1, p. 110-117, 2007.

ZANDONÁ, R.R.; BEUTLER, A.N.; BURG, G.M.; BARRETO, C.F.; SCHIMIDT, M.R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, p. 128-137, 2015.

### 3 CAPÍTULO 2: ANÁLISE DENDROMÉTRICA EM DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) SOB USO DE GESSO AGRÍCOLA EM CONDIÇÕES SUBTROPICAIS

#### 3.1 RESUMO

O efeito do gesso agrícola, resíduo da indústria fosfata, na produção grãos em solos ácidos vem sendo amplamente pesquisada. Mas o uso em ambientes florestais de solo muito ácidos e de baixa fertilidade é ainda incipiente. Objetivando determinar a influência da aplicação de gesso sobre o desenvolvimento de clone de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) em condição subtropical do Brasil foi instalado um experimento, em dois municípios: Jaguariaíva e Ventania, estado do Paraná. O solo foi classificado com Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura franco-arenosa, em ambas as áreas e vinha sendo cultivado com pinus, sem adubação e calagem. Foram aplicadas à lanço as doses de 0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 e 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>, quando do plantio. Determinou-se o diâmetro a altura do colo (DAC), o diâmetro à altura do peito (DAP) e altura de plantas (H) a cada seis meses e volume individual de árvore e total (V), após 36 meses. Houve diferença no crescimento entre os sítios utilizados dado possivelmente a época de plantio e clima, com maior DAP e H de 15,90 cm e 18,40 m para Jaguariaíva e de 15,96 cm e 19,54 m para Ventania, aos 36 meses. O gesso agrícola não influenciou no DAP, H e V em plantas de eucalipto ao final de 36 meses. Ausência de resposta como fonte de Ca e S e condicionador é discutida com base no solo e a resistência do eucalipto a acidez e as condições climáticas no período avaliado.

Palavras-Chave: condicionante de solo; volume florestal; diâmetro à altura do peito

#### 3.2 ABSTRACT

The effect of gypsum, a residue of the phosphate industry, on grain production in acid soils has been widely researched. However, the use in forest environments of very acid and low fertility soil is still incipient. Aiming to determine the gypsum applications on the development of the clone of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) in subtropical Brazil, an experiment was carried out in two municipalities: Jaguariaíva and Ventania, Paraná state. The soil was classified as Red-Yellow Latosol in both areas and was cultivated with Pinus, without fertilization and liming. Were applied to the haul gypsum in order to 0; 0.3; 0.6; 1.2; 2.4; 4.8 and 9.6 Mg ha<sup>-1</sup> at planting. Diameter at the height of the neck (DAC), diameter at breast height (DAP) and height of plants (H) every six months and individual tree volume and total (V) were determined after 36 months. There was a difference in the growth between the sites used, possibly the planting season and climate, with higher DBH and H of 15.90 cm and 18.40 m for Jaguariaíva and 15.96 cm and 19.54 m for Ventania, at 36 months. The agricultural gypsum did not influence in DAP, H and V in eucalyptus plants at the end of 36 months. Only H at 30 months of age, which indicated a small linear effect that did not persist in subsequent evaluations. Absence



of response as a source of Ca and S and conditioner is discussed based on soil and the resistance of eucalyptus to acidity and climatic conditions in the period evaluated.

Key-Words: soil conditioner; forest volume; diameter at breast height.

### 3.3 INTRODUÇÃO

O uso de gesso como condicionador solo ácidos no Brasil aumentou a partir da constatação do efeito positivo do mesmo na cultura comercial do milho sob Cerrado em condição de seca (ZANDONÁ et al., 2015; AMARAL et al., 2017). Aproveitando-se da abundância do gesso como resíduo de indústria de adubo fosfatado (PERÉZ-LOPES et al., 2010, BORGES et al., 2017) iniciou estudos para as demais regiões do país (CAIRES et al., 2006).

O gesso também pode ser utilizado como fertilizante, como fonte de Ca e S. Considerando uma necessidade entre 20 a 40 kg de S para a maioria das culturas, são necessários cerca 125 a 250 kg ha<sup>-1</sup> de gesso para atender a demanda de S (CUNHA et al., 2014). Tendo o eucalipto uma demanda de 8 a 18 kg ha<sup>-1</sup>, ao longo de 6,5 anos (BENATTI, 2013) seriam necessários cerca de 84 kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>.

As respostas das culturas ao uso de gesso têm variado de grandes acréscimos na produtividade (CAIRES et al., 1999; WULFF-ZOTTELE et al., 2014, MARQUES et al., 2016), pequenos acréscimos (PAULETTI et al., 2014) a ausência de resposta (NEIS et al., 2010; GELAIN et al.; 2011; RAMPIM et al., 2011, MODA et al., 2013; SOARES, 2016). Já o uso como condicionador de solos ácidos tem sido observado com mais frequência em condição de déficit hídrico para culturas anuais (PAULETTI et al., 2014). Tal fato tem sido associado ao aumento de exploração do sistema radicular de camadas mais profundas do solo (QUAGGIO et al., 1993). Mas, as respostas positivas têm sido observadas também na ausência de déficit hídrico (COSTA; CRUSCIOL, 2016) indicando a presença de outras variáveis, principalmente do fornecimento de Ca e S.

Solos profundos, com baixo teor de Ca (menor que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e elevada saturação de Al em profundidade são os que apresentam maior possibilidade de resposta ao gesso em altas doses (RAMOS et al., 2013). Tais características são comuns em solos muito intemperizados do Cerrado na condição natural (GOMES et al., 2004). Estas mesmas características podem ser observadas

em solo cultivados com pinus no sul do Brasil em face da ausência de calagem e adubação (NIETFELD; PRENZEL, 2015; COOK; BINKLEY; STAPE, 2016).

Poucos são os estudos em cultura perenes (PROCHNOW; BOARETTO, 1995, CARDUCCI et al., 2015, MARQUES et al., 2016), especialmente espécies florestais como pinus e eucaliptos (RODRIGUES et al., 2016). A dinâmica de crescimento do sistema radicular entre culturas anuais e perenes são muito diferentes, bem como a amplitude em termo de extensão e profundidade. O eucalipto apresenta um vasto sistema radicular atingindo profundidade de 5 m em solo africano (LACLAU et al., 2001) e mais recentemente constatou-se raízes até 10 m de profundidade (LACLAU et al., 2010) e atingindo profundidade equivalente a 2 a 3 vezes a altura. Podemos destacar o eucalipto (*Eucalyptus sp.*) como uma das espécies tolerantes a solos ácidos (COSTA et al., 2015). Diante deste cenário é importante considerar a expansão do sistema radicular e aumento de desenvolvimento em função da aplicação de condicionadores como gesso, em solo com baixos valores de Ca e elevada saturação de Al nas camadas inferiores.

O uso de gesso na cultura do eucalipto em vasos e em curto prazo indicaram um crescimento radicular adicionando gesso na solução nutritiva na espécie *E. marginata*, conforme Jackson et al. (2000). Christo; Santos (1990) avaliaram a altura de mudas de *Corymbia citriodora* Hill & Johnson após o uso de gesso agrícola onde na aplicação de 2 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso associado a adição de boro demonstrou maior desenvolvimento de mudas após 90 dias. As variações foram de 0,11 m no tratamento sem gesso associado à dose de 0,10 mg dm<sup>-3</sup> de B para 0,35 m de altura com aplicação de 2 Mg ha<sup>-2</sup> de gesso associado à dose de 0,05 mg dm<sup>-3</sup> de B.

O uso de gesso em condição de campo, sobre o desenvolvimento radicular são relatados em literatura (FREIRE et al., 2007, CARDUCCI et al., 2015, FREITAS et al., 2015). Rodrigues (2013) avaliando os efeitos do uso de gesso agrícola sobre a produtividade de Eucalipto jovem, aos 18 meses após o transplante de mudas, demonstrou que o gesso agrícola aumentou a densidade de raízes finas dentro dos primeiros 0,40 m de profundidade. Pode-se também destacar o ganho proporcionado pela aplicação gesso agrícola em conjunto ao calcário quanto a produção volumétrica do tronco, chegando a atingir 96% a mais de produção, com

média de 29,1 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> quando comparados à produção de 14,9 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> sem a adição de calcário e gesso. Aplicação de 1 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso aumento a produtividade em 24 % quando aplicado na cultura do eucalipto após 18 meses, em um Latossolo vermelho-Amarelo distrófico, onde o nível de Ca trocável ficaram abaixo do nível de detectado da terminação por absorção atômica (RODRIGUES et al., 2016).

Os estudos com gesso no eucalipto têm utilizados única dose em valores bem abaixo do testados em cultivo grãos, o que limita a indicação de resposta a fonte de nutrientes e não como condicionador ou pequenas doses como fonte de nutrientes. Ainda, a maioria dos estudos concentram em condição climática onde ocorrência de período seco característico, diferentemente dos estados do sul do Brasil. Assim, foi implantado um experimento em condição subtropical em doses crescentes, foi verificar a influência do gesso agrícola sobre os parâmetros de crescimento de plantas de eucalipto *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) com finalidade de estabelecer a indicação como fonte de nutrientes e condicionador de solo ácido e elevada saturação de Al.

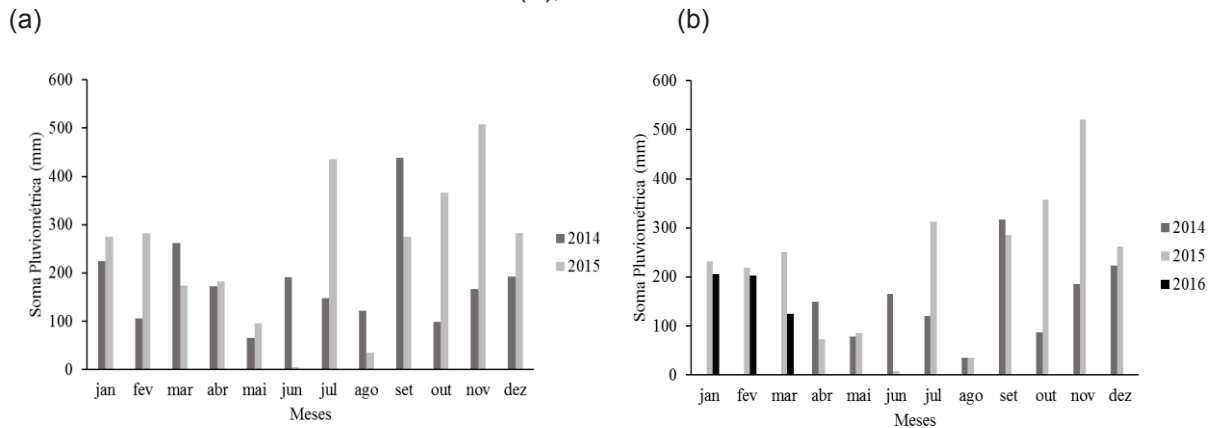
### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

Em condições subtropicais brasileiras foi cultivado o *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) nos municípios paranaenses de Jaguariaíva e Ventania, localizados no segundo planalto paranaense. Sob as coordenadas cartográficas 24°15'04" S de latitude, 49°42'21"W de longitude e 850 m altitude o experimento do município de Jaguariaíva classifica-se o clima tipo Cfb, temperado úmido mesotérmico, de acordo com a classificação de Köppen. Já, sob coordenadas cartográficas de 24°14'45" S latitude, 50°14'34"W de longitude e 990 m de altitude, o experimento de Ventania caracteriza também o clima subtropical temperado (Cfb), conforme Alvares et al. (2013).

Os dados climáticos da soma pluviométrica mensal (figura 1), foram obtidos através de estações meteorológicas do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico da EMBRAPA, nos períodos entre janeiro de 2014 a dezembro de 2015 para o município de Jaguariaíva e abril de 2014 a março de 2016 para o

município de Ventania, estado do Paraná, caracterizam o somatório da distribuição pluviométrica mensal.

GRÁFICO 1 - SOMATÓRIA DA DISTRIBUIÇÃO MENSAL PLUVIOMÉTRICA NO PERÍODO DE AVALIAÇÃO E COLETA DE SOLOS, MUNICÍPIO DE JAGUARIAÍVA (A) E NO MUNICÍPIO DE VENTANIA (B), ESTADO DO PARANÁ.



FONTE: Adaptado de Agritempo (2017).

O acumulado pluviométrico nos seis primeiros meses foram de 1022 e 866 mm, em Jaguariaíva e Ventania, respectivamente. Jaguariaíva apresentou um índice de precipitação acumulada superior a Ventania, favorecendo as reações do solo. Sabendo-se que a solubilidade de gesso agrícola é de  $2,4 \text{ g L}^{-1}$ , em ambos os municípios a precipitação acumulada foi suficiente para solubilizar até mesmo a maior dose aplicada.

A composição florística da região de Jaguariaíva consiste na variação de dois biomas da região sul, uma vegetação savânica que constitui um pequeno fragmento de cerrado e Floresta Estacional Semidecidual. O município de Ventania apresenta como composição florística ocorrência de Floresta Ombrófila Mista.

A formação geológica é caracterizada pelo embasamento geológico sedimentar das formações do arenito Furnas, folhelho Ponta Grossa e grupo Itararé, do período Paleozóico, apresenta constituição de arenitos quartzosos brancos, de granulação média a grossa, feldspáticos e caulínicos.

Os solos foram classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura franco-arenosa. Antes do plantio foram coletadas amostras de solo nas profundidades 0 a 0,10; 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m para caracterização inicial. As amostras foram secas ao ar, homogeneizadas e passadas em peneira de malha 2

mm para posterior análise de pH, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> (extraído com KCl 1mol L<sup>-1</sup>), K<sup>+</sup> e P extraível por Mehlich I, e Al<sup>3+</sup> (extraído com KCl 1mol L<sup>-1</sup>). No quadro 1 constam as características químicas antes da instalação do experimento na área experimental, de ambos os municípios.

QUADRO 1 - CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO ANTES DA INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO NA ÁREA EXPERIMENTAL SOB CULTIVO ANTERIOR DE PINUS LOCALIZADA NOS MUNICÍPIOS DE JAGUARIAÍVA E VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ.

Profundidade	pH CaCl <sub>2</sub>	pH SMP	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	SB	CTC pH 7,0	P	C <sub>org</sub>	V	m
m			----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	----- % -----		
Município de Jaguariaíva													
0,00 a 0,20	3,9	5,7	1,5	6,4	0,2	0,2	0,02	0,42	6,82	1,0	23,6	6,15	78,12
0,20 a 0,40	3,8	5,9	1,2	2,2	0,1	0,1	0,02	0,22	2,42	0,7	16,1	9,09	84,50
0,40 a 0,60	4,0	6,1	1,0	4,6	0,1	0,1	0,01	0,21	4,81	0,6	17,4	4,36	82,64
Município de Ventania													
0,00 a 0,20	4,3	6,2	1,5	4,3	0,1	0,1	0,03	0,23	4,53	2,2	21,0	5,08	86,71
0,20 a 0,40	4,5	6,7	1,1	3,0	0,1	0,1	0,03	0,23	3,23	1,6	11,0	7,12	82,70
0,40 a 0,60	4,4	6,8	1,2	2,7	0,1	0,1	0,03	0,23	2,93	0,4	7,3	7,84	83,91

FONTE: A autora (2018).

Sob delineamento experimental de blocos ao acaso aplicou-se a lanço no solo durante o transplante das mudas doses de gesso agrícola, com composição química de 19,31% de cálcio e 15,83% de enxofre sendo: 0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 e 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>, em 4 repetições, totalizando 28 parcelas. A área total do experimento de 16.128 m<sup>2</sup>, onde cada parcela mediu 24 x 24 m totalizando área de parcela de 576 m<sup>2</sup>.

Foram cultivados *E. urograndis* (clone AEC 224) transplantados em espaçamento de 3 x 3 m entre plantas e entre linhas, em um total de 64 plantas por parcela (8 x 8 plantas), totalizando 1.792 plantas em ambos os experimentos. A cultura antecessora foi *Pinus sp.* cultivado por ciclo de 15 anos.

A adubação e calagem nos experimentos consistiu em calagem com 2 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT = 82 %) e subsolagem a 45 cm com 200 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato natural reativo (29 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), antes do transplante de mudas à lanço. A adubação de base foi com N, P e K nas dosagens de 8,5 kg ha<sup>-1</sup> de N, 51 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 17 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, após o transplante das mudas e adubação de cobertura foi com N, P, K e B nas dosagens 24 kg ha<sup>-1</sup> de N, 8 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 48 kg ha<sup>-1</sup> de

K<sub>2</sub>O e 0,8 kg ha<sup>-1</sup> de Boro, 3 meses após o transplante das mudas, aplicado nos dois lados da muda. As fontes utilizadas foram ureia (N), super triplo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), cloreto de potássio (K<sub>2</sub>O) e ácido bórico (B), não havendo a adição de S via adubação.

Para o estudo da estrutura diamétrica, foram determinados o diâmetro a altura do colo (DAC) aos 3 meses em Jaguariaíva e aos 3 e 6 meses em Ventania, nos demais meses foram determinados o diâmetro à altura do peito (DAP), obtido com fita métrica flexível determinando-se a circunferência do tronco convertida para diâmetro, através da equação 1.

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \text{ (Equação 1)}$$

Em que: DAP = diâmetro à altura do peito (cm) e CAP = circunferência à altura do peito (cm).

Para determinar a altura das árvores, as amostras iniciais foram obtidas através de uma régua graduada e, posteriormente, através do hipsômetro eletrônico Hanglöf. Os dados foram levantados em campo, sob amostragem das 36 árvores centrais (6 x 6 plantas) que constituíam a parcela experimental, sob avaliação temporal aos 3, 6, 9, 12, 24, 30 e 36 meses após o transplante das mudas.

Aos 36 meses foi realizado a cubagem das árvores pelo método de Hohenald dos tratamentos 0, 1,2, 4,8 e 9,6 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola, utilizando o representante médio, quanto ao DAP. Foram obtidos através do diâmetro mensurado na base, no DAP, aos 25, 50, 75 e 100% da altura total e através destes parâmetros, determinou-se o volume das árvores (m<sup>3</sup>) sob o ajuste da função de forma com um valor de 0,33, através da equação 2.

$$V = \left( \frac{\pi * DAP^2}{40.000} \right) * h * ff \text{ (Equação 2)}$$

Em que: V = volume das árvores (m<sup>3</sup>), DAP = diâmetro à altura do peito (cm), h = altura das árvores (m) e ff = função de forma (utilizado o valor de 0,33).

Para o cálculo do volume total ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) foram desconsiderados à mortalidade de plantas. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e suas médias comparadas com a análises de regressão, utilizando o programa estatístico Assistência Estatística (ASSISTAT) proposto por Silva; Azevedo (2002) e as equações de regressão ajustadas, o nível de probabilidade de 1% ( $p \leq 0,01$ ) ou 5% ( $p \leq 0,05$ ).

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos de altura de plantas *E. urograndis* (tabela 1) ao longo de 36 meses, indicaram efeito do gesso apenas aos 30 meses, para ambos os sítios, com acréscimo linear na altura ( $y = 14,69 + 0,037x$  em Jaguariaíva e  $y = 15,50 + 0,082x$  em Ventania). Trata-se de uma resposta isolada, uma vez que não corresponde aos demais resultados obtidos. As alturas ao final de 36 meses variaram entre 16,40 e 18,40 m para Jaguariaíva e de 18,12 e 19,54 m para Ventania. Os incrementos médios gerais em altura foram de 5,84 m; 6,67 m e 4,94 m, no primeiro, segundo e terceiro ano, respectivamente, para o município de Jaguariaíva e de 7,47 m; 5,76 e 3,13 m para o município de Ventania, respectivamente. Foram observados baixos valores de coeficiente de variação, indicando que a ausência de resposta não está associada a variabilidade entre os dados.

TABELA 1 - ALTURA DE PLANTAS DO HÍBRIDO DE EUCALIPTO *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*), AOS 3, 6; 9; 12; 24, 30 E 36 MESES APÓS O TRANSPLANTE DE MUDAS, CULTIVADOS SOB DOSES DE GESSO AGRÍCOLA, SENDO ELAS 0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 E 9,6 Mg ha<sup>-1</sup> EM DUAS REGIÕES SUBTROPICAIS DO BRASIL, NOS MUNICÍPIOS DE JAGUARIAÍVA (a) E VENTANIA (b), ESTADO DO PARANÁ.

Gesso Agrícola Mg ha <sup>-1</sup>	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses	24 meses	30 meses	36 meses
	----- m -----						
(a)							
0	0,81	2,49	4,17	5,79	11,97	14,95	16,95
0,3	0,86	2,62	4,72	5,87	12,40	14,59	17,58
0,6	0,82	2,47	4,20	5,71	12,73	15,29	18,40
1,2	0,86	2,66	4,14	5,98	12,32	14,72	17,58
2,4	0,92	2,73	4,38	5,87	12,73	13,93	17,98
4,8	0,92	2,78	4,46	5,94	12,91	14,83	16,40
9,6	0,84	2,55	4,34	5,72	12,50	15,26	17,24
C.V. (%)	10,11 <sup>n.s.</sup>	7,62 <sup>n.s.</sup>	7,28 <sup>n.s.</sup>	2,82 <sup>n.s.</sup>	6,06 <sup>n.s.</sup>	6,04 <sup>n.s.</sup>	6,13 <sup>n.s.</sup>
(b)							
0	0,25	0,34	6,02	7,63	13,16	14,91	19,38
0,3	0,26	0,34	6,04	7,26	13,27	15,73	18,12
0,6	0,25	0,35	6,18	7,38	13,33	15,27	18,80
1,2	0,27	0,36	6,01	7,08	12,68	15,48	18,98
2,4	0,27	0,34	6,16	7,81	12,58	16,24	19,54
4,8	0,28	0,34	6,06	7,58	14,11	16,69	18,22
9,6	0,25	0,34	5,85	7,60	13,52	15,81	19,03
C.V. (%)	7,62 <sup>n.s.</sup>	6,24 <sup>n.s.</sup>	3,95 <sup>n.s.</sup>	4,05 <sup>n.s.</sup>	5,49 <sup>n.s.</sup>	5,39 <sup>*1o</sup>	3,87 <sup>n.s.</sup>

\*\* e \* significativo ao nível de 1% e a 5%, respectivamente, de probabilidade de erro, pelo teste de regressão; não representados indicam não significativo. 1º e 2º representam equações de regressão linear e quadrática, respectivamente.

FONTE: A autora (2018).



Quanto ao diâmetro à altura do colo (DAC) avaliando-se aos 3 meses em Jaguariaíva e 3 e 6 meses em Ventania e o DAP (tabela 2) avaliados aos 6 (Jaguariaíva), 9, 12, 24, 30 e 36 meses, também não foram observados efeito do gesso em ambos sítios. Os valores de DAP, ficaram entre 15,00 a 15,90 cm para Jaguariaíva e entre 15,32 a 15,96 cm para Ventania, aos 36 meses.

TABELA 2 – DIÂMETRO A ALTURA DO COLO (DAC) E DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO (DAP) DE PLANTAS DO HÍBRIDO DE EUCALIPTO *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*), AOS 3 E 6 MESES APÓS O TRANSPLANTE DE MUDAS, CULTIVADOS SOB DOSES DE GESSO AGRÍCOLA, SENDO ELAS 0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 E 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>, EM DUAS REGIÕES SUBTROPICAIS DO BRASIL, NOS MUNICÍPIOS DE JAGUARIAÍVA (A) E VENTANIA (B), ESTADO DO PARANÁ.

Gesso Agrícola Mg ha <sup>-1</sup>	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses	24 meses	30 meses	36 meses
(a)	DC	DAP	DAP	DAP	DAP	DAP	DAP
0	4,59	4,59	4,44	6,96	12,99	14,40	15,90
0,3	4,89	4,89	3,90	6,37	13,11	14,05	15,00
0,6	4,64	4,64	4,38	7,34	13,57	14,76	15,87
1,2	4,96	4,96	4,43	7,36	13,09	14,02	15,33
2,4	4,95	4,95	4,70	7,30	13,21	14,17	15,21
4,8	4,92	4,92	4,77	7,44	14,17	14,40	15,68
9,6	4,66	4,66	4,45	7,19	13,53	14,80	15,60
C.V. (%)	12,40 n.s.	6,96 n.s.	11,96 n.s.	9,83 n.s.	5,43 n.s.	3,74 n.s.	4,25 n.s.
(b)	DC	DC	DAP	DAP	DAP	DAP	DAP
Mg ha <sup>-1</sup>	cm						
0	4,59	9,36	6,27	8,28	12,79	13,57	15,47
0,3	4,89	9,03	5,96	8,36	12,75	13,66	15,32
0,6	4,64	9,43	6,11	8,01	12,71	13,54	15,53
1,2	4,96	9,09	6,05	8,40	12,89	13,62	15,64
2,4	4,95	9,32	6,22	8,46	13,13	14,04	15,65
4,8	4,92	9,03	6,09	8,56	12,88	13,65	15,51
9,6	4,66	9,14	6,01	8,61	13,01	13,82	15,96
C.V. (%)	6,96 n.s.	7,16 n.s.	3,69 n.s.	3,82 n.s.	3,55 n.s.	3,89 *1o	3,39 n.s.

\*\* e \* significativo ao nível de 1% e a 5%, respectivamente, de probabilidade de erro, pelo teste de regressão; não representados indicam não significativo. 1º e 2º representam equações de regressão linear e quadrática, respectivamente.

FONTE: A autora (2018).

Os resultados obtidos quanto ao diâmetro a altura do colo demonstraram variações entre os experimentos. Aos 3 meses de idade, os diâmetros mensurados em Jaguariaíva foram de 16,78 cm sob aplicação de 4,8 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola e de 14,06 cm sob aplicação de 9,6 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola. Em contrapartida, no experimento instalado em Ventania, o maior diâmetro médio obtido no tratamento de 1,2 Mg ha<sup>-1</sup> foi de 4,92 cm. Mesmo após 6 meses, Ventania indicou diâmetros mais

reduzidos, sendo o maior valor obtido no tratamento que não recebeu gesso agrícola com 9,36 cm de DAC. Os resultados observados em relação ao DAP foram condizentes com as alturas das árvores, distinguindo-se entre os municípios avaliados, nas avaliações realizadas até os 12 meses. Entretanto, as variações foram menos expressivas quando comparadas à altura das plantas. Além disso, a partir dos 24 meses de crescimento, os DAP mensurados em Ventania foram superiores aos mensurados em Jaguariaíva.

Os resultados obtidos quanto ao volume total do *E. urograndis* (tabela 3) avaliando-se aos 36 meses após o plantio, submetidas a aplicação de gesso agrícola, não indicaram variação significativa, em dois municípios de Jaguariaíva e Ventania, no estado do Paraná.

TABELA 3 - VOLUME INDIVIDUAL (m<sup>3</sup>) E VOLUME TOTAL (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) DE PLANTAS DO HÍBRIDO DE EUCALIPTO *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*), AOS 36 MESES APÓS O TRANSPLANTE DE MUDAS, CULTIVADOS SOB DOSES DE GESSO AGRÍCOLA, SENDO ELAS 0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 E 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>, EM DUAS REGIÕES SUBTROPICAIS DO BRASIL, NOS MUNICÍPIOS DE JAGUARIAÍVA E VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ.

Gesso Agrícola Mg ha <sup>-1</sup>	Volume individual m <sup>3</sup>		Volume total m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	
	Jaguariaíva	Ventania	Jaguariaíva	Ventania
0	0,11	0,12	124,22	133,90
0,3	0,10	0,11	114,03	122,56
0,6	0,12	0,12	134,07	130,44
1,2	0,11	0,12	118,88	134,12
2,4	0,11	0,12	120,05	137,92
4,8	0,10	0,11	116,09	126,75
9,6	0,11	0,13	121,41	139,74
C.V. (%)	10,86 <sup>n.s.</sup>	8,96 <sup>n.s.</sup>	10,86 <sup>n.s.</sup>	8,96 <sup>n.s.</sup>

\*\* e \* significativo ao nível de 1% e a 5%, respectivamente, de probabilidade de erro, pelo teste de regressão; n.s. não significativo. 1º e 2º representam equações de regressão linear e quadrática, respectivamente.

FONTE: A autora (2018).

As diferenças climáticas, descritas na figura 1, foram responsáveis pelas diferenças entre os resultados quanto à altura das plantas comparando-se os experimentos avaliados. Entre os municípios, observou-se diferenças médias de 1,64 m, 0,73 m e 1,42 m, aos 12, 24 e 36 meses de desenvolvimento, sendo as maiores alturas observadas inicialmente no município de Jaguariaíva. Cabe ressaltar, que o experimento instalado em Jaguariaíva o transplante de mudas, com

aproximadamente de 15 a 20cm de altura, foi realizado no mês de dezembro, com temperaturas e precipitação mais elevadas, quando comparadas ao experimento instalado em Ventania, cujo transplante foi realizado no mês de abril. Uma vez que a precipitação pluviométrica total foi maior no município de Jaguariaíva, esperava-se um melhor crescimento do *E. urograndis*. Cabe ressaltar que no município de Ventania, o crescimento das árvores, transplantadas no mês de abril, proporcionou atraso no desenvolvimento, somente atingindo altura superior à 1,30 m após os 9 meses de idade.

Os dados de altura do *E. urograndis* para os dois sítios foram satisfatórios com média de 7,48m; 13,23m e 18,87m em Jaguariaíva e 5,84m; 12,51m e 17,44m em Ventania aos 12, 24 e 36 meses respectivamente, valores relativamente próximos ao encontrado na literatura que foram entre 5 m aos 12 meses no estado de São Paulo para *Eucalyptus sp.*, aos 24 meses tanto Almeida et al. (2010) quanto Pinheiro et al. (2016) os eucaliptos obtiveram 10 m de altura, sendo que a espécie trabalhada pelo segundo autor foi *E. urograndis* também no estado de São Paulo, e 16 m aos 36 meses (ALMEIDA et al., 2010).

Demolinari et al. (2007) analisando inventários de florestas tropicais classificaram, através da tendência de crescimento em povoamentos de eucalipto que para populações com 24 meses de idade, árvores com altura inferiores a 20 m apresentam menores rendimentos produtivos. Cabe ressaltar que, os resultados obtidos neste experimento foram inferiores, mas condizentes com áreas de região subtropical.

Muitos aspectos podem estar relacionados as alterações no diâmetro do colo de plantas de eucalipto. Freitas et al. (2009) avaliaram o efeito de diferentes podas em mudas de eucalipto produzidas em viveiro e, ao transplantar para o campo, não verificou diferenças significativas entre os tratamentos. Os diâmetros médios mensurados aos 3 e 5 meses mediram cerca de 20 a 25 cm, corroborando com os diâmetros verificados em Jaguariaíva. Em contrapartida, ao transplantar para campo mudas clonais do *E. urograndis* de diferentes alturas e diâmetro do colo, Figueiredo et al. (2011) verificaram respostas significativas apenas no 6 mês de avaliação. Aos 3 meses os diâmetros médios mensurados foram entre 0,89 a 1,15 cm

e aos 6 meses entre 1,96 a 2,57 cm, embora para o mesmo híbrido estudado os valores foram bem inferiores aos obtidos neste experimento.

Ao ajustar modelos matemáticos que determinam o volume de árvores de *Eucalyptus*, Gouveia et al. (2015) compararam modelos mistos com modelos clássicos e determinam erros de percentual baixo, entre 3,2 a 4,6%, indicando a acuracidade destes métodos. Avaliando a produção em volume em Jaguariaíva e Ventania na média os sítios tiveram 121 e 132 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Esses valores geram um incremento médio anual de 40,3 e 44,0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, crescimento que condiz com sítios de produtividade média até o presente momento (IBÁ, 2016).

A não resposta ao uso do gesso pode estar relacionada a fatores da planta, solo e clima, incluindo a ausência de um período de estiagem prolongada. Pequenas doses de gesso, com 0,3 e 0,6 Mg ha<sup>-1</sup>, apontam para um adequado suprimento de Ca e S no solo, uma vez nestas doses não é esperado o efeito como condicionador do solo. Aplicação de 2 Mg de calcário certamente ampliou a disponibilidade de Ca em superfície. Desta forma, o uso do gesso agrícola sobre o desenvolvimento de essências florestais apresenta respostas no aumento da produtividade quanto à adição de cálcio no solo (ROCHA et al., 2008).

Uma vez que não houve aplicação de S via adubação, é provável que o suprimento de S ocorreu via mineralização do S orgânico do solo (BORGES et al., 1998). A presença de serapilheira da cultura antecedente, pinus, certamente pode ter contribuído no suprimento de S. Estudo com adubação com N, em paralelo nos mesmos sítios, indicaram também ausência de resposta de N em três anos (BASSACO, 2018), sugerindo suprimento adequado via MO. Baixa ou ausência de resposta ao uso de N no eucalipto também observada em diferente condição do Brasil, justificada pelo suprimento via decomposição da matéria orgânica (GAZOLA et al., 2014).

A aplicação de gesso (1 Mg ha<sup>-1</sup>) foi testada como fonte alternativa, com ganhos que chegaram a 96 % (29,1 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) em produção do lenho quando aplicado calcário + gesso e 24 % apenas com calcário aos 18 meses de idade em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico no município Três Marias, MG, em área de reforma, vale destacar que a dose de Ca foi constante de 627 kg ha<sup>-1</sup> (RODRIGUES et al., 2016). Porém os autores atribuíram esse ganho de 96 % à adição de enxofre,

proveniente do gesso (15 % de S). Quando se compara com o presente trabalho, a falta de resposta a aplicação de gesso não era esperada.

Entretanto, houve o fornecimento de Ca via calcário, aproximadamente 600 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, quantidade suficiente para atender a demanda. Importante destacar que os formulados de NPK utilizados na adubação de base e nas três de cobertura, tinham como fonte de P o superfosfato triplo, fertilizante que contém 8 % de S. Talvez essa quantidade e a mineralização da matéria orgânica do solo tenha sido suficiente para fornecer o S para as plantas do tratamento testemunha, uma vez que as exigências não são altas, normalmente as plantações de eucalipto acumulam entre 13 a 33 kg ha<sup>-1</sup> de S para ciclos de 7 a 9 anos (ROCHA et al., 2015).

O solo utilizado apresentava características que propiciam a resposta ao uso do gesso como condicionador dado a elevada acidez, com a abundância de Al tóxico e baixos valores de Ca em profundidade. A presença de alumínio tóxico vem sendo relacionado com a redução do crescimento das raízes via células do meristema apical (redução da mitose) (MACEDO; MORRIL, 2008), bem como a inibição de processos metabólicos essenciais que são regulados pelo cálcio, interage com sistemas que utilizam o magnésio e formas de fosfato (ZUCUNI; ARENHART, 2015). Neste contexto, o gesso em altas doses diminui o Al tóxico via precipitação do mesmo com sulfato (WULFF-ZOTTELE et al., 2014) e diminuição da atividade do Al na solução (WANG et al., 2015). Logo, é esperado que o gesso propiciasse um maior sistema radicular ao diminuir a toxidez de Al, com aumento da parte aérea.

Nesse sentido a aplicação de calcário para o fornecimento Ca nos plantios de eucalipto no Brasil tornou-se prática frequente, visando suprir a necessidade de 350 a 450 kg ha<sup>-1</sup> de Ca até sete anos para uma produtividade de 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. A importância do nutriente cálcio sobre o crescimento de plantas de eucalipto, com uma porcentagem de acúmulo no tronco de 79,68% do elemento para a espécie *E. grandis*. Cabe ressaltar que embora o gesso agrícola não seja utilizado como um fertilizante, mas como um condicionante de solo, acarreta em fornecimento de cálcio e, conseqüentemente, fornecimento deste nutriente para as plantas. Já o calcário, com o mesmo efeito fornecedor de cálcio ao solo, proporcionou benefícios ao desenvolvimento do *E. grandis* avaliado pelo volume cilíndrico, conforme resultados obtidos por Valeri; Aguiar; Corradini (1993).

Entretanto, a planta do eucalipto é reconhecida pela elevada tolerância aos níveis de alumínio tóxico (ROCHA et al., 2008), por diferentes mecanismos (HARTWING et al., 2007; SASAKI et al., 2004), diminuindo a possibilidade de resposta ao efeito do decréscimo do Al, tóxico pelo gesso. Echart; Molina (2001) propõe mecanismos de tolerância ao alumínio em relação os altos índices de Al no simplasto da raiz ou com a habilidade de excluir no ápice da raiz, e pode envolver diferentes tipos de mecanismos como imobilização nas paredes celulares, o que ocorre em plantas de eucalipto.

Lima et al. (2017) ao avaliarem a influência do gesso agrícola nas plantas de eucalipto, identificaram diferenças entre o crescimento, tanto em altura quanto no DAP, observando a variabilidade espacial de atributos químicos de solo, sobretudo sobre os teores de cálcio. A mesma importância do elemento cálcio sobre o desenvolvimento do eucalipto, pode ser caracterizada nos processos de sinalização celular, composição da parede celular e desenvolvimento celular são fundamentais para os incrementos nas propriedades dendrométricas do eucalipto.

### 3.6 CONCLUSÕES

1. O gesso agrícola não influenciou sobre os parâmetros dendrométricos do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*), com exceção da avaliação da altura de plantas aos 30 meses.
2. Os resultados indicaram uma variação entre os experimentos caracterizado pela diferença climática, com maior precipitação em Jaguariaíva e atribuída a diferença na época de transplante das mudas à campo.

### 3.7 REFERÊNCIAS

AGRITEMPO – Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br/> Acesso em: 10 fev. 2010.

AMARAL, I.A.; ASCARI, J.P.; DUARTE, W.M.; MENDES, I.R.N.; SANTOS, E.S.; JULIO, O.L.L. Efeito de doses de gesso agrícola na cultura do milho e alterações químicas do solo. **Revista Agrarian**, v. 10, n. 35, p. 31-41, 2017.

ALMEIDA, J. C. R.; LACLAU, J. P.; GONCALVES, J. L. D.; RANGER, J.; SAINTANDRE, L. A positive growth response to NaCl applications in Eucalyptus plantations established on K-deficient soils. **Forest Ecology and Management**, 259:1786–1795, 2010.

ALVARES, C. A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVEZ, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p.711-728, 2013.

BASSACO, M.V.M. **Nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento e nutrição de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em dois sítios no estado do Paraná.** 82p. Tese (Doutorado em Ciências do Solo). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2018.

BORGES, W.L.; SOUZA, I.M.D.; BAZZO, V.A. Chemical and physical changes in an Argisol under agrosilvopastoral system in Votuporanga, São Paulo State, Brazil. **Acta Agronomy**, v. 66, n. 1, p. 75-80, 2017.

BORGES, E.N.; LOMBARDI NETO, F.; COSTA, L.M.; CORRÊA, G.F.; BORGES, E.V.S. Alterações nos componentes da acidez do solo promovidas em camada superficial compactada pela aplicação superficial de gesso. **Ceres**, v. XLV, n.257, p. 55-64, 1998.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 23, n. 2, p. 315-327, 1999.

CAIRES, E.F.; CHURKA, S.; GARBUIO, F.J.; FERRARI, R.A.; MORGANO, M.A. Soybean yield and quality as function of lime and gypsum applications. **Scientia Agricola**, v. 63, p. 370-379, 2006.

CARDUCCI, C.E.; OLIVEIRA, G.C.; OLIVEIRA, L.M.; BARBOSA, S.M.; SILVA, E.A. Retenção de água do solo sob sistema conservacionista de manejo com diferentes doses de gesso. **Revista Ciências Agrárias**, v. 58, n. 3, p. 284-291, 2015.

COSTA, M.A.M.; SANTOS, V.A.H.F.; FARIAS NETO, A.L.; MENEGUCCI, J.L.P.; ZOLIN, C.A.; LULU, J.; SILVA, V.P. Aspectos ecofisiológicos e de crescimento de *Eucalyptus urograndis* submetido à suplementação hídrica em plantios clonais. **Revista Biologia Neotropical**, v. 12, p. 44-57, 2015.

COOK, R.L.; BINKLEY, D.; STAPE, J.L. Eucalyptus plantation effects on soil carbon after 20 years and three rotations in Brazil. **Forest ecology and management**, v. 359, p. 92-98, 2016.

CHRISTO, S.S.M.; SANTOS, O.S. Efeitos do gesso e do boro na produção de mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook. **Revista Centro de Ciências Rurais**, v. 20, p. 173-184, 1990.

CUNHA, J.F.; FRANCISCO, E.A.B.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L.I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira – 2009 a 2012. **Informações Agronômicas**: IPNI International Plant Nutrition Institute, nº 145, março de 2014.

DEMOLINARI, R.A.; SOARES, C.P.B.; LEITE, H.G.; SOUZA, A.L. Crescimento de plantios clonais de eucalipto não desbastados na região de Monte Claro (PA). **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 503-512, 2007.

FIGUEIREDO, F.A.M.M.A.; CARNEIRO, J.G.A.; PENCHEL, R.M.; BARROSO, D.G.; DAHER, R.F. Efeito das variações biométricas de mudas clonais de Eucalipto sobre o crescimento no campo. **Revista Árvore**, v. 35, n. 1, p. 1-11, 2011.

FREIRE, F.J.; FREIRE, M.B.G.S.; ROCHA, A.T.; OLIVEIRA, A.C. Gesso mineral do Araripe e suas implicações na produtividade agrícola da cana-de-açúcar no estado de Pernambuco, Brasil. In: **Anais** da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, v. 4, p. 199-213, 2007.

FREITAS, T.A.S.; BARROSO, D.G.; SOUZA, L.S.; CARNEIRO, J.G.A. Efeito da poda de raízes sobre o crescimento das mudas de eucalipto. **Ciência Florestal**, v.19, n. 1, p. 1-6, 2009.

FREITAS, C.A.; SILVA, C.J.; SILVA, C.A.; ALMEIDA, J.Á.; RINCON, N.S. Adição de gesso agrícola e cinza de madeira ao substrato no desenvolvimento de mudas de baruzeiro (*Dipteryx alata* Vog). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.10, n. 2, p. 206-212, 2015.

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 de N, P and K in the cultivation of eucalyptus in soil originally under Cerrado vegetation. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 1 p. 1895-1912, 2015.

GELAIN, E.; ROSA JUNIOR, E.J.; MERCANTE, F.M.; FORTES, D.G.; SOUZA, F.R.; ROSA, Y.B.C. Fixação biológica de nitrogênio e teores foliares de nutrientes na soja em função de doses de molibdênio e gesso agrícola. **Ciências Agrotecnicas**, v. 35, n. 2, p. 259-269, 2011.

GOMES, J. B. V.; CURI, N.; MOTTA, P. E. F.; KER, J. C.; MARQUES, J. J. G. S. M.; SCHULZE, D. G. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e Mineralógicos de solos do bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 1, p. 137-153, 2004.

GOUVEIA, J.F.; SILVA, J.A.A.; FERREIRA, R.L.C.; GADELHA, F.H.L.; LIMA FILHO, L.M.A. Modelos volumétricos mistos de clones de *Eucalyptus* no polo gesseiro do Araripe, Pernambuco. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 3, p. 587-598, 2015.

HARTWIG, I.; OLIVEIRA, A.C.; CARVALHO, F.I.F.; BERTAN, I.; SILVA, J.A.G.; SCHMIDT, D.A.M.; VALÉRIO, I.P.; MAIA, L.C.; FONSECA, D.A.R.; REIS, C.E.S.



Mecanismos de tolerância ao alumínio em plantas. **Semina**, v. 28, n. 2, p. 219-228, 2007.

INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). Relatório indústria brasileira de árvores. 2016. 100 p.

JACKSON, T.J.; BURGESS, T.; COLQUHOUN, I.; HARDY, G. Action of the fungicide phosphite on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamoni*. **Plant Pathology**, v. 49, p. 147-154, 2000.

LACLAU, J.P.; ARNAUD, M.; BOUILLET, J.P.; RANGER, J. Spatial distribution of *Eucalyptus* roots in a deep sandy in the Congo: relationships with the ability of the stand to take up water and nutrients. **Tree Physiology**, v. 21, p. 129-136, 2001.

LACLAU, J. P.; RANGER, J.; GONCALVES, J. L. D.; MAQUERE, V.; KRUSCHE, A. V.; M'BOU, A. T.; NOUVELLON, Y.; SAINT-ANDRE, L.; BOUILLET, J. P.; PICCOLO, M. D.; et al. Biogeochemical cycles of nutrients in tropical Eucalyptus plantations main features shown by intensive monitoring in Congo and Brazil. **Forest Ecology and Management**, 259:1771–1785, 2010.

LIMA, E.S.; MONTANARI, R.; LOVERA, I.H.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; GONZÁLEZ, A.P. Variabilidade espacial das propriedades dendrométricas do eucalipto e atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico. **Revista Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 1, p. 1-11, 2017.

MACEDO, L.S.; MORRIL, W.B.B. Toxicidade dos metais no solo e nas plantas: uma revisão de literatura. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 2, n. 2, p.39-42, 2008.

MARQUES, H.; FERREIRA, C.S.; ALMEIDA, G.R.R.; CUNHA, L.T. Efeito da aplicação de diferentes doses de gesso agrícola em lavouras cafeeiras cultivadas no município de Paraguaçu – MG. **Capa**, v. 4, n. 4, p. 1-14, 2016.

MODA, L.R.; BORGES, B.M.M.N.; FLORES, R.A.; SANTOS, C.L.R.; PRADO, R.M.; SOUZA, J.I. Gessagem na cultura da soja no sistema de plantio direto com e sem adubação potássica. **Revista Agroambiente Online**, v. 7, n. 2, p. 129-135, 2013.

NEIS, L.; PAULINO, H.B.; SOUZA, E.D. Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 34, n. 2, p. 409-416, 2010.

NIETFELD, H.; PRENZEL, J. Modeling the reactive ion dynamics in the rhizosphere of tree roots growing in acid soils. I. Rhizospheric distribution patterns and root uptake of  $M_b$  cations as affected by root-induced pH and Al dynamics. **Ecological Modelling**, v. 307, p. 48-65, 2015.

PAULETTI, V.; PIERRI, L.; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A.C.V. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 38, p. 495-505, 2014.

PÉREZ-LOPES, R.; VALERO, A.M.; MUGUEL NETO, J. Changes in mobility of toxic elements during the production of phosphoric acid in the fertilizer industry of Hueva (SW) and environmental impacts of phosphogypsum wastes. **Journal of hazardous materials**, v. 148, p. 745-750, 2007.

PINHEIRO, R.C.; DEUS, J.R.J.C.; NOUVELLON, Y.; CAMPOE, O.C.; STAPE, J.L.; ALÓ, L.L.; GUERRINI, I.A.; JOURDAN, C.; LACLAU, J.P. A fast exploration of very deep soil layers by *Eucalyptus seedling* and clones in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 366, p. 143-152, 2016.

RAMPIM, L.; LANA, M.C.; FRANDOLOSO, J.L.; FONTANIVA S. Atributos químicos de solo e reposta do trigo e da soja ao gesso em sistema de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 35, p. 1687-1698, 2011.

RAMOS, B.Z.; TOLEDO, J.P.V.F.; LIMA, J.M.; SIRAFIM, M.E.; GUIMARÃES, P.T.G.; COSCIONE, A.R. Doses de gesso em cafeeiro: influência nos teores de cálcio, K, e pH na solução de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 37, p. 1018-1026, 2013.

PROCHNOW, L.I.; BOARETTO, A.E. Profundidade de amostragem do solo para avaliação do enxofre disponível em pomar de limão siciliano (*Citrus limon* Burm.). **Scientia Agricola**, v. 52, n. 1, p. 101-106, 1995.

ROCHA, J.B.O.; POZZA, A.A.A.; CARVALHO, J.G.; SILVA, C.A.; CURI, N. Efeito da calagem na nutrição mineral e no crescimento inicial do eucalipto a campo em Latossolo húmico da Zona da Mata (MG). **Scientia florestalis**, v. 36, n. 80, p. 255-263, 2008.

ROCHA, J.H.T.; GONÇALVES, J.L.M.; GODINHO, T.O.; SOUZA FILHO, L.F.S.S. Nutrição e fertilização com enxofre e uso de gesso em plantações de Eucalipto. **Circular técnica IPEF**, v. 208, p. 1-14, 2015.

RODRIGUES, F.A.V.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; SILVA, I.R.; NEVES, J.C.L. Produtividade de eucalipto aos 18 meses de idade, na região do Cerrado, em resposta à aplicação de cálcio, via calcário e gesso agrícola. **Scientia florestalis**, v. 109, p. 67-74, 2016.

SASAKI, T.; YAMAMOTO, Y.; EZAKI, B.; KATSUHARA, M.; AHN, S.J.; RYAN, P.R.; DELHAIZE, E.; MATSUMOTO, H. A wheat gene encoding an aluminum-activated malate transporter. **The Plant Journal**, v. 37, p. 645-653, 2004.

SILVA, F.A.Z.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SOARES, G.F. **Gesso e fósforo na sucessão soja/milho safrinha**. 90p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Jataí: Universidade Federal de Goiás, 2016.

VALERI, S.V.; AGUIAR, I.B.; CORRADINI, L. Composição química foliar e crescimento volumétrico de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden cultivado em areia quartzosa, em resposta a aplicação de fósforo e calcário dolomítico. **IPEF**, v. 46, p. 63-75, 1993.

WANG, L.; BUTTERLY, C.R.; TIAN, W.; HERATH, M.S.K.; XI, Y.; ZHANG, J.; XIAO, X. Effects of fertilization practices on aluminum fractions and species in wheat soil. **Journal of Soils Sediments**, v. 15, p. 365-373, 2015.

WULFF-ZOTTELE, C.; HESSE, H.; FISAHN, J.; BROMKE, M.; VERA-VILLALOBOS, H.; LI, Y.; FRENZEL, F.; GIAVALISCO, P.; RIBERA-FONSECA, A.; ZUNINO, L.; CARUSO, I.; STOHMANN, E.; MORA, M.L. Sulphate fertilization ameliorates long-term aluminum toxicity symptoms in perennial ryegrass (*Lolium perenne*). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 83, p. 88-99, 2014.

ZANDONÁ, R.R.; BUTLER, A.N.; BURG, G.M.; BARRETO, C.F.; SCHIMIDT MR. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, p. 128-137, 2015.

ZUCUNI, L.; ARENHART, M.H. **Fisiologia vegetal**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2015, 81 p.

## 4 CAPÍTULO 3: AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE PLANTAS DE EUCALIPTO SOB DOSES DE GESSO AGRÍCOLA EM DOIS SÍTIOS FLORESTAIS NO SUL DO BRASIL

### 4.1 RESUMO

A maioria do cultivo de eucalipto no Brasil é estabelecida em solos de baixa fertilidade e condições de acidez elevada. Neste contexto, a diagnose nutricional após a aplicação de um condicionante de solos, como o gesso agrícola, garante sustentabilidade à produção a longo prazo, podendo-se acompanhar os efeitos do nutriente no solo sobre a nutrição mineral de plantas. O presente estudo tem por objetivo determinar a influência da aplicação de gesso sobre a concentração foliar de macronutrientes, micronutrientes e elementos traços do novo híbrido de eucalipto *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) em condição subtropical do Brasil. Dois experimentos foram instalados em áreas florestais situadas em condições subtropicais brasileiras. O experimento consistiu em avaliar 7 doses de gesso agrícola (0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 e 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>), aplicado à lanço em superfície. Os tecidos foliares foram coletados aos 12, 24 e 36 meses após o transplante das mudas, de folhas recém maduras de quatro galhos em cada ponto cardeal. As amostras foram digeridas em forno de micro-ondas em recipientes de teflon, utilizando 7 ml de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) e 2 ml de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e a leitura dos elementos macronutrientes (P, K, Ca, Mg e S), dos micronutrientes (B, Fe, Mn, Zn e Cu) e dos elementos traços (Al, As, Ba, Cd, Cr, Ni, Pb, Se e Ag) foi efetuada no equipamento ICP. Pode-se observar que a aplicação de gesso agrícola exerceu baixa influência nas alterações dos parâmetros de planta, tanto nas análises dendrométricas quanto na concentração de nutrientes. A correlação apenas foi significativa para o elemento prata (Ag) no município de Jaguariaíva e o elemento fósforo (P) no município de Ventania. Sob o ponto de vista quanto ao fornecimento de cálcio e enxofre, o gesso agrícola apresentou respostas positivas após sua aplicação. As concentrações observadas nos elementos B, Cu e Zn apresentaram-se abaixo da faixa adequada, indicando deficiência em todas as épocas avaliadas, em ambos os sítios estudados. Já, Fe e Mn, apresentaram-se em níveis adequados e acima da faixa ideal nas épocas iniciais da avaliação. Os resultados obtidos indicaram baixa interação entre os elementos tóxicos e elementos traços e a aplicação de gesso agrícola em ambos os sítios avaliados. O alumínio apresentou variações temporais bem expressivas e significativas e indicou diferenças entre os sítios florestais avaliados e pode-se observar um comportamento quadrático significativo em função do tempo nas concentrações de alumínio nas folhas de eucalipto. Pode-se concluir através das estimativas dos coeficientes de correlação linear de Pearson que a aplicação de gesso agrícola exerceu baixa influência. As faixas de concentração de macronutrientes não foram adequadas aos 12 e 24 após o transplante de mudas mas foram aos 36 meses à exceção do elemento potássio. Sob o ponto de vista quanto ao fornecimento de cálcio e enxofre, o gesso agrícola apresentou respostas positivas após sua aplicação.

Palavras-Chave: macronutrientes; micronutrientes; elementos traços, sulfato de cálcio.

#### 4.2.ABSTRACT

The silviculture in Brazil presented a growth in expressive planted area in plantation of *Pinus* sp. and *Eucalyptus* sp. This increase is due in part to the investment in genetic improvement, the development of new farming techniques, advances of specific implements for forest areas that facilitated the incorporation of fertilizers to agricultural correctives, especially in areas of planting subsequent to forest cultivation. The present study aims to determine the influence of the application of gypsum on the macro and micronutrient concentration of the new eucalyptus hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) in subtropical Brazil. Two experiments were carried out in forest areas located in subtropical Brazilian conditions. The experiment consisted in evaluating 7 doses of agricultural gypsum (0, 0.3, 0.6, 1.2, 2.4, 4.8 and 9.6 Mg ha<sup>-1</sup>), whose chemical composition presented 19.31% of calcium and 15.83% of sulfur, applied to the surface haul. The foliar tissues were collected at 12, 24 and 36 months after the transplant of the seedlings, from fresh leaves of four branches at each cardinal point. The samples were digested in a microwave oven model MARS 6-CEM in teflon containers, using 7 ml of nitric acid (HNO<sub>3</sub>) and 2 ml of hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) and reading the macronutrient elements (P, K, Ca, Mg and S), micronutrients (B, Fe, Mn, Zn and Cu) and traces elements (Al, As, Ba, Cd, Cr, Ni, Pb, Se and Ag) 720 ES. It can be observed that the application of agricultural gypsum exerted little influence on the alterations of plant parameters, both in the dendrometric analysis and in the concentration of nutrients. The correction was only significant for the element silver (Ag) in the municipality of Jaguariáiva and the element phosphorus (P) in the municipality of Ventania. From the point of view of the supply of calcium and sulfur, gypsum presented positive responses after its application. The concentrations observed in the elements B, Cu and Zn were below the adequate range, indicating deficiency in all the evaluated epochs, in both sites studied. Already, Fe and Mn, presented at adequate levels and above the ideal range in the initial epochs of the evaluation. The results indicated low interaction between the toxic elements and trace elements and the application of agricultural gypsum in both evaluated sites. The aluminum showed very significant and significant temporal variations and indicated differences between the evaluated forest sites and it is possible to observe a significant quadratic behavior as a function of time in the aluminum concentrations in the eucalypt leaves.

Keywords: macronutrientes; micronutrientes; trace elements, calcium sulfate.

#### 4.3 INTRODUÇÃO

O último levantamento publicado pela FAO (2015) revela que a expansão das áreas de reflorestamento no Brasil (incluindo outras espécies ademais o pinus e

o eucalipto) passaram de 363 mil hectares ao ano em 1990 para 519 mil hectares ao ano em 2010. Esse ganho se deve em parte ao investimento em melhoramento genético (SCHULLI; PALUDZUSZYN FILHO, 2010), bem como o desenvolvimento de novas técnicas de cultivo (SCHELHAAS et al., 2015), além dos avanços de implementos específicos para áreas florestais que facilitou a incorporação de fertilizantes e corretivos agrícolas, especialmente em áreas de plantio subsequente a cultivo florestal (BRANDELERO; ANTUNES; GIOTTO, 2007, MAEDA et al., 2014).

Dentre as espécies florestais que mais avançaram quanto ao melhoramento genético, podemos destacar a cultura do Eucalipto, visando qualidade da madeira (NUNES et al., 2016). Quanto aos benefícios genéticos, híbridos mais adaptados as condições climáticas e estresses, proporcionam maior desenvolvimento da cultura avaliado através do diâmetro à altura do peito e volume total por hectare produzido, acarretando em maiores ganhos produtivos (MAGALHÃES et al., 2007; CASTRO et al., 2016; ENGEL et al., 2016).

Uma das propostas com o intuito de proporcionar benefícios ao solo e, conseqüentemente, acarretar em incrementos de produtividade está relacionada as alterações do solo, através do uso de corretivo e condicionantes (NOVAIS et al., 2007). Torna-se necessário corrigir a acidez superficial e subsuperficial para promover melhor a eficiência de absorção de água e nutrientes pelas plantas e obter melhores produtividades (RODRIGUES et al., 2016a). O insumo mais utilizado para esta correção para a camada superficial é o calcário e para a camada subsuperficial é o gesso agrícola (DALLA-NORA et al., 2014, SCHIMIDT FILHO et al., 2016).

Um dos principais benefícios da aplicação de gesso agrícola no solo é sobre a redução da acidez relacionada aos teores de íons tóxicos de alumínio e sobre os incrementos de cálcio no solo. A cultura do eucalipto dispõe de mecanismos que capacitam as plantas a tolerar os efeitos deste íon tóxico (VALE, 1996, ECHART; MOLINA, 2001).

Alguns ácidos orgânicos são responsáveis pelo modo de ação por exclusão ou pela desintoxicação interna do elemento (HARTWIG et al., 2007), ou seja, evita que os tecidos radiculares entrem em contato com o alumínio ou evita que o elemento se torne tóxico para as células. Desta forma, o uso do gesso agrícola na

cultura do eucalipto pode exercer maior influência sobre o estado nutricional da planta quando comparado aos efeitos sobre a toxidez do solo.

Sobre os efeitos nutricionais, estudos têm sido realizados para incrementar a produtividade do cultivo de eucalipto, bem como na qualidade da madeira produzida, determinada através do seu estado nutricional. Santana et al. (2008) observaram incrementos na produtividade no cultivo de eucalipto à relação positiva entre o conteúdo na biomassa de nutrientes aos 4,5; 6,5 e 8,5 anos de desenvolvimento da cultura e a biomassa da parte aérea, associada a pequena plasticidade do eucalipto na absorção de nutrientes e pela baixa disponibilidade de nutrientes no solo.

Assis; Ferreira; Cargnelutti (2006) avaliaram o estado nutricional de plantas de eucalipto com 3 anos de idade, desenvolvidas em Latossolo Vermelho ácrico, com concentração de  $1,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de  $\text{Al}^{3+}$ , além de índices alto e muito baixo de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , respectivamente. A avaliação do estado nutricional das plantas indicou que não houve, em nenhuma época do desenvolvimento da cultura, indicativo de deficiência nutricional quanto aos teores de N, P, S e B. Entretanto, os teores de nutrientes nas folhas indicaram redução aos períodos de estiagem para estes mesmos elementos.

A concentração de nutrientes varia de acordo com a espécie de *Eucalytus*. Haag et al. (1976) ao quantificarem os teores foliares em cinco espécies verificou variações entre 0,29 a 0,50% para o elemento Ca e 0,16 a 0,25% para o S, nutrientes mais relacionados com o gesso agrícola.

Diversos trabalhos realizados em solos com baixos teores de nutrientes (SILVA et al., 2008; GUEDES; POGGIANI, 2003; ASSIS; FERREIRA; CARGNELLUTTI, 2006; FORTES; FERRI; SANTOS, 2016) definiram a concentração média de macronutrientes como P, K, Ca, Mg e S, nas folhas em cultivos de eucalipto à campo e em ambiente controlado, conforme descrito no quadro 1.

Bell; Ward (1984) observaram variações nas concentrações de N, P, K, Ca e Mg em espécies de eucalipto com 4 anos de idade. As variações foram mais significativas sob cultivos em solos de baixa fertilidade, onde, os autores destacam a importância da quantificação da concentração dos teores nas folhas como forma de garantir a sobrevivência a longo prazo.

QUADRO 1 – CONCENTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES (g kg<sup>-1</sup>) EM FOLHAS DE EUCALIPTO COM DIFERENTES IDADES DE DESENVOLVIMENTO.

Espécie	Idade do eucalipto	Concentração de macronutrientes em folhas de eucalipto				
		Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
<i>E. grandis</i> <sup>1</sup>	18 meses	1,30 a 1,93	3,40 a 4,90	3,60 a 5,20	1,80 a 2,50	1,0 a 1,2
<i>E. saligna</i> <sup>2</sup>	20 meses	0,90 a 1,40	não consta	4,30 a 20,20	1,50 a 3,00	não consta
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> <sup>3</sup>	3 meses	1,50 a 2,50	7,90 a 23,80	10,60 a 19,40	2,40 a 3,00	0,6 a 0,8
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> <sup>4</sup>	5 meses	2,15 a 2,71	10,00 a 14,80	8,26 a 13,30	1,91 a 2,20	não consta
<i>E. urograndis</i> <sup>5</sup>	2 meses	2,70 a 3,50	14,50 a 21,00	10,00 a 15,90	2,40 a 3,00	1,80 a 3,00
<i>E. urophylla</i> <sup>6</sup>	36 meses	0,90 a 1,40	5,40 a 10,00	2,70 a 11,20	2,90 a 4,10	1,10 a 2,00
<i>E. microcorys</i> <sup>7</sup>	24 meses	1,19 a 1,91	7,06 a 11,00	5,40 a 9,40	1,50 a 2,70	não consta

Fonte: Silva et al. (2008)<sup>1</sup>; Guedes; Poggiani (2003)<sup>2</sup>; Medeiros et al. (2016)<sup>3</sup>; Santos et al. (2007)<sup>4</sup>; Rocha et al. (2013)<sup>5</sup>; Assis; Ferreira; Cargnellutti (2006)<sup>6</sup>; Fortes; Ferri; Santos (2016)<sup>7</sup>.

Dell; Robinson (1993) definem em seu estudo a faixa adequada de nutrientes como um guia de análise de plantas de *Eucalytus maculata*, níveis entre 17 a 26 mg g<sup>-1</sup> para o elemento N; entre 1,0 a 2,6 mg g<sup>-1</sup> para P; entre 10 a 17 mg g<sup>-1</sup> para K; entre 1,8 a 4,2 mg g<sup>-1</sup> para S; entre 2,9 a 4,0 mg g<sup>-1</sup> para Ca; e entre 0,9 a 2,64 mg g<sup>-1</sup> para Mg. Cabe ressaltar que nestas faixas de concentração, não foram observados sintomas de deficiência destes nutrientes.

Os efeitos nutricionais do gesso agrícola são reportados por Macana (2017) que verificou os efeitos da nutrição mineral em eucalipto sob a aplicação de gesso agrícola indicando uma tendência de aumento nos teores de cálcio e enxofre aos 6, 18 e 30 meses após a aplicação e redução nos teores foliares de magnésio aos 6 e 18 meses.

Da análise dos referidos autores sugerem como hipóteses, que a aplicação do gesso agrícola pode promover alterações na composição química do tecido foliar em plantas de eucalipto. Determinar a composição nutricional das folhas de *Eucalytus* pode fornecer subsídios para entendimento dos efeitos benéficos da aplicação de gesso agrícola em cultivos florestais. Diante deste fato, o presente estudo tem por objetivo determinar a influência da aplicação de gesso sobre a concentração foliar de macro e micronutrientes do híbrido de eucalipto *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) em condição subtropical do Brasil.

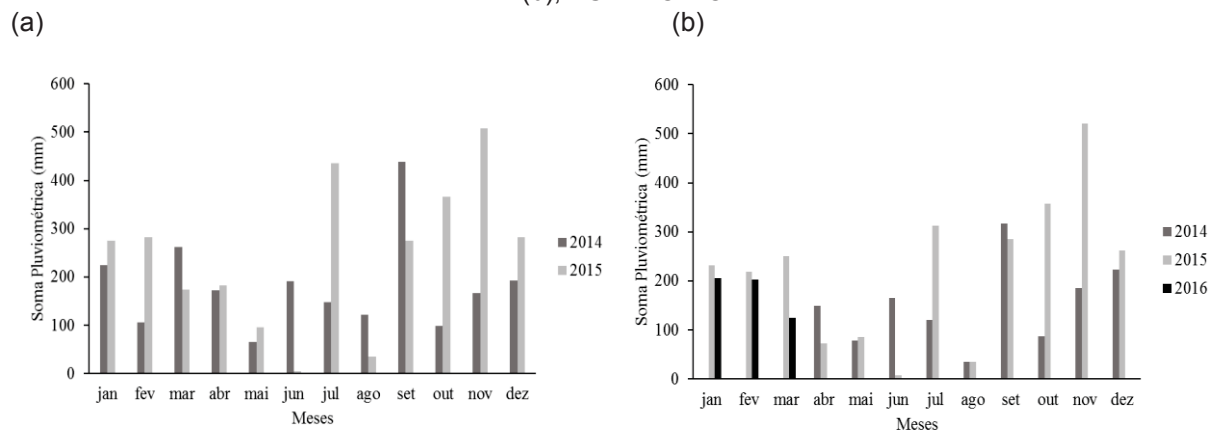


#### 4.4 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram instalados em áreas florestais sob cultivo do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) situadas em condições subtropicais brasileiras. Localizados ambos no estado do Paraná no município de Jaguariaíva, sob as coordenadas cartográficas 24°15'04" S de latitude, 49°42'21" W de longitude e 850 m altitude apresenta condições climáticas temperado úmido mesotérmico, Cfb e no município de Ventania, sob coordenadas cartográficas de 24°14'45" S latitude, 50°14'34" W de longitude e 990 m de altitude, e nesta região o clima da região é também subtropical temperado (Cfb) de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013).

O gráfico 1 apresenta os dados climáticos da soma pluviométrica mensal, nos períodos entre janeiro de 2014 a dezembro de 2015 para o município de Jaguariaíva e abril de 2014 a março de 2016 para o município de Ventania, estado do Paraná, obtidos através de estações meteorológicas do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico da EMBRAPA (Agritempo, 2017).

GRÁFICO 1 – SOMATÓRIO DA DISTRIBUIÇÃO MENSAL PLUVIOMÉTRICA NO PERÍODO DE AVALIAÇÃO E COLETA DE SOLOS, MUNICÍPIO DE JAGUARIAÍVA (a) E NO MUNICÍPIO DE VENTANIA (b), ESTADO DO PARANÁ.



FONTE: Adaptado de Agritempo (2017).

As áreas estão situadas no segundo planalto paranaense, formado no período Paleozóico das formações do arenito Furnas, folhelho Ponta Grossa e grupo Itararé. O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura franco-arenosa, de acordo com Santos et al. (2013). Coletou-se amostras de solo

nas profundidades 0 a 0,10; 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m para caracterização inicial. As amostras foram secas ao ar, homogeneizadas e passadas em peneira de malha 2 mm para posterior análise de pH,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  (extraído com  $\text{KCl}$   $1\text{ mol L}^{-1}$ ),  $\text{K}^+$  e P extraível por Mehlich I, e  $\text{Al}^{3+}$  (extraído com  $\text{KCl}$   $1\text{ mol L}^{-1}$ ), de acordo com a metodologia descrita por EMBRAPA (1997). No quadro 2 constam as características químicas antes da instalação do experimento na área experimental, de ambos os municípios.

QUADRO 2 - CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO ANTES DA INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO NA ÁREA EXPERIMENTAL SOB CULTIVO ANTERIOR DE PINUS LOCALIZADA NOS MUNICÍPIOS DE JAGUARIAÍVA E VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ.

Profundidade	pH CaCl <sub>2</sub>	pH SMP	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	SB	CTC pH 7,0	P	C <sub>org</sub>	V	m
m			----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	----- % -----		
Município de Jaguariaíva													
0,00 a 0,20	3,9	5,7	1,5	6,4	0,2	0,2	0,02	0,42	6,82	1,0	23,6	6,15	78,12
0,20 a 0,40	3,8	5,9	1,2	2,2	0,1	0,1	0,02	0,22	2,42	0,7	16,1	9,09	84,50
0,40 a 0,60	4,0	6,1	1,0	4,6	0,1	0,1	0,01	0,21	4,81	0,6	17,4	4,36	82,64
Município de Ventania													
0,00 a 0,20	4,3	6,2	1,5	4,3	0,1	0,1	0,03	0,23	4,53	2,2	21,0	5,08	86,71
0,20 a 0,40	4,5	6,7	1,1	3,0	0,1	0,1	0,03	0,23	3,23	1,6	11,0	7,12	82,70
0,40 a 0,60	4,4	6,8	1,2	2,7	0,1	0,1	0,03	0,23	2,93	0,4	7,3	7,84	83,91

FONTE: A autora (2018).

O experimento consistiu em avaliar 7 doses de gesso agrícola (0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 e 9,6  $\text{Mg ha}^{-1}$ ), cuja composição química apresentou 19,31% de cálcio e 15,83% de enxofre, aplicado à lanço em superfície, em 4 repetições, totalizando 28 parcelas em delineamento em blocos ao acaso. Cada parcela mediu 24 x 24 m, totalizando área de parcela de 576  $\text{m}^2$ , em uma área total do experimento de 16128  $\text{m}^2$ .

As áreas experimentais foram cultivadas anteriormente com pinus por 15 anos, onde após sua colheita foram aplicados 2  $\text{Mg ha}^{-1}$  calcário dolomítico, subsolados a 45 cm, associado à aplicação de fosfato natural reativo.

O transplante das mudas do híbrido de eucalipto *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) foi realizado em espaçamento de 3 x 3 m entre plantas e entre linhas, em um total de 64 plantas por parcela. As mudas, transplantadas entre 15 a 20 cm de altura, foram plantadas na linha de subsolagem

e adubadas com N, P e K nas dosagens de 8,5 kg ha<sup>-1</sup> de N, 51 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 17 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Aos 3 meses após o transplante das mudas foi realizada aplicação de fertilizantes em coberturas na projeção da copa das plantas, na dose de 24 kg ha<sup>-1</sup> de N, 8 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 48 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 0,8 kg ha<sup>-1</sup> de Boro.

Os tecidos foliares foram coletados aos 12, 24 e 36 meses após o transplante das mudas, de folhas recém maduras de quatro galhos em cada ponto cardeal. Todas as amostras foram previamente secas em estufa de fluxo de ar contínuo à 60°C e moídas em moinho tipo Willey com tela de 20 mesh. As amostras foram digeridas em forno de micro-ondas modelo MARS 6-CEM em recipientes de teflon, utilizando 7 ml de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) e 2 ml de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Foram utilizados 0,2 g da amostra de tecido foliar moído, programada a marcha de digestão com velocidade de aquecimento controlado de 20 minutos até atingir 180°C e temperatura constante por mais 10 minutos (EMBRAPA, 2009).

O material digerido foi filtrado em papel filtro classificação azul, sendo realizado a tríplice lavagem utilizando água MilliQ, e a leitura dos elementos macronutrientes (P, K, Ca, Mg e S), dos micronutrientes (B, Fe, Mn, Zn e Cu) e dos elementos traços (Al, As, Ba, Cd, Cr, Ni, Pb, Se e Ag) foi efetuada no equipamento ICP modelo Varian 720 ES.

Todas as análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas e no laboratório de Mineralogia da Universidade Federal do Paraná, no Setor de Ciências Agrárias, em Curitiba, Paraná.

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e suas médias comparadas com a análises de regressão, utilizando o programa estatístico Assistência Estatística (ASSISTAT) proposto por Silva; Azevedo (2002) e as correlações através do método de Pearson para correlações não paramétricas obtidas utilizando o programa estatístico R Core Team (2018).

## 4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.5.1 ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE CORREÇÃO LINEAR DE PEARSON ENTRE DOSES DE GESSO AGRÍCOLA E DEMAIS CARACTERES DE PLANTAS DE EUCALIPTO

As estimativas dos coeficientes de correlação linear de Pearson foram entre 0,24 e 0,31, o que revela presença de relação linear entre os caracteres, para os municípios de Jaguariaíva e Ventania, respectivamente, estão descritas na tabela 1. Foram avaliados 101 pares de caracteres (Anexo A) dentre eles o tempo descrito em meses, as doses de gesso agrícola, os parâmetros da planta como altura, diâmetro à altura do peito e a concentração de nutrientes em folhas de plantas do híbrido de eucalipto *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*).

Pode-se observar (tabela 1) que a aplicação de gesso agrícola exerceu baixa influência nas alterações dos parâmetros de planta, tanto nas análises dendrométricas quanto na concentração de nutrientes. A correção apenas foi significativa para o elemento prata (Ag) no município de Jaguariaíva e o elemento fósforo (P) no município de Ventania.

Em contrapartida, para a maioria dos elementos a amostragem temporal de coleta das folhas, aos 12, 24 e 36 meses e aos parâmetros de planta como altura e diâmetro a altura do peito apresentaram correlação linear significativa. Em relação a amostragem temporal, todos os elementos macronutrientes apresentaram correlação positiva em ambos municípios. Entretanto, alguns elementos micronutrientes não apresentaram correlação positiva tais como cobalto (Co) e molibdênio (Mo) em ambos os municípios e cobre (Cu) e zinco (Zn) no município de Ventania. A resposta para os elementos traços indicaram correlação positiva à exceção do níquel (Ni) e selênio (Se) em ambos os municípios e cádmio (Cd), cromo (Cr), antimônio (Sb) e vanádio (V) no município de Ventania.

TABELA 1 - ESTIMATIVAS DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON<sup>(1)</sup>, ENTRE 101 PARES DE CARACTERES COMO: TEMPO EM MESES (T), DOSES DE GESSO AGRÍCOLA (G), ALTURA DE PLANTAS (H), DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) E CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES EM FOLHAS DE PLANTAS DO HÍBRIDO DE EUCALIPTO *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*), CULTIVADOS SOB DOSES DE GESSO AGRÍCOLA, SENDO ELAS 0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 E 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>, EM DUAS REGIÕES SUBTROPICAIS DO BRASIL, NOS MUNICÍPIOS DE JAGUARIAÍVA (a) E VENTANIA (b), ESTADO DO PARANÁ.

(a)		T	G	H	DAP	Ag	Al	As	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Ni	P	Pb	S	Sb	Se	V	Zn
T	0,0	1,0	0,9	-0,7	-0,9	-0,3	-0,8	-0,5	0,8	-0,6	0,0	-0,8	-0,8	-0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	-0,8	0,0	0,8	-0,3	0,8	-0,5	0,0	-0,8	-0,8
G	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	-0,1	0,0	-0,1	0,0
H	1,0	0,0	1,0	-0,6	-0,9	-0,2	-0,7	-0,5	0,8	-0,5	0,0	-0,8	-0,8	-0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	-0,7	0,0	0,8	-0,2	0,8	-0,5	0,0	-0,8	-0,7
DAP	0,9	0,0	1,0	-0,5	-0,8	-0,2	-0,6	-0,3	0,6	-0,4	0,1	-0,7	-0,6	-0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	-0,6	0,0	0,7	-0,1	0,7	-0,6	0,0	-0,8	-0,6
(b)		T	G	H	DAP	Ag	Al	As	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Ni	P	Pb	S	Sb	Se	V	Zn
T	0,0	1,0	0,8	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	0,2	0,1	0,0	0,3	-0,3	-0,7	0,6	-0,7	0,6	-0,7	-0,2	0,5	-0,4	0,8	0,0	0,2	0,2	-0,1	0,0
G	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,3	-0,1	0,1	0,0	0,0	-0,3	0,2	0,1	0,1	-0,1	0,1	-0,2	-0,2	0,2	0,2	0,3	0,0	0,2	0,2	0,2	-0,1	-0,3	0,1
H	1,0	0,0	1,0	-0,7	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	0,2	0,1	0,1	0,3	-0,3	-0,3	-0,7	0,6	-0,7	-0,2	0,5	-0,4	0,8	0,0	0,2	0,2	-0,1	0,1
DAP	1,0	0,0	1,0	-0,7	-0,3	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	0,2	0,1	0,0	0,3	-0,3	-0,3	-0,7	0,6	-0,7	-0,2	0,5	-0,5	0,7	0,0	0,2	0,2	-0,1	0,0

<sup>(1)</sup>Valor superior a |0,24| para o município de Jaguariaíva e |0,31| para o município de Ventania foi significativo a 5% de probabilidade (p< 0,05) pelo teste t.

Fonte: A autora (2018).

Embora a aplicação de gesso agrícola não apresentou correlação positiva entre as dosagens, os efeitos da sua aplicação puderam ser observados nos elementos fornecidos por este composto como cálcio e enxofre, em ambos os municípios e para os três caracteres analisados como tempo, altura e diâmetro à altura do peito (exceção do cálcio no município de Ventania que se mostrou significativa conquanto negativa), podendo ser um efeito da calagem.

Visualizando as correlações obtidas no município de Jaguariaíva para altura de plantas e diâmetro a altura do peito demonstraram-se semelhantes quanto aos parâmetros avaliados, à exceção do chumbo (apenas para o diâmetro a altura do peito). As correlações não significativas foram entre os elementos cobalto (Co), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e selênio (Se). Além destes, no município de Ventania não foram significativos os elementos cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), cádmio (Cd), cromo (Cr), antimônio (Sb), selênio (Se) e vanádio (V), também com resposta semelhante entre altura e diâmetro a altura do peito, à exceção do cobre (significativo apenas para a altura).

Ao aplicar gesso agrícola no solo, em dosagens que variaram entre o tratamento controle, 1,4 até uma super dose de 84,2 Mg ha<sup>-1</sup>, Mariscal-Sacho; Espejo; Peregrina (2009) obtiveram correlações positivas significativas para o elemento cálcio na concentração em solos e o alumínio em suas diversas composições químicas. Os autores concluíram que dosagens acima de 10 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola aplicado ao solo promovem efeitos adversos sobre a biomassa de trigo produzida, não indicado neste experimento para a dosagem aproximada de 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>.

Os dados de Arf et al. (2014) que ao avaliar a utilização do gesso agrícola em sistema plantio direto para viabilizar o cultivo de arroz, não identificaram diferenças significativas nem na altura de plantas nem sobre a produtividade. Concordando com os dados obtidos neste experimento, as dosagens de gesso agrícola destes autores não demonstraram correlação entre a altura de plantas.

Outros autores citados na literatura, avaliam a correlação nutricional e a resposta de plantas. Cunha et al. (2009) observaram baixa relação positiva entre os clones avaliados, com algumas exceções. Já, Souza et al. (2012) observaram que condicionante do solo promoveu incrementos nos macronutrientes e beneficiou o

acúmulo nos tecidos foliares em solos compactados, discordando dos resultados obtidos neste experimento. Assim como Brun; Ferraz; Araújo (2013) observaram correlações expressivas entre o crescimento de eucalipto.

#### 4.5.2 CONCENTRAÇÃO FOLIAR EM EUCALIPTO

##### 4.5.2.1 Concentração de macronutrientes

A concentração de macronutrientes obtidas em folhas de plantas do híbrido de eucalipto *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) estão descritas na tabela 2, amostradas aos 12, 24 e 36 meses após o transplante das mudas. As faixas ótimas de determinação dos teores de nutrientes em folhas de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* foram determinadas por Wadt et al. (1998). Os valores identificados por estes autores estão na faixa ótima entre 0,70 a 1,08 para o P; entre 5,30 a 7,90 para o K; entre 4,40 a 5,90 para o cálcio (Ca); entre 2,50 a 2,90 para o magnésio (Mg) e entre 1,16 a 1,74 para o enxofre (S).

Dentro destas faixas estabelecidas pode-se observar que os valores obtidos no município de Jaguariaíva encontram-se abaixo da faixa ótima aos 12 e 24 meses para os elementos P, K, Mg e S, sendo apenas o Ca em valores mais elevados que a faixa ideal. O município de Ventania apresentou resultados similares a este comparativo a exceção do elemento P que se apresentou dentro da faixa ideal. Para ambos os municípios, aos 36 meses, os elementos estavam dentro da faixa ideal proposta por Wadt et al. (1998) com exceção do elemento K que se manteve abaixo do nível ideal.

Os teores médios relatados por Guimarães et al. (2015) em folhas de *Eucalyptus dunnii* aos 4 anos de idade foram de 1,0; 5,9; 6,7; 2,5 e 1,2 g kg<sup>-1</sup> para os elementos P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. Comparando estes resultados com a idade mais próxima de 36 meses, o fósforo, o magnésio e o enxofre apresentaram valores similares neste experimento (tabela 2). Em contrapartida, potássio e cálcio foram inferiores aos propostos por Guimarães et al. (2015) e Silva (2011).

TABELA 2 - CONCENTRAÇÃO FOLIAR DE MACRONUTRIENTES DE PLANTAS DO HÍBRIDO DE EUCALIPTO *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*), AOS 12, 24 E 36 MESES APÓS O TRANSPLANTE DE MUDAS, CULTIVADOS SOB DOSES DE GESSO AGRÍCOLA, SENDO ELAS 0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 E 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>, EM DUAS REGIÕES SUBTROPICAIS DO BRASIL, NOS MUNICÍPIOS DE JAGUARIAÍVA (a) E VENTANIA (b), ESTADO DO PARANÁ.

(a)	Fósforo			Potássio			Cálcio			Magnésio			Enxofre		
	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36
Gesso Agrícola	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36
Mg ha <sup>-1</sup>															
0	0,48	0,68	1,07	2,27	3,49	2,06	8,27	11,45	3,66	1,31	1,94	3,01	0,70	0,78	1,40
0,3	0,44	0,56	1,01	2,40	3,64	2,44	8,32	11,85	4,23	1,18	1,84	2,79	0,72	0,72	1,37
0,6	0,51	0,55	1,08	2,59	3,53	2,94	9,29	11,81	5,52	1,47	1,70	2,91	0,82	0,77	1,38
1,2	0,51	0,53	1,14	2,76	3,70	2,27	12,72	13,69	3,98	1,54	1,73	2,96	0,84	0,73	1,44
2,4	0,60	0,60	0,87	2,53	3,45	2,14	8,61	14,77	3,30	1,30	1,65	2,86	0,87	0,73	1,21
4,8	0,58	0,66	1,31	2,84	3,00	2,55	13,43	16,71	4,88	1,46	1,64	3,14	0,87	0,88	1,62
9,6	0,59	0,69	1,10	2,88	3,60	2,08	17,82	17,77	3,50	1,54	1,35	3,01	0,96	0,76	1,40
CV (%)	15,50 <sup>**1o</sup>	10,93 <sup>**2o</sup>	21,22 <sup>n.s.</sup>	12,55 <sup>**1o</sup>	12,65 <sup>n.s.</sup>	19,14 <sup>n.s.</sup>	19,05 <sup>2o</sup>	13,02 <sup>**1o</sup>	30,80 <sup>n.s.</sup>	9,47 <sup>**1o</sup>	9,67 <sup>**1o</sup>	20,05 <sup>n.s.</sup>	11,35 <sup>**1o</sup>	9,74 <sup>n.s.</sup>	16,84 <sup>n.s.</sup>

(b)	Fósforo			Potássio			Cálcio			Magnésio			Enxofre		
	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36
Gesso Agrícola	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36
Mg ha <sup>-1</sup>															
0	0,69	0,73	1,07	2,75	2,80	1,83	6,85	7,31	3,82	1,45	1,48	2,32	0,72	0,79	1,28
0,3	0,78	0,85	1,06	2,78	2,88	1,88	6,79	7,29	3,89	1,56	1,64	3,25	0,77	0,84	1,21
0,6	0,71	0,64	0,99	2,91	2,76	1,80	8,80	8,15	4,36	1,56	1,53	2,51	0,79	0,75	1,18
1,2	0,84	0,77	1,01	2,91	2,92	1,55	7,26	6,35	2,98	1,61	1,55	2,47	0,78	0,76	1,22
2,4	0,91	0,87	1,06	2,94	2,86	1,64	7,29	7,15	3,25	1,66	1,63	2,29	0,87	0,86	1,19
4,8	0,93	0,93	1,26	3,18	3,12	2,09	7,36	7,40	4,51	1,53	1,61	2,47	0,86	0,89	1,53
9,6	0,95	0,97	1,01	3,03	3,21	1,49	8,38	7,66	3,02	1,53	1,52	1,57	0,90	0,93	1,39
CV (%)	9,34 <sup>2o</sup>	8,77 <sup>2o</sup>	13,35 <sup>n.s.</sup>	11,37 <sup>n.s.</sup>	11,72 <sup>n.s.</sup>	22,88 <sup>n.s.</sup>	18,85 <sup>n.s.</sup>	18,46 <sup>n.s.</sup>	33,57 <sup>n.s.</sup>	8,94 <sup>n.s.</sup>	11,05 <sup>n.s.</sup>	20,09 <sup>2o</sup>	6,36 <sup>**1o</sup>	7,36 <sup>2o</sup>	11,73 <sup>1o</sup>

\*\* e \* significativo ao nível de 1% e a 5%, respectivamente, de probabilidade de erro, pelo teste de regressão; n.s. não significativo. 1° e 2° representam equações de regressão linear e quadrática, respectivamente.

FONTE: A autora (2018).



Os dados obtidos discordam com os apresentados por Macana (2017) onde, ao comparar diferentes fontes de cálcio, não verificou os efeitos do gesso agrícola na concentração de cálcio foliar. Cabe ressaltar que as concentrações obtidas variaram entre 4,5; 5,0 e 4,3 g kg<sup>-1</sup> aos 6, 18 e 30 meses, ou seja, muito inferiores aos obtidos neste experimento.

Cabe ressaltar que neste experimento, o gesso agrícola aplicado foi efetivo para aumentar o cálcio no solo, em ambos os experimentos, mesmo que em níveis baixos (conforme observado no primeiro capítulo). Entretanto, o acréscimo no tecido foliar foi observado até o segundo ano e apenas no sítio de Jaguariaíva. Tal resultado indica que outros parâmetros estão associados a resposta ao Ca no fornecimento as plantas como a influência da seletividade no processo de absorção de cálcio (PES; ARENHARDT, 2015), ao acúmulo em outros tecidos uma vez que ao combinar-se com grupos carboxílicos de ácido péctico formam a lamela média da parede celular de tecidos de sustentação (TREVISAM, 2005) e a baixa eficiência de resposta a aplicação de gesso agrícola em conjunto a aplicação de calcário (ERNANI; RIBEIRO; BAYER, 2001). Trata-se de um elemento fornecido através do gesso agrícola cujo tempo de reação no solo está condicionado a sua solubilidade (SORATTO; CRUSCIOL, 2008). É sal com solubilidade moderada, porém muito superior ao calcário. A solubilidade em solução aquosa do gesso agrícola é na ordem de 0,241g 100 ml<sup>-1</sup> enquanto que o calcário apresenta uma solubilidade reduzida na ordem de 0,0014 g 100ml<sup>-1</sup> (ROSSETE et al. 2002).

De acordo com Kuttah; Sato (2015) a relação solo: água de 1:1 é capaz de dissolver o gesso agrícola apenas cerca de 25%, ou seja, quanto maiores as porcentagens de gesso agrícola aplicado ao solo a relação deve ser de pelo menos 1:160 para dissolver todo o gesso e fornecer o cálcio e o enxofre para o solo. As concentrações foliares observadas do cálcio foram superiores as citadas na literatura, entre 3,6 à 5,2 g kg<sup>-1</sup>, conforme Silva et al. (2008).

Quanto ao fornecimento de Cálcio, o gesso agrícola apresentou respostas positivas após sua aplicação. Ao aplicar gesso agrícola no solo, sob dosagens até 12 Mg ha<sup>-1</sup>, Caires et al. (1999) identificaram incrementos nos teores foliares de cálcio sob cultivo de milho, trigo e soja.

Cabe ressaltar, que a maioria das pesquisas científicas não testa o uso do gesso isoladamente. A maioria dos experimentos visa compará-lo com o calcário ou da aplicação ao solo de ambos os produtos. A gessagem aplicada em conjunto com a calagem gera um produto com melhores propriedades físicas, propiciando uma distribuição mais homogênea, facilitando a aplicação no solo em contrapartida, os efeitos do gesso agrícola são menos expressivos quando aplicado em conjunto com o calcário (ERNANI; RIBEIRO; BAYER, 2001).

O efeito do gesso sobre o S ocorreu nos dois sítios, mas com menor acréscimos em relação ao Ca, em ambos os sítios. Esta resposta baixa do S é justificada uma vez que o solo apresentou uma grande quantidade de matéria orgânica e o resíduo na forma de litter do pinus pode ter liberado S suficiente para o fornecimento as plantas, De acordo com Bizon (2005) a serrapilheira de pinus pode acumular entre 25 a 90 Mg ha<sup>-1</sup>, variando conforme as condições climáticas, podendo apresentar grandes quantidades de S.

Os resultados observados foram similares quanto aos teores de enxofre e variações temporais encontrados por Silva (2011). Silveira et al. (2002) comparou em folhas com sintomas e sem sintoma de deficiência, a concentração de enxofre em *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (*E. urograndis*), em fornecimento de soluções nutritivas. Os teores de enxofre identificados em folhas com sintoma de deficiência foram de 0,8 g kg<sup>-1</sup>, já em folhas sem sintomas as concentrações foram de 1,5 g kg<sup>-1</sup> nas folhas velhas e 1,2 g kg<sup>-1</sup> nas folhas novas, condizentes com este experimento.

Pessoni (2012) quantificou os teores de enxofre cujas as concentrações ideais foram entre 2,1 a 4,0 g kg<sup>-1</sup> e 1,5 a 3,0 g kg<sup>-1</sup> para a cultura da soja e do trigo, respectivamente. Em seu trabalho, a resposta da marcha de absorção em ambas as culturas após a aplicação de gesso agrícola. As concentrações identificadas por Macana (2017) sob efeito do gesso sobre o teor foliar, apresentou resposta apenas no 6 mês, saindo de 1,1 para 1,5 g kg<sup>-1</sup>.

As concentrações de fósforo variaram entre 0,44 g kg<sup>-1</sup> aos 12 meses e 1,41 g kg<sup>-1</sup> aos 36, de mínimo e máximo, respectivamente, ambos no município de Jaguariáiva. De acordo com os dados descritos no quadro 1, os valores máximos concordam com as faixas ideais propostas por Silva et al. (2008); Guedes; Poggiani

(2003); Assis; Ferreira; Cargnellutti (2006), com idades próximas a esta avaliação. Para Malavolta et al. (1987) a faixa adequada de fósforo é entre 1,0 a 1,2 g kg<sup>-1</sup> e para Dell; Robinson (1993) está entre 1,4 a 2,3 g kg<sup>-1</sup>, acima dos valores obtidos neste experimento.

O acúmulo do nutriente fósforo em diferentes espécies de eucalipto foi reportado por Gonçalves; Passos (2000). Trata-se de um estudo sob ambiente controlado, com o objetivo de avaliar dois níveis de fertilização de fósforo e dois regimes hídricos sobre parâmetros dendrométricos e acúmulo de nutrientes das espécies. A maior concentração de fósforo na espécie de *Eucalyptus urophylla* foi obtida nas folhas e raízes, no maior nível de fertilização e regime hídrico na ordem de 0,867 e 0,995%, respectivamente.

Conforme os dados apresentados na tabela 3, os resultados foram significativos entre as dosagens de gesso agrícola, aos 12 e 24 meses, em ambos os municípios. Através do ponto de inflexão das curvas quadráticas, pode-se constatar que as dosagens que promoveram maior incremento de fósforo foram 2,89 Mg ha<sup>-1</sup>, aos 24 meses em Jaguariaíva e 0,69 e 0,29 Mg ha<sup>-1</sup> aos 12 e 24 meses, respectivamente, em Ventania.

TABELA 3 - EQUAÇÃO DA REGRESSÃO, NÍVEL DE PROBABILIDADE, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E DE VARIAÇÃO DOS MACRONUTRIENTES NOS TECIDOS FOLIARES APÓS A APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA NAS DOSAGENS DE 0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 E 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>, SOB CULTIVO DE EUCALIPTO, ÁREA EXPERIMENTAL LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE JAGUARIAÍVA E NO MUNICÍPIO DE VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ, QUANDO ESTE FOI SIGNIFICATIVO.

Elemento	Época de coleta	Município	Equação	p	R <sup>2</sup>	CV (%)
Fósforo	12 meses	Jaguariaíva	$Y = 0,46 + 0,014x$	$p < 0,01$	0,92	15,5
Fósforo	24 meses	Jaguariaíva	$Y = 0,583 + 0,004x + 0,0069x^2$	$p < 0,01$	0,38	10,93
Potássio	12 meses	Jaguariaíva	$Y = 2,47 + 0,49x$	$p < 0,01$	0,57	12,55
Cálcio	12 meses	Jaguariaíva	$Y = 8,77 + 0,81x + 0,013x^2$	$p < 0,05$	0,81	19,05
Cálcio	24 meses	Jaguariaíva	$Y = 12,18 + 0,676x$	$p < 0,01$	0,86	13,02
Magnésio	12 meses	Jaguariaíva	$Y = 1,27 - 0,211x$	$p < 0,01$	0,81	9,47
Magnésio	24 meses	Jaguariaíva	$Y = 1,82 - 0,049x$	$p < 0,01$	0,84	9,67
Enxofre	12 meses	Jaguariaíva	$Y = 0,76 + 0,22x$	$p < 0,01$	0,72	11,35
Fósforo	12 meses	Ventania	$Y = 0,718 + 0,078x - 0,056x^2$	$p < 0,01$	0,88	9,34
Fósforo	24 meses	Ventania	$Y = 0,7602 - 0,0297x - 0,05x^2$	$p < 0,01$	0,74	8,77
Magnésio	36 meses	Ventania	$Y = 2,58 + 0,47x - 0,51x^2$	$p \leq 0,05$	0,68	20,09
Enxofre	12 meses	Ventania	$Y = 0,771 + 0,0152x$	$p < 0,05$	0,69	6,36
Enxofre	24 meses	Ventania	$Y = 0,777 + 0,027x - 0,001x^2$	$p < 0,05$	0,7	7,36
Enxofre	36 meses	Ventania	$Y = 1,2180 + 0,2464x$	$p < 0,05$	0,43	11,76

FONTE: A autora (2018).

O gesso provocou aumento de P na fase inicial, por fatores diretos, aumento do nível no solo (BLUM; CAIRES; ALLEONI, 2013), ou indireto por aumento da área explorada com raízes. Desta forma, trata-se de um elemento mais importante na fase inicial. Com o tempo o fosfato natural reativo e crescimento de raízes, ocorreu uma maior ciclagem além da liberação lenta do fosfato natural, aumentando a concentração de P na planta e não ocorra mais efeito do gesso. Cabe ressaltar que a idade da planta é muito importante na definição do nível na planta, uma vez que o fósforo apresenta alta mobilidade nos tecidos, podendo ser translocado para tecidos onde a deficiência é maior (PES; ARENHARDT, 2015).

Os valores obtidos do elemento potássio variaram entre 1,49 g kg<sup>-1</sup> em Ventania aos 36 meses e 3,70 g kg<sup>-1</sup> em Jaguariaíva aos 24 meses, sob dosagens de 9,6 e 1,2 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola aplicado em superfície no solo. O resultado não foi significativo na maioria das avaliações, exceção aos 12 meses em Jaguariaíva, com resposta linear não podendo definir a melhor dose. Pode-se inferir que o gesso agrícola não exerceu influência sobre a concentração foliar de potássio.

De acordo com os autores descritos no quadro 1, a concentração de K ficaram abaixo da faixa ideal em folhas de eucalipto (SILVA et al., 2008; ASSIS; FERREIRA; CARGNELLUTTI, 2006). Conforme Gonzalez et al. (2009) o acúmulo de nutrientes no eucalipto é mais expressivo nos períodos iniciais de crescimento, reduzindo com sua maturação. As demandas por Ca, N, K, Mg e P atingem os níveis máximos na fase juvenil, sendo utilizados principalmente para a formação da copa. Nos experimentos, a concentração de potássio foi maior aos 12 e 24 meses, quando comparado aos 36 meses em ambos os sítios, em contrapartida sua concentração foi muito reduzida quando comparada ao acúmulo na literatura.

Quadros (1996) determinou teores médios de potássio foliar em *Eucalyptus grandis* variando entre 6,1 à 8,1 g kg<sup>-1</sup>, também, acima dos identificados neste experimento. Em contrapartida, as concentrações entre 3,4 a 5,2 g kg<sup>-1</sup>, resultados obtidos por Silva et al. (2008) aos 18 meses de idade após aplicação de doses de lodo úmido e seco, foram mais compatíveis aos obtidos neste experimento, ainda que inferiores. Para Malavolta et al. (1987) a faixa adequada de potássio está entre 10,0 a 12,0 g kg<sup>-1</sup> e para Dell; Robinson (1993) está entre 8,0 a 17,0 g kg<sup>-1</sup>, bem superiores aos observados neste experimento.

Para Maffei; Silveira; Brito (2000) as concentrações de potássio variaram entre 3,4 g kg<sup>-1</sup> no tratamento onde este elemento foi omitido da solução nutritiva em cultivo controlado de *Eucalyptus citrodora* aos 11 meses de idade. Em contrapartida, sob cultivo em solução nutritiva completa foram observadas concentrações de 13,0 g kg<sup>-1</sup>, e de 14,99 e 15,92 g kg<sup>-1</sup> sob soluções nutritivas com omissão de cálcio e magnésio, respectivamente.

Os valores obtidos do elemento magnésio variaram entre 1,18 g kg<sup>-1</sup> em Jaguariaíva aos 12 meses e 3,25 g kg<sup>-1</sup> em Ventania aos 36 meses, ambos sob dosagens de 0,3 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola. O resultado foi significativo na maioria das avaliações, aos 12 e 24 meses com resposta linear em Jaguariaíva, não podendo definir a melhor dose. Em Ventania, a resposta foi quadrática aos 36 meses, com obtenção da dose máxima pela inflexão da curva em 0,46 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola aplicado.

As concentrações médias de magnésio foram similares às observadas por Silva (2011) ao avaliar os efeitos de doses de fertilização mineral aos 24 meses de idade no cultivo do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*. Comparando-se aos autores apresentados no quadro 1, as concentrações de magnésio enquadram-se nas faixas adequadas propostas por Silva et al. (2008); Guedes; Poggiani (2003); Santos et al. (2007); Rocha et al. (2013); Fortes; Ferri; Santos (2016), embora apenas aos 36 meses após o transplante das mudas. Aos 12 e 24 meses, conforme os autores citados, as concentrações de magnésio ficaram abaixo das faixas ideais propostas.

#### 4.5.2.2 Concentração de micronutrientes

A concentração de micronutrientes obtidas em folhas de plantas do híbrido de eucalipto *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) estão descritas na tabela 4, amostradas aos 12, 24 e 36 meses após o transplante das mudas.

De acordo com Cunha et al. (2009), os teores de micronutrientes considerados adequados para o desenvolvimento normal de plantas de *Eucalyptus* sp. estão entre 35 a 70 mg kg<sup>-1</sup> para o micronutriente boro (B), entre 8 a 15 mg kg<sup>-1</sup>

para o micronutriente cobre (Cu), entre 100 a 220 mg kg<sup>-1</sup> para o micronutriente ferro (Fe), entre 250 a 500 mg kg<sup>-1</sup> para o micronutriente manganês e entre 30 a 60 mg kg<sup>-1</sup> para o micronutriente zinco.

Sobre estas faixas, as concentrações observadas nos elementos B, Cu e Zn apresentaram-se abaixo da faixa adequada, indicando deficiência em todas as épocas avaliadas, em ambos os sítios estudados. O micronutriente Fe apresentou-se abaixo da faixa considerada ideal aos 24 e 36 meses em Jaguariaíva, em contrapartida, no município de Ventania, em todas as épocas avaliadas apresentaram-se dentro da faixa adequada de suficiência. O micronutriente Mn, na maioria das dosagens estudadas, indicou níveis bem elevados aos considerados adequados em ambos os sítios aos 12 e 24 meses. Em contrapartida, apresentou uma redução expressiva aos 36 meses.

Cabe ressaltar, que não foram identificados sintomas de deficiência de micronutrientes à campo, em nenhum dos tratamentos avaliados, não sendo identificados nos parâmetros dendrométricos das árvores, nem em avaliações visuais de folhas e demais partes das plantas de eucalipto.

Poucos são os relatos da literatura relacionados aos efeitos da aplicação de gesso agrícola no solo sobre as concentrações de micronutrientes em plantas, sobretudo em espécies de eucalipto. Rao; Tarafdar (1998) avaliou a concentração de micronutrientes em plantas nativas desenvolvidas em solo com resíduos de mina de exploração de gesso, ambos trabalhos identificaram baixa correlação de incremento de micronutrientes após a aplicação de gesso.

Quanto aos níveis de boro, as variações foram entre 11,7 mg kg<sup>-1</sup> de mínimo e 35,1 mg kg<sup>-1</sup> de máximo, nos tratamentos 0 e 1,2 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola, respectivamente, ambos no município de Jaguariaíva. Estes valores foram abaixo dos encontrados por Cunha et al. (2009) e Maffeis; Silveira; Brito (2000). A resposta apenas foi significativa linear aos 36 meses no município de Jaguariaíva, não identificando a influência do gesso agrícola sobre a concentração de boro no eucalipto. Estes resultados concordam com os encontrados por Pessoni (2012) que ao avaliar a influência da aplicação de gesso agrícola na cultura da soja, não identificou variações nos teores de boro.

TABELA 4 - CONCENTRAÇÃO FOLIAR DE MICRONUTRIENTES DE PLANTAS DO HÍBRIDO DE EUCALIPTO *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*), AOS 12, 24 E 36 MESES APÓS O TRANSPLANTE DE MUDAS, CULTIVADOS SOB DOSES DE GESSO AGRÍCOLA, SENDO ELAS 0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 E 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>, EM DUAS REGIÕES SUBTROPICAIS DO BRASIL, NOS MUNICÍPIOS DE JAGUARIAÍVA (A) E VENTANIA (B), ESTADO DO PARANÁ.

(a)	Boro			Ferro			Manganês			Zinco			Cobre		
	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36
Gesso	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36
Mg ha <sup>-1</sup>															
0	24,3	34,7	11,7	173	72	37	1118	1138	111	6,42	7,08	10,44	2,27	3,80	3,02
0,3	26,2	34,6	17,2	173	59	45	1267	1116	143	6,81	9,96	10,18	2,23	1,69	3,25
0,6	31,5	32,8	22,1	177	58	50	888	1292	351	8,49	7,40	12,33	2,65	3,18	3,97
1,2	35,1	33,7	16,2	203	57	42	1465	1105	123	9,45	9,70	10,55	2,53	2,10	3,32
2,4	30,0	33,8	14,5	152	58	45	892	973	133	7,75	7,03	9,06	2,71	1,55	3,13
4,8	26,8	31,5	17,0	146	123	43	1486	1436	211	8,30	7,37	11,87	2,46	2,20	3,97
9,6	35,5	30,2	14,5	193	53	37	1547	1358	105	10,69	7,14	10,18	2,62	1,40	3,20
CV (%)	22,26 <sup>n.s.</sup>	19,86 <sup>n.s.</sup>	35,85 <sup>1o</sup>	22,60 <sup>n.s.</sup>	45,44 <sup>n.s.</sup>	25,57 <sup>n.s.</sup>	39,36 <sup>n.s.</sup>	25,09 <sup>n.s.</sup>	52,82 <sup>2o</sup>	24,32 <sup>1o</sup>	29,18 <sup>n.s.</sup>	14,15 <sup>n.s.</sup>	17,61 <sup>n.s.</sup>	24,58 <sup>1o</sup>	15,56 <sup>n.s.</sup>

(b)	Boro			Ferro			Manganês			Zinco			Cobre		
	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36
Gesso	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36
Mg ha <sup>-1</sup>															
0	23,3	24,8	18,1	144	158	114	562	578	182	8,24	11,25	12,00	2,84	3,56	3,49
0,3	24,6	26,4	16,2	124	144	108	575	616	134	8,11	10,99	9,23	3,40	3,73	3,94
0,6	25,4	23,7	15,8	146	145	90	547	504	148	10,28	9,96	10,55	2,95	3,05	3,73
1,2	25,9	23,7	15,1	117	105	76	444	370	104	9,66	9,97	8,41	2,92	3,24	3,37
2,4	25,8	25,7	14,4	110	122	70	470	480	131	10,23	11,03	11,19	3,36	3,51	4,00
4,8	24,7	27,0	18,2	96	116	92	427	431	222	10,94	11,39	10,27	3,73	3,85	4,32
9,6	25,7	27,2	15,1	126	125	91	436	389	105	11,13	11,71	7,80	3,38	3,83	3,10
CV (%)	8,95 <sup>n.s.</sup>	12,64 <sup>n.s.</sup>	33,09 <sup>n.s.</sup>	24,01 <sup>n.s.</sup>	31,64 <sup>n.s.</sup>	40,92 <sup>n.s.</sup>	21,21 <sup>1o</sup>	11,05 <sup>n.s.</sup>	20,09 <sup>2o</sup>	19,57 <sup>1o</sup>	12,97 <sup>n.s.</sup>	22,84 <sup>2o</sup>	11,15 <sup>1o</sup>	13,53 <sup>n.s.</sup>	23,06 <sup>n.s.</sup>

\*\* e \* significativo ao nível de 1% e a 5%, respectivamente, de probabilidade de erro, pelo teste de regressão; n.s. não significativo. 1º e 2º representam equações de regressão linear e quadrática, respectivamente.

FONTE: A autora (2018).

O elemento ferro não apresentou nenhum resultado significativo entre as dosagens de gesso agrícola nos experimentos, embora a variação temporal e entre os municípios tenha sido bastante expressiva. No município de Ventania as maiores concentrações foram de 146, 158 e 114 mg kg<sup>-1</sup> sob dosagens de 0,6 e 0 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso, aos 12, 24 e 36 meses respectivamente. Em contrapartidas, para estas épocas, em Jaguariaíva os valores foram de 203, 123 e 50 mg kg<sup>-1</sup> sob dosagens de 1,2; 4,8 e 0,6 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso, respectivamente, demonstrando que mesmo na maior concentração identificada, reduziu aos 36 meses. Assim como nos dados de boro, Pessoni (2012) também não identificou variações nos teores de Fe em soja após a aplicação de gesso agrícola.

A concentração foliar de Fe foi identificada por Schönau (1981) em *E. grandis* sob efeito de diferentes fertilizações, cujos valores variaram entre 159 a 81 mg kg<sup>-1</sup>, condizentes aos obtidos neste experimento. Houve efeito quadrático negativo significativo aos 36 meses em Jaguariaíva sob a dose de máxima inflexão da curva na ordem de 0,35 Mg ha<sup>-1</sup>.

Assim como no trabalho de Enamorado et al. (2014) os níveis de Mn reduziram ao aumento da aplicação de gesso agrícola no solo mas discordam do mesmo trabalho onde os autores indicaram reduções nos níveis de Cu. Cabe ressaltar que os resultados obtidos por estes autores foram obtidos na cultura do tomate. Schönau (1981) identificou estas variações nos teores de Mn médias entre seus tratamentos entre 151 mg kg<sup>-1</sup> a 1731 mg kg<sup>-1</sup>.

Os dados apresentados na tabela 5 indicam os resultados significativos entre as dosagens de gesso agrícola e a concentração de micronutrientes nas folhas de eucalipto.

Para a maioria dos micronutrientes, quando a resposta significativa, apresentou-se de maneira linear as dosagens de gesso agrícola. O micronutriente Zn apresentou significância quadrática, cujo ponto de inflexão foi indicado à dose de 1,51 Mg ha<sup>-1</sup>. As variações de Mn foram bastante expressivas. Aos 12 meses em Jaguariaíva, a concentração máxima obtida foi de 1547,19 mg kg<sup>-1</sup> e a concentração mínima observada no experimento foi 104,36 mg kg<sup>-1</sup> em Ventania aos 36 meses.



TABELA 5 - EQUAÇÃO DA REGRESSÃO, NÍVEL DE PROBABILIDADE, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E DE VARIAÇÃO DOS MICRONUTRIENTES NOS TECIDOS FOLIARES APÓS A APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA NAS DOSAGENS DE 0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 E 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>, SOB CULTIVO DE EUCALIPTO, ÁREA EXPERIMENTAL LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE JAGUARIAÍVA E NO MUNICÍPIO DE VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ, QUANDO ESTE FOI SIGNIFICATIVO.

Elemento	Época de coleta	Município	Equação	p	R <sup>2</sup>	CV (%)
Boro	36 meses	Jaguariaíva	$Y = 16,6850 - 0,1680x$	$p \leq 0,01$	0,032	35,85
Manganês	36 meses	Jaguariaíva	$Y = 83,51 + 806,52x - 1134,63x^2$	$p \leq 0,01$	0,6	52,82
Zinco	12 meses	Jaguariaíva	$Y = 7,40 + 0,32x$	$p < 0,05$	0,56	24,32
Cobre	24 meses	Jaguariaíva	$Y = 3,52 - 4,502x$	$p < 0,01$	0,63	24,58
Manganês	12 meses	Ventania	$Y = 530,64 - 13,22x$	$p < 0,05$	0,5	21,21
Manganês	36 meses	Ventania	$Y = 2,58 + 0,4792x$	$p < 0,01$	0,68	20,09
Zinco	12 meses	Ventania	$Y = 9,086 + 0,263x$	$p < 0,05$	0,56	19,57
Zinco	36 meses	Ventania	$Y = 10,77 - 1,19x + 0,394x^2$	$p < 0,05$	0,45	22,84
Cobre	12 meses	Ventania	$Y = 3,037 - 0,08x$	$p < 0,01$	0,66	11,15

FONTE: A autora (2018).

Vieira et al. (2015) ao avaliar a concentração de micronutrientes de Cu e Zn obtidas foram de 24 e 25 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Em contrapartida, Trigueiro; Guerrini (2003) ao avaliar as concentrações de micronutrientes na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* obteve teores em cerca de 12 e 150 mg kg<sup>-1</sup> de Cu e Zn, respectivamente. Comparando ambos autores, os valores encontrados neste experimento foram bem inferiores. Já Poggiani et al. (1983) observou concentrações mais inferiores, na ordem de 5 e 12 mg kg<sup>-1</sup> de C e Zn, respectivamente, entretanto, sua avaliação foi realizada nas folhas e nos galhos.

#### 4.5.2.3 Concentração de elementos tóxicos e elementos traços

A concentração de elementos tóxicos e elementos traços obtidas em folhas de plantas do híbrido de eucalipto *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) estão descritas na tabela 6, amostradas aos 12, 24 e 36 meses após o transplante das mudas.

Os resultados obtidos indicaram baixa interação entre os elementos tóxicos e elementos traços e a aplicação de gesso agrícola em ambos os sítios avaliados. As concentrações foram significativas no município de Jaguariaíva para os

elementos alumínio aos 24 meses, selênio aos 24 e 36 meses e para a prata aos 12 e 24 meses. No sítio florestal de Ventania, os resultados foram significativos para o alumínio aos 12 e 24 meses, para o níquel em todas as épocas e para o cádmio aos 12 meses. Demais elementos não demonstraram interação significativa entre as dosagens de gesso agrícola e a concentração foliar pelo teste de regressão (conforme tabela 7).

O alumínio apresentou variações temporais bem expressivas e significativas e indicou diferenças entre os sítios florestais avaliados e pode-se observar um comportamento quadrático significativo em função do tempo nas concentrações de alumínio nas folhas de eucalipto

A tolerância de plantas aos altos teores de alumínio é bem variável entre espécies. Algumas espécies, como o eucalipto, dispõem de mecanismos que capacitam as plantas a tolerar os efeitos deste íon tóxico. Alguns ácidos orgânicos são responsáveis pelo modo de ação por exclusão ou pela desintoxicação interna do elemento, ou seja, evita que os tecidos radiculares entrem em contato com o alumínio e, quando não foi possível evitar o contato, evita que o elemento se torne tóxico para as células.

TABELA 6 - CONCENTRAÇÃO FOLIAR DE ELEMENTOS TÓXICOS E ELEMENTOS TRAÇO DE PLANTAS DO HÍBRIDO DE EUCALIPTO *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*), AOS 12, 24 E 36 MESES APÓS O TRANSPLANTE DE MUDAS, CULTIVADOS SOB DOSES DE GESSO AGRÍCOLA, SENDO 0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 E 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>, EM DUAS REGIÕES SUBTROPICAIS DO BRASIL, NOS MUNICÍPIOS DE JAGUARIAÍVA (A) E VENTANIA (B), ESTADO DO PARANÁ.

(a)	Alumínio			Arsênico			Bário			Cádmio			Cromo		
	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36
Gesso Agrícola	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36
Mg ha <sup>-1</sup>															
0	462	148	25	0,15	0,02	0,13	21,3	36,4	8,7	0,04	0,06	0,02	0,83	0,74	0,08
0,3	423	141	55	0,04	0,00	0,17	19,4	38,9	13,6	0,04	0,07	0,02	0,91	0,62	0,14
0,6	424	142	85	0,00	0,13	0,05	16,2	31,4	18,3	0,04	0,04	0,01	0,83	0,74	0,17
1,2	448	127	36	0,28	0,04	0,14	21,0	35,3	8,1	0,06	0,07	0,01	1,45	0,77	0,19
2,4	445	158	146	0,07	0,09	0,14	16,7	36,1	10,4	0,03	0,02	0,02	0,95	0,57	0,35
4,8	364	322	65	0,02	0,02	0,00	28,8	33,9	16,5	0,06	0,08	0,01	1,38	0,90	0,16
9,6	482	168	22	0,00	0,08	0,03	21,2	37,4	6,6	0,07	0,07	0,01	1,32	0,69	0,06
CV (%)	28,69 <sup>n.n.</sup>	44,63 <sup>*1o</sup>	107,60 <sup>n.s.</sup>	182,58 <sup>n.s.</sup>	219,12 <sup>n.s.</sup>	182,59 <sup>n.s.</sup>	33,61 <sup>n.s.</sup>	21,62 <sup>n.s.</sup>	58,18 <sup>n.s.</sup>	60,16 <sup>n.s.</sup>	41,33 <sup>n.s.</sup>	103,41 <sup>n.s.</sup>	43,97 <sup>n.s.</sup>	33,50 <sup>n.s.</sup>	99,15 <sup>n.s.</sup>

(a)	Níquel			Chumbo			Selênio			Prata		
	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36
Gesso Agrícola	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36
Mg ha <sup>-1</sup>												
0	1,17	0,52	0,42	0,16	0,66	0,05	0,01	0,66	0,00	0,26	0,30	0,00
0,3	1,53	0,46	0,43	0,29	0,71	0,14	0,00	0,94	0,13	0,30	0,31	0,01
0,6	2,39	1,06	2,89	0,29	0,41	0,39	0,00	0,65	0,65	0,22	0,35	0,02
1,2	1,97	0,78	0,46	0,36	0,43	0,04	0,28	0,25	0,54	0,39	0,33	0,00
2,4	1,32	0,23	0,50	0,11	0,76	0,06	0,09	1,12	0,49	0,23	0,31	0,01
4,8	1,42	0,50	0,59	0,36	0,42	0,03	0,00	0,43	0,10	0,41	0,42	0,01
9,6	2,39	0,31	0,41	0,41	1,08	0,15	0,05	0,56	0,26	0,48	0,49	0,00
CV (%)	72,85 <sup>n.s.</sup>	79,07 <sup>n.s.</sup>	224,59 <sup>n.s.</sup>	83,06 <sup>n.s.</sup>	62,84 <sup>n.s.</sup>	131,39 <sup>n.s.</sup>	352,03 <sup>n.s.</sup>	77,66 <sup>2o</sup>	71,48 <sup>**2o</sup>	45,74 <sup>1o</sup>	24,14 <sup>**1o</sup>	225,36 <sup>n.s.</sup>

\*\* e \* significativo ao nível de 1% e a 5%, respectivamente, de probabilidade de erro, pelo teste de regressão; n.s. não significativo. 1º e 2º representam equações de regressão linear e quadrática, respectivamente.

FONTE: A autora (2018).

... Continuação

(b)	Alumínio			Arsênico			Bário			Cádmio			Cromo		
	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36
Gesso Agrícola	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36
Mg ha <sup>-1</sup>															
0	273	339	187	0,67	0,55	0,00	24,0	25,4	12,5	0,03	0,03	0,05	0,49	0,39	0,82
0,3	244	284	178	0,45	0,62	0,17	27,1	29,3	14,5	0,02	0,03	0,06	0,29	0,90	0,04
0,6	308	308	135	0,74	0,54	0,02	27,0	24,6	12,5	0,05	0,04	0,01	0,40	0,88	1,92
1,2	203	207	140	0,56	0,70	0,07	24,2	19,0	6,6	0,02	0,02	0,04	0,59	0,39	0,00
2,4	207	238	122	0,33	0,24	0,02	28,4	28,2	10,0	0,00	0,02	0,05	0,59	0,29	0,00
4,8	155	172	168	0,43	0,45	0,05	27,3	27,7	16,6	0,00	0,01	0,02	0,22	0,36	0,00
9,6	208	195	124	0,60	0,26	0,01	26,8	24,8	5,4	0,00	0,02	0,00	0,89	0,60	1,33
CV (%)	25,28 <sup>**1o</sup>	28,81 <sup>**1o</sup>	36,57 <sup>n.s.</sup>	82,56 <sup>n.s.</sup>	82,81 <sup>n.s.</sup>	192,06 <sup>n.s.</sup>	16,77 <sup>n.s.</sup>	17,02 <sup>n.s.</sup>	57,55 <sup>n.s.</sup>	139,89 <sup>**1o</sup>	99,33 <sup>n.s.</sup>	189,47 <sup>n.s.</sup>	121,22 <sup>n.s.</sup>	100,56 <sup>n.s.</sup>	270,50 <sup>n.s.</sup>

(b)	Níquel			Chumbo			Selênio			Prata		
	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36
Gesso Agrícola	12	24	36	12	24	36	12	24	36	12	24	36
Mg ha <sup>-1</sup>												
0	1,54	1,73	0,62	0,33	0,02	0,06	0,24	0,55	0,00	0,12	0,14	0,00
0,3	1,37	1,83	0,27	0,28	0,13	0,47	0,07	0,43	0,33	0,13	0,11	0,00
0,6	1,23	1,67	0,36	0,41	0,07	0,00	0,26	0,38	0,16	0,13	0,12	0,00
1,2	1,18	1,26	0,03	0,42	0,10	0,23	0,00	0,21	0,34	0,11	0,07	0,00
2,4	1,17	1,29	0,35	0,29	0,07	0,18	0,07	0,58	0,20	0,12	0,11	0,00
4,8	1,08	1,43	0,24	0,42	0,02	0,34	0,00	0,26	0,39	0,10	0,10	0,00
9,6	1,09	1,44	3,13	0,53	0,04	0,04	0,01	0,23	0,18	0,11	0,09	0,01
CV (%)	24,54 <sup>1o</sup>	21,71 <sup>1o</sup>	187,40 <sup>2o</sup>	40,79 <sup>n.s.</sup>	136,53 <sup>n.s.</sup>	71,29 <sup>n.s.</sup>	350,22 <sup>n.s.</sup>	118,21 <sup>n.s.</sup>	87,02 <sup>n.s.</sup>	37,80 <sup>n.s.</sup>	34,06 <sup>n.s.</sup>	255,86 <sup>n.s.</sup>

\*\* e \* significativo ao nível de 1% e a 5%, respectivamente, de probabilidade de erro, pelo teste de regressão; n.s. não significativo. 1º e 2º representam equações de regressão linear e quadrática, respectivamente.

FONTE: A autora (2018).

A literatura não apresenta muitos trabalhos relacionados a concentração de alumínio em plantas de eucalipto. Apenas podemos citar Basso et al. (2003) avaliou o efeito do alumínio sobre brotações de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* e os valores obtidos quando a concentração do elemento, entretanto nos tecidos das brotações, e variaram entre 100 à 1400 mg kg<sup>-1</sup>, variando conforme a disponibilidade do elemento durante o cultivo.

Lembrando que o eucalipto é uma planta considerada tolerante a acidez potencial e os efeitos do alumínio, sendo considerada uma planta mononuclear. Existe uma diferença principal entre as plantas quanto a tolerância ao alumínio entre espécies mononucleares e polinucleares. Entretanto, a rizotoxicidade entre espécies mononucleares não está completamente esclarecida (MOSSI et al., 2011). Os trabalhos citados em literatura que melhor explicam esta tolerância estão associados a identificação através de marcadores moleculares associados a genes controladores de caracteres quantitativos (QLT) de um elemento. É uma estratégia científica de observar as variações na concentração dos elementos nas células (RODRIGUES et al., 2016b).

O alumínio por ser um ligante metálico com preferência por doadores de oxigênio e alta afinidade por grupos carboxila e fosfato, se liga principalmente aos componentes da parede celular. Entretanto, também há evidências que o mesmo é transportado através da membrana plasmática da raiz para dentro das células após uma exposição do tecido ao Al. Desta forma, a inibição da divisão mitótica está relacionada ao efeito primário da toxicidade de Al ao ligar-se com muitos componentes celulares, antes de entrar no núcleo das células (RAMPIM; LANA, 2013).

O trabalho de Echart; Molina (2001) propõe duas categorias de mecanismo de tolerância ao alumínio ora relacionada aos altos índices de Al no simplasto da raiz, referente aos diferentes mecanismos de quelação do elemento no citosol, compartimentando seu excesso no vacúolo, além das ligações alumínio-proteicas envolvidas com enzimas tolerantes; ora relacionada com a habilidade de excluir no ápice da raiz, e pode envolver diferentes tipos de mecanismos como imobilização nas paredes celulares, permeabilidade seletiva na membrana plasmática, formação

de uma barreira de pH induzida pela planta na rizosfera ou no apoplasto da raiz e eliminação de ligantes quelados.

Os valores de máximo e mínimo obtidos para o elemento arsênico foram entre 0 a 0,74 mg kg<sup>-1</sup>; para o elemento bário entre 5,4 a 38,95 mg kg<sup>-1</sup>; para o elemento cádmio entre 0 a 0,07 mg kg<sup>-1</sup>; para o elemento cromo entre 0 a 1,45 mg kg<sup>-1</sup>; para o elemento níquel entre 0,03 a 2,89 mg kg<sup>-1</sup>; para o elemento chumbo entre 0,02 a 0,71 mg kg<sup>-1</sup>; para o elemento selênio entre 0 a 1,12 mg kg<sup>-1</sup> e para o elemento prata entre 0 a 0,48 mg kg<sup>-1</sup>.

Para Berton (1992) a presença de alguns metais pesados em rochas fosfatadas é comum, tais como Cd (entre 1 a 11 ppm), Pb (entre 2 a 36 ppm) e Ni (entre 2 a 119 ppm). Já que o gesso agrícola é um subproduto da indústria fosfata, resultante do ataque sulfúrico sobre o mineral apatita, torna-se um produto com impurezas provindas do beneficiamento deste mineral. Dentre as impurezas principais podemos destacar o fósforo e o flúor, ambos provindos da natureza química do mineral e demais elementos citados por Berton (1992).

Os dados apresentados na tabela 7 indicam os resultados significativos entre as dosagens de gesso agrícola e a concentração de elementos tóxicos e elementos traço nas folhas de eucalipto.

TABELA 7 - EQUAÇÃO DA REGRESSÃO, NÍVEL DE PROBABILIDADE, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E DE VARIAÇÃO DOS ELEMENTOS TÓXICOS E DOS ELEMENTOS TRAÇO NOS TECIDOS FOLIARES APÓS A APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA NAS DOSAGENS DE 0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 E 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>, SOB CULTIVO DE EUCALIPTO, ÁREA EXPERIMENTAL LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE JAGUARIAÍVA E NO MUNICÍPIO DE VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ, QUANDO ESTE FOI SIGNIFICATIVO.

Elemento	Época de coleta	Município	Equação	p	R <sup>2</sup>	CV (%)
Alumínio	24 meses	Jaguariaíva	Y = 149,69 – 28,006x	p<0,05	0,99	44,63
Selênio	24 meses	Jaguariaíva	Y = 0,701 – 0,022x + 0,0006x <sup>2</sup>	p<0,01	0,03	77,66
Selênio	36 meses	Jaguariaíva	Y = -0,024 + 1,15x – 0,62x <sup>2</sup>	p≤0,01	0,89	71,48
Prata	12 meses	Jaguariaíva	Y = 0,26 + 0,02x	p<0,05	0,59	45,74
Prata	24 meses	Jaguariaíva	Y = 0,306 + 0,019x	p<0,01	0,94	24,14
Alumínio	12 meses	Ventania	Y = 250,4666 – 7,99x	p<0,01	0,29	25,28
Alumínio	24 meses	Ventania	Y = 283,97 - 12,75x	p<0,05	0,49	28,81
Cádmio	12 meses	Ventania	Y = 0,04 – 0,006x	p≤0,01	0,28	139,89
Níquel	12 meses	Ventania	Y = 1,325 – 0,0329x	p<0,05	0,47	24,54
Níquel	24 meses	Ventania	Y = 1,5908 – 0,258x	p<0,05	0,16	21,71
Níquel	36 meses	Ventania	Y = 0,5047 – 0,32x + 0,0655x <sup>2</sup>	p<0,05	0,97	187,4

FONTE: A autora (2018).

Para Al-Masri et al. (2004) ao avaliar a concentração de elementos traços em diferentes fosfogesso identificou concentrações de entre 6 a 103 mg kg<sup>-1</sup> de Cu, entre 6 a 315 mg kg<sup>-1</sup> de Zn e entre 0,08 a 40 mg kg<sup>-1</sup> de Cd. Tal fato pode estar associado ao fornecimento e absorção destes elementos em plantas cultivadas com aplicação de gesso agrícola, embora os resultados apresentados não indicaram nenhum efeito das dosagens sobre a concentração de Cd.

Os valores médios para a cultura da soja identificados por Nava et al. (2011) de Cd e Pb foram entre 0,70 mg kg<sup>-1</sup> e entre 17,5 a 34,0 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Em plantas de milho, as concentrações de Pb foram entre 1,3 a 16 mg kg<sup>-1</sup> e em plantas de feijão entre 8,0 a 18,7 mg kg<sup>-1</sup>, de acordo com Nascimento et al. (2004). Valesco-Molina et al. (2006) obteve níveis de níquel em folhas de eucalipto na ordem média de 5 mg kg<sup>-1</sup>, valor superior aos obtidos neste experimento.

#### 4.6 CONCLUSÕES

1. Pode-se concluir através dos coeficientes de correlação linear de Pearson que a aplicação de gesso agrícola exerceu baixa influência nas alterações dos parâmetros de planta, tanto nas análises dendrométricas quanto na concentração de nutrientes.

2. As faixas de concentração de macronutrientes em folhas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) consideradas adequadas na literatura não se enquadraram aos 12 e 24 após o transplante de mudas, em ambos os sítios florestais avaliados. Em contrapartida, aos 36 meses, os elementos se enquadraram na faixa determinada pela literatura à exceção do elemento potássio.

3. Os resultados indicaram das concentrações observadas nos elementos B, Cu e Zn apresentaram-se abaixo da faixa adequada, indicando deficiência em todas as épocas avaliadas, em ambos os sítios estudados. Já, Fe e Mn, apresentaram-se em níveis adequados e acima da faixa ideal nas épocas iniciais da avaliação.

4. Os resultados obtidos indicaram baixa interação entre os elementos tóxicos e elementos traços e a aplicação de gesso agrícola em ambos os sítios avaliados. O alumínio apresentou variações temporais bem expressivas e

significativas e indicou diferenças entre os sítios florestais avaliados e pode-se observar um comportamento quadrático significativo em função do tempo nas concentrações de alumínio nas folhas de eucalipto.

#### 4.7 REFERÊNCIAS

AGRITEMPO – Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br/> Acesso em: 10 fev. 2010.

ABRAF. **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012 / ABRAF**. Brasília: 2013.148 p.

AL-MASRI, M.S.; AMIN, Y.; IBRAHIM, S.; AL-BICH, F. Distribution of some trace metals in Syrian phosphogypsum. **Applied Geochemistry**, v. 19, p. 747-753, 2004.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; MORAES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANGELO, H.; PAULUCIO, F.F.; ALMEIDA, N.A.; MATRICARDI, E.A.T.; SOARES, P.R.C. A expansão dos reflorestamentos de Eucalipto no estado de Goiás. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 223-228, 2015.

ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; NASCENTE, A.S.; LACERDA, M.C. Gesso aplicado na superfície do solo no desenvolvimento do arroz de terras altas sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18 n. 11, p. 1136-1141, 2014.

ASSIS, R.L.; FERREIRA, M.M.; CARGNELLUTI FILHO, A.C. Estado nutricional de *Eucalyptus urophylla* S.T.Blake sob diferentes espaçamentos na região de cerrados de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 151-157, 2006.

BELL, D.T.; WARD, S.C. Foliar and twig macronutrients (N, P, K, Ca e Mg) in selected species of *Eucalytus* used in rehabilitation: source of variation. **Plant and Soil**, v. 81, p. 363-376, 1984.

BERTON, R.S. Fertilizantes e poluição. In: Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 20, Piracicaba, 1992. **Anais...**, Piracicaba, SBCS/Fundação Cargill, 1992. p.299-313.

BIZON J. M. C. **Avaliação da sustentabilidade nutricional de plantios de *Pinus taeda* L. usando um balanço de entrada e saída de nutrientes**. 2005. 96 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz. ESALQ/USP, Piracicaba, 2005.



BRANDELERO, C.; ANTUNES, M.U.F.; GIOTTO, E. Silvicultura de precisão: nova tecnologia para o desenvolvimento florestal. **Ambiência**, v. 3, n. 2, p. 269-281, 2007

BRUN, E.J.; FERRAZ, M.O.; ARAÚJO, E.F. Relação entre o acúmulo de serapilheira sobre o solo e variáveis dendrométricas em povoamento híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus maidenii*, em Eldorado do Sul/RS. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 1, n.1, p. 24-31, 2013.

CASTRO, C.A.O.; RESENDE, R.T.; BHERING, L.L.; CRUZ, C.D. Breve histórico do melhoramento genético no eucalipto sob a ótica dos avanços biométricos. **Ciência Rural**, v. 46, n. 9, p. 1585-1593, 2016.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 23, n.2, p. 315-327, 1999.

CUNHA, A.C.M.C.M.; PAIVA, H.N.; LEITE, H.G.; BARROS, N.F.; LEITE, F.P. Influência do estado nutricional de micepas no enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 33, n. 4, p. 607-615, 2009.

DALLA-NORA, D.; AMADO, T.J.C.; BORTOLOTTI, R.P.; FERREIRA, A.O.; KELLER, C.; KUNTZ, J. Alterações químicas do solo e produtividade do milho com aplicação de gesso combinado com calcário. **Magistra**, v. 26, n. 1, p. 1-10, 2014.

DELL, B.; ROBINSON, J.M. Symptoms of mineral nutrient deficiencies and the nutrient concentration ranges in seedlings of *Eucalyptus maculata* Hook. **Plant and Soil**, v. 155, p. 255-261, 1993.

ECHART, C.L.; MOLINA, S.C. Fitotoxicidade do alumínio: efeitos e mecanismos de tolerância e seu controle genético. **Ciência Rural**, v. 31, n. 3, p. 531-541, 2001.

EMBRAPA SOLOS. **Manual de métodos de análise de solo**. Ed. Rio de Janeiro; 1997.

EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Ed: Fábio Cesar da Silva. - 2. ed. rev. ampl. Brasília-DF, 2009.

ENAMORADO, S.; ABRIL, J.M.; DELGADO, A.; MÁZ, J.L.; POLVILLO, O. QUINTERO, J.M. Implications for food safety of the uptake by tomato of 25 trace-elements from a phosphogypsum amended soil from SW Spain. **Journal of Hazardous Materials**, v. 266, p. 122-131, 2014

ENGEL, M.L.; HIGA, A.R.; ANDREJOW, G.P.; FLORES JUNIOR, P.C.; SOARES, I.D. Genetic gain from diferente selection methods in *Eucalyptus macarthurii* progenies in different enviroments. **Cerne**, v. 22, n.3, p. 299-308, 2016.

ERNANI, P.R.; RIBEIRO, M.S.; BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 825-831, 2001.

FAO. **Global Forest Resources Assessment 2015**. FAO Forestry Paper N°1. UN Food and Agriculture Organization, Rome, 2015.

FORTES, G.A.C.; FERRI, P.H.; SANTOS, S.C. Variabilidade temporal de fenóis e nutrientes em folhas de *Eucalyptus microcorys* F.Muell. In: 39ª. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química: Crias e Empreender. Goiânia, 2016.

GONÇALVES, M.R.; PASSOS, A.C.M. Crescimento em cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 2, p. 145-161, 2000.

GONZALEZ, J.A.Z.; COSTA, M.D.; SILVA, I.R.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F.; BORGES, A.C. Acúmulo de ácido oxálico e cristais de cálcio em ectomicorrizas de eucalipto. I – Produção de ácido oxálico e concentração de nutrientes em raízes laterais finas colonizadas por fungos ectomicorrízicos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 33, n. 3, p. 541-553, 2009.

GUEDES, M.C.; POGGIANI, F. Variação dos teores de nutrientes foliares em Eucalipto fertilizado com bio sólidos. **Scientia forestalis**, v. 63, p. 188-201, 2003.

GUIMARÃES, C.C.; SCHUMACHER, M.V.; WITSHORECK, R.; SOUZA, H.P.; SANTO, J.C. Biomassa e nutrientes em povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden no pampa gaúcho. **Revista Árvore**, v. 39, n. 5, p. 873-882, 2015.

HAAG, H.P.; SARRUGE, J.R.; OLIVEIRA, G.S.; POGGIANI, F.; FERREIRA, C.A. Análise foliar em cinco espécies de Eucaliptos. **IPEF**, v. 13, p. 99-116, 1976.

HARTWIG, I.; OLIVEIRA, A.C., CARVALHO, F.I.F.; BERTAN, I.; SILVA, J.A.G.; SCHIMIDT, D.A.M.; VALÉRIO, I.P.; MAIA, L.C.; FONSECA, D.A.R.; REIS, C.E.S. Mecanismos associados à tolerância ao alumínio em plantas. **Semina**, v. 28, n. 2, p. 219-228, 2007.

HARGUINDEGUY, I.; CASTRO, G. F.; NOVAIS, S.V.; VERGUTZ, L.; ARAUJO, W. L.; NOVAIS, R. F. Physiological responses to hypoxia and manganese in Eucalyptus clones with differential tolerance to Vale do Rio Doce shoot dieback. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, 2018.

KUTTAH, D.; SATO, KENICHI, S. Review on the effect of gypsum content on soil behavior. **Transportation Geotechnics**, v. 4, p. 25-37, 2015.

MACANA, Y.A.M. **Nutrição e crescimento do eucalipto em resposta a diferentes fontes e métodos de aplicação de cálcio**. 116p. Tese (Doutorado em Ciências Recursos Florestais). Piracicana: Universidade de São Paulo, 2017.

MAEDA, S.; AHRENS, S.; CHIARELLO, S.R.; OLIVEIRA, E.B.; STOLLE, L.; FOWLER, J.A.P.; BOGNOLA, I.A. **Silvicultura de precisão**. Chapadão do Sul: Resultado Perenes, 2014.

MAFFEIS, A.R.; SILVEIRA, R.L.V.A.; BRITO, J.O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia florestalis**, v. 57, p. 87-98, 2000.

MAGALHÃES, W.M.; MACEDO, R.L.G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKAWA, E.M.; YOSHITANI JUNIOR, M. Desempenho silvicultural de clones e espécies/procedências de *Eucalyptus* na região noroeste de Minas Gerais. **Cerne**, v. 13, n. 4, p. 368-375, 2007.

MARISCAL-SANCHO, I.; ESPEJO, R.; PEREGRINA, F. Potentially toxic effects of phosphogypsum on Palexerults in Western Spain. **Soil Science Society of American Journal**, v. 73, n. 1, p. 146-153, 2009.

MEDEIROS, W.N.; MELO, C.A.D.; TIBURCIO, R.A.S.; SILVA, G.S.; MACHADO, A.F.L.; SANTOS, L.D.T.; FERREIRA, F.A. Crescimento inicial e concentração de nutrientes em clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob interferência de plantas daninhas. **Ciência florestal**, v. 26, n. 1, p. 147-157, 2016.

MOSSI, A.J.; PAULETTI, G.F.; ROTA, L.; ECHEVERRIGARAY, S.; BARROS, I.B.I.; OLIVEIRA, J.V.; PAROUL, N.; CANSIAN, R.L. Effect of aluminum concentration on growth and secondary metabolites production in three chemotypes of *Cunila galioides* Benth. medicinal plant. **Brazilian Journal Biology**, v. 71, n. 4, p. 1003-1009, 2011.

NASCIMENTO, C.W.A.; BARROS, D.A.S.; MELO, E.E.C.; OLIVEIRA, A.B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após a aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 28, p. 385-392, 2004.

NAVA, I.A.; GONÇALVES JUNIOR, A.C.; NACKE, H.; GUERINI, V.L.; SCHWANTES, D. Disponibilidade dos metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e cromo no solo e tecido foliar da soja adubada com diferentes fontes de NKP+Zn. **Ciências Agrotécnicas**, v. 35, n. 5, p. 884 – 892, 2011.

NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007.

NUNES, A.C.P.; SANTOS, G.A.; RESENDE, M.D.V.; SILVA, L.D.; HIGA, A.; ASSIS, T.F. Estabelecimento de zonas de melhoramento para clones de eucalipto no Rio Grande do Sul. **Scientia Forestalis**, v. 44, n.111, p. 563-574, 2016.

PES, L.Z.; ARENHARDT, M.H. **Fisiologia vegetal**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2015. 810.

PESSONI, P.T. **Calagem e gessagem na produtividade da soja e do triticale**. 109 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) Campinas: Instituto Agrônômico, 2012.

POGGIANI, F.; COUTO, H.T.Z.; CORRADINI, L.; FAZZIO, E.C.M. Exportação de biomassa e nutrientes através da exploração dos troncos e das copas de um povoamento de *Eucalyptus saligna*. **IPEF**, n. 25, p. 37-39, 1983.

QUADROS, R.M.B. **Avaliação nutricional em plantios de *Eucalyptus grandis*, em diferentes solos no estado de São Paulo**. 173p. Dissertação (mestrado em Ciências Florestais), Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1996.

RAO, A.V.; TARAFDAR, J.C. Selection of plant species for rehabilitation of gypsum mine spoil in arid zone. **Journal of arid environments**, p. 559-567, 1998.

RAMPIM, L.; LANA, M.C. Mecanismo de tolerância interna das plantas ao alumínio. **Colloquium Agrariae**, v. 9, n. 2, p. 72-89, 2013.

R CORE TEAM (2018). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2008.

ROCHA, J.H.T.; BACKES, C.; BORELLI, K.; PRIETO, M.R.; SANTOS, A.J.M.; GODINHO, T.O. Concentração de nutrientes e intensidade de cor verde em miniestacas de eucalipto. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6, p. 1848-1856, 2013.

RODRIGUES, F.A.V.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; SILVA, I.R.; NEVES, J.C.L. Produtividade de eucalipto aos 18 meses de idade, na região do Cerrado, em resposta à aplicação de cálcio, via calcário e gesso agrícola. **Scientia florestalis**, v. 109, p. 67-74, 2016. a

RODRIGUES, A.A.; VASCONCELOS FILHO, S.C.; RODRIGUES, C.L.; SALES, J.F.; VITAL, R.G. Influence of aluminum on root growth and anatomy *Stenocalyx dysentericus* (DC.) O. Berg. **African Journal of Biotechnology**, v. 15, n. 24, p. 1193-1200, 2016.

ROSSETE, A.L.R.M.; BENDASSOLLI, J.A.; IGNOTO, R.F.; BATAGELLO, H.H. Obtenção do gesso agrícola marcado no  $^{34}\text{S}$  ( $\text{Ca}^{34}\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), por reação química entre o  $\text{H}_2^{34}\text{SO}_4$  e o  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . In: INAC 2002- Internation nuclear atlantic conference/VI ENAN - Encontro Nacional de Aplicação Nuclear, 2002, **Anais...** Rio de Janeiro. program & abstracts, 2002. v. 1. p. 280.

SANTANA, R.C.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; LEITE, H.G.; COMERFORD, N.B. Alocação de nutrientes em plantio de Eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 2723-2733, 2008.

SANTOS, L.D.T.; SIQUEIRA, C.H.; BARROS, N.F.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; MACHADO, A.F.L. Crescimento e concentração de nutrientes na parte aérea de eucalipto sob efeito da deriva do glyphosate. **Cerne**, v. 13, n. 4, p. 347-352, 2007.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353p.

SCHELHAAS, M.J.; NABUURS, G.J.; HENGEVELD, G.; REYER, C.; HANEWINKEL, N.Z.; CULLMANN, D. Alternative forest management strategies to account for climate change-induced productivity and species suitability changes in Europe. **Regional Environmental Change**, v. 15, p. 1581-1594, 2015.

SCHIMIDT FILHO, E.; GASPAROTO, F.; TANIMOTO, S.; RAMARI, T.O.I.; ZANETTI, M,A. Influência de diferentes doses de gesso agrícola sobre a produtividade da cultura do trigo (*Triticum sativum* L.). **Revista da Universidade do Vale do Rio Verde**, v. 14, n. 2, p. 442-449, 2016.

SHÖNAU, A.P.G. The effects of fertilizing on the foliar nutrient concentrations in *Eucalyptus grandis*. **Fertilizer Research**, v. 2, p. 73-87, 1981.

SCHUHLI, G.S.; PALUDZYSZYN FILHO, E. O cenário da silvicultura de teca e perspectiva para o melhoramento genético. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 63, p. 217-230, 2010.

SILVA, F.A.Z.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SILVA, P.H.M.; POGGIANI, F.; GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. Volume de madeira e concentração foliar de nutrientes em parcelas experimentais de *Eucalyptus grandis* fertilizadas com lodo de esgoto úmido e seco. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 845-854, 2008.

SILVA, P.H.M. **Impactos das doses e parcelamento da fertilização na produtividade, lixiviação e ciclagem de nutrientes em plantações de eucalipto**. 118 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais), Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2011.

SILVA, R.L.V.A.; MOREIRA, A.; TAKASHI, E.M.; SGARBI, F.; BRANCO, E.F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. **Cerne**, v. 8, n. 2, p. 107-116, 2002.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 675-688, 2008.

SOUZA, M.A.S.; GUELFY, D.R.; OLIVEIRA, G.C.; BASTOS, C.E.A. Acúmulo de macronutrientes na soja influenciado pelo cultivo prévio do capim-marandu, correção e compactação do solo. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 4, p. 611-622, 2012.

TRIGUEIRO, R.M.; GUERRINI, I.A. Uso do bio sólidos como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia forestalis**, v. 64, p. 150-162, 2003.

VALE, F.R.; FURTIN NETO, A.E.; RENÓ, N.B.; FERNANDES, L.A.; RESENDE, A.V. Crescimento radicular de espécies florestais em solo ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 9, p. 609-616, 1996.

VALESCO-MOLINA, M.; MATTIAZZO, M.E.; ANDRADE, C.A.; POGGIANI, F. Nitrogênio e metais pesados no solo e em árvores de eucalipto decorrentes da aplicação de bio sólido em plantio florestal. **Scientia forestalis**, n. 71, p. 25-35, 2006.

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M.V.; TRÜBY, P.; ARAÚJO, E.F. Implicações nutricionais com base em diferentes intensidades de colheita de biomassa de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*. **Ciência Rural**, v. 45, n. 3, p. 432-439, 2015.

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; FONSECA, S.; BARROS, N.F. Valores de referência para macronutrientes em Eucalipto obtidos pelos métodos Dris e Chance matemática. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 22, p. 685-692, 1998.

## 5 CAPÍTULO 4: COMPOSIÇÃO QUÍMICA ELEMENTAR E MORFOANATOMIA EM FOLHAS E TRONCO DE EUCALIPTO ATRAVÉS DA MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA SOB INFLUÊNCIA DE GESSO AGRÍCOLA DURANTE O DESENVOLVIMENTO INICIAL

### 5.1 RESUMO

A microscopia de varredura em sistema com espectroscopia de energia dispersiva é uma ferramenta auxiliar para avaliar o comportamento nutricional e a histologia vegetal fornecendo subsídios para compreender a dinâmica de absorção de nutrientes ao fornecimento de cálcio em cultivos florestais através do uso do gesso agrícola. Para avaliar a composição química elementar e a histologia vegetal o híbrido de eucalipto *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) produzido em condição subtropical do Brasil após aplicação de gesso agrícola do solo instalou-se dois experimentos em áreas florestais. O experimento consistiu em avaliar 4 doses de gesso agrícola (0; 1,2; 4,8 e 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>), aplicado à lanço em superfície. Aos 36 meses após o transplante das mudas, foram coletadas amostras de folhas, dispostas em superfície lisa e cortadas com lâmina de aço inoxidável, desidratadas, realizado o ponto crítico, para observação em microscopia eletrônica de varredura em sistema com espectroscopia de energia dispersiva (MEV-EDS) e determinação dos teores totais por microanálise. Para análise anatômica do tronco foram amostradas secções da casca externa, cerne e medula e realizadas as mesmas avaliações em efetuar o ponto crítico. Nas folhas, elementos como C, O, Si, S e P não apresentaram nenhuma ou baixa significância com o gesso agrícola exceção do Ca que demonstrou uma tendência linear crescente a medida que foi adicionado gesso agrícola ao solo de cultivo. A composição química elementar da madeira de eucalipto identificada foi de aproximadamente 50% de C, 41% de O, 2 % de Ca, 0,20% de K e Mg e 0,30% de Cl. O estudo botânico histológico identificou que entre as células isodiamétricas do parênquima, encontra-se idioblastos com cristais de oxalato de cálcio em folhas, e maior presença na casca externa comparada ao cerne e a medula. Conclui-se que o gesso agrícola não exerceu influência sobre a composição química elementar, exceção ao cálcio no sítio de Jaguariáiva, nem sobre a histologia, incluindo a presença de cristais de oxalato.

Palavras-Chave: cristais de oxalato de cálcio; espectroscopia de energia dispersiva; histologia vegetal.

### 5.2 ABSTRAT

Microscopy is an auxiliary tool to evaluate nutritional behavior and histology by providing subsidies to understand the absorption dynamics of the calcium supply in forest crops through the use of agricultural gypsum. In order to evaluate the elemental chemical composition and plant histology, the *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*Eucalyptus urograndis*) hybrid produced in Brazil's subtropical condition after the application of soil gypsum was installed two experiments in forest

areas located in Brazilian subtropical conditions. The experiment consisted in evaluating 4 doses of agricultural gypsum (0, 1.2, 4.8 and 9.6 Mg ha<sup>-1</sup>), whose chemical composition presented 19.31% of calcium and 15.83% of sulfur, applied to surface haul. At 36 months after the transplanting of the seedlings, leaf samples were collected, arranged on a smooth surface and cut with a stainless steel blade, dehydrated, the critical point was obtained for scanning electron microscopy in a dispersive energy spectroscopy system (EDS) and determination of the total contents by microanalysis. In the leaves, elements such as C, O, Si, S and P showed no or low significance with the agricultural gypsum except for Ca, which showed an increasing linear trend as agricultural gypsum was added to the growing soil. The elemental chemical composition of the identified eucalyptus wood was approximately 50% C, 41% O, 2% Ca, 0.20% K and Mg, and 0.30% Cl. The histological botanical study was identified among isodiametric cells of the parenchyma, idioblasts with calcium oxalate crystals in leaves and greater presence in the outer shell compared to the heart and the marrow. It was concluded that the agricultural gypsum had no influence on the elemental chemical composition, except for calcium at the Jaguariaíva site, nor on histology, including the presence of oxalate crystals.

Keywords: calcium oxalate crystals; dispersive energy spectroscopy; histology.

### 5.3 INTRODUÇÃO

Métodos microscópicos auxiliam a identificação de tecidos histológicos botânicos, definem a morfoanatomia das células do vegetal e proporcionam apontar particularidades como a formação de estruturas e cristais de composição química definida. Atualmente, muitos métodos de avaliação microscópica têm sido utilizados para verificar a dinâmica nutricional das plantas (MARTINS, 2002; TOLEDO; ALQUINI; NAKASHIMA, 2004, LEONEL, 2007; HEPLER, 2016), como a microscopia eletrônica de varredura, que permite obter além de imagens da histologia celular com alta resolução, a composição química através da energia dispersiva de raios-x, cujas respostas correspondem a excitação do elétrons mais externos emitindo diferentes comprimentos de onda (NAZ; ANIS; ALATAR, 2017).

A complexidade química de espécies vegetais indica uma distribuição heterogênea devido a sua estrutura anatômica. Uma composição química elementar média entre os principais componentes são: carbono entre 49 a 50%; oxigênio entre 44 a 45%; hidrogênio em torno de 6%; pequenas quantidades de nitrogênio entre 0,1 a 1% e uma diversidade de materiais inorgânicos na ordem 0,1 a 1%, de acordo com



Tsoumis (1991). Klock (2005) citado por Abruzzi (2012) apresenta valores similares quanto a análise química elementar em diversas espécies de coníferas.

Döll-Boscardin et al. (2010) ao avaliar através da microscopia eletrônica folhas de *Eucalyptus benthamii* em secção transversal da nervura mediana e do pecíolo observaram a presença de cristais de oxalato de cálcio próximo a cavidade secretora. Resultados similares foram observados por Malinowski; Nakashima; Alquimi (2009) em análise morfológica de folhas jovens de *Eucalyptus globulus* também observaram cristais de oxalato de cálcio em formato de drusas, agrupados ou isolados.

Diante destas informações, a microscopia é uma ferramenta auxiliar para avaliar a dinâmica nutricional e, no tocante particular das espécies de eucalipto, avaliar histologicamente a presença de oxalato de cálcio, fornecendo subsídios para compreender a dinâmica de absorção ao fornecimento de cálcio em cultivos florestais através do uso do gesso agrícola.

O uso do gesso agrícola como um material utilizado em solos para o cultivo das plantas pode ser visto sob duas óticas: a primeira está relacionada ao fornecimento de nutrientes para a solução do solo, desta forma o gesso agrícola atua sobre a fertilização do solo; a segunda está relacionada ao seu potencial condicionante, amenizando os efeitos do alumínio trocável (SERAFIM et al., 2012), RAMOS et al., 2013, MICHALOVICZ et al., 2014). Na legislação é classificado como um corretivo de sodicidade ou condicionador do solo (SIMONETE et al., 2013). Ambas as funções do gesso agrícola proporcionam benefícios no sistema solo-planta.

Observando-se o primeiro aspecto, relacionado ao fornecimento de nutrientes, o gesso irá acarretar em incrementos de dois elementos em maior proporção: o cálcio e o enxofre (ROCHA et al., 2014). Estes elementos são principais pois o gesso agrícola contém na sua composição química sulfato de cálcio ( $\text{CaSO}_4$ ). Cabe ressaltar que o sulfato de cálcio é encontrado naturalmente na natureza (gipsita) é um mineral puro, podendo encontrar-se na forma hidratada ou di-hidratada (PLOTTEGHER; RIBEIRO, 2016). Já que o gesso agrícola é um subproduto da indústria fosfata, resultante do ataque sulfúrico sobre o mineral apatita. Assim, torna-se um produto com impurezas provindas do beneficiamento

deste mineral. Dentre as impurezas principais podemos destacar o fósforo e o flúor, ambos provindos do mineral (STEVENS; MCLAUGHLIN; ALSTON, 1997).

A literatura fornece resultados obtidos quanto à resposta do eucalipto na concentração de cálcio. Silva et al. (2012) ao estimar a produção de biomassa e o acúmulo de nutrientes em eucalipto, observaram que o conteúdo de cálcio na serapilheira variou com a fertilização. Simonete et al. (2013), avaliando a concentração de cálcio proveniente do resíduo industrial lama de cal, constataram uma concentração de cálcio foliar entre 8,8 a 10 g kg<sup>-1</sup>, bem como que o teor desse elemento no solo foi determinante para o incremento no conteúdo foliar. Por sua vez, Sgarbi (2002), com o objetivo de identificar os nutrientes mais limitantes para o crescimento do eucalipto, em três regiões do estado de São Paulo, encontrou teores médios de 7,3 g kg<sup>-1</sup> de cálcio no tecido foliar, não o considerando limitante para a produção silvícola. Por fim, Matos et al. (2012), ao avaliar o estado nutricional de eucalipto aos cinco e dezoito meses de idade, identificaram teores que variaram de 1,94 a 5,04 g kg<sup>-1</sup> de cálcio no tecido foliar, entre 5 clones. Destaca-se a importância da necessidade de correções e adubações para um adequado desenvolvimento das plantas, sobretudo o fornecimento de cálcio, uma vez que esse elemento é demandado em grande quantidade pelo eucalipto (SANTANA et al. 2008; VIEIRA et al., 2015).

As pesquisas relacionadas ao tema sugerem como hipóteses, que a aplicação do gesso agrícola em solos em condições subtropicais do Brasil, poderá acarretar em alterações na composição química elementar quanto ao elemento cálcio e proporcionar incrementos sobre a concentração de oxalato de cálcio na histologia de eucalipto. Em produções florestais subtropicais, com características gerais de cultivo em solos depauperáveis é necessário buscar maiores informações dos processos que determinam o balanço nutricional buscando melhorias no sistema de cultivo como o uso de condicionantes do solo.

O presente estudo tem por objetivo avaliar a composição química elementar e a histologia vegetal do híbrido de eucalipto *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) produzido em condição subtropical do Brasil após aplicação de gesso agrícola do solo.

## 5.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados sob cultivo do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) em condições subtropicais brasileiras, localizadas ambas no estado do Paraná. A primeira área, instalada no mês de dezembro de 2013, no município de Jaguariaíva, sob as coordenadas cartográficas 24°15'04" S de latitude, 49°42'21" W de longitude e 850 m altitude apresenta condições climáticas temperado úmido mesotérmico, Cfb. A segunda área instalada no mês de abril de 2014, município de Ventania, sob coordenadas cartográficas de 24°14'45" S latitude, 50°14'34" W de longitude e 990 m de altitude, e nesta região o clima da região é também subtropical temperado (Cfb) de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013).

Como características geológicas, ambas as áreas experimentais localizadas no segundo planalto foram formadas no período Paleozóico das formações do arenito Furnas, folhelho Ponta Grossa e grupo Itararé. O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura franco-arenosa, de acordo com Santos et al. (2013). Coletou-se amostras de solo nas profundidades 0 a 0,10; 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m para caracterização inicial, para determinação das características químicas antes da instalação do experimento na área experimental, de ambos os municípios, conforme descreve o quadro 1.

QUADRO 1 - CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO ANTES DA INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO NA ÁREA EXPERIMENTAL SOB CULTIVO ANTERIOR DE PINUS LOCALIZADA NOS MUNICÍPIOS DE JAGUARIAÍVA E VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ.

Profundidade	pH CaCl <sub>2</sub>	pH SMP	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	SB	CTC pH 7,0	P	C <sub>org</sub>	V	m
m			----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	----- % -----		
Município de Jaguariaíva													
0,00 a 0,20	3,9	5,7	1,5	6,4	0,2	0,2	0,02	0,42	6,82	1,0	23,6	6,15	78,12
0,20 a 0,40	3,8	5,9	1,2	2,2	0,1	0,1	0,02	0,22	2,42	0,7	16,1	9,09	84,50
0,40 a 0,60	4,0	6,1	1,0	4,6	0,1	0,1	0,01	0,21	4,81	0,6	17,4	4,36	82,64
Município de Ventania													
0,00 a 0,20	4,3	6,2	1,5	4,3	0,1	0,1	0,03	0,23	4,53	2,2	21,0	5,08	86,71
0,20 a 0,40	4,5	6,7	1,1	3,0	0,1	0,1	0,03	0,23	3,23	1,6	11,0	7,12	82,70
0,40 a 0,60	4,4	6,8	1,2	2,7	0,1	0,1	0,03	0,23	2,93	0,4	7,3	7,84	83,91

FONTE: A autora (2018).

O preparo das amostras consistiu em secagem ao ar, homogeneizadas e passadas em peneira de malha 2 mm para posterior análise de pH,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  (extraído com  $\text{KCl}$   $1\text{ mol L}^{-1}$ ),  $\text{K}^+$  e P extraível por Mehlich I, e  $\text{Al}^{3+}$  (extraído com  $\text{KCl}$   $1\text{ mol L}^{-1}$ ), de acordo com a metodologia descrita por EMBRAPA (1997).

O experimento consistiu em avaliar 4 doses de gesso agrícola (0; 1,2; 4,8 e  $9,6\text{ Mg ha}^{-1}$ ), cuja composição química apresentou 19,31% de cálcio e 15,83% de enxofre, aplicado à lanço em superfície, em 4 repetições, totalizando 16 parcelas avaliadas em delineamento em blocos ao acaso. Cada parcela mediu  $24 \times 24\text{ m}$ , totalizando área de parcela de  $576\text{ m}^2$ . As áreas experimentais foram cultivadas anteriormente com pinus por 15 anos. Foram aplicados  $2\text{ Mg ha}^{-1}$  calcário dolomítico, subsolados a 45 cm, associado à aplicação de fosfato natural reativo.

O transplante das mudas do híbrido de eucalipto *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) foi realizado em espaçamento de  $3 \times 3\text{ m}$  entre plantas e entre linhas, em um total de 64 plantas por parcela. As mudas foram plantadas e adubadas com N, P e K nas dosagens de  $8,5\text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $51\text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $17\text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . Aos 3 meses após o transplante das mudas foi realizada aplicação de fertilizantes em coberturas na projeção da copa das plantas, na dose de  $24\text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $8\text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $48\text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  e  $0,8\text{ kg ha}^{-1}$  de Boro.

Aos 36 meses após o transplante das mudas, foram coletadas amostras de ramos da parte central externa da copa, correspondendo aos 4 pontos cardeais e separadas amostras de folhas maduras, higienizadas com água deionizada. Para obtenção das secções transversais, as amostras de folhas foram dispostas em superfície lisa e cortadas com lâmina de aço inoxidável, evitando contaminações para observação em microscopia eletrônica de varredura em sistema com espectroscopia de energia dispersiva (MEV-EDS) e determinação dos teores totais por microanálise. As secções obtidas apresentavam tamanho de  $2\text{ cm}$  por  $2\text{ mm}$ , recolhendo-se a porção central das folhas, correspondente a nervura central e parte do limbo foliar, conforme apêndice 8b. A fixação foi realizada com solução de fixação FAA 70 (v/v) composta com formaldeído (5 ml), ácido acético (5 ml) e álcool etílico (90 ml). As amostras foram acondicionadas em solução por um período de 48 horas, e, após a fixação, as amostras foram posteriormente desidratadas em série etílica ascendente de 30, 50, 70, 80 e 95% por 10 minutos cada, conforme descrito por

Alfenas et al. (2006). O último processo da série etílica consistiu na transferência das amostras em solução com concentração de 100% durante 15 minutos. A desidratação das amostras foi realizada pela determinação do ponto crítico utilizando-se CO<sub>2</sub> líquido no equipamento BALTEC CPD 030 e os fragmentos secos aderidas em posição vertical em suporte metálico utilizando fita dupla face de cobre para fixação.

Também, aos 36 meses após o transplante de mudas, a árvore representativa da parcela, correspondente ao diâmetro médio entre as 36 plantas viáveis, mensurado à altura do peito foi abatida para extração da amostra. Para análise anatômica do tronco foram amostradas secções da casca externa, cerne e medula, conforme figura 1, obtendo-se lâminas de 2 cm por 2 mm, mantendo a integridade do vegetal. Foi realizado um teste prévio da desidratação do material, entretanto, a baixa umidade da amostra permitiu uma melhor visualização sem o processo de desidratação etílica e do ponto crítico.

FIGURA 1 - CORTE TRANSVERSAL DO TRONCO, DEMONSTRANDO AS SECÇÕES DA CASCA EXTERNA (a), CERNE (b) E MEDULA (c).



FONTE: A autora.

As amostras previamente preparadas foram lidas em Microscópio Eletrônico de Varredura TESCAN VEGA3 LMU para análise tridimensional por estereoscopia de elétrons secundários, obtidas com resolução de aumento de 500 x, magnificação de 15 kV e com pressão controlada de 20 Pa (CASTRO, 2001; DENAVID; GOMES;

MACHADO, 2007). Todas as análises laboratoriais foram realizadas no Centro de Microscopia Eletrônica da Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas, em Curitiba, Paraná.

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e suas médias comparadas com a análises de regressão e as análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico R Core Team (2018).

## 5.6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.6.1 COMPOSIÇÃO DOS TECIDOS

A análise da composição química elementar identificou os elementos carbono (C), oxigênio (O), alumínio (Al), silício (Si), enxofre (S), cálcio (Ca) e fósforo (P) obtidos por microanálise de raios-x característicos por eds na porção do limbo foliar (a) e nervura foliar (b) em eucalipto, conforme tabela 1, correspondendo a uma área de 100  $\mu^2$ , constituindo os tecidos do parênquima paliçádico no limbo foliar e feixes vasculares na nervura foliar.

TABELA 1 – TEORES RELATIVOS DOS ELEMENTOS CARBONO (C), OXIGÊNIO (O), ALUMÍNIO (Al), SILÍCIO (Si), ENXOFRE (S), CÁLCIO (Ca) E FÓSFORO (P) OBTIDOS POR MICROANÁLISE DE RAIOS-X CARACTERIZADOS POR EDS NA PORÇÃO DO LIMBO FOLIAR (a) E NERVURA FOLIAR (b) APÓS A APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA NAS DOSES DE 0; 1,2; 4,8 E 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>.

Gesso Agrícola Mg ha <sup>-1</sup>	C	O	Al	Si	S	Ca	P
	% 100 $\mu^2$						
(a) Jaguariaíva							
0	72,53	27,18	0,03	0,10	0,08	0,15	0,00
1,2	72,30	26,90	0,10	0,18	0,08	0,25	0,05
4,8	67,70	30,40	0,95	0,08	0,40	0,38	0,08
9,6	69,50	29,08	0,30	0,23	0,40	0,33	0,08
CV (%)	2,32 <sup>1o</sup>	6,44 <sup>n.s.</sup>	227,53 <sup>n.s.</sup>	69,81 <sup>n.s.</sup>	44,93 <sup>2o</sup>	26,79 <sup>1o</sup>	115,47 <sup>n.s.</sup>
Ventania							
0	70,19	29,06	0,13	0,07	0,06	0,27	0,05
1,2	71,61	27,60	0,22	0,07	0,05	0,30	0,04
4,8	68,89	30,18	0,11	0,06	0,06	0,25	0,04
9,6	69,73	29,49	0,04	0,04	0,07	0,43	0,06
CV (%)	2,03 <sup>n.s.</sup>	4,87 <sup>n.s.</sup>	42,03 <sup>1o</sup>	3,45 <sup>n.s.</sup>	22,91 <sup>n.s.</sup>	56,39 <sup>n.s.</sup>	31,62 <sup>n.s.</sup>
(b) Jaguariaíva							
0	72,30	26,95	0,05	0,10	0,10	0,13	0,00
1,2	72,30	26,88	0,08	0,13	0,13	0,15	0,08
4,8	60,73	36,03	0,18	0,05	0,20	1,08	0,08
9,6	65,10	33,58	0,23	0,25	0,20	0,55	0,10
CV (%)	4,55 <sup>1o</sup>	10,93 <sup>1o</sup>	65,06 <sup>1o</sup>	57,14 <sup>n.s.</sup>	4,54 <sup>n.s.</sup>	64,32 <sup>1o</sup>	13,24 <sup>n.s.</sup>
Ventania							
0	73,58	25,29	0,60	0,03	0,13	0,19	0,06
1,2	74,98	24,24	0,10	0,07	0,13	0,28	0,07
4,8	73,54	25,49	0,22	0,09	0,13	0,32	0,07
9,6	73,41	25,19	0,55	0,08	0,13	0,33	0,08
CV (%)	2,19 <sup>n.s.</sup>	6,48 <sup>n.s.</sup>	55,12 <sup>n.s.</sup>	57,14 <sup>n.s.</sup>	15,94 <sup>n.s.</sup>	46,30 <sup>n.s.</sup>	46,71 <sup>n.s.</sup>

\*\* e \* significativo ao nível de 1% e a 5%, respectivamente, de probabilidade de erro, pelo teste de regressão; n.s. não significativo. 1º e 2º representam equações de regressão linear e quadrática, respectivamente.

FONTE: A autora (2018).

Os resultados da composição elementar e a análise dos elementos químicos detectáveis identificados demonstraram-se como uma propriedade estável intrínseca do material vegetal analisado. Para todas as amostras avaliadas, os mesmos elementos foram obtidos nas análises com exceção de uma amostra que identificou a presença de 7% elemento flúor para a amostra vegetal sob dose de 4,8 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola. Elementos como O, Si, S e P não apresentaram nenhuma ou baixa significância entre as análises realizadas. Em contrapartida, o C e Ca apresentaram diferenças significativas no município de Jaguariaíva entre os tratamentos avaliados, conforme tabela 3, demonstrando uma tendência linear crescente a medida que foi adicionado gesso agrícola ao solo de cultivo. Estes dados corroboram com os apresentados no capítulo 1 e 3 desta tese. Os teores de cálcio no solo aumentaram mais no município de Jaguariaíva, quando comparado a Ventania. Além disso, o cálcio somente aumentou nas folhas no experimento de Jaguariaíva.

Os dados indicados por Lawer et al. (1997) determinaram um conteúdo de carbono entre 60 à 40% na matéria seca total de plantas de *Eucalyptus tereticornis*, condizentes a este experimento. Cabe ressaltar que neste trabalho foram determinados o conteúdo de nitrogênio, extremamente baixo quando comparado ao carbono, fator determinante para comprovar a alta relação C:N nas espécies arbóreas. Para Vassilev et al. (2010) a composição química elementar de folhas de eucalipto variou entre 42 a 71% de C, 16 a 49% de O, 3 a 11% de H, 0,1 a 12% de N, 0,01 a 2,3% de S e 0,01 a 0,9% de Cl, discordando dos valores obtidos na tabela 1, muito acima dos citados pelos autores. Eufrede Junior (2015) obtiveram resultados semelhantes aos autores citados anteriormente.

De acordo com Trugilho; Lima; Mendes (1996) os componentes químicos estão sujeitos a variações em espécies de eucalipto em função da idade, atingindo valores considerados normais já a partir dos 36 meses de idade, fator ligado aos resultados obtidos divergentes da literatura. Entretanto, cabe ressaltar que os autores citados não efetuaram suas avaliações através do MEV-EDS.

A análise da composição química obtidas na casca externa, cerne e medula, elementar identificou os elementos carbono (C), oxigênio (O), cálcio (Ca), potássio (K), cloro (Cl) e magnésio (Mg) obtidos por microanálise de raios-x característicos por eds, conforme tabela 2.



TABELA 2 – TEORES RELATIVOS DOS ELEMENTOS CARBONO (C), OXIGÊNIO (O), CÁLCIO (Ca), POTÁSSIO (K), CLORO (Cl) E MAGNÉSIO (Mg) OBTIDO POR MICROANÁLISE DE RAIOS-X CARACTERÍSTICOS POR EDs NA PORÇÃO DO DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO DO TRONCO CORRESPONDENTE À CASCA EXTERNA; CERNE E MEDULA APÓS A APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA NAS DOSAGENS DE 0; 1,2; 4,8 E 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>, SOB CULTIVO DE EUCALIPTO, ÁREA EXPERIMENTAL LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE JAGUARIAÍVA E VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ.

Gesso Agrícola Mg ha <sup>-1</sup>	Jaguariaíva					Ventania					
	C	O	Ca	K	Cl	Mg	C	O	Ca	K	Mg
	% 100µ <sup>-2</sup>										
	Casca externa										
0	52,18	42,00	4,38	0,38	0,63	0,28	63,68	34,60	0,77	0,13	0,24
1,2	48,43	41,60	8,60	0,45	0,23	0,23	63,08	35,25	1,09	0,19	0,19
4,8	56,70	38,28	2,98	0,38	0,23	0,20	61,02	36,02	1,83	0,25	0,26
9,6	49,48	41,35	7,23	0,63	0,58	0,28	60,49	36,84	2,10	0,15	0,16
CV (%)	1,69 <sup>2o</sup>	5,34 <sup>1o</sup>	44,97 <sup>2o</sup>	75,70 <sup>n.s.</sup>	75,70 <sup>2o</sup>	35,03 <sup>n.s.</sup>	3,29 <sup>n.s.</sup>	4,02 <sup>n.s.</sup>	46,36 <sup>n.s.</sup>	36,85 <sup>n.s.</sup>	49,57 <sup>n.s.</sup>
	Cerne										
0	55,83	40,23	2,40	0,60	0,70	0,13	66,42	33,04	0,25	0,14	0,06
1,2	56,38	39,93	2,28	0,45	0,48	0,15	65,95	33,76	0,07	0,07	0,05
4,8	56,20	40,25	1,35	0,48	0,45	0,18	65,97	33,69	0,13	0,10	0,05
9,6	54,03	38,75	5,78	0,65	0,48	0,05	66,70	32,87	0,19	0,08	0,07
CV (%)	8,56 <sup>n.s.</sup>	2,71 <sup>n.s.</sup>	157,26 <sup>n.s.</sup>	47,90 <sup>n.s.</sup>	34,78 <sup>n.s.</sup>	4,78 <sup>n.s.</sup>	1,83 <sup>n.s.</sup>	3,62 <sup>n.s.</sup>	108,72 <sup>n.s.</sup>	98,43 <sup>n.s.</sup>	125,87 <sup>n.s.</sup>
	Medula										
0	56,75	41,58	1,10	0,08	0,33	0,13	66,23	33,42	0,06	0,03	0,03
1,2	56,25	42,70	0,45	0,00	0,25	0,10	65,96	33,88	0,11	0,02	0,00
4,8	57,80	40,08	0,88	0,18	0,43	0,08	65,49	34,14	0,26	0,02	0,00
9,6	56,18	42,68	0,40	0,03	0,30	0,05	66,28	33,23	0,21	0,05	0,01
CV (%)	2,19 <sup>n.s.</sup>	3,67 <sup>n.s.</sup>	39,36 <sup>1o</sup>	34,55 <sup>n.s.</sup>	1,32 <sup>n.s.</sup>	1,13 <sup>n.s.</sup>	1,54 <sup>n.s.</sup>	3,78 <sup>n.s.</sup>	123,02 <sup>n.s.</sup>	117,26 <sup>n.s.</sup>	214,99 <sup>n.s.</sup>

\*\* e \* significativo ao nível de 1% e a 5%, respectivamente, de probabilidade de erro, pelo teste de regressão; n.s. não significativo. 1° e 2° representam equações de regressão linear e quadrática, respectivamente.

FONTE: A autora (2018).

A composição química elementar da madeira de eucalipto identificada foi de aproximadamente 50% de carbono, 41% de oxigênio, 2 % de cálcio, 0,20% de potássio e magnésio e 0,30% de cloro. Cabe ressaltar que o elemento Cl não foi identificado no material coletado em Ventania. Entretanto, nenhuma amostra analisada do eucalipto cultivado em Ventania, identificou o elemento Cloro. Reis et al. (2012) avaliaram a composição química elementar da madeira de *Eucalyptus*, em base seca, e identificaram porcentagens de aproximadamente 48% de carbono, 6% de hidrogênio, 45% de oxigênio, 0,15% de nitrogênio e 0,01% de enxofre. Assim como estes autores, Protásio et al. (2011), Protásio et al. (2013) e Neves et al. (2011) também identificaram elementos químicos e teores similares, as cabe ressaltar que os referidos autores não avaliaram seus experimentos através do MEV-EDS.

Para Brito; Barrichelo (1978) a composição química elementar típica da madeira e da casca de espécies de eucalipto entre 50,8 a 53,1% de C, 37,8 a 41,8% de O, 5,9 a 6,4% de H e 0,1 a 0,4% de N. Estes valores concordam com os obtidos por Macedo (2012).

TABELA 3 - EQUAÇÃO DA REGRESSÃO, NÍVEL DE PROBABILIDADE, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E DE VARIAÇÃO PARA OS TEORES RELATIVOS OBTIDO POR MICROANÁLISE DE RAIOS-X CARACTERÍSTICOS POR EDS NAS PORÇÕES FOLIARES CORRESPONDENTES AO LIMBO CENTRAL E NERVURA CENTRAL E NA PORÇÃO DO DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO DO TRONCO CORRESPONDENTE À CASCA EXTERNA, CERNE E MEDULA.

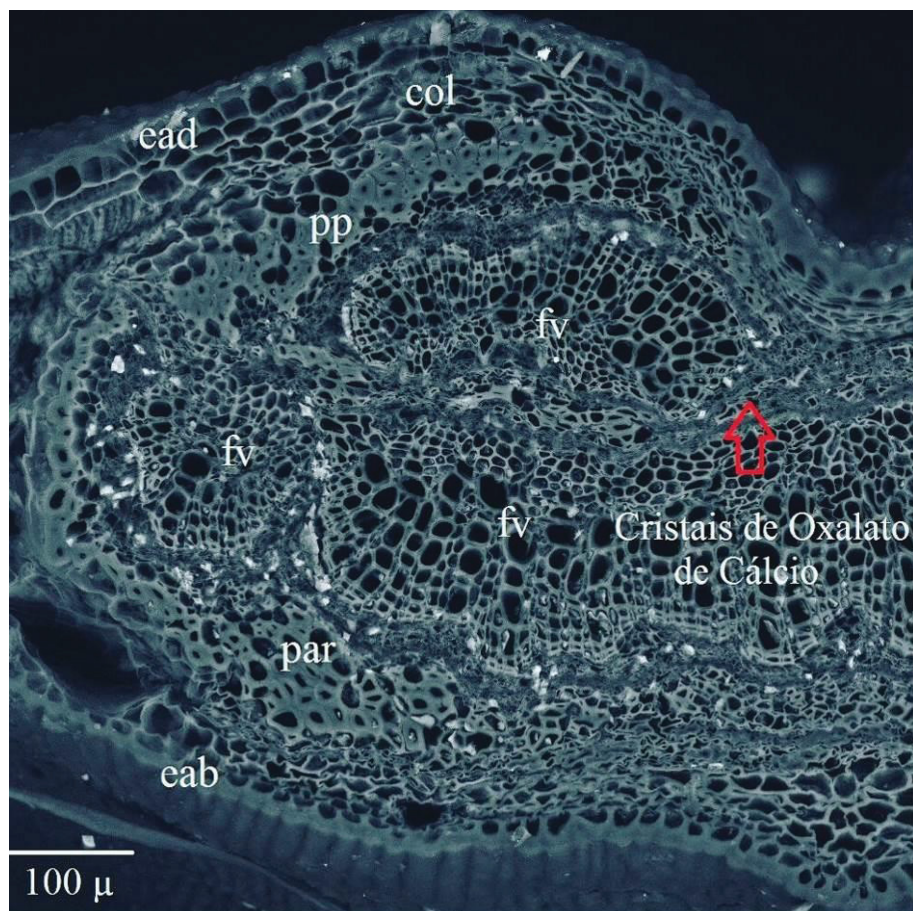
Elemento (%)	Fração da planta	Município	Equação	p	R <sup>2</sup>	CV (%)
Oxigênio	Casca externa	Jaguariaíva	$Y = 52,175 - 5,43x$	$p \leq 0,01$	0,99	5,34
Cálcio	Casca externa	Jaguariaíva	$Y = 4,375 + 5,60x - 1,90x^2$	$p \leq 0,01$	0,99	44,07
Cloro	Casca externa	Jaguariaíva	$Y = 0,532 + 0,159x - 0,172x^2$	$p \leq 0,05$	0,77	75,70
Carbono	Casca externa	Jaguariaíva	$Y = 42,0 - 0,0002x - 0,316x^2$	$p \leq 0,05$	0,99	1,69
Cálcio	Medula	Jaguariaíva	$Y = 1,100 - 0,804x$	$p \leq 0,01$	0,99	39,36
Cálcio	Limbo foliar	Jaguariaíva	$Y = 0,21 + 0,016x$	$p \leq 0,01$	0,54	26,69
Carbono	Limbo foliar	Jaguariaíva	$Y = 72,52 + 0,3394x$	$p \leq 0,01$	0,99	2,32
Enxofre	Limbo foliar	Jaguariaíva	$Y = 0,075 - 0,040x - 0,037x^2$	$p \leq 0,01$	0,99	44,93
Alumínio	Nervura foliar	Jaguariaíva	$Y = 0,058 - 0,0186x$	$p \leq 0,01$	0,95	65,06
Oxigênio	Nervura foliar	Jaguariaíva	$Y = 26,95 - 1,257x$	$p \leq 0,01$	0,99	10,93
Cálcio	Nervura foliar	Jaguariaíva	$Y = 0,125 - 0,0938x$	$p \leq 0,05$	0,99	64,32
Carbono	Nervura foliar	Jaguariaíva	$Y = 72,30 + 1,500x$	$p \leq 0,01$	0,99	4,55
Silício	Nervura foliar	Jaguariaíva	$Y = 0,124 - 0,036x + 0,005x^2$	$p \leq 0,01$	0,89	57,14
Alumínio	Limbo foliar	Ventania	$Y = 0,179 - 0,000014x$	$p < 0,05$	0,65	42,03

FONTE: A autora (2018).

### 5.5.2 ESTUDO BOTÂNICO

A descrição morfoanatômica em corte histológico transversal da folha observada em microscopia eletrônica de varredura do híbrido de eucalipto *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*), conforme observada na figura 2. Como descrição anatômica, identifica-se elementos de tecidos vegetais tais como presença de epiderme adaxial (ead), epiderme abaxial (eab), colênquima (col), parênquima fundamental (par), parênquima paliçádico (pp) e feixe vascular (fv).

FIGURA 2 - CORTE HISTOLÓGICO TRANSVERSAL DE FOLHA DO HÍBRIDO DE EUCALIPTO *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*). EAD: EPIDERME ADAXIAL, EAB: EPIDERME ABAXIAL, COL: COLÊNQUIMA, PAR: PARÊNQUIMA FUNDAMENTAL, PP: PARÊNQUIMA PALIÇÁDICO, FV: FEIXE VASCULAR.



FONTE: A autora.

A epiderme é constituída de células epidérmica uniestratificadas, de formato retangular, tanto adaxial quanto abaxial. Não se observou interprojeções da parede celular do protoplasto na face interna, como mencionados em literatura (GOMES et al., 2009). Assim, com no trabalho de Döll-Boscardin et al. (2010) identificou-se entre 5 a 6 camadas de colênquima do tipo angular. Já no parênquima estas camadas ampliam-se entre 8 a 10, concordando com o mesmo autor citado.

Entre as células isodiamétricas do parênquima, encontra-se idioblastos com cristais de oxalato de cálcio, identificados pelo eds, circundando os feixes vasculares, principalmente no floema. A presença de cristais de oxalato de cálcio entre as células do parênquima em espécies de eucalipto também foi identificada por Malinowski; Nakashima; Alquini (2009), Döll-Boscardin et al. (2010), Revolti (2015), conforme observado na tabela 2, onde os teores relativos de cálcio foram superiores na casca quando comparados as demais partes da planta avaliadas.

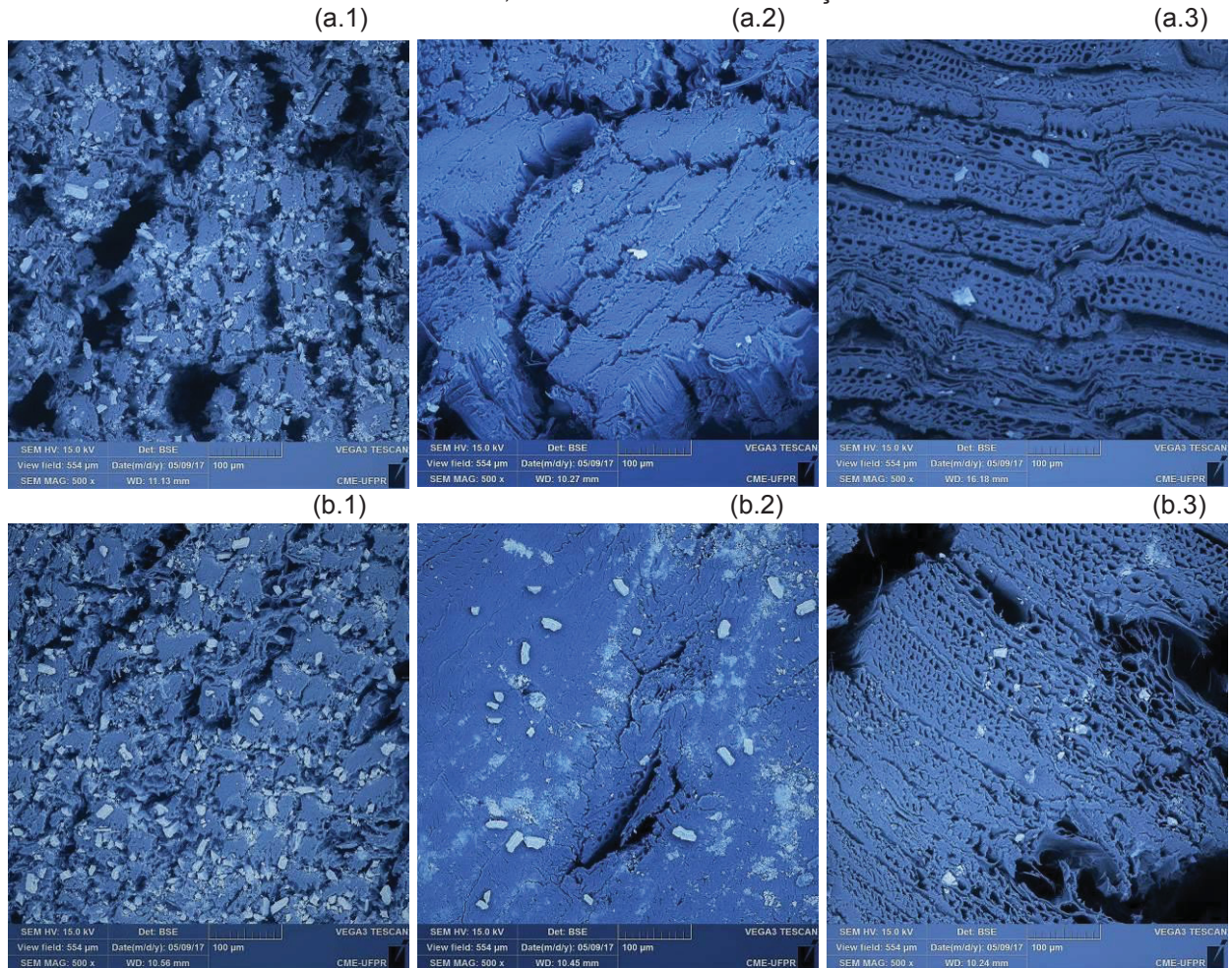
Em avaliações de fotomicrografia eletrônica, Niscoski; Muñiz; Klock (1998) observaram as variações existentes nos tecidos da madeira em espécie de *Eucalyptus benthamii* com 7 anos de idade em corte transversal e identificaram os principais caracteres anatômicos, similares aos observados neste experimento, como presença de elementos vasculares, placas de perfuração simples, parênquima axial paratraqueal, raios homogêneos e fibras libriiformes. Os mesmos caracteres foram identificados por Antonio (2011), corroborando com os caracteres histológicos identificados neste experimento.

Complementando as avaliações histológicas, a descrição morfoanatômica em corte histológico transversal do tronco, identificando-se a casca, cerne e medula observada em microscopia eletrônica de varredura do híbrido de eucalipto *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*), está apresentada na figura 3.

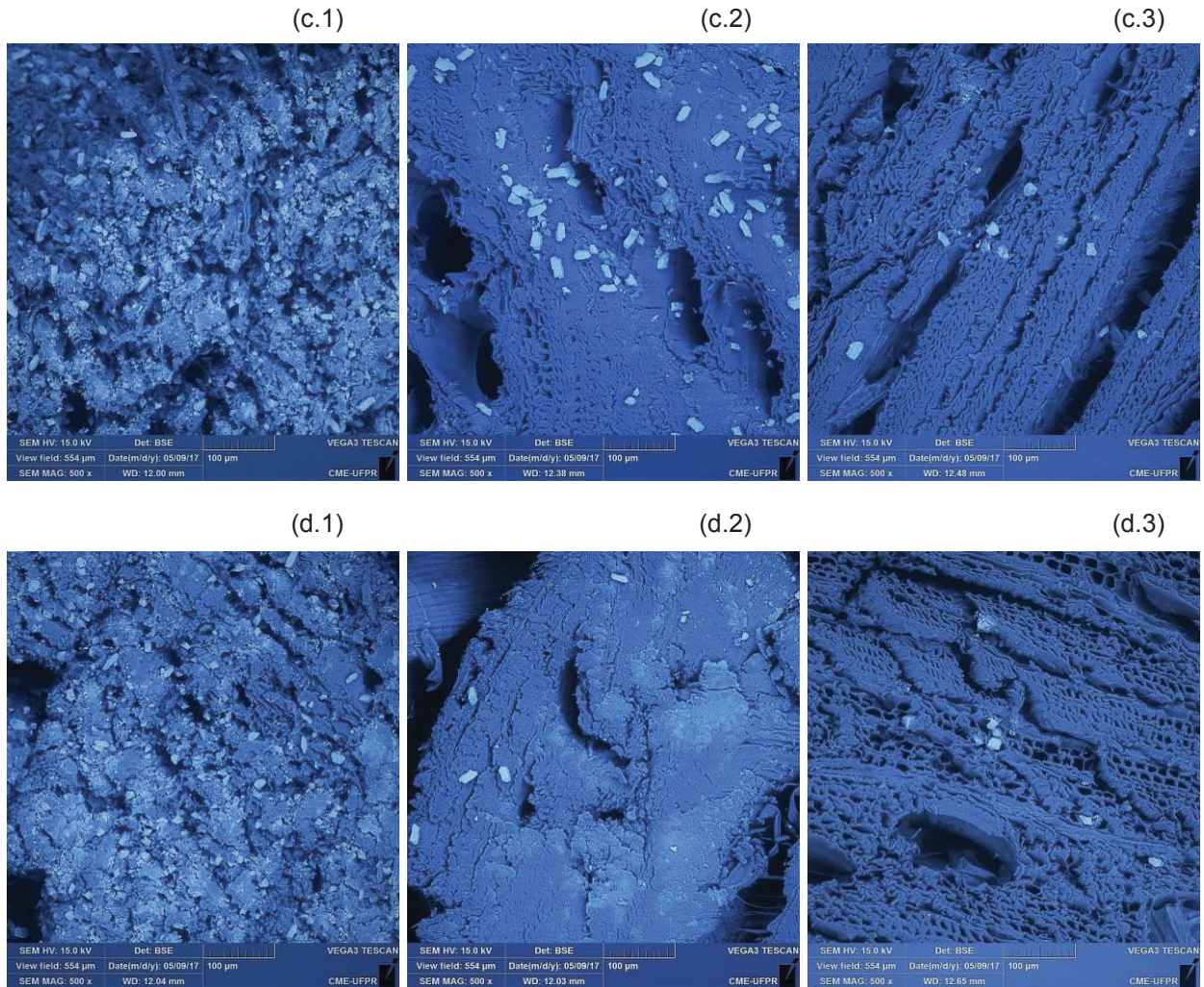
A estrutura da madeira de plantas de eucalipto consiste em uma organização complexa de elementos anatômicos com presença de fibras longitudinais, poros e/ou vasos, raios de células dirigidos do centro a periferia do tronco. Botanicamente, plantas de eucalipto tendem apresentar madeira macia, não porosa e sem a presença de vasos.

O corte histológico do tronco de eucalipto é caracterizado por um tecido fibroso, com células desordenadas, principalmente na casca externa, com presença de fendas associadas as linhas de fraqueza das fibras no sentido do corte (figura 3a). Ao longo do lúmen fibroso, identifica-se os cristais de oxalato, caracterizados pelo eds com os elementos cálcio e oxigênio, cuja presença apresenta maior acúmulo na casca externa.

FIGURA 3 - CORTE HISTOLÓGICO TRANSVERSAL DA CASCA (1), DO CERNE (2) E MEDULA (3) DO HÍBRIDO DE EUCALIPTO *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*), COLETADA AOS TRINTE E SEIS MESES APÓS O TRANSPLANTE DE MUDAS APÓS A APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA NAS DOSAGENS DE 0 (a); 1,2 (b) 4,8 (c) E 9,6 (d) Mg ha<sup>-1</sup>, NO MUNICÍPIO DE JAGUARIAÍVA, ESTADO DO PARANÁ, LIDAS EM MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA TESCAN VEGA3 LMU, OBTIDAS COM RESOLUÇÃO DE AUMENTO DE 500 X.



Continua...



FONTE: A autora.

Imagens semelhantes obtidas em microscopia eletrônica de varredura foram expressas no trabalho de Abruzzi (2012) em *Eucalyptus grandis* do alburno, cerne e medula. Os autores observaram em corte transversal partes ocas das fibras demonstrando o lúmen que se trata dos espaços vazios e uniformidade no diâmetro nas regiões avaliadas. Para Antonio (2011) as espécies de eucalipto são árvores de tamanho médio a alto, com imperfeições nas cascas do tronco, sendo estas mais suaves na parte superior do vegetal, comprovadas estas imperfeições nos cortes histológicos do presente estudo. Trianoski (2012) identificou estas variações internas no tronco na cultura do Pinus caracterizada pela redução da massa específica, identificada pelos espaços vazios, no sentido medula para a casca.

## 5.7 CONCLUSÕES

1. O gesso agrícola exerceu baixa influência embora significativa, porém pouco representativa em valor absoluto sobre os elementos identificados via espectroscopia de energia dispersiva, exceção ao cálcio e do carbono no sítio de Jaguariaíva, no limbo, na nervura foliar e na casca externa.

2. Quanto ao estudo botânico histológico caracterizou a presença de células isodiamétricas do parênquima onde encontram-se idioblastos com cristais de oxalato de cálcio em folhas e maior presença na casca externa quando comparadas ao cerne e a medula.

## 5.8 REFERÊNCIAS

ABRUZZI, R.C. **Avaliação de postes de *Eucalyptus* retirados da rede elétrica por microscopia de varredura e ensaio de flexão**. 121p. Dissertação (mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais). Porto Alegre: Universidade Pontifícia Católica do Rio Grande do Sul, 2012.

ALFENAS, A.C.; MAFIA, R.G.; SARTÓRIO, R.C.; BINOTI, D.H.B.; SILVA, R.R.; LAU, D.; VANETTI, C.A. *Ralstonia solanacearum* em viveiros clonais de Eucalipto no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 4, p. 357-366, 2006.

ALVARES, C. A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p.711-728, 2013.

ANTONIO, R.D. **Caracterização fitoquímica, morfoanatomia e atividades biológicas de *Eucalyptus badjensis* Beuzev. & Welch, Myrtaceae**. 104p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2011.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G. Características do eucalipto como combustível: análise química imediata da madeira e da casca. **IPEF**, n. 16, p. 63-78, 1978.

CASTRO, L.A.S. **Processamento de amostras para microscopia eletrônica de varredura**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001, 37p.

DENAVID, B.A.; GOMES, C.I.; MACHADO, G. **Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparações de amostras materiais poliméricos, metálicos e semicondutores**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007, 60p.

DÖLL-BOSCARDIN, P.M.; FARAGO, P.V.; NAKASHIMA, T.; SANTOS, P.E.T.; PAULA, J.F.P. Estudo Anatômico e prospecção fitoquímica de folhas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. **Latin American Journal Pharmacology**, v. 29, n. 1, p. 94-101, 2010.

EMBRAPA SOLOS. **Manual de métodos de análise de solo**. Ed. Rio de Janeiro; 1997.

EUFRADES JUNIOR, H.J. **Caracterização físico-química da biomassa produzida em sistemas florestais de curta rotação para geração de energia**. 118p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Botucatu: Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Junior, 2015.

GOMES, S.M.; SOMAVILLA, N.S.D.N.; GOMES-BEZERRA, K.M.; MIRANDA, S.C.; CARVALHO, P.S.; RIBEIRO, D.G. Anatomia foliar de espécies de Myrtaceae: contribuições a taxonomia e filogenia. **Acta botânica brasileira**, v. 23, n. 1, p. 223-238, 2009.

HEPLER, P.K. Introduction 10th international botanical microscopy meeting special issue. **Journal of microscopy**, v. 263, n.2, p. 127-128, 2016.

LAWER, I.R.; FOLEY, W.J.; WOODROW, I.E.; CORK, S.J. The effects of elevated CO<sub>2</sub> atmospheres on the nutritional quality of Eucalyptus foliage and its interaction with soil nutrient and light availability. **Oecologia**, v. 109, p. 59-68, 1997.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amido de diferentes fontes botânicas. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, v. 27, n. 3, p. 579-588, 2007.

MACEDO, L.A. **Influência da composição da biomassa no rendimento em condensáveis do processo de torrefação**. 60p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais

MALINOWSKI, L.R.L.; NAKASHIMA, T.; ALQUINI, Y. Caracterização morfoanatômica das folhas jovens de *Eucalyptus globulus* Labill ssp. *Biscotata* (Maiden et al.) J.B.Kirkpat. (Myrtaceae). **Latin American Journal Pharmacology**, v. 28, n. 5, p. 756-761, 2009.

MARTINS, M.B.G. Estrutura de microscopia óptica e de microscopia eletrônica de varredura em folhas de *Mentha spicata* e de *Mentha spicata x suaveolens* (Lamiaceae). **Bragantia**, v. 61, n. 3, p. 205-218, 2002.

MATOS, G.S.B. et al. Desenvolvimento inicial e estado nutricional de clones de eucalipto no nordeste do Pará. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 42, n. 4, p.491-500, 2012.

MICHALOVICZ, L. et al. Soil fertility, nutrition and yield of maize and barley with gypsum application on soil surface in no-till. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 5, p.1496-1505, out. 2014.



- NAZ, R.; ANIS, M.; ALATAR, A.A. Embling Production in *Althaea officinalis* L., Through Somatic Embryogenesis and Their Appraisal via Histological and Scanning Electron Microscopical Studies. **Applied Biochemistry Biotechnology**, p. 1:16, 2017.
- NEVES, T.A.; PROTÁSIO, T.P.; COUTO, A.M.; TRUGILHO, P.F.; SILVA, V.O.; VIEIRA, C.M.M. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.31, n.68, p.319–330, 2011.
- NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G.I.B.; KLOCK, U. Caracterização anatômica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. **Ciência Florestal**, v. 8, n.1, p. 67-76, 1998.
- PLOTEGHER, F.; RIBEIRO, C. Characterization of Single Superphosphate Powders – a study of Milling Effects on Solubilization Kinetics. **Materials research**, v. 19, n. 1, p. 98-105, 2016.
- PROTÁSIO, T.P.; BUFALINO, L.; TONOLI, G.H.D.; COUTO, A.M.; TRUGILHO, P.F.; GUIMARÃES JÚNIOR, M. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.31, n.66, p.122-133, 2011.
- PROTASIO, T.P.; COUTO, A.M.; REIS, A.A.; TRUGILHO, P.F. Seleção de Clones de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal e bioenergia por meio de técnicas univariadas e multivariadas. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 97, p. 15-28, 2013.
- RAMOS, B.Z. et al. Doses de gesso em cafeeiro: influência nos teores de cálcio, magnésio, potássio e pH na solução de um latossolo vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 4, p.1018-1026, ago. 2013.
- R CORE TEAM (2018). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2008.
- REIS, A.A.; PROTÁSIO, T.P.; MELO, I.C.N.A.; TRUGILHO, P.F.; CARNEIRO, A.C.O. Composição da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus urophylla* em diferentes locais de plantio. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 71, p. 277-290, 2012.
- REVOLTI, P.M. **Caracterização morfológica de um mutante em *Eucalyptus***. 59 p. Dissertação (Doutorado em Ciências Biológicas). Botucatu: Universidade Paulista Julio de Mesquita Filho. 2015.
- ROCHA, I.T.M. et al. Mineral gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), a promoter of biomass production of sweet sorghum. **Australian Journal Of Crop Science**, n. 8, p.1663-1670, 2014.

SANTANA, R.C. et al. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, p.2723-2733, dez. 2008.

SERAFIM, M. E. Alterações físico-químicas e movimentação de íons em Latossolo gibbsítico sob doses de gesso. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 1, p.75-81, 2012.

SGARBI, F. **Produtividade do *Eucalyptus* sp. em função do estado nutricional e da fertilidade do solo em diferentes regiões do Estado de São Paulo**. 2002. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SILVA, J.V. et al. Produção e acúmulo de nutrientes em povoamento de eucalipto em consequência da intensidade do desbaste e da fertilização. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 11, p.1555-1562, nov. 2012.

SIMONETE, M.A. et al. Fornecimento de cálcio para plantas de *Eucalyptus saligna* por meio de aplicação de resíduo industrial lama de cal. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 5, p.1343-1351, out. 2013.

STEVENS, D.P.; McLAUGHLIN, M.J.; ALSTON, A.M. Phytotoxicity of aluminium-fluoride complexes and their uptake from solution culture by *Avena sativa* and *Lycopersicon esculentum*. **Plant and Soil**, v. 192, p. 81-93, 1997.

TOLEDO, M.G.T.; ALQUINI, Y.; NAKASHIMA, T. Caracterização anatômica de folhas de *Cunila microcephala* Baenth (Lamiaceae). **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 40, n. 4, p. 487-493, 2004.

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v.2, n.1, p.94-111, 1996.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties and utilization**. New York, 1991. 494 p.

VIERA, M. et al. Implicações nutricionais com base em diferentes intensidades de colheita da biomassa de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 3, p.432-439, mar. 2015.

## **6 CONCLUSÃO GERAL**

Conclui-se que o gesso agrícola aplicado a lanço ao solo não apresentou resultados satisfatórios para o parâmetro de solo e planta analisados. Tal fato está relacionado a baixa resposta do gesso quando aplicado em conjunto a calagem, principalmente relacionadas ao fornecimento do elemento cálcio, a cultura de estudo ser tolerante as altas concentrações de alumínio no solo, outro efeito da aplicação de gesso agrícola e as condições climáticas gerais foram semelhantes nos dois sítios florestais avaliados com precipitação bem distribuídas ao longo do desenvolvimento do eucalipto sem período de estiagem ou déficit hídrico, proporcionando um desenvolvimento satisfatório para a cultura.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Embora os dados apresentados nesta tese foram durante o desenvolvimento inicial das plantas de eucalipto, tem sido dado continuidade com objetivo de atingir o ponto de colheita das árvores e seus resultados posteriormente analisados permanecem sem expressividade diante da aplicação de gesso agrícola, mesmo após 54 meses do transplante das mudas.

## 8 REFERÊNCIAS

AGRITEMPO – Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br/> Acesso em: 10 fev. 2010.

ABRAF. **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012 / ABRAF**. Brasília: 2013.148 p.

ABRUZZI, R.C. **Avaliação de postes de *Eucalyptus* retirados da rede elétrica por microscopia de varredura e ensaio de flexão**. 121p. Dissertação (mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais). Porto Alegre: Universidade Pontifícia Católica do Rio Grande do Sul, 2012.

AHMED, K.; QADIR, G.; JAMI, A.R.; NAWAZ, M.Q.; REHIM, A.; JABRAN, K.; HUSSAIN, M. Gypsum and farm manure application with chiseling improve soil properties and performance of fodder beet under saline-sodic conditions. **International Journal Agriculture and Biology**, 17, p. 1225-1230, 2015.

ALFENAS, A.C.; MAFIA, R.G.; SARTÓRIO, R.C.; BINOTI, D.H.B.; SILVA, R.R.; LAU, D.; VANETTI, C.A. *Ralstonia solanacearum* em viveiros clonais de Eucalipto no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 4, p. 357-366, 2006.

AL-MASRI, M.S.; AMIN, Y.; IBRAHIM, S.; AL-BICH, F. Distribution of some trace metals in Syrian phosphogypsum. **Applied Geochemistry**, v. 19, p. 747-753, 2004.

ALMEIDA, J. C. R.; LACLAU, J. P.; GONCALVES, J. L. D.; RANGER, J.; SAINTANDRE, L. A positive growth response to NaCl applications in Eucalyptus plantations established on K-deficient soils. **Forest Ecology and Management**, 259:1786–1795, 2010.

ALVARES, C. A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p.711-728, 2013.

AMARAL, I.A.; ASCARI, J.P.; DUARTE, W.M.; MENDES, I.R.N.; SANTOS, E.S.; JULIO, O.L.L. Efeito de doses de gesso agrícola na cultura do milho e alterações químicas do solo. **Revista Agrarian**, v. 10, n. 35, p. 31-41, 2017.

ANDRADE, A.T.; FERNANDES, L.A.; FAQUIN, V. Organic residue, limestone, gypsum, and phosphorus adsorption by lowland soils. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 349-355, 2002.

ANGELO, H.; PAULUCIO, F.F.; ALMEIDA, N.A.; MATRICARDI, E.A.T.; SOARES, P.R.C. A expansão dos reflorestamentos de Eucalipto no estado de Goiás. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 223-228, 2015.

ANIKWE, M.A.N.; EZE, J.C.; IBUDIALO, A.N. Influence of lime and gypsum application on soil properties and yield of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) in a degraded Ultisol in Agbani, Enugu Southeastern Nigeria. **Soil and Tillage Research**, v. 158, p. 32-38, 2016.

ANTONIO, R.D. **Caracterização fitoquímica, morfoanatomia e atividades biológicas de *Eucalyptus badjensis* Beuzev. & Welch, Myrtaceae**. 104p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2011.

ARAÚJO, L.C.; FIGUEIREDO, C.C.; SOUZA, D.M.G.; NUNES, R.S.; REIN, T.A. Influence of gypsum application on sugarcane yield and soil chemical properties in the Brazilian cerrado. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n.11, p. 1557-1563, 2016.

ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; NASCENTE, A.S.; LACERDA, M.C. Gesso aplicado na superfície do solo no desenvolvimento do arroz de terras altas sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18 n. 11, p. 1136-1141, 2014.

AROCENA, J.M.; RUTHERFORD, P.M.; DUDAS MJ. Heterogeneous distribution of trace elements and fluorine in phosphogypsum by-product. **The science of the total environment**, v. 162, p. 149-160, 1995.

ASSIS, R.L.; FERREIRA, M.M.; CARGNELUTI FILHO, A.C. Estado nutricional de *Eucalyptus urophylla* S.T.Blake sob diferentes espaçamentos na região de cerrados de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 151-157, 2006.

AZOUAZI, M.; OUAHIDI, S.F.; FAKHI, S.; ANDRES, Y.; ABBE, J.C.; BENMANSOUR, M. Natural radioactivity in phosphates, phosphogypsum and natural waters in Marocco. **Journal of environmental radioactivity**, v. 54, p. 231-242, 2001.

BAHIA FILHO, A.F.C.; BRAGA, J.M.; RESENDE, M.; RIBEIRO, A.C. Relação entre adsorção de fósforo e componentes mineralógicos da fração argila de Latossolos do Planalto Central. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 7, p. 221-226, 1983.

BALLESTEROS, M.; CAÑADAS, E.M., FORONDA, A.; PEÑAS, J.; VALLE, F.; LORITE, J. Central role of bedding materials for gypsum-quarry restoration: An experimental planting of gypsophile species. **Ecological Engineering**, v. 70, p. 470-476, 2014.

BASSACO, M.V.M. **Nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento e nutrição de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em dois sítios no estado do Paraná.** 82p. Tese (Doutorado em Ciências do Solo). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2018.

BASSO, C.J.; SOMAVILLA, L.; SILVA, R.F.; SANTI, A.L. Intervenção mecânica e gesso agrícola para mitigar o gradiente vertical de cátions sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n.4, p. 456-463, 2015.

BASTIN, O.; JANSSENS, F.; DUFEY, J.; PEETERS, A. Phosphorus removal by a synthetic iron oxide-gypsum compound. **Ecological Engineering**, v. 12, p. 339-351, 1999.

BASTIN, O.; JANSSENS, F.; DUFEY, J.; PEETERS, A. Phosphorus removal by a synthetic iron oxide-gypsum compound. **Ecological Engineering**, v. 12, p. 339-351, 1999.

BELKACEM, S.; NYS, C. Consequences of liming and gypsum top-dressing on nitrogen and carbon dynamics in acid forest soils with different humus forms. **Plant and Soil**, v. 173, p. 79-88, 1995.

BELL, D.T.; WARD, S.C. Foliar and twig macronutrients (N, P, K, Ca e Mg) in selected species of *Eucalytus* used in rehabilitation: source of variation. **Plant and Soil**, v. 81, p. 363-376, 1984.

BERTON, R.S. Fertilizantes e poluição. In: Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 20, Piracicaba, 1992. **Anais...**, Piracicaba, SBSCS/Fundação Cargill, 1992. p.299-313.

BIZON J. M. C. **Avaliação da sustentabilidade nutricional de plantios de *Pinus taeda* L. usando um balanço de entrada e saída de nutrientes.** 2005. 96 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz. ESALQ/USP, Piracicaba, 2005.

BLUM, S.C.; CAIRES, E.F.; ALEONI, L.R.F. Lime and phosphogypsum application and sulfate retention in subtropical soils under no-till system. **Journal of Science and Plant Nutritional**, v. 13, p. 279-300, 2013.

BOHN, H.L.; STRAWN, D.G.; O'CONNOR, G.A. **Soil chemistry.** John Wiley & Sons, 2015.

BORGES, E.M.; LAFORGA, G.; LANA, R.M.Q.; BORGES, E.V.S. COSTA, L.M. Efeito de calcário e gesso nos teores de cálcio e alumínio na camada compactada em Latossolo Vermelho-escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 12, p. 1309-1315, 1997.

BORGES, E.N.; LOMBARDI NETO, F.; COSTA, L.M.; CORRÊA, G.F.; BORGES, E.V.S. Alterações nos componentes da acidez do solo promovidas em camada superficial compactada pela aplicação superficial de gesso. **Ceres**, v. XLV, n.257, p. 55-64, 1998.

BORGES, R.C.; FÁVARO, D.N.T.; CALDAS, V.G.; LAURIA, D.C.; BERNEDO, A.V.B. Instrumental neutron activation analysis, gamma spectrometry and geographic information system techniques in the determination and mapping of rare earth element in phosphogypsum stacks. **Environmental Earth Science**, v. 75, p. 2-15, 2016.

BORGES, W.L.; SOUZA, I.M.D.; BAZZO, V.A. Chemical and physical changes in an Argisol under agrosilvopastoral system in Votuporanga, São Paulo State, Brazil. **Acta Agronomy**, v. 66, n. 1, p. 75-80, 2017.

BORTOLANZA, D.R.; KLEIN, V.A. Soil chemical and physical properties on an Inceptisol after liming (surface and incorporated) associated with gypsum application. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 40, p. 1-13, 2016.

BRAGA, F.A.; VALE, F.R.; MUNIZ, J.A. Movimentação de nutrientes no solo, crescimento e nutrição mineral do eucalipto, em função de doses e níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.19, p. 69-77, 1995.

BRANDELERO, C.; ANTUNES, M.U.F.; GIOTTO, E. Silvicultura de precisão: nova tecnologia para o desenvolvimento florestal. **Ambiência**, v. 3, n. 2, p. 269-281, 2007

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G. Características do eucalipto como combustível: análise química imediata da madeira e da casca. **IPEF**, n. 16, p. 63-78, 1978.

BRUN, E.J.; FERRAZ, M.O.; ARAÚJO, E.F. Relação entre o acúmulo de serapilheira sobre o solo e variáveis dendrométricas em povoamento híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus maidenii*, em Eldorado do Sul/RS. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 1, n.1, p. 24-31, 2013.

BURKE, I.T.; PEACOCK, C.L.; LOCKWOOD, C.L.; STEWART, D.I.; MORTIMER, R.J.G.; WARD, M.B.; RENFORTH, P.; GRUIZ, K.; MAYES, W.M. Behavior os aluminium, arsenic and vanadium during neutralization of red mud leachate by HCl,



gypsum or seawater. **Environmental Science and Technology**, v. 47, p. 6527-6535, 2013.

CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 22, p. 27-34, 1998.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 23, n. 2, p. 315-327, 1999.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; FELDHAUS, I.C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 25, p. 1029-1040, 2001.

CAIRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v. 27, p. 275-286, 2003.

CAIRES, E.F.; CHURKA, S.; GARBUIO, F.J.; FERRARI, R.A.; MORGANO, M.A. Soybean yield and quality as function of lime and gypsum applications. **Scientia Agricola**, v. 63, p. 370-379, 2006.

CAMARGO, M.L.P.; MORAES, C.B.; MORI, E.S.; GUERRINI, I.A.; MELLO, E.J.; ODA, S. Considerações sobre eficiência nutricional em *Eucalyptus*. **Científica**, v. 32, n. 2, p. 191-196, 2004.

CAÑADAS, E.M.; BALLESTEROS, M.; FORONDA, A.; NAVARRO, F.B.; JIMÉNEZ, M.N.; LORITE, J. Enhancing seedling production of native species to restore gypsum habitats. **Journal Environmental Management**, v. 163, p. 109-114, 2015.

CANUT, M.M.C.; JACOMINO, V.M.; BRATVEIT, K.; GOMES, A.M.; YOSHIDA, M.I. Microstructural analyses of phosphogypsum generated by Brazilian fertilizer industries. **Materials Characterization**, v. 59, p. 365-373, 2008.

CAPONE, V.; KROLOW, I.R.C.; SANTOS, D.R.; SANTOS, L.J.C.; TROIAN, A. Distribuição espacial do fósforo disponível do solo em uma bacia hidrográfica

agrícola e sua relação com os fatores ambientais uso da terra e declive. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 4, p. 711-728, 2016.

CARDUCCI, C.E.; OLIVEIRA, G.C.; OLIVEIRA, L.M.; BARBOSA, S.M.; SILVA, E.A. Retenção de água do solo sob sistema conservacionista de manejo com diferentes doses de gesso. **Revista Ciências Agrárias**, v. 58, n. 3, p. 284-291, 2015.

CARMO, J.F.; MIRANDA, I.; QUILHÓ, T.; SOUSA, V.B.; CARMO, F.H.D.J.; LATORRACA, J.V.F.; PEREIRA, H. Chemical and structural characterization of the bark of *Albizia niopoides* tress from the Amazon. **Wood Science Technology**, v. 50, p. 677-692, 2016.

CARVALHO, J.M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; CARVALHO, M.P. Produtividade da cana soca sem queima em função do uso de gesso e vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 1-9, 2013.

CARVALHO, M.C.S.; NASCENTE, A.S. Limestone and phosphogypsum effects on soil fertility, soybean leaf nutrition and yield. **African Journal Research**, v. 9, p. 1366-1383, 2014.

CASCARDO, J.C.M.; OLIVEIRA, L.E.M.; SOARES, A.M. Disponibilidade de água e doses de gesso agrícola nas relações hídricas da seringueira. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 5, p. 31-34, 1993.

CASTRO, C.A.O.; RESENDE, R.T.; BHERING, L.L.; CRUZ, C.D. Breve histórico do melhoramento genético no eucalipto sob a ótica dos avanços biométricos. **Ciência Rural**, v. 46, n. 9, p. 1585-1593, 2016.

CASTRO, L.A.S. **Processamento de amostras para microscopia eletrônica de varredura**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001, 37p.

CHAVATAMASET, P.; TIA, S. The characteristics of bed agglomeration during fluidized bed combustion of eucalyptus bark. **Applied Thermal Engineering**, v. 75, p. 1134-1146, 2015.

CHAVES, R.Q.; CORRÊA, G.F. Macronutrientes no sistema solo-*Pinus caribea* Morelet em plantios apresentando amarelecimento das acículas e morte de plantas. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p. 691-700, 2005.

CHRISTO, S.S.M.; SANTOS, O.S. Efeitos do gesso e do boro na produção de mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook. **Revista Centro de Ciências Rurais**, v. 20, p. 173-184, 1990.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Recomendação de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo: SBCS - Núcleo Regional Sul, 1994.

COOK, R.L.; BINKLEY, D.; STAPE, J.L. Eucalyptus plantation effects on soil carbon after 20 years and three rotations in Brazil. **Forest ecology and management**, v. 359, p. 92-98, 2016.

COSTA, M.A.M.; SANTOS, V.A.H.F.; FARIAS NETO, A.L.; MENEGUCCI, J.L.P.; ZOLIN, C.A.; LULU, J.; SILVA, V.P. Aspectos ecofisiológicos e de crescimento de *Eucalyptus urograndis* submetido à suplementação hídrica em plantios clonais. **Revista Biologia Neotropical**, v. 12, p. 44-57, 2015.

COSTA, M.A.M.; SANTOS, V.A.H.F.; FARIAS NETO, A.L.; MENEGUCCI, J.L.P.; ZOLIN, C.A.; LULU, J.; SILVA, V.P. Aspectos ecofisiológicos e de crescimento de *Eucalyptus urograndis* submetido à suplementação hídrica em plantios clonais. **Revista Biologia Neotropical**, v. 12, p. 44-57, 2015.

COSTA, C.H.M.; CRUSCIOL, C.A.C. Long-term effects of lime and phosphogypsum application on tropical no-till soybean-oat-sorghum rotation and soil chemical properties. **European Journal of Agronomy**, v. 74, p. 119-132, 2016.

CRUSCIOL, C.A.C.; ARTIGIANI, A.C.C.A.; ARG, O.; CARMEIS FILHO, A.C.A.; SORATTO, R.P.; NASCENTE, A.S.; ALVAREZ, R.C.F. Soil fertility, plant nutrition, and grain yield of upland rice affected by surface of lime, silicate, and phosphogypsum in a tropical no-till system. **Catena**, v. 137, p. 87-99, 2016.

CUNHA, A.C.M.C.M.; PAIVA, H.N.; LEITE, H.G.; BARROS, N.F.; LEITE, F.P. Influência do estado nutricional de micepas no enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 33, n. 4, p. 607-615, 2009.

CUNHA, J.F.; FRANCISCO, E.A.B.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L.I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira – 2009 a 2012. **Informações Agrônomicas**: IPNI International Plant Nutrition Institute, nº 145, março de 2014.

DALLA-NORA, D. **Melhoria da qualidade química do perfil do solo como estratégia para atenuar os efeitos de déficits hídricos sobre a produtividade das culturas de grãos em sistema plantio direto**. 116p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo). Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

DALLA-NORA, D.; AMADO, T.J.C.; BORTOLOTTI, R.P.; FERREIRA, A.O.; KELLER, C.; KUNTZ, J. Alterações químicas do solo e produtividade do milho com aplicação de gesso combinado com calcário. **Magistra**, v. 26, n. 1, p. 1-10, 2014.

DELHAIZE, E.; RYAN, P.R. Aluminum toxicity and tolerance in plants. **Plant Physiology**, v. 107, p. 315-321, 1995.

DELL, B.; ROBINSON, J.M. Symptoms of mineral nutrient deficiencies and the nutrient concentration ranges in seedlings of *Eucalyptus maculata* Hook. **Plant and Soil**, v. 155, p. 255-261, 1993.

DEMOLINARI, R.A.; SOARES, C.P.B.; LEITE, H.G.; SOUZA, A.L. Crescimento de plantios clonais de eucalipto não desbastados na região de Monte Claro (PA). **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 503-512, 2007.

DENAVID, B.A.; GOMES, C.I.; MACHADO, G. **Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparações de amostras materiais poliméricos, metálicos e semicondutores**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007, 60p.

DIAS, A.N.; LEITE, H.G.; CAMPOS, J.C.C.; COUTO, L.; CARVALHO, A.F. Emprego de um modelo de crescimento e produção em povoamentos desbastado de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p. 731-739, 2005.

DIAS, L.E. Dinâmica de formas de enxofre e de cátions trocáveis em colunas de solo tratadas com diferentes doses de fósforo e gesso. 147 p. Tese (Doutorado em Ciências do Solo). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1992.

DIAS, L.E. **Uso do gesso como insumo agrícola**. EMBRAPA: CNPDS; 1992. (Comunicado técnico).

DÖLL-BOSCARDIN, P.M.; FARAGO, P.V.; NAKASHIMA, T.; SANTOS, P.E.T.; PAULA, J.F.P. Estudo Anatômico e prospecção fitoquímica de folhas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage. **Latin American Journal Pharmacology**, v. 29, n. 1, p. 94-101, 2010.

DUEÑAS, C.; FERNANDEZ, M.C.; CAÑETE, S.; PÉREZ, M. Radiological impacts of natural radioactivity from phosphogypsum piles in Huelva (Spain). **Radiation Measurements**, v. 45, p. 242-246, 2010.

ECHART, C.L.; MOLINA, S.C. Fitotoxicidade de alumínio: efeitos, mecanismos de tolerância e seu controle genético. **Ciência Rural**, v. 31, n. 3, p. 531-541, 2001.

EL-DIDAMONY, H.; GADO, H.S.; AWWAD, N.S.; FAWZY, M.M.; ATTALLAH, M.F. Treatment of phosphogypsum waste produced from phosphate ore processing. **Journal of Hazardous Materials**, v. 244, p. 596-602, 2013.

ELLOUMI, N.; ZOUARI, M.; CHAARI, L.; ABDALLAH, F.B.; WOODWARD, S.; KALLEL, M. Effect of phosphogypsum on growth, physiology, and the antioxidative defense system in sunflower seedlings. **Environmental Science of Soil Pollut Residuals**, v. 22, p. 14829-14840, 2015.

EMBRAPA SOLOS. **Manual de métodos de análise de solo**. Ed. Rio de Janeiro; 1997.

EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Ed: Fábio Cesar da Silva. - 2. ed. rev. ampl. Brasília-DF, 2009.

ENAMORADO, S.; ABRIL, J.M.; DELGADO, A.; MÁ, J.L.; POLVILLO, O. QUINTERO, J.M. Implications for food safety of the uptake by tomato of 25 trace-elements from a phosphogypsum amended soil from SW Spain. **Journal of Hazardous Materials**, v. 266, p. 122-131, 2014

ENGEL, M.L.; HIGA, A.R.; ANDREJOW, G.P.; FLORES JUNIOR, P.C.; SOARES, I.D. Genetic gain from different selection methods in *Eucalyptus macarthurii* progenies in different environments. **Cerne**, v. 22, n.3, p. 299-308, 2016.

ERNANI, P.R.; RIBEIRO, M.S.; BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 825-831, 2001.

ESTEVAN, D.A. A vegetação no município de Ventania (Paraná, Brasil). 147p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2006.

EUFRADES JUNIOR, H.J. **Caracterização físico-química da biomassa produzida em sistemas florestais de curta rotação para geração de energia**. 118p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Botucatu: Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Junior, 2015.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. Manejo da acidez dos solos de Cerrado e de várzea do Brasil. **Comunicado técnico: EMBRAPA arroz e feijão**. Santo Antônio de Goiás, 1999.

FAO. **Global Forest Resources Assessment 2015**. FAO Forestry Paper N°1. UN Food and Agriculture Organization, Rome, 2015.

FAVARETTO, N.; NORTON, L.D.; JOERN, B.C.; BROUDER, S.M. Gypsum amendment and exchangeable calcium and magnesium affecting phosphorus and nitrogen in runoff. **Soil Science Society of American Journal**, v. 70, p. 1788-1796, 2006.

FIGUEIREDO, F.A.M.M.A.; CARNEIRO, J.G.A.; PENCHEL, R.M.; BARROSO, D.G.; DAHER, R.F. Efeito das variações biométricas de mudas clonais de Eucalipto sobre o crescimento no campo. **Revista Árvore**, v. 35, n. 1, p. 1-11, 2011.

FORMENTO, S. **Qualidade de povoamentos e correlações entre sobrevivência e altura de árvores de eucalipto em diferentes idades**. [dissertação] Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2014.

FORTES, G.A.C.; FERRI, P.H.; SANTOS, S.C. Variabilidade temporal de fenóis e nutrientes em folhas de *Eucalyptus microcorys* F.Muell. In: 39ª. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química: Crias e Empreender. **Anais...** Goiânia, 2016.

FREIRE, F.J.; FREIRE, M.B.G.S.; ROCHA, A.T.; OLIVEIRA, A.C. Gesso mineral do Araripe e suas implicações na produtividade agrícola da cana-de-açúcar no estado de Pernambuco, Brasil. In: **Anais** da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, v. 4, p. 199-213, 2007.

FREITAS, C.A.; SILVA, C.J.; SILVA, C.A.; ALMEIDA, J.Á.; RINCON, N.S. Adição de gesso agrícola e cinza de madeira ao substrato no desenvolvimento de mudas de baruzeiro (*Dipteryx alata* Vog). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.10, n. 2, p. 206-212, 2015.

FREITAS, T.A.S.; BARROSO, D.G.; SOUZA, L.S.; CARNEIRO, J.G.A. Efeito da poda de raízes sobre o crescimento das mudas de eucalipto. **Ciência Florestal**, v.19, n. 1, p. 1-6, 2009.

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 de N, P and K in the cultivation of eucalyptus in soil originally under Cerrado vegetation. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 1 p. 1895-1912, 2015.

GELAIN, E.; ROSA JUNIOR, E.J.; MERCANTE, F.M.; FORTES, D.G.; SOUZA, F.R.; ROSA, Y.B.C. Fixação biológica de nitrogênio e teores foliares de nutrientes na soja

em função de doses de molibdênio e gesso agrícola. **Ciências Agrotecnicas**, v. 35, n. 2, p. 259-269, 2011.

GERÁRD, F. Clay minerals, iron/aluminum oxides, and their contribution to phosphate sorption in soils – a myth revisited. **Geoderma**, v. 262, p. 213-226, 2016.

GILL, H.S.; ABROL, I.P. Afforestation and Amelioration of salt-affected soil in India. In: DAVIDSON, N.; GALLOWAY, N. **Productive use of saline land: proceedings of a workshop held at Perth, Perth, Australia, 1991**. 44p.

GOMES, S.M.; SOMAVILLA, N.S.D.N.; GOMES-BEZERRA, K.M.; MIRANDA, S.C.; CARVALHO, P.S.; RIBEIRO, D.G. Anatomia foliar de espécies de Myrtaceae: contribuições a taxonomia e filogenia. **Acta botânica brasileira**, v. 23, n. 1, p. 223-238, 2009.

GONÇALVES, M.R.; PASSOS, A.C.M. Crescimento em cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 2, p. 145-161, 2000.

GONÇALVES, J.L.D.; ALVARES, C.A.; HIGA, A.R.; SILVA, L.D.; ALFENAS, A.C.; STAHL, J.; FERRAZ, S.F.D.; LIMA, W.D.P.; BRACALION, P.H.S.; HUBNER, A.; BOUILLET, J.P.D.; LACLAU, J.P.; NOUVELLON, Y.; EPRON, D. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 6-27, 2013.

GONZALEZ, J.A.Z.; COSTA, M.D.; SILVA, I.R.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F.; BORGES, A.C. Acúmulo de ácido oxálico e cristais de cálcio em ectomicorrizas de eucalipto. I – Produção de ácido oxálico e concentração de nutrientes em raízes laterais finas colonizadas por fungos ectomicorrízicos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 33, n. 3, p. 541-553, 2009.

GOUVEIA, J.F.; SILVA, J.A.A.; FERREIRA, R.L.C.; GADELHA, F.H.L.; LIMA FILHO, L.M.A. Modelos volumétricos mistos de clones de *Eucalyptus* no polo gesseiro do Araripe, Pernambuco. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 3, p. 587-598, 2015.

GOUVEIA, J.F.; SILVA, J.A.A.; FERREIRA, R.L.C.; GADELHA, F.H.L.; LIMA FILHO, L.M.A. Modelos volumétricos mistos de clones de *Eucalyptus* no polo gesseiro do Araripe, Pernambuco. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 3, p. 587-598, 2015.

GUEDES, M.C.; POGGIANI, F. Variação dos teores de nutrientes foliares em Eucalipto fertilizado com biofósforos. **Scientia forestalis**, v. 63, p. 188-201, 2003.

GUIMARÃES, C.C.; SCHUMACHER, M.V.; WITSHORECK, R.; SOUZA, H.P.; SANTO, J.C. Biomassa e nutrientes em povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden no pampa gaúcho. **Revista Árvore**, v. 39, n. 5, p. 873-882, 2015.

HAAG, H.P.; SARRUGE, J.R.; OLIVEIRA, G.S.; POGGIANI, F.; FERREIRA, C.A. Análise foliar em cinco espécies de Eucaliptos. **IPEF**, v. 13, p. 99-116, 1976.

HAGHTALAB, A.; BADIZAD, M.H. Solubility of gypsum in aqueous NaCl + K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution using calcium ion selective electrode-investigation of ionic interactions. **Fluid Phase Equilibra**, v. 409, p. 341-353, 2016.

HAMMAS, I.; NAIFER, K.H.; FÉRID, M. Solubility study and valorization of phosphogypsum salt solution. **International Journal Mineral Processing**, v. 123, p. 87-93, 2013.

HANS, J. **The soil resource**: origin and behavior. Springer Science & Business Media, 1980. 377p.

HARGUINDEGUY, I.; CASTRO, G. F.; NOVAIS, S.V.; VERGUTZ, L.; ARAUJO, W. L.; NOVAIS, R. F. Physiological responses to hypoxia and manganese in Eucalyptus clones with differential tolerance to Vale do Rio Doce shoot dieback. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, 2018.

HARTWIG, I.; OLIVEIRA, A.C., CARVALHO, F.I.F.; BERTAN, I.; SILVA, J.A.G.; SCHIMIDT, D.A.M.; VALÉRIO, I.P.; MAIA, L.C.; FONSECA, D.A.R.; REIS, C.E.S. Mecanismos associados à tolerância ao alumínio em plantas. **Semina**, v. 28, n. 2, p. 219-228, 2007.

HAYNES, R.J.; NAIDU, R. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical condition: a review. **Nutrient cycling in Agroecosystems**, v. 51, p. 123-137, 1998.

HEPLER, P.K. Introduction 10th international botanical microscopy meeting special issue. **Journal of microscopy**, v. 263, n.2, p. 127-128, 2016.

HULL, C.D.; BURNETT, C. Radiochemistry of Florida phosphogypsum. **Journal of environmental radioactivity**, v. 32, p. 213-238, 1996.

IAC INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2º Ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1997.



ILYAS, M.; QURESHI, R.H.; QADIR, M.A. Chemical changes in a saline-sodic soil after gypsum application and cropping. **Soil Technology**, v. 10, p. 247-260, 1997.

INAGASHI, T.M.; SÁ, J.C.M.; CAIRES, E.F.; GONÇALVES, D.R.P. Lime and gypsum application increases biological activity, carbon pools, and agronomic productivity in highly weathered soil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 231, p. 156-165, 2016.

INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). Relatório indústria brasileira de árvores. 2016. 100 p.

JACKSON, T.J.; BURGESS, T.; COLQUHOUN, I.; HARDY, G. Action of the fungicide phosphite on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamoni*. **Plant Pathology**, v. 49, p. 147-154, 2000.

JALALI, M.; ROWELL, D.L. The role of calcite and gypsum in the leaching of potassium in a sand soil. **Experimental Agriculture**, v. 39, p. 379-394, 2002.

JIU-YU, L.; LIU, Z.D.; ZHAO, W.Z.; MASUD, M.M.; XU, R.K. Alkaline slag is more effective than phosphogypsum in the amelioration of subsoil acidity in an Ultisol profile. **Soil and Tillage Research**, v. 149, p. 12-32, 2015.

KOCHIAN, L.V.; HOEKENGA, O.A.; PIÑEROS, M.A. How do crop plants tolerate acid soil? Mechanisms of aluminum tolerance and phosphorus efficiency. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p. 495-493, 2004.

KUTTAH, D.; SATO, KENICHI, S. Review on the effect of gypsum content on soil behavior. **Transportation Geotechnics**, v. 4, p. 25-37, 2015.

LACLAU, J.P.; ARNAUD, M.; BOUILLET, J.P.; RANGER, J. Spatial distribution of *Eucalyptus* roots in a deep sandy soil in the Congo: relationships with the ability of the stand to take up water and nutrients. **Tree Physiology**, v. 21, p. 129-136, 2001.

LACLAU, J. P.; RANGER, J.; GONCALVES, J. L. D.; MAQUERE, V.; KRUSCHE, A. V.; M'BOU, A. T.; NOUVELLON, Y.; SAINT-ANDRE, L.; BOUILLET, J. P.; PICCOLO, M. D.; et al. Biogeochemical cycles of nutrients in tropical Eucalyptus plantations: main features shown by intensive monitoring in Congo and Brazil. **Forest Ecology and Management**, 259:1771–1785, 2010.

LATIF, M.; NABI, G.; ANWAR, S. Pathogens studies on The Success Rate of Datepalm and Eucalyptus on Saline Soil and Using Saline Water. **Pakistan Journal Life Social Science**, v. 6, p. 37-41, 2008.

LAWER, I.R.; FOLEY, W.J.; WOODROW, I.E.; CORK, S.J. The effects of elevated CO<sub>2</sub> atmospheres on the nutritional quality of Eucalyptus foliage and its interaction with soil nutrient and light availability. **Oecologia**, v. 109, p. 59-68, 1997.

LEITE, E.M.; CAVALCANTE, L.F.; DINIZ, A.A.; SANTOS, R.V.; ALVES, G.S.; CAVALCANTE, I.H.L. Correção da sodicidade de dois solos irrigados em resposta a aplicação de gesso agrícola. **Irriga**, v. 12 n. 2, p. 168-176, 2007.

LEITE, B.P.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; GUARÇONI, A. ZANÃO JUNIOR, L.A. Níveis críticos de fósforo, para eucalipto, em casa de vegetação, em função da sua localização no solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1311-1322, 2009.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amido de diferentes fontes botânicas. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, v. 27, n. 3, p. 579-588, 2007.

LILIENFEIN, J.; WILCKE, W.; AYARZA, M.A.; VILELA, L.; LIMA, S.C.; ZECH, W. Chemical fractionation of phosphorus, sulphur, and molybdenum in Brazilian savannah Oxisols under different land use. **Geoderma**, v. 96, p. 31-46, 2000.

LIMA, E.S.; MONTANARI, R.; LOVERA, I.H.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; GONZÁLEZ, A.P. Variabilidade espacial das propriedades dendrométricas do eucalipto e atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico. **Revista Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 1, p. 1-11, 2017.

LINSIGEN, L.; SONEHARA, J.S.; UHLMANN A, CERVI A. Composição florística do Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná, Brasil. **Acta Biology Paranaensis**, v. 35, n. 3-4, p. 197-232, 2006.

LUTHER, S.M.; POULSEN, L.; DUDAS, M.J.; RUTHERFORD, P.M. Fluoride sorption and mineral stability in\_ an Alberta soil interacting with phosphogypsum leachate. **Canadian Journal of Soil Science**. p. 83-91, 1996.

MACANA, Y.A.M. **Nutrição e crescimento do eucalipto em resposta a diferentes fontes e métodos de aplicação de cálcio**. 116p. Tese (Doutorado em Ciências Recursos Florestais). Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2017.

MACEDO, L.A. **Influência da composição da biomassa no rendimento em condensáveis do processo de torrefação**. 60p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)

MACEDO, L.S.; MORRIL, W.B.B. Toxicidade dos metais no solo e nas plantas: uma revisão de literatura. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 2, n. 2, p.39-42, 2008.

MACEDO, R.L.G.; BEZERRA, R.G.; VENTURIN, N.; VALE, R.S.; OLIVEIRA, T.K. Desempenho silvicultural de clones de eucalipto e características agronômicas de milho cultivados em sistema silviagrícolas. **Revista Árvore**, v. 3, n.5, p. 701-709, 2006.

MAEDA, S.; AHRENS, S.; CHIARELLO, S.R.; OLIVEIRA, E.B.; STOLLE, L.; FOWLER, J.A.P.; BOGNOLA, I.A. **Silvicultura de precisão**. Chapadão do Sul: Resultado Perenes, 2014.

MAFFEIS, A.R.; SILVEIRA, R.L.V.A.; BRITO, J.O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia florestalis**, v. 57, p. 87-98, 2000.

MAGALHÃES, W.M.; MACEDO, R.L.G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKAWA, E.M.; YOSHITANI JUNIOR, M. Desempenho silvicultural de clones e espécies/procedências de *Eucalyptus* na região noroeste de Minas Gerais. **Cerne**, v. 13, n. 4, p. 368-375, 2007.

MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificação e fatos**. São Paulo: Produquímica, 1994. 153p.

MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: Editora Ceres, 1987. 495p.

MALINOWSKI, L.R.L.; NAKASHIMA, T.; ALQUINI, Y. Caracterização morfoatômica das folhas jovens de *Eucalyptus globulus* Labill ssp. *Biscotata* (Maiden et al.) J.B.Kirkpat. (Myrtaceae). **Latin American Journal Pharmacology**, v. 28, n. 5, p. 756-761, 2009.

MARIA, I.C.; ROSSETTO, R.; AMBROSANO, E.J.; CASTRO, O.M. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio no movimento de cátions em colunas de solo. **Scientia Agrícola**, v. 50, n. 1, p. 87-98, 1993.

MARISCAL-SANCHO, I.; ESPEJO, R.; PEREGRINA, F. Potentially toxic effects of phosphogypsum on Palexerults in Western Spain. **Soil Science Society of American Journal**, v. 73, n. 1, p. 146-153, 2009.

MARQUES, H.; FERREIRA, C.S.; ALMEIDA, G.R.R.; CUNHA, L.T. Efeito da aplicação de diferentes doses de gesso agrícola em lavouras cafeeiras cultivadas no município de Paraguaçu – MG. **Capa**, v. 4, n. 4, p. 1-14, 2016.

MARTINS, M.B.G. Estrutura de microscopia óptica e de microscopia eletrônica de varredura em folhas de *Mentha spicata* e de *Mentha spicata x suaveolens* (Lamiaceae). **Bragantia**, v. 61, n. 3, p. 205-218, 2002.

MATOS, G.S.B. et al. Desenvolvimento inicial e estado nutricional de clones de eucalipto no nordeste do Pará. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 42, n. 4, p.491-500, 2012.

MATSUMOTO, H. Cell biology of aluminium toxicity and tolerance in higher plants. **International Review Cytology**, v. 20, p. 1-46, 2000.

MAZZILLI, B.; PALMIRO, V.; SAUEIA, C.; NISTI, M.B. Radiochemical characterization of Brazilian phosphogypsum. **Journal of environmental radioactivity**, v. 49, p. 113-122, 2000.

MEDEIROS, W.N.; MELO, C.A.D.; TIBURCIO, R.A.S.; SILVA, G.S.; MACHADO, A.F.L.; SANTOS, L.D.T.; FERREIRA, F.A. Crescimento inicial e concentração de nutrientes em clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob interferência de plantas daninhas. **Ciência florestal**, v. 26, n. 1, p. 147-157, 2016.

MERWE, E.M.V.; STRYDOM, C.A.; POTGIETER, J.H. Thermogravimetric analysis of reaction between carbon and  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , gypsum and phosphogypsum in an inert atmosphere. **Thermochemica Acta**, v. 340, p. 431-437, 1999.

MICHALOVICZ, L. **Atributos químicos do solo e resposta da sucessão milho-cevada-feijão-trigo influenciada por doses e parcelamento de gesso em plantio direto**. 52p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2012.

MICHALOVICZ, L. et al. Soil fertility, nutrition and yield of maize and barley with gypsum application on soil surface in no-till. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 5, p.1496-1505, out. 2014.

MICHALOVICZ, L.; MÜLLER, M.M.L.; FOLONI, J.S.S.; KAWAKAMI, J.; NASCIMENTO, R.; KRAMER, L.F.M. Soil fertility, nutrition and yield of maize and barley with gypsum application on soil surface in no-till. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 38, p. 1496-1505, 2014.

MODA, L.R.; BORGES, B.M.M.N.; FLORES, R.A.; SANTOS, C.L.R.; PRADO, R.M.; SOUZA, J.I. Gessagem na cultura da soja no sistema de plantio direto com e sem adubação potássica. **Revista Agroambiente Online**, v. 7, n. 2, p. 129-135, 2013.

MORAES, V.R.; BRITO, O.R.; FIORETTO, R.A.; MOREIRA, A. Changes in chemical properties of an Oxisol due to gypsum application. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 47, n. 5, p. 571-580, 2016.

MORAES, V.R.; BRITO, O.R.; FIORETTO, R.A.; MOREIRA, A. Changes in chemical properties of an Oxisol due to gypsum application. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 47, n. 5, p. 571-580, 2016.

MORAES, V.R.; MELO, T.R.; BRITO, O.R. Chemical properties of na Oxisol after gypsum application. **Semina**, v. 37, n. 5, p. 3027-3036, 2016.

MOSSI, A.J.; PAULETTI, G.F.; ROTA, L.; ECHEVERRIGARAY, S.; BARROS, I.B.I.; OLIVEIRA, J.V.; PAROUL, N.; CANSIAN, R.L. Effect of aluminum concentration on MÜLLER, M.D.; SALLES, T.T.; PACIULLO, D.S.C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C.R.T. Equações de altura, volume e afilamento para eucalipto e acácia estabelecidos em sistema silvipastoril. **Floresta**, v. 44, n. 3, p. 473-484, 2014.

MURPHY, P.N.C.; STEVENS, R.J. Lime and gypsum as source measures to decrease phosphorus loss from soils water. **Water Air Soil Pollute**, v. 212, p. 101-111, 2010.

NASCIMENTO, C.W.A.; BARROS, D.A.S.; MELO, E.E.C.; OLIVEIRA, A.B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após a aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 28, p. 385-392, 2004.

NASCIMENTO, R.; SOUZA, J.A.; MOREIRA, A.; MORAES, L.A.C. phosphogypsum and vinasse application: soil chemical properties and alfalfa productivity and nutritional characteristics. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 213-219, 2017.

NAVA, I.A.; GONÇALVES JUNIOR, A.C.; NACKE, H.; GUERINI, V.L.; SCHWANTES, D. Disponibilidade dos metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e cromo no solo e tecido foliar da soja adubada com diferentes fontes de NKP+Zn. **Ciências Agrotécnicas**, v. 35, n. 5, p. 884 – 892, 2011.

NAZ, R.; ANIS, M.; ALATAR, A.A. Embling Production in *Althaea officinalis* L., Through Somatic Embryogenesis and Their Appraisal via Histological and Scanning Electron Microscopical Studies. **Applied Biochemistry Biotechnology**, p. 1:16, 2017.

NEIS, L.; PAULINO, H.B.; SOUZA, E.D. Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 34, n. 2, p. 409-416, 2010.

NEPAR. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. 1ª Edição: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2017. 482p.

NEVES JCL. **Produção e partição de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantações clonais de Eucalipto na região litorânea do Espírito Santo**. 204p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2000.

NEVES, T.A.; PROTÁSIO, T.P.; COUTO, A.M.; TRUGILHO, P.F.; SILVA, V.O.; VIEIRA, C.M.M. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.31, n.68, p.319–330, 2011.

NIETFELD, H.; PRENZEL, J. Modeling the reactive ion dynamics in the rhizosphere of tree roots growing in acid soils. I. Rhizospheric distribution patterns and root uptake of  $M_b$  cations as affected by root-induced pH and Al dynamics. **Ecological Modelling**, v. 307, p. 48-65, 2015.

NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G.I.B.; KLOCK, U. Caracterização anatômica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage. **Ciência Florestal**, v. 8, n.1, p. 67-76, 1998.

NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007.

NUNES, A.C.P.; SANTOS, G.A.; RESENDE, M.D.V.; SILVA, L.D.; HIGA, A.; ASSIS, T.F. Estabelecimento de zonas de melhoramento para clones de eucalipto no Rio Grande do Sul. **Scientia Forestalis**, v. 44, n.111, p. 563-574, 2016.

OLIVEIRA, H.J.; ERNANI, P.R.; AMARANTE, C.V.T. Alteração na composição química das fases sólida e líquida de um solo ácido pela aplicação de calcário e gesso agrícola. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 1, n. 2, p. 1-10, 2002.

ORDONIO, I.N. **Propriedades de três amostras de solos da Zona da Mata de Pernambuco sob aplicação de carbonato de cálcio, carbonato de cálcio e Mg e sulfato de cálcio**. [dissertação]. Universidade Federal de Pernambuco, 2004.

PAPASTEFANO, C.; STOULOS, S.; IOANNIDOU, A.; MANOLOPOULOU, M. The application of phosphogypsum in agriculture and the radiological impact. **Journal of environmental radioactivity**, v. 89, p. 188-198, 2006.

PAULA, J.E. Anatomia e dendometria de *Mimosa artemisiana* e *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 6, p. 745-757, 1995.

PAULETTI, V.; PIERRI, L.; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A.C.V. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 38, p. 495-505, 2014.

PERÉZ-LOPES, R.; MIGUEL NETO, J.; COTO, I.L.; AGUADO, J.L.; BOLÍVAR, J.P.; SANTISTEBAN, M. Dynamics of contaminants in phosphogypsum of the fertilizer industry of Huelva (SW Spain): from phosphate rock ore to the environment. **Applied geochemistry**, v. 25, p. 705-715, 2010.

PES, L.Z.; ARENHARDT, M.H. **Fisiologia vegetal**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2015. 810.

PESSONI, P.T. **Calagem e gessagem na produtividade da soja e do triticale**. 109 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) Campinas: Instituto Agrônômico, 2012.

PHILLIPS, S.; MAJUMDAR, K. **Principios científicos que sustentam – la fuente correcta**. In **4R de la nutrición de plantas**: um manual para mejorar el manejo de la nutrición de plantas. IPNI, 2012. 89p.

PIGATO, S.M.P.; LOPES, C.R. Caracterização silvicultural, botânica e avaliação da variabilidade genética por meio do marcador molecular em um teste de progênes de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Scientia forestalis**, v. 60, p. 135-148, 2001.

PINHEIRO, R.C.; DEUS, J.R.J.C.; NOUVELLON, Y.; CAMPOE, O.C.; STAPE, J.L.; ALÓ, L.L.; GUERRINI, I.A.; JOURDAN, C.; LACLAU, J.P. A fast exploration of very deep soil layers by *Eucalyptus seedling* and clones in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 366, p. 143-152, 2016.

PLOTEGHER, F.; RIBEIRO, C. Characterization of Single Superphosphate Powders – a study of Milling Effects on Solubilization Kinetics. **Materials Research**, v. 19, n. 1, p. 98-105, 2016.

POGGIANI, F.; COUTO, H.T.Z.; CORRADINI, L.; FAZZIO, E.C.M. Exportação de biomassa e nutrientes através da exploração dos troncos e das copas de um povoamento de *Eucalyptus saligna*. **IPEF**, n. 25, p. 37-39, 1983.

POGGIANI, F.; COUTO, H.T.Z.; CORRADINI, L. **IPEF**, n. 25, p. 37-39, 1983.

PROCHNOW, L.I.; BOARETTO, A.E. Profundidade de amostragem do solo para avaliação do enxofre disponível em pomar de limão siciliano (*Citrus limon* Burm.). **Scientia Agricola**, v. 52, n. 1, p. 101-106, 1995.

PROTÁSIO, T.P.; BUFALINO, L.; TONOLI, G.H.D.; COUTO, A.M.; TRUGILHO, P.F.; GUIMARÃES JÚNIOR, M. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.31, n.66, p.122-133, 2011.

PROTASIO, T.P.; COUTO, A.M.; REIS, A.A.; TRUGILHO, P.F. Seleção de Clones de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal e bioenergia por meio de técnicas univariadas e multivariadas. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 97, p. 15-28, 2013.

QUADROS, R.M.B. **Avaliação nutricional em plantios de *Eucalyptus grandis*, em diferentes solos no estado de São Paulo**. 173p. Dissertação (mestrado em Ciências Florestais), Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1996.

QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas, 2000. 111p.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B.V.; GALLO, P.B.; MASCARENHAS, H.A.A. Resposta da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 375-383, 1993.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B.V.; GALLO, P.B.; MASCARENHAS, H.A.A. Resposta da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 375-383, 1993.

R CORE TEAM (2018). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2008.

RAIJ, B.V. **Gesso na agricultura**. Instituto Agronômico de Campinas, 2008. 233p.

RAIJ, B.V. **Gesso na agricultura**. São Paulo: IPNI; 2010. (Informações Agronômicas 122).



RAMOS, B.Z. **Especiação química da solução e mobilidade de bases e sulfato em Latossolo sob altas doses de gesso**. 97 p. Tese (Doutorado em Ciências do Solo). Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2012.

RAMOS, B.Z. et al. Doses de gesso em cafeeiro: influência nos teores de cálcio, magnésio, potássio e pH na solução de um latossolo vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 4, p.1018-1026, ago. 2013.

RAMOS, B.Z.; TOLEDO, J.P.V.F.; LIMA, J.M.; SIRAFIM, M.E.; GUIMARÃES, P.T.G.; COSCIONE, A.R. Doses de gesso em cafeeiro: influência nos teores de cálcio, K, e pH na solução de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. v. 37, p. 1018-1026, 2013.

RAMOS, L.A.; NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 30, p. 849-857, 2006.

RAMOS, S.B. **Atributos químicos de solo, densidade de raiz e produtividade da aveia em função da aplicação de gesso agrícola**. 97 p. Dissertação (Doutorado em Ciências do Solo), Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2011.

RAMPIM, L.; LANA, M.C. Ion mobility and base saturation after gypsum application in continuous soybean-wheat cropping system under no-till. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, p. 468-476, 2015.

RAMPIM, L.; LANA, M.C. Mecanismo de tolerância interna das plantas ao alumínio. **Colloquium Agrariae**, v. 9, n. 2, p. 72-89, 2013.

RAMPIM, L.; LANA, M.C.; FRANDOLOSO, J.L.; FONTANIVA S. Atributos químicos de solo e reposta do trigo e da soja ao gesso em sistema de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 35, p. 1687-1698, 2011.

RAMPIM, L.; LANA, M.C.; FRANDOLOSO, J.L.; FONTANIVA S. Atributos químicos de solo e reposta do trigo e da soja ao gesso em sistema de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 35, p. 1687-1698, 2011.

RAO, A.V.; TARAFDAR, J.C. Selection of plant species for rehabilitation of gypsum mine spoil in arid zone. **Journal of arid environments**, p. 559-567, 1998.

REIS, A.A.; PROTÁSIO, T.P.; MELO, I.C.N.A.; TRUGILHO, P.F.; CARNEIRO, A.C.O. Composição da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus urophylla* em diferentes locais de plantio. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 71, p. 277-290, 2012.

RENAULT, S.; LAIT, C.; ZWIAZEK, J.J.; MACKINNON, M. Effect os high tailings waters produced from gypsum treatment of oil sands tailings on plants of boreal forest. **Environmental pollution**, v. 102, p. 177-184, 1998.

RENTERÍA-VILLALLOBOS, M.; VIOQUE, I.; MANTERO, J.; MANJÓN, G. Radiological, chemical and morphological characterizations of phosphate rock and phosphogypsum from phosphoric acid factories in SW Spain. **Journal of hazardous materials**, v. 81, p. 193-200, 2010.

REVOLTI, P.M. **Caracterização morfológica de um mutante em *Eucalyptus***. 59 p. Dissertação (Doutorado em Ciências Biológicas). Botucatu: Universidade Paulista Julio de Mesquita Filho. 2015.

ROCHA, A.T.; OLIVEIRA, A.C.; RODRIGUES, A.N.; LIRA JUNIOR, M.A.; FREIRE, F.J. Emprego do gesso na melhoria do ambiente radicular da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 4, p. 307-312, 2008.

ROCHA, I.T.M. et al. Mineral gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), a promoter of biomass production of sweet sorghum. **Australian Journal Of Crop Science**, n. 8, p.1663-1670, 2014.

ROCHA, I.T.M.; FREIRE, F.J.; SOUZA, E.R.; FREIRE, M.B.G.S.; SILVA, A.V.; SIMÕES NETO, S.N.M. Mineral gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ), a promoter of biomass production of sweet sorghum. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, p. 1663-1670, 2014.

ROCHA, J.B.O.; POZZA, A.A.A.; CARVALHO, J.G.; SILVA, C.A.; CURI, N. Efeito da calagem na nutrição mineral e no crescimento inicial do eucalipto a campo em Latossolo húmico da Zona da Mata (MG). **Scientia florestalis**, v. 36, n. 80, p. 255-263, 2008.

ROCHA, J.H.T.; BACKES, C.; BORELLI, K.; PRIETO, M.R.; SANTOS, A.J.M.; GODINHO, T.O. Concentração de nutrientes e intensidade de cor verde em miniestacas de eucalipto. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6, p. 1848-1856, 2013.

ROCHA, J.H.T.; GONÇALVES, J.L.M.; GODINHO, T.O.; SOUZA FILHO, L.F.S.S. Nutrição e fertilização com enxofre e uso de gesso em plantações de Eucalipto. **Circular técnica IPEF**, v. 208, p. 1-14, 2015.

RODRIGUES, A.A.; VASCONCELOS FILHO, S.C.; RODRIGUES, C.L.; SALES, J.F.; VITAL, R.G. Influence of aluminum on root growth and anatomy *Stenocalyx*

*dysentericus* (DC.) O. Berg. **African Journal of Biotechnology**, v. 15, n. 24, p. 1193-1200, 2016. b

RODRIGUES, F.A.V.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; SILVA, I.R.; NEVES, J.C.L. Produtividade de eucalipto aos 18 meses de idade, na região do Cerrado, em resposta à aplicação de cálcio, via calcário e gesso agrícola. **Scientia florestalis**, v. 109, p. 67-74, 2016. A

RODRIGUES, F.A.V.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; SILVA, I.R.; NEVES, J.C.L. Produtividade de eucalipto aos 18 meses de idade, na região do Cerrado, em resposta à aplicação de cálcio, via calcário e gesso agrícola. **Scientia florestalis**, v. 109, p. 67-74, 2016. a

RODRIGUES, J.C.; CARMO, D.L.; NANNETTI, D.C.; MARQUES, H.; PEREIRA, R.A. Relação Ca/Mg no solo e produtividade do cafeeiro em função de doses elevadas de gesso agrícola. In: IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, **Anais...** julho de 2015, Curitiba.

ROMÃO, R.L.; ESCUDERO, A. Gypsum physical soil crusts and the existence of gypsophytes in semi-arid central Spain. **Plant Ecology**, v. 181, p.127-137, 2005.

ROSADO, A.M.; ROSADO, T.B.; ALVES, A.A.; LAVIOLA, B.G.; BHERING, L.L. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com a produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 7, p. 964-971, 2012.

ROSSETE, A.L.R.M.; BENDASSOLLI, J.A.; IGNOTO, R.F.; BATAGELLO, H.H. Obtenção do gesso agrícola marcado no  $^{34}\text{S}$  ( $\text{Ca}^{34}\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), por reação química entre o  $\text{H}_2^{34}\text{SO}_4$  e o  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . In: INAC 2002- Internation nuclear atlantic conference/VI ENAN - Encontro Nacional de Aplicação Nuclear, 2002, **Anais...** Rio de Janeiro. program & abstracts, 2002. v. 1. p. 280.

RUTHERFORD, P.M.; DUDAS MJ, SAMEK RA. Environmental impacts of phosphogypsum. **The science of total environment**, v. 149, p. 1-38, 1994.

SÁ, F.V.S.; MESQUITA, E.F.; BERTINO, A.M.P.; COSTA, J.D.; ARAÚJO, J.L. Influência do gesso e biofertilizante nos atributos químicos de um solo salino-sódico e no crescimento inicial do girassol. **Irriga**, v. 20, n. 1, p. 46-59, 2015.

SALDANHA, E.C.M.; ROCHA, A.T.; OLIVEIRA, E.C.A.; NASCIMENTO, C.W.A.; FREIRE, F.J. Uso do gesso mineral em Latossolo cultivado com cana de açúcar. **Revista Caatinga**, v. 20, n.1, p. 36-42, 2007.

SANTANA, R.C. et al. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, p.2723-2733, dez. 2008.

SANTANA, R.C.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; LEITE, H.G.; COMERFORD, N.B. Alocação de nutrientes em plantio de Eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 2723-2733, 2008.

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

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353p.

SANTOS, L.D.T.; SIQUEIRA, C.H.; BARROS, N.F.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; MACHADO, A.F.L. Crescimento e concentração de nutrientes na parte aérea de eucalipto sob efeito da deriva do glyphosate. **Cerne**, v. 13, n. 4, p. 347-352, 2007.

SANTOS, S.R. **Dinâmica do fósforo no solo em função de adição de ácidos orgânicos de baixa massa molar**. 68 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

SASAKI, T.; YAMAMOTO, Y.; EZAKI, B.; KATSUHARA, M.; AHN, S.J.;RYAN, P.R.; DELHAIZE, E.; MATSUMOTO, H. A wheat gene encoding an aluminum-activated malate transporter. **The Plant Journal**, v. 37, p. 645-653, 2004.

SCHELHAAS, M.J.; NABUURS, G.J.; HENGEVELD, G.; REYER, C.; HANEWINKEL, N.Z.; CULLMANN, D. Alternative forest management strategies to account for climate change-induced productivity and species suitability changes in Europe. **Regional Environmental Change**, v. 15, p. 1581-1594, 2015.

SCHIMIDT FILHO, E.; GASPAROTO, F.; TANIMOTO, S.; RAMARI, T.O.I.; ZANETTI, M,A. Influência de diferentes doses de gesso agrícola sobre a produtividade da cultura do trigo (*Triticum sativum* L.). **Revista da Universidade do Vale do Rio Verde**, v. 14, n. 2, p. 442-449, 2016.

SCHUHLI, G.S.; PALUDZYSZYN FILHO, E. O cenário da silvicultura de teca e perspectiva para o melhoramento genético. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 63, p. 217-230, 2010.

SCHUMACHER, M.V.; POGGIANI, F. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalytus grandis* Hill x Maiden e *Eucalytus torelliana* F. Muell, localizados em Anehmbi, SP. **Ciência Florestal**, v. 3, n. 1, p. 21-32, 1993.

SEENIVASAN, R.; PRASATH, V.; MOHANRAJ, R. Restoration of sodic soils involving chemical and biological amendments and phytoremediation by *Eucalyptus camaldulensis* in a semiarid region. **Environment Geochemistry Health**, v. 37, p. 575-586, 2015.

SERAFIM, M. E. Alterações físico-químicas e movimentação de íons em Latossolo gibbsítico sob doses de gesso. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 1, p.75-81, 2012.

SERAFIM, M.E.; LIMA, J.M.; LIMA, V.M.P.; ZEVIANI, W.M.; PESSONI, P.T. Alterações físico-químicas e movimentação de íons em Latossolo gibbsítico sob doses de gesso. **Bragantia**, v. 71, n.1, p. 75-81, 2012.

SERRAT, B.M.; KRIEGER, K.I.; MOTTA, A.C.V. Considerações sobre interpretação de análise de solos (com exemplos). In: LIMA, M.R. et al. **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo**: aspectos teóricos e metodológicos. Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006.

SGARBI, F. **Produtividade do *Eucalyptus* sp. em função do estado nutricional e da fertilidade do solo em diferentes regiões do Estado de São Paulo**. 2002. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SHAIVATAMASET, P.; TIA, S. The characteristics of bed agglomeration during fluidized bed combustion of eucalyptus bark. **Applied thermal engineering**, v. 75, p. 1134-1146, 2015.

SHI, B.; QU, Y.; LI, H. Gypsum alleviated hydroxyl radical-mediated oxidative damages caused by alkaline bauxite residue in leaves of *Atriplex canescens*. **Ecological Engineering**, v. 98, p. 166-171, 2017.

SHÖNAU, A.P.G. The effects of fertilizing on the foliar nutrient concentrations in *Eucalyptus grandis*. **Fertilizer Research**, v. 2, p. 73-87, 1981.

SILVA, F.A.Z.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SILVA, J.V. et al. Produção e acúmulo de nutrientes em povoamento de eucalipto em consequência da intensidade do desbaste e da fertilização. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 11, p.1555-1562, nov. 2012.

SILVA, M.D.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**, v. 28, n. 1, p. 212-222, 2012.

SILVA, P.H.M. **Impactos das doses e parcelamento da fertilização na produtividade, lixiviação e ciclagem de nutrientes em plantações de eucalipto**. 118 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais), Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2011.

SILVA, P.H.M.; POGGIANI, F.; GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. Volume de madeira e concentração foliar de nutrientes em parcelas experimentais de *Eucalyptus grandis* fertilizadas com lodo de esgoto úmido e seco. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 845-854, 2008.

SILVA, R.L.V.A.; MOREIRA, A.; TAKASHI, E.M.; SGARBI, F.; BRANCO, E.F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. **Cerne**, v. 8, n. 2, p. 107-116, 2002.

SIMONETE, M.A. et al. Fornecimento de cálcio para plantas de *Eucalyptus saligna* por meio de aplicação de resíduo industrial lama de cal. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 5, p.1343-1351, out. 2013.

SINGH, B.; SCHULZE, D.G. Soil minerals and plant nutrition. **Nature Education Knowledge**, v. 6, n. 1, 2015.

SMITH, C.J.; PEOPLES, M.B.; KEERTHISINGHE, G.; JAMES, T.R.; GARDEN, D.L.; TUOMI, S.S. Effect of surface applications of lime, gypsum and phosphogypsum on the alleviating of surface and subsurface acidity in a soil under pasture. **Australian Journal of Soil Reserch**, v. 32, p. 995-1008, 1994.

SOARES, G.F. **Gesso e fósforo na sucessão soja/milho safrinha**. 90p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Jataí: Universidade Federal de Goiás, 2016.

SODRÉ, F.F.; LENZI, E.; COSTA, A.C.S. Utilização de modelos físico-químicos de adsorção no estudo do comportamento do cobre em solos argilosos. **Química Nova**, v. 24, p. 324-330, 2001.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 675-688, 2008.

SOUZA JUNIOR, R.L.; SILVA JUNIOR, A.M.; SOUZA, M.A.S.; JORGE, R.F.; SOUZA, J.; BORGES, E.N. Dinâmica do alumínio e potássio em solo submetido a diferentes sistemas de manejo associado a aplicação de calcário e gesso agrícola. 2004. In: VII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, Universidade do Vale do Paraíba, **Anais...** 2004.

SOUZA, F.R.; ROSA JUNIOR, E.J.; FIETZ, C.R.; BERGAMIN, A.C.; ROSA, Y.B.C.J.; ZEVIANI, W.M. Efeito do gesso propriedades químicas do solo sob dois sistemas de manejo. **Semina**, v. 33, n. 5, p. 1717-1732, 2012.

SOUZA, M.A.S.; GUELFY, D.R.; OLIVEIRA, G.C.; BASTOS, C.E.A. Acúmulo de macronutrientes na soja influenciado pelo cultivo prévio do capim-marandu, correção e compactação do solo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 611-622, 2012.

STEVENS, D.P.; MCLAUGHLIN, M.J.; ALSTON, A.M. Phytotoxicity of aluminium-fluoride complexes and their uptake from solution culture by *Avena sativa* and *Lycopersicon esculentum*. **Plant and Soil**, v. 192, p. 81-93, 1997.

SUMMER, M.E. Review of Brazilian research on subsoil acidity. **Production South African of Sugarcane Technology Association**, v. 85, p. 67-79, 2012.

SYED-OMAR, S.R.; SUMMER, M.E. Effect of gypsum on soil potassium and magnesium status and growth of alfalfa. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 22, p. 19-20, 1991.

TOLEDO, M.G.T.; ALQUINI, Y.; NAKASHIMA, T. Caracterização anatômica de folhas de *Cunila microcephala* Baenth (Lamiaceae). **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 40, n. 4, p. 487-493, 2004.

TRIGUEIRO, R.M.; GUERRINI, I.A. Uso do bio-sólidos como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia forestalis**, v. 64, p. 150-162, 2003.

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v.2, n.1, p.94-111, 1996.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood**: structure, properties and utilization. New York, 1991. 494 p.

VALADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **Bragantia**, v. 62, n. 1, p. 111-118, 2003.

VALE, F.R.; FURTIN NETO, A.E.; RENÓ, N.B.; FERNANDES, L.A.; RESENDE, A.V. Crescimento radicular de espécies florestais em solo ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 9, p. 609-616, 1996.

VALERI, S.V.; AGUIAR, I.B.; CORRADINI, L. Composição química foliar e crescimento volumétrico de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden cultivado em areia quartzosa, em resposta a aplicação de fósforo e calcário dolomítico. **IPEF**, v. 46, p. 63-75, 1993.

VALESCO-MOLINA, M.; MATTIAZZO, M.E.; ANDRADE, C.A.; POGGIANI, F. Nitrogênio e metais pesados no solo e em árvores de eucalipto decorrentes da aplicação de biossólido em plantio florestal. **Scientia forestalis**, n. 71, p. 25-35, 2006.

VALKOV, A.V.; ANDREEV, V.A.; ANUFRIEDA, A.V.; MAKESEEV, Y.N.; BEZRUKOVA, S.A.; DEMYANENKO, N.V. Phosphogypsum technology with the extraction of valuable componets. **Procedia Chemistry**, v. 11, p. 176-181, 2014.

VELOSO, A.C.A.; BORGES, A.L.; MUNIZ, A.S.; VEIGAS, J.M. Efeito de diferentes materiais no pH do solo. **Scientia Agricola**, v. 49, n. 1, p. 123-128, 1992.

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M.V.; TRÜBY, P.; ARAÚJO, E.F. Implicações nutricionais com base em diferentes intensidades de colheita de biomassa de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*. **Ciência Rural**, v. 45, n. 3, p. 432-439, 2015.

VIERA, M. et al. Implicações nutricionais com base em diferentes intensidades de colheita da biomassa de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 3, p.432-439, mar. 2015.

VITTI, G.C.; ZAVASCHI, E.; MOURA, T.A.; GOMES, M.H.F. Estudos confirmam os efeitos favoráveis do gesso agrícola na cultura do milho. **Visão Agrícola**, v. 13, p. 49-51, 2015.

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; FONSECA, S.; BARROS, N.F. Valores de referência para macronutrientes em Eucalipto obtidos pelos métodos Dris e Chance matemática. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 22, p. 685-692, 1998.



WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; FONSECA, S.; BARROS, N.F. Valores de referência para macronutrientes em Eucalipto obtidos pelos métodos Dris e Chance matemática. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 22, p. 685-692, 1998.

WADT, P.G.S.; WADT, L.H.O. Movimentação de cátions em amostras de um Latossolo Vermelho-Amarelo incubadas com duas fontes de cálcio. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 1157-1164, 1999.

WALIA, M.K.; DICK, W.A. Soil chemistry and nutrient concentration in perennial ryegrass as influenced by gypsum and carbon amendments. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 16, n. 3, p. 832-847, 2016.

WANG, L.; BUTTERLY, C.R.; TIAN, W.; HERATH, M.S.K.; XI, Y.; ZHANG, J.; XIAO, X. Effects of fertilization practices on aluminum fractions and species in wheat soil. **Journal of Soils Sediments**, v. 15, p. 365-373, 2015.

WONG, V.N.L.; DALAL, R.C.; GREENE, R.S.B. Carbon dynamics of sodic and saline soils following gypsum and organic material additions: a laboratory incubation. **Applied soil ecology**, v. 41, p. 29-40, 2009.

WULFF-ZOTTELE, C.; HESSE, H.; FISAHN, J.; BROMKE, M.; VERA-VILLALOBOS, H.; LI, Y.; FRENZEL, F.; GIAVALISCO, P.; RIBERA-FONSECA, A.; ZUNINO, L.; CARUSO, I.; STOHMANN, E.; MORA, M.L. Sulphate fertilization ameliorates long-term aluminum toxicity symptoms in perennial ryegrass (*Lolium perenne*). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 83, p. 88-99, 2014.

YAZDANPANA, N.; PAZIRA, E.; NESHAT, A.; MAHMOODABADI, M.; SINOBAS, L.R. Reclamation of calcareous saline sodic soil with different amendments (II): Impact on nitrogen, phosphorous and potassium redistribution and on microbial respiration. **Agricultural water management**, v. 20, p. 39-45, 2013.

ZAHRA, N.; SARWAR, G.; MUHAMMAD, S. Comparison of gypsum and potassium silicate for reclamation of saline sodic soil. **Pakistan Journal of Agriculture Research**, v. 28, n.1, p. 11-18, 2015

ZAMBROSI, F.C.B. **Calagem e gessagem na especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto**. 123p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição d Plantas). Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2004.

ZAMBROSI, F.C.B.; ALLEONI, L.R.F.; CAIRES, E.F. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 37, n. 1, p. 110-117, 2007.

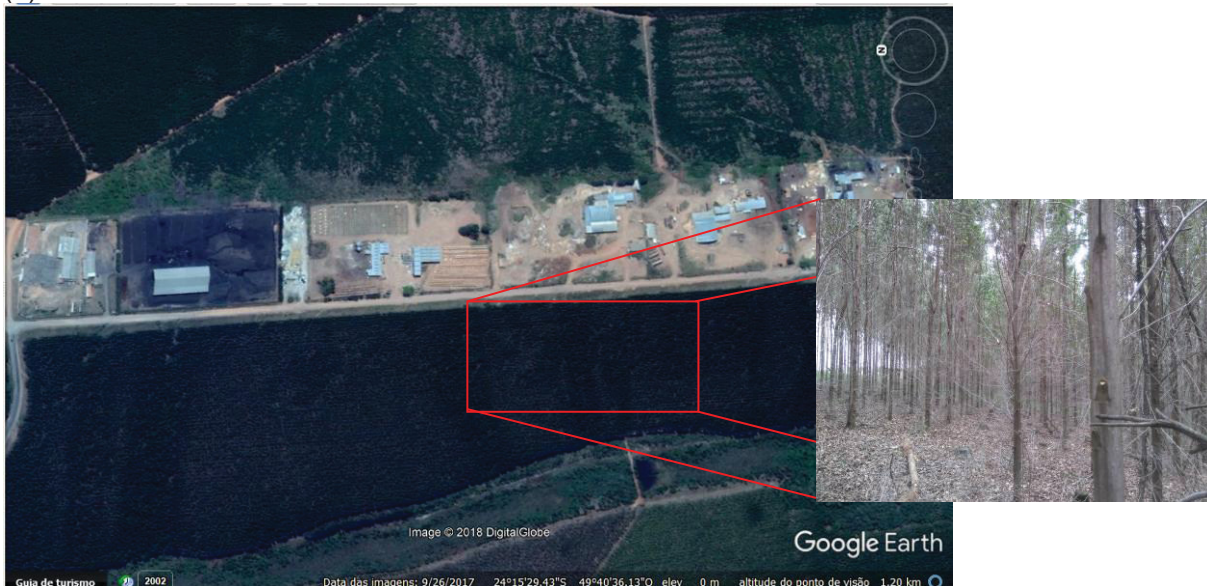
ZANDONÁ, R.R.; BEUTLER, A.N.; BURG, G.M.; BARRETO, C.F.; SCHIMIDT, M.R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, p. 128-137, 2015.

ZUCUNI, L.; ARENHART, M.H. **Fisiologia vegetal**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2015, 81 p.

## APÊNDICES

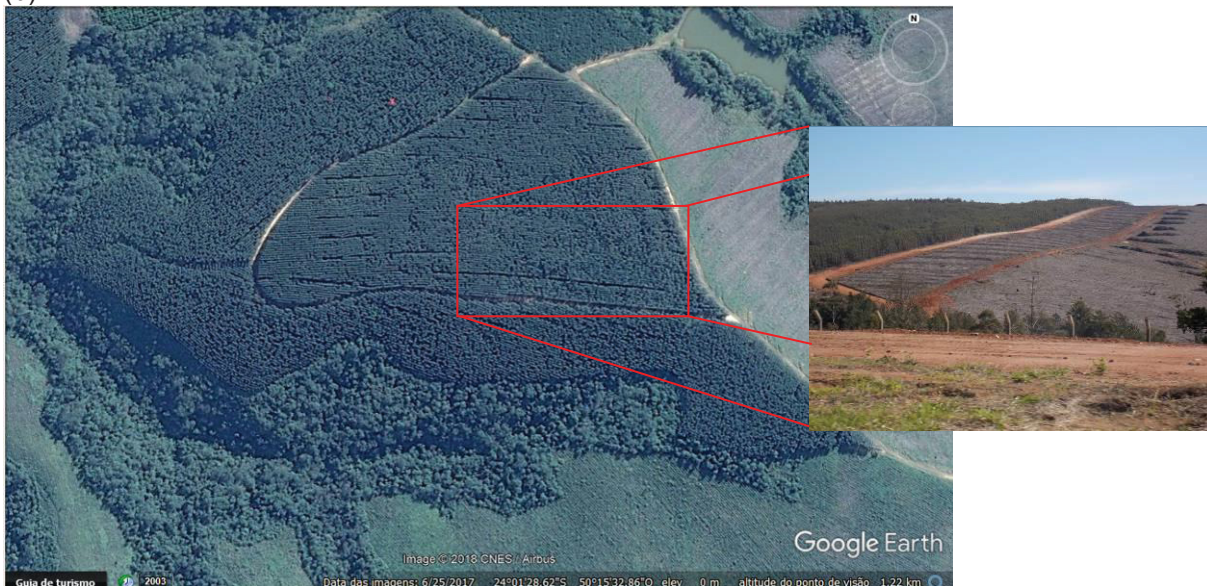
APÊNDICE 1 - IMAGEM AÉREA DOS EXPERIMENTOS INSTALADO NO MUNICÍPIO DE JAGUARIAÍVA, ESTADO DO PARANÁ, SOB AS COORDENADAS CARTOGRÁFICAS 24°15'04" S DE LATITUDE, 49°42'21" W DE LONGITUDE E 850m ALTITUDE (a) E EXPERIMENTO INSTALADO NO MUNICÍPIO DE VENTANIA, DISTRITO DE MOQUEM, ESTADO DO PARANÁ, SOB COORDENADAS CARTOGRÁFICAS DE 24°14'45" S LATITUDE, 50°14'34" W DE LONGITUDE E 990m DE ALTITUDE (b).

(a)



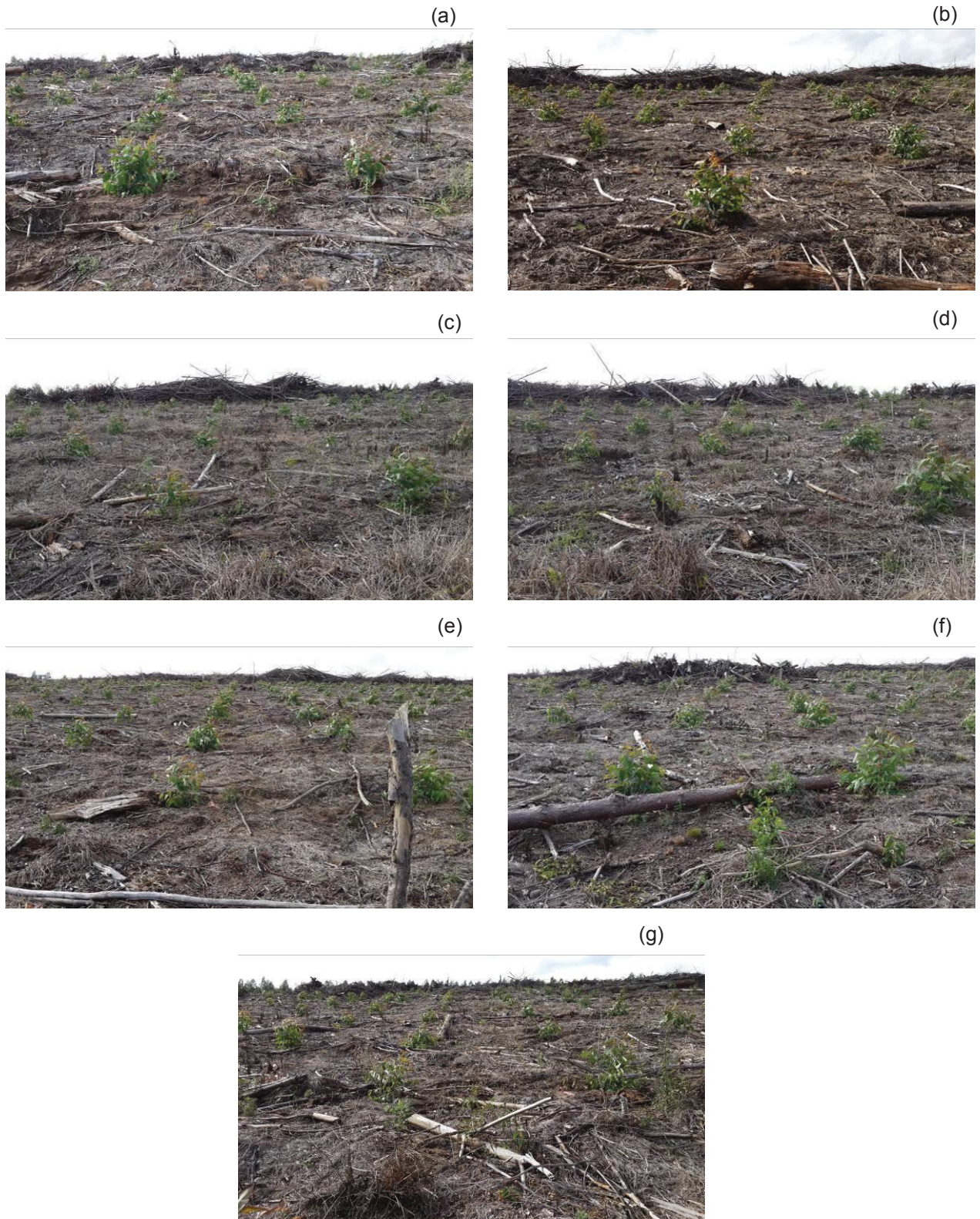
FONTE: Google Earth (2018).

(b)



FONTE: Google Earth (2018).

APÊNDICE 2 - DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DO HÍBRIDO DE EUCALIPTO *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) AOS TRÊS MESES APÓS O TRANSPLANTE DE MUDAS APÓS A APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA NAS DOSAGENS DE 0 (a); 0,3 (b); 0,6 (c); 1,2 (d); 2,4 (e); 4,8 (f) E 9,6 (g) Mg ha<sup>-1</sup>, NO MUNICÍPIO DE VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ.



Fonte: A autora (2018).

APÊNDICE 3 - DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DO HÍBRIDO DE EUCALIPTO *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) AOS 6 (a), 12 (b), 24 (c) E 36 (d) MESES APÓS O TRANSPLANTE DE MUDAS APÓS A APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA NA DOSE DE 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>, NO MUNICÍPIO DE JAGUARIAÍVA, ESTADO DO PARANÁ.

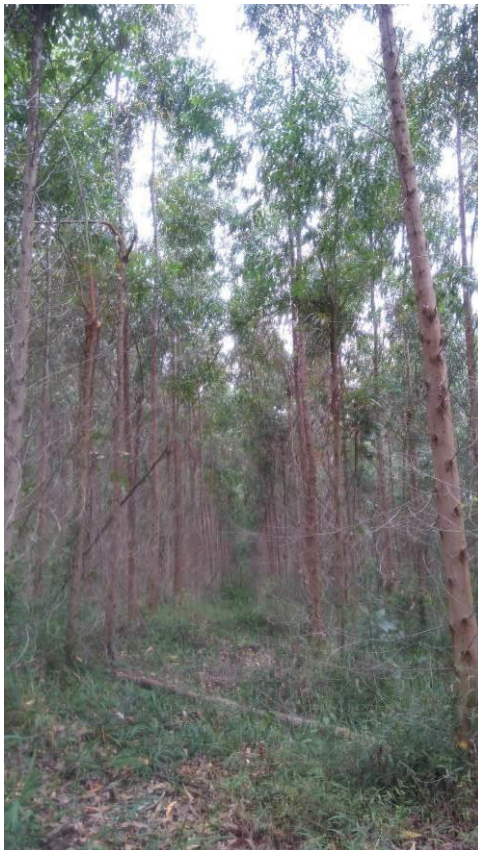
(a)



(b)



(c)

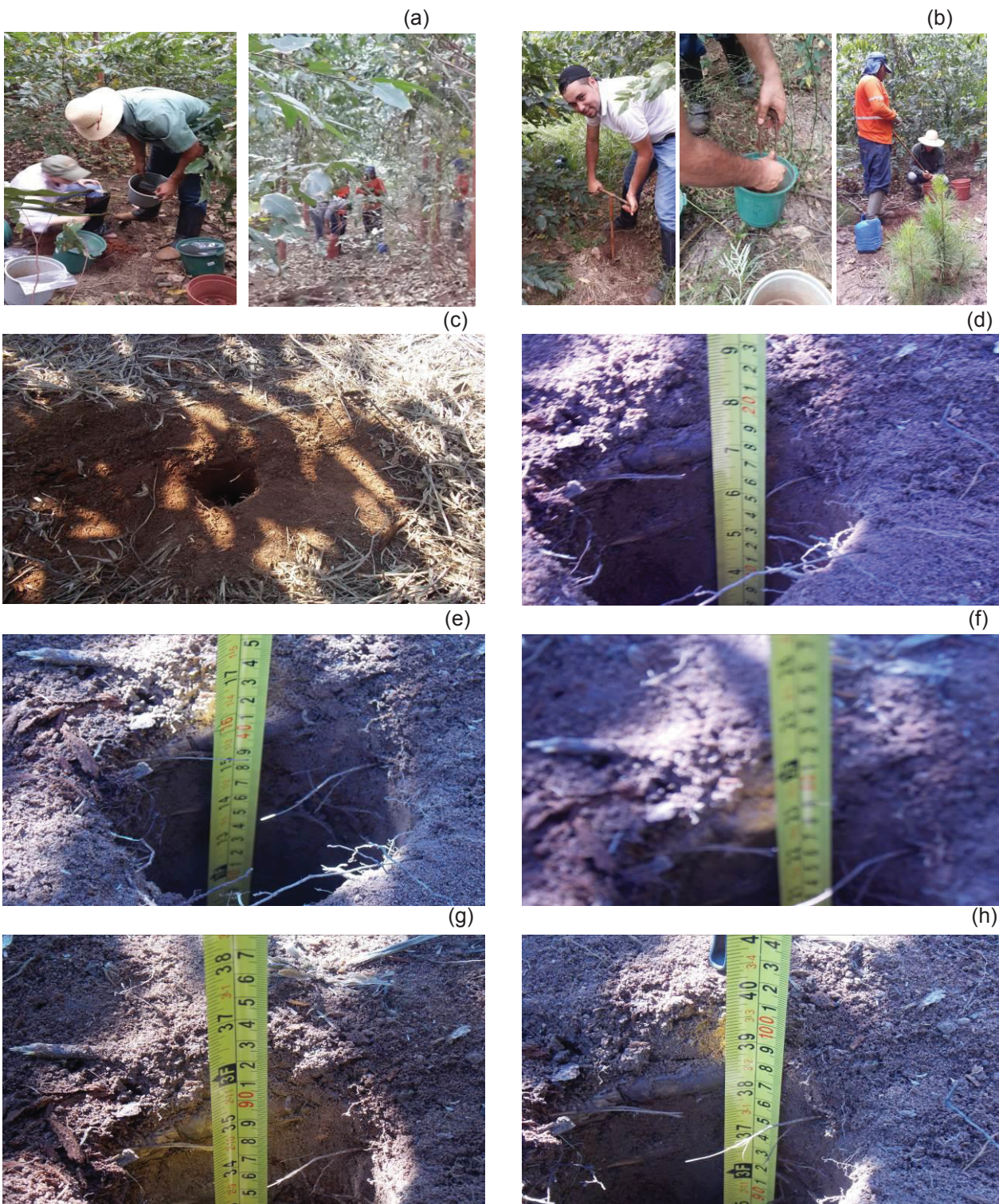


(d)



FONTE: A autora (2018).

APÊNDICE 4 - COLETA DE SOLOS EM JAGUARAÍVA CONSISTIU NA AMOSTRAGEM NA ENTRE LINHA (a); LIMPEZA DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS (b), COLETA DE AMOSTRAS COM O TRADO HOLANDÊS (c), COLETA DE SOLOS NAS CAMADAS ENTRE 0 A 0,20m (d), 0,20 A 0,40m (e), 0,40 A 0,60m (f), 0,60 A 0,80m (g) E 0,80 A 1,00m (h) APÓS A APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA NA SUPERFÍCIE.



FONTE: A autora (2018).

APÊNDICE 5 - MEDIÇÕES DE PLANTAS DO HÍBRIDO DE EUCALIPTO *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*), UTILIZANDO A TRENA MÉTRICA (a), HIPSÔMETRO ELETRÔNICO MODELO HANGLÖF (b) E APÓS A DERRUBADA DAS ÁRVORES PARA CUBAGEM (c) EM AMBOS OS EXPERIMENTOS LOCALIZADOS NOS MUNICÍPIOS DE JAGUARIAÍVA E VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ.

(a)



(b)



(c)



FONTE: A autora (2018).

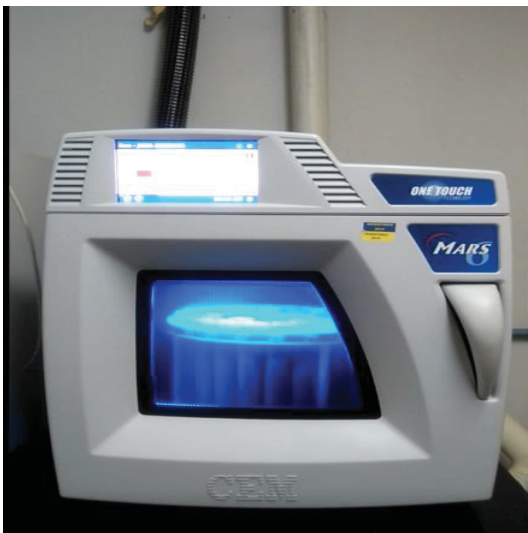


APÊNDICE 6 - AMOSTRA DE GESSO AGRÍCOLA NA SUPERFÍCIE DO SOLO APÓS 12 MESES A SUA APLICAÇÃO À LANÇO, NO MUNICÍPIO DE VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ.



FONTE: A autora (2018).

APÊNDICE 7 - PREPARO DE AMOSTRAS PARA DIGESTÃO DE TECIDO VEGETAL EM COMBUSTÃO VIA ÚMIDA EM FORNO MICRO-ONDAS COM SOLUÇÃO DE ÁCIDO NÍTRICO E PERÓXIDO.



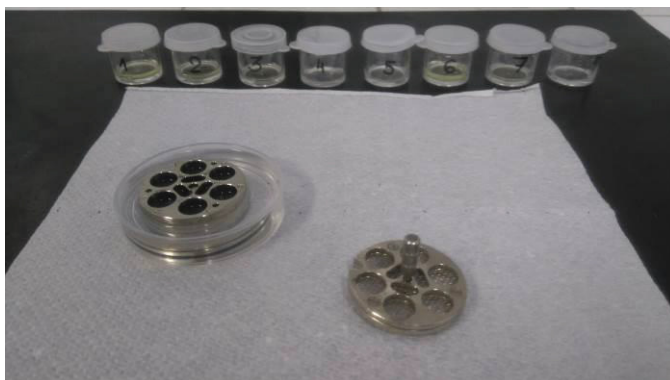
FONTE: A autora (2018).

APÊNDICE 8 - PREPARO DE AMOSTRAS PARA REALIZAÇÃO DO PONTO CRÍTICO CONSISTE NA COLETA DO RAMO INTEIRO NO TERÇO MÉDIO DA PLANTA (a), AMOSTRA E SECÇÃO DE CORTE DA FOLHA COM MATURIDADE FISIOLÓGICA (b), AMOSTRAS PREVIAMENTE EM DILUIÇÃO DE SÉRIE ETÍLICA ASCENDENTE (c), SUPORTE METÁLICO COM AMOSTRAS IMERSOS EM ÁLCOOL ETÍLICO (d) E EQUIPAMENTO BALTEC CPD 030 PARA PONTO CRÍTICO UTILIZANDO-SE CO<sub>2</sub> LÍQUIDO (e).

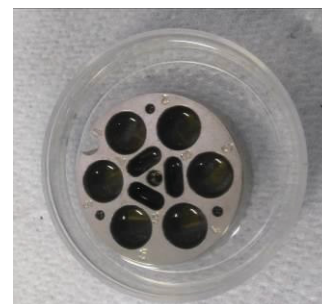
(a)



(c)



(d)



(b)



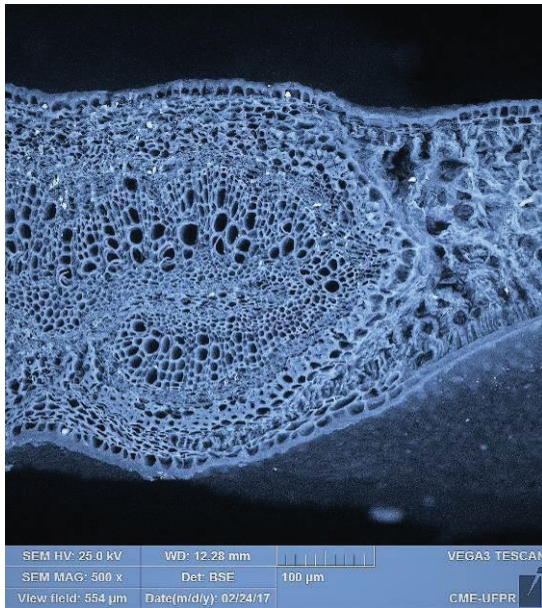
(e)



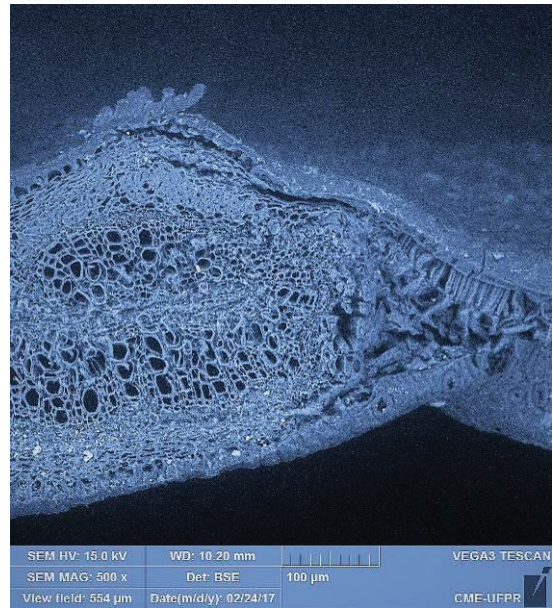
FONTE: A autora (2018).

APÊNDICE 9 - CORTE HISTOLÓGICO TRANSVERSAL DE FOLHA COM MATURIDADE FISIOLÓGICA DO HÍBRIDO DE EUCALIPTO *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) COLETADA AOS TRINTE E SEIS MESES APÓS O TRANSPLANTE DE MUDAS APÓS A APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA NAS DOSAGENS DE 0 (a); 1,2 (b) 4,8 (c) E 9,6 (d) Mg ha<sup>-1</sup>, NO MUNICÍPIO DE JAGUARIAÍVA, ESTADO DO PARANÁ, LIDAS EM MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA TESCAN VEGA3 LMU, OBTIDAS COM RESOLUÇÃO DE AUMENTO DE 500 X.

(a)



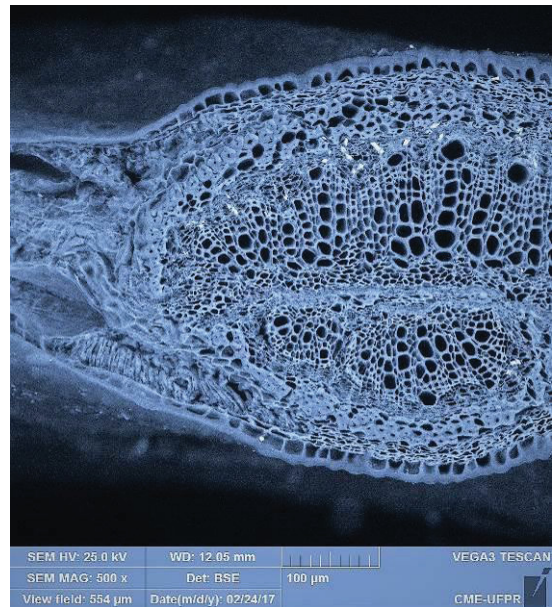
(b)



(c)



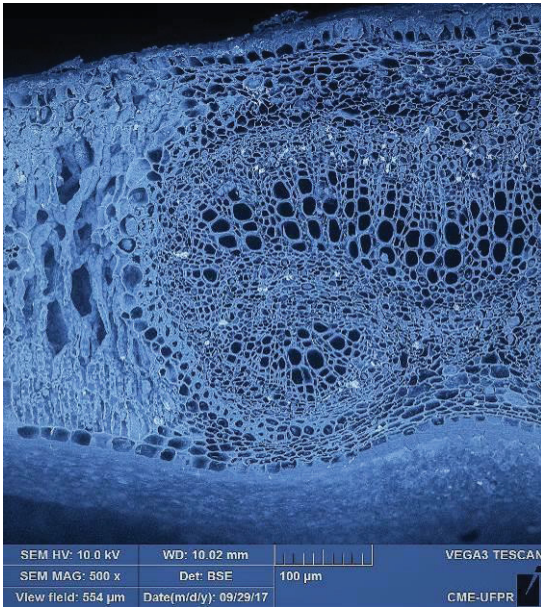
(d)



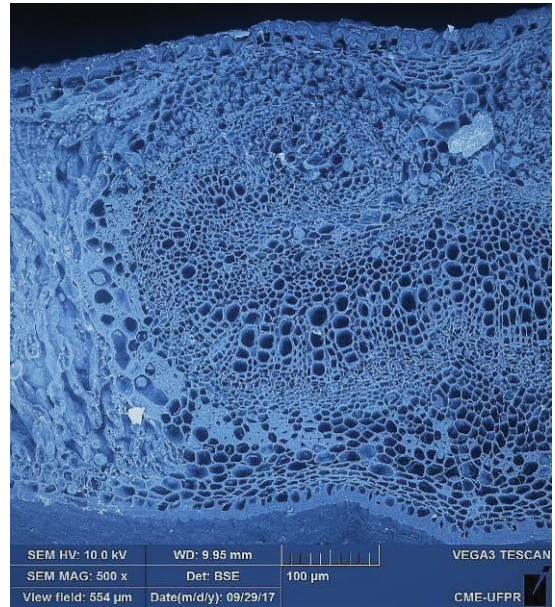
FONTE: A autora (2018).

APÊNDICE 10 - CORTE HISTOLÓGICO TRANSVERSAL DE FOLHA COM MATURIDADE FISIOLÓGICA DO HÍBRIDO DE EUCALIPTO *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) COLETADA AOS TRINTE E SEIS MESES APÓS O TRANSPLANTE DE MUDAS APÓS A APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA NAS DOSAGENS DE 0 (a); 1,2 (b) 4,8 (c) E 9,6 (d) Mg ha<sup>-1</sup>, NO MUNICÍPIO DE VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ, LIDAS EM MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA TESCAN VEGA3 LMU, OBTIDAS COM RESOLUÇÃO DE AUMENTO DE 500 X.

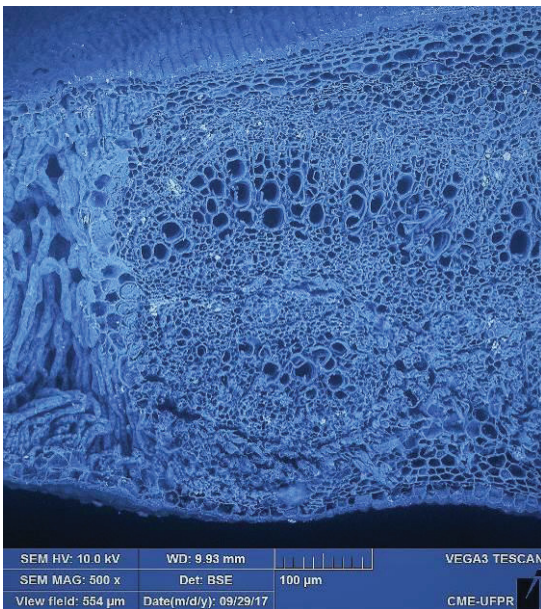
(a)



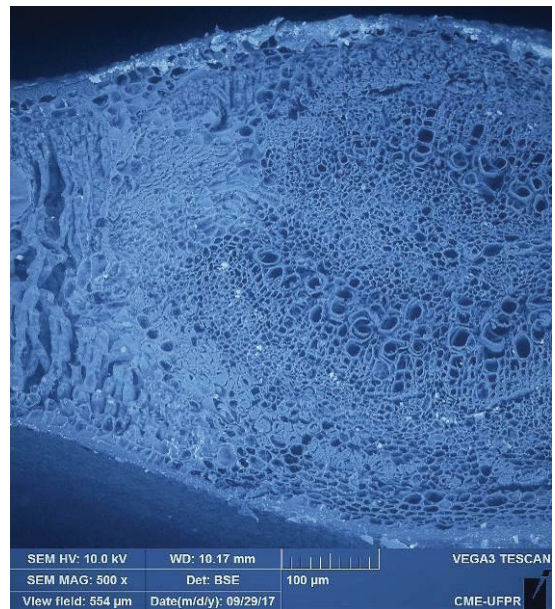
(b)



(c)

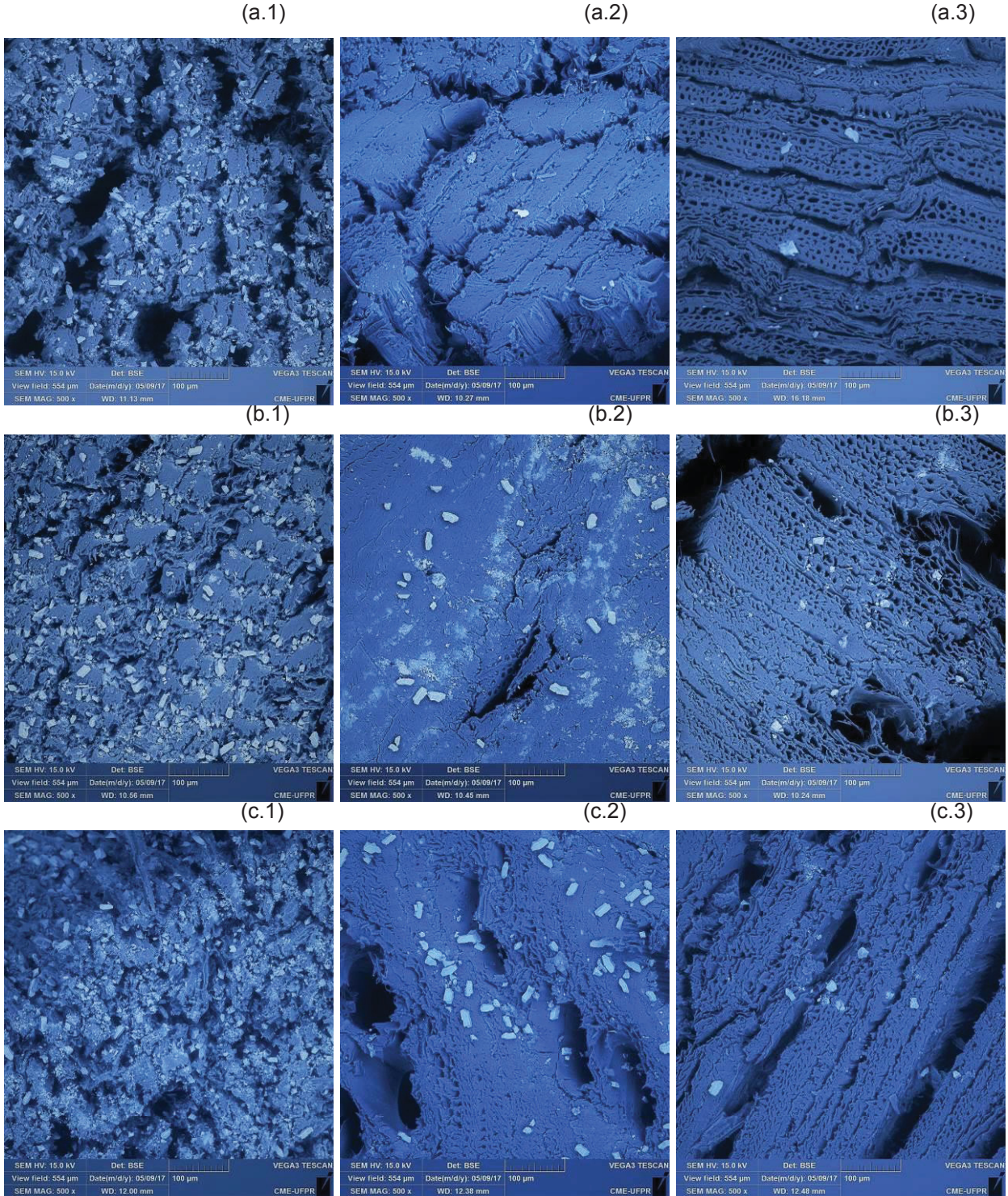


(d)



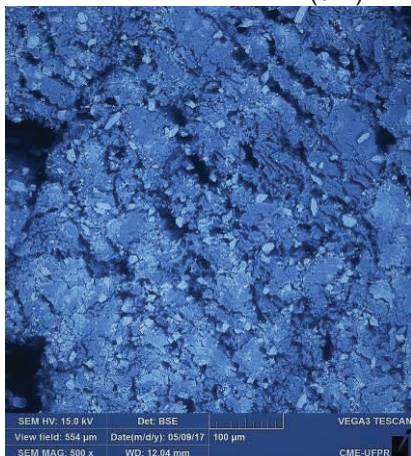
FONTE: A autora (2018).

APÊNDICE 11 - CORTE HISTOLÓGICO TRANSVERSAL CASCA (1), CERNE (2) E MEDULA (3) DO HÍBRIDO DE EUCALIPTO *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) COLETADA AOS TRINTE E SEIS MESES APÓS O TRANSPLANTE DE MUDAS APÓS A APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA NAS DOSAGENS DE 0 (a); 1,2 (b) 4,8 (c) E 9,6 (d) Mg ha<sup>-1</sup>, NO MUNICÍPIO DE JAGUARIAÍVA, ESTADO DO PARANÁ, LIDAS EM MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA TESCAN VEGA3 LMU, OBTIDAS COM RESOLUÇÃO DE AUMENTO DE 500 X.

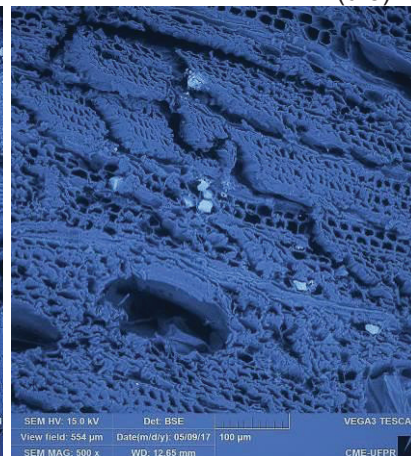
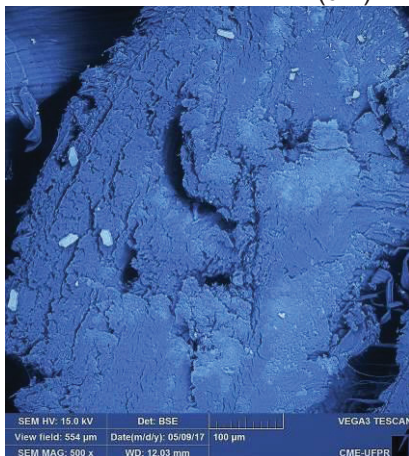


Continua...

(d.1)

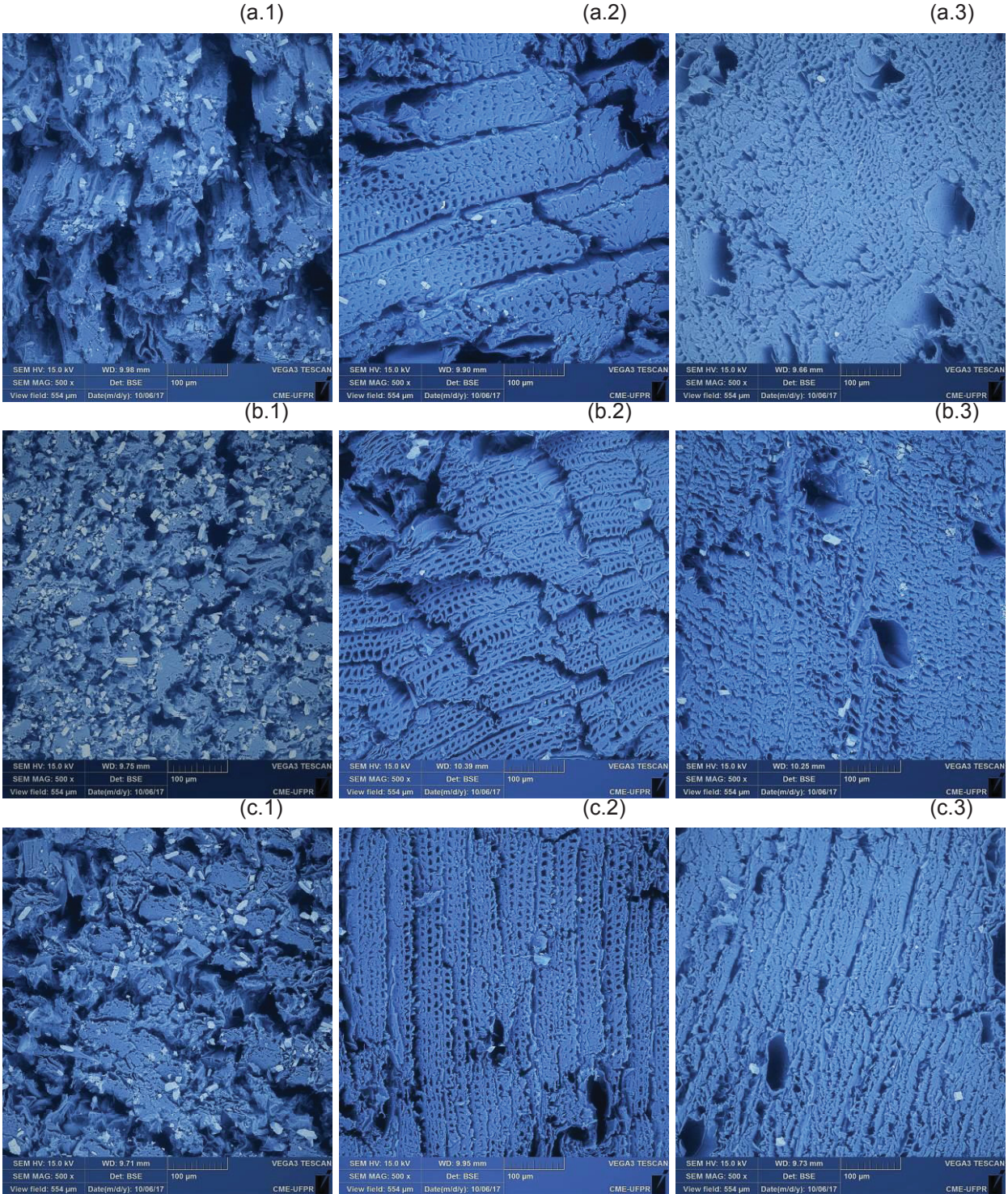


(d.2)



FONTE: A autora (2018).

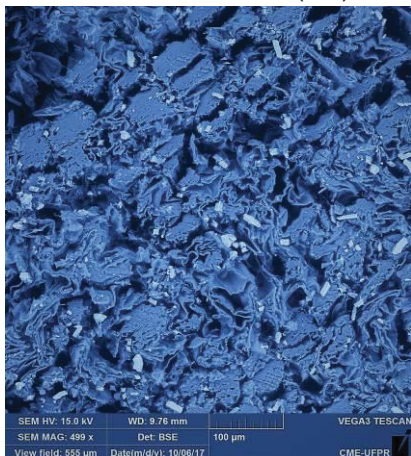
APÊNDICE 12 - CORTE HISTOLÓGICO TRANSVERSAL CASCA (1), CERNE (2) E MEDULA (3) DO HÍBRIDO DE EUCALIPTO *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*E. urograndis*) COLETADA AOS TRINTE E SEIS MESES APÓS O TRANSPLANTE DE MUDAS APÓS A APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA NAS DOSAGENS DE 0 (a); 1,2 (b) 4,8 (c) E 9,6 (d) Mg ha<sup>-1</sup>, NO MUNICÍPIO DE VENTANIA, ESTADO DO PARANÁ, LIDAS EM MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA TESCAN VEGA3 LMU, OBTIDAS COM RESOLUÇÃO DE AUMENTO DE 500 X.



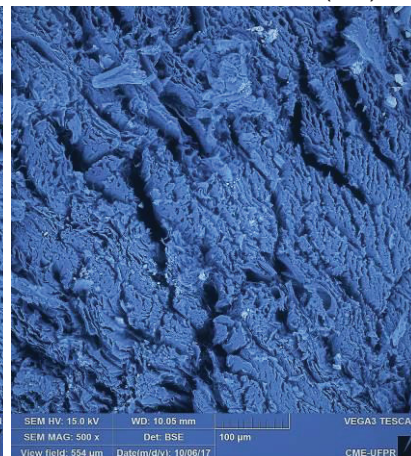
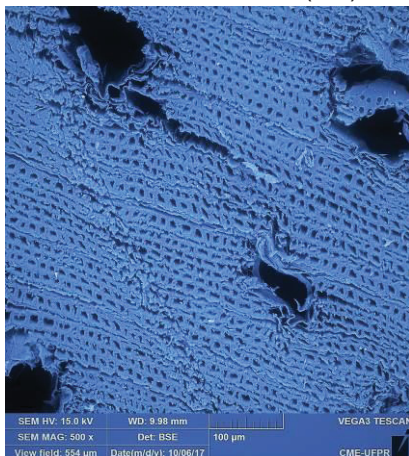
Continua...



(d.1)



(d.2)



FONTE: A autora (2018).

**ANEXO**

ANEXO A. ESTIMATIVAS DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON<sup>(1)</sup>, ENTRE 101 PARES DE CARACTERES COMO: TEMPO EM MESES (T), DOSES DE GESSO AGRÍCOLA (G), ALTURA DE PLANTAS (H), DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) E CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES, CULTIVADOS SOB DOSES DE GESSO AGRÍCOLA; SENDO ELAS 0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8 E 9,6 MG HA<sup>-1</sup>, NOS MUNICÍPIOS DE JAGUARIAÍVA (A) E VENTANIA (B).

(a)	T	G	H	DAP	Ag	Al	As	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Ni	P	Pb	S	Sb	Se	V	Zn
T	0,0	0,0	1,0	0,9	-0,7	-0,9	-0,3	-0,8	-0,5	0,8	-0,6	0,0	-0,8	-0,8	-0,9	0,8	0,8	-0,8	0,0	0,0	0,8	-0,3	0,8	-0,5	0,0	-0,8	-0,8
G	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	-0,1	0,0	-0,1	0,0
H	1,0	0,0	1,0	0,9	-0,6	-0,9	-0,2	-0,7	-0,5	0,8	-0,5	0,0	-0,8	-0,7	-0,9	0,8	0,8	-0,7	0,1	0,0	0,8	-0,2	0,8	-0,5	0,0	-0,8	-0,7
DAP	0,9	0,0	1,0	1,0	-0,5	-0,8	-0,2	-0,6	-0,3	0,6	-0,4	0,1	-0,7	-0,6	-0,9	0,7	0,7	-0,6	0,2	0,0	0,7	-0,1	0,7	-0,6	0,0	-0,8	-0,6
Ag	-0,7	0,2	-0,6	-0,5	0,6	0,3	0,8	0,8	-0,7	0,7	0,3	0,3	0,8	0,7	0,6	-0,8	-0,8	1,0	0,1	0,0	-0,8	0,5	-0,8	0,1	0,0	0,4	0,8
Al	-0,9	0,1	-0,9	-0,8	0,6	0,3	0,3	0,7	0,4	-0,7	0,5	-0,1	0,8	0,7	1,0	-0,7	-0,7	0,7	-0,1	0,0	-0,7	0,1	-0,7	0,5	0,0	0,9	0,7
As	-0,3	-0,1	-0,2	-0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	-0,2	0,2	0,0	0,2	0,2	0,3	-0,2	-0,3	0,3	0,0	0,0	-0,3	0,2	-0,3	0,1	0,0	0,3	0,2
B	-0,8	0,0	-0,7	-0,6	0,8	0,7	0,2	0,8	0,8	0,7	0,7	0,2	0,8	0,8	0,7	-0,9	-0,9	0,8	0,2	0,0	-0,9	0,5	-0,9	0,2	0,0	0,5	0,9
Ba	-0,5	0,0	-0,5	-0,3	0,8	0,4	0,3	0,8	0,8	0,7	0,7	0,3	0,6	0,6	0,4	-0,8	-0,8	0,7	0,3	0,0	-0,8	0,6	-0,8	0,0	0,0	0,2	0,7
Ca	0,8	0,0	0,8	0,6	-0,7	-0,7	-0,2	-0,8	-0,7	0,7	-0,6	-0,2	-0,7	-0,8	-0,7	1,0	0,9	-0,8	-0,2	0,0	0,9	-0,4	0,9	-0,3	0,0	-0,5	-0,8
Cd	-0,6	0,1	-0,5	-0,4	0,7	0,5	0,2	0,7	0,7	-0,6	0,2	0,2	0,6	0,6	0,5	-0,7	-0,7	0,7	0,2	0,0	-0,7	0,4	-0,7	0,2	0,0	0,3	0,7
Co	0,0	0,1	0,0	0,1	0,3	-0,1	0,0	0,2	0,3	-0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	-0,1	-0,2	-0,2	0,2	0,4	0,0	-0,2	0,2	-0,2	-0,2	0,0	-0,1	0,2
Cr	-0,8	0,1	-0,8	-0,7	0,8	0,8	0,2	0,8	0,6	-0,7	0,6	0,1	0,7	0,8	0,7	-0,7	-0,7	0,9	-0,1	0,0	-0,7	0,3	-0,7	0,3	0,0	0,6	0,8
Cu	-0,8	-0,1	-0,8	-0,6	0,7	0,7	0,2	0,8	0,6	-0,8	0,6	0,1	0,7	0,7	0,7	-0,8	-0,8	0,8	0,2	0,0	-0,8	0,3	-0,8	0,2	0,0	0,5	0,8
Fe	-0,9	0,0	-0,9	-0,9	0,6	1,0	0,3	0,7	0,4	-0,7	0,5	-0,1	0,8	0,7	0,7	-0,7	-0,7	0,7	-0,1	0,0	-0,7	0,1	-0,7	0,5	0,0	0,9	0,7
K	0,8	0,0	0,8	0,7	-0,8	-0,7	-0,2	-0,9	-0,8	1,0	-0,7	-0,2	-0,7	-0,8	-0,7	0,9	0,9	-0,8	-0,2	0,0	1,0	-0,5	1,0	-0,3	0,0	-0,5	-0,8
Mg	0,8	0,0	0,8	0,7	-0,8	-0,7	-0,3	-0,9	-0,8	0,9	-0,7	-0,2	-0,7	-0,8	-0,7	0,9	0,9	-0,8	-0,2	0,0	1,0	-0,5	1,0	-0,3	0,0	-0,5	-0,9
Mn	-0,8	0,1	-0,7	-0,6	1,0	0,7	0,3	0,8	0,7	-0,8	0,7	0,2	0,9	0,8	0,7	-0,8	-0,8	0,1	0,1	0,0	-0,8	0,5	-0,8	0,2	0,0	0,5	0,8
Mo	0,0	-0,1	0,1	0,2	0,1	-0,1	0,0	0,2	0,3	-0,2	0,2	0,4	-0,1	0,2	-0,1	-0,2	-0,2	0,1	0,1	0,0	-0,2	0,1	-0,2	-0,2	0,0	-0,2	0,1
Ni	-0,7	0,0	-0,7	-0,7	0,6	0,7	0,2	0,5	0,2	-0,5	0,4	0,0	0,7	0,5	0,7	-0,5	-0,5	0,6	-0,1	0,0	-0,5	0,1	-0,5	0,3	0,0	0,6	0,6
P	0,8	0,0	0,8	0,7	-0,8	-0,7	-0,3	-0,9	-0,8	0,9	-0,7	-0,2	-0,7	-0,8	-0,7	1,0	1,0	-0,8	-0,2	0,0	0,0	-0,5	1,0	-0,3	0,0	-0,5	-0,8
Pb	-0,3	0,1	-0,2	-0,1	0,5	0,1	0,2	0,5	0,6	-0,4	0,4	0,2	0,3	0,3	0,1	-0,5	-0,5	0,5	0,1	0,0	-0,5	0,1	-0,5	-0,1	0,0	0,1	0,4
S	0,8	0,0	0,8	0,7	-0,8	-0,7	-0,3	-0,9	-0,8	0,9	-0,7	-0,2	-0,7	-0,8	-0,7	1,0	1,0	-0,8	-0,2	0,0	1,0	-0,5	0,0	-0,3	0,0	-0,5	-0,8
Sb	-0,5	-0,1	-0,5	-0,6	0,1	0,5	0,1	0,2	0,0	-0,3	0,2	-0,2	0,3	0,2	0,5	-0,3	-0,3	0,2	-0,2	0,0	-0,3	-0,1	-0,3	0,0	0,0	0,5	0,3
Se	0,0	-0,1	0,0	0,1	0,4	0,0	0,3	0,4	0,6	-0,3	0,3	0,0	0,2	0,3	0,0	-0,4	-0,4	0,4	0,2	0,0	-0,4	0,4	-0,4	-0,1	0,0	-0,1	0,3
V	-0,8	-0,1	-0,8	-0,8	0,4	0,9	0,3	0,5	0,2	-0,5	0,3	-0,1	0,6	0,5	0,9	-0,5	-0,5	0,5	-0,2	0,0	-0,5	0,1	-0,5	0,5	0,0	0,0	0,5
Zn	-0,8	0,0	-0,7	-0,6	0,8	0,7	0,2	0,9	0,7	-0,8	0,7	0,2	0,8	0,8	0,7	-0,8	-0,9	0,8	0,1	0,0	-0,8	0,4	-0,8	0,3	0,0	0,5	0,5

Continua...

(b)	T	G	H	DAP	Ag	Al	As	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Ni	P	Pb	S	Sb	Se	V	Zn
T	0,0	0,0	1,0	1,0	-0,8	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	0,2	0,1	0,0	0,3	-0,3	-0,7	0,6	-0,7	-0,3	-0,2	0,5	-0,4	0,8	0,0	0,2	-0,1	0,0
G	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,3	-0,1	0,1	0,0	0,0	-0,3	0,2	0,1	0,1	-0,1	0,1	-0,2	-0,2	0,1	0,2	0,3	0,0	0,2	0,2	-0,1	-0,3	0,1
H	1,0	0,0	0,0	1,0	-0,7	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	0,2	0,1	0,1	0,3	-0,3	-0,7	0,6	-0,7	-0,3	-0,2	0,5	-0,4	0,8	0,0	0,2	-0,1	0,1
DAP	1,0	0,0	1,0	0,0	-0,7	-0,3	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	0,2	0,1	0,0	0,3	-0,3	-0,7	0,6	-0,7	-0,2	-0,2	0,5	-0,5	0,7	0,0	0,2	-0,1	0,0
Ag	-0,8	-0,1	-0,7	-0,7	0,7	0,7	0,5	0,7	0,8	0,8	-0,1	0,0	0,0	-0,3	0,6	0,6	-0,7	0,9	0,4	0,3	-0,6	0,2	-0,7	0,1	0,1	0,3	0,1
Al	-0,4	-0,3	-0,4	-0,3	0,7	0,4	0,4	0,6	0,5	0,7	0,2	-0,3	0,2	-0,2	0,9	0,4	-0,3	0,7	0,3	0,4	-0,6	0,1	-0,5	-0,1	0,3	0,8	0,2
As	-0,5	-0,1	-0,5	-0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,0	-0,1	0,0	-0,1	0,3	0,5	-0,4	0,6	0,4	0,2	-0,4	0,1	-0,5	0,2	0,0	0,2	0,1
B	-0,6	0,1	-0,6	-0,6	0,7	0,6	0,4	0,7	0,8	0,0	0,0	-0,4	0,1	0,1	0,6	0,8	-0,5	0,7	0,3	0,3	-0,4	0,0	-0,6	0,0	0,1	0,2	0,3
Ba	-0,7	0,0	-0,7	-0,7	0,8	0,5	0,5	0,7	0,8	0,8	-0,2	-0,3	0,0	0,0	0,5	0,7	-0,5	0,8	0,3	0,2	-0,4	0,1	-0,7	0,0	0,1	0,1	0,2
Ca	-0,7	0,0	-0,7	-0,7	0,8	0,7	0,5	0,8	0,8	0,8	-0,1	-0,3	0,1	-0,1	0,6	0,8	-0,5	0,9	0,3	0,3	-0,5	0,2	-0,7	0,0	0,1	0,2	0,4
Cd	0,2	-0,3	0,2	0,2	-0,1	0,2	0,0	0,0	-0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,1	-0,1	0,1	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	0,1	0,1	-0,1	-0,1	0,1	0,0
Co	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	-0,3	-0,1	-0,4	-0,3	-0,3	0,0	-0,1	-0,1	-0,6	-0,3	-0,4	-0,4	-0,2	0,1	0,1	-0,1	0,0	0,2	0,5	-0,1	-0,1	-0,5
Cr	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,3	0,0	-0,1	0,1	0,0	0,4	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Cu	0,3	0,1	0,3	0,3	-0,3	-0,2	-0,1	0,1	0,0	-0,1	-0,1	-0,6	0,0	0,0	-0,1	0,1	0,5	-0,2	-0,1	0,0	0,6	-0,1	0,4	-0,2	0,1	-0,2	0,5
Fe	-0,3	-0,1	-0,3	-0,3	0,6	0,9	0,3	0,6	0,5	0,6	0,1	-0,3	0,3	-0,1	0,4	0,4	-0,2	0,6	0,1	0,4	-0,4	0,1	-0,4	-0,1	0,1	0,7	0,3
K	-0,7	0,1	-0,7	-0,7	0,7	0,4	0,5	0,8	0,7	0,8	-0,1	-0,4	0,0	0,1	0,4	0,4	-0,5	0,7	0,4	0,3	-0,3	0,2	-0,6	0,1	0,0	0,1	0,5
Mg	0,6	-0,2	0,6	0,6	-0,7	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5	0,1	-0,4	-0,1	0,5	-0,2	-0,5	-0,6	-0,6	-0,5	-0,3	0,6	0,0	0,6	-0,4	0,0	-0,1	0,1
Mn	-0,7	-0,2	-0,7	-0,7	0,9	0,7	0,6	0,7	0,8	0,9	0,0	-0,2	0,1	-0,2	0,6	0,7	-0,6	0,4	0,4	0,4	-0,6	0,1	-0,7	0,1	0,2	0,4	0,2
Mo	-0,3	0,1	-0,3	-0,2	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	-0,1	0,1	0,0	-0,1	0,1	0,4	-0,5	0,4	0,2	0,2	-0,3	-0,1	-0,4	0,4	0,2	0,2	0,1
Ni	-0,2	0,2	-0,2	-0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	0,3	-0,1	-0,1	0,4	0,0	0,4	0,3	-0,3	0,4	0,2	0,2	-0,3	-0,2	-0,3	0,1	0,1	0,3	0,1
P	0,5	0,3	0,5	0,5	-0,4	-0,6	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,6	-0,4	0,6	-0,6	-0,3	-0,3	0,0	0,0	0,8	-0,1	0,0	-0,5	0,2
Pb	-0,4	0,0	-0,4	-0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	-0,1	-0,2	0,0	0,0	-0,1	-0,2	0,0	0,1	0,0
S	0,8	0,2	0,8	0,7	-0,7	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	0,1	0,2	0,0	0,4	-0,4	-0,6	0,6	-0,7	-0,4	-0,4	0,8	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,0
Sb	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	-0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,5	0,0	-0,2	-0,1	0,1	-0,4	0,1	0,4	0,1	-0,1	-0,2	-0,1	0,2	0,2	0,0	-0,2
Se	0,2	-0,1	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1
V	-0,1	-0,3	-0,1	-0,1	0,3	0,8	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	-0,1	0,1	-0,2	0,7	0,1	-0,1	0,4	0,2	0,3	-0,5	0,1	-0,3	0,0	0,2	0,0	0,0
Zn	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2	0,4	0,0	-0,5	0,1	0,5	0,3	0,5	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	-0,2	0,1	0,0	0,0

Fonte: A autora (2018).

ANEXO B. CARACTERES COMO: DOSES DE GESSO AGRÍCOLA (G), DIÂMETRO DO TRONCO (DT), ESPESSURA DA CASCA (EC), VOLUME DO TRONCO (VT), DENSIDADE DO TRONCO (DET) E MASSA SECA (MS), CULTIVADOS SOB DOSES DE GESSO AGRÍCOLA, SENDO ELAS 0; 1,2; 4,8 E 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>, NOS MUNICÍPIOS DE JAGUARIAÍVA (a) E VENTANIA (b), ESTADO DO PARANÁ.

(a)

G	Úmido		Seco		VT	DeT	MS
	DT	EC	DT	EC			
kg ha <sup>-1</sup>	Cm				cm <sup>3</sup>	g cm <sup>-3</sup>	g
0	18,78	0,95	17,58	0,77	455,34	1,94	877,21
1,2	18,93	0,92	17,35	0,64	469,69	2,09	983,07
4,8	16,87	0,72	16,18	0,58	459,90	1,72	796,02
9,6	19,03	0,92	19,25	0,66	582,96	2,07	1196,96
Base							
Diâmetro a Altura do Peito							
0	15,09	0,65	13,27	0,52	313,77	1,74	547,95
1,2	15,12	0,63	13,55	0,48	352,26	1,69	605,94
4,8	13,88	0,63	12,78	0,40	364,53	1,51	564,26
9,6	15,60	0,63	14,33	0,40	350,65	1,84	646,68
25% da Altura da Árvore							
0	12,79	0,42	11,34	0,51	272,73	1,54	419,96
1,2	12,87	0,41	11,59	0,26	263,08	1,58	414,71
4,8	12,84	0,47	11,17	0,49	271,86	1,44	393,53
9,6	14,71	0,50	13,21	0,42	360,17	1,75	649,00

G	Úmido		Seco		VT	DeT	MS
	DT	EC	DT	EC			
kg ha <sup>-1</sup>	cm				cm <sup>3</sup>	g cm <sup>-3</sup>	g
50% da Altura da Árvore							
0	10,09	0,36	9,27	0,27	252,38	1,12	284,21
1,2	9,47	0,33	8,66	0,30	213,97	1,08	235,69
4,8	8,66	0,31	8,07	0,32	180,73	0,94	172,48
9,6	9,96	0,33	9,22	0,41	232,67	1,18	275,31
75% da Altura da Árvore							
0	6,73	0,30	6,45	0,25	154,05	0,84	131,19
1,2	6,63	0,22	6,11	0,29	160,88	0,75	122,42
4,8	6,29	0,19	5,43	0,20	136,41	0,67	92,00
9,6	6,45	0,28	6,05	0,23	159,15	0,72	115,83
100% da Altura da Árvore							
0	2,87	0,10	2,69	0,10	65,37	0,35	22,61
1,2	3,13	0,11	2,86	0,10	78,34	0,31	23,69
4,8	2,48	0,10	2,68	0,10	71,94	0,28	19,68
9,6	3,36	0,16	2,82	0,10	73,05	0,37	26,56

(b)

G	Úmido		Seco		VT	DeT	MS
	DT	EC	DT	EC			
kg ha <sup>-1</sup>	cm				cm <sup>3</sup>	g cm <sup>-3</sup>	g
Base							
0	17,31	0,87	15,30	0,35	205,48	2,25	423,25
1,2	18,48	1,02	15,57	0,39	216,43	2,41	513,85
4,8	18,53	0,96	16,50	0,38	248,50	2,26	511,17
9,6	17,86	1,06	15,18	0,40	217,41	1,88	471,91
Diâmetro a Altura do Peito							
0	15,22	0,68	13,07	0,30	136,57	1,84	243,72
1,2	15,48	0,68	13,36	0,83	158,18	1,88	293,57
4,8	15,68	0,63	13,74	0,30	173,65	1,89	319,65
9,6	14,75	0,65	12,78	0,34	151,04	1,27	243,67
25% da Altura da Árvore							
0	12,72	0,53	11,09	0,21	148,52	1,52	225,60
1,2	12,52	0,58	10,69	0,21	147,62	1,58	229,38
4,8	13,75	0,61	12,04	0,26	168,09	1,99	296,99
9,6	12,08	0,59	10,63	0,26	138,61	1,08	200,18

G	Úmido		Seco		VT	DeT	MS
	DT	EC	DT	EC			
kg ha <sup>-1</sup>	cm				cm <sup>3</sup>	g cm <sup>-3</sup>	g
50% da Altura da Árvore							
0	10,00	0,54	8,75	0,18	120,83	1,18	140,72
1,2	9,53	0,33	8,52	0,16	101,86	1,29	128,30
4,8	10,67	0,48	9,23	0,21	120,03	1,27	148,23
9,6	9,43	0,50	7,91	0,18	117,07	0,98	147,99
75% da Altura da Árvore							
0	6,14	0,28	5,42	0,10	70,81	0,86	57,12
1,2	5,96	0,28	5,05	0,11	71,77	0,85	60,16
4,8	7,54	0,43	6,64	0,18	82,13	0,92	69,00
9,6	5,42	0,23	4,81	0,11	73,17	0,55	47,25
100% da Altura da Árvore							
0	1,83	0,10	1,79	0,05	26,59	0,51	12,04
1,2	2,63	0,10	2,36	0,05	32,44	0,28	9,12
4,8	1,88	0,10	1,82	0,03	28,83	0,41	6,08
9,6	2,38	0,10	2,29	0,06	37,17	0,31	13,28

Fonte: A autora (2018).

## RESUMO BIOGRÁFICO

Carla Fernanda Ferreira é filha de Marcela Szawka (licenciada em Geografia e pedagoga) nasceu em 10 de abril de 1984, no município de Ponta Grossa, estado do Paraná.

Educou-se no colégio católico Sagrada Família até o ano de 1999, onde concluiu o ensino fundamental. Posteriormente, iniciou seus estudos em escola pública no Centro Federal de Educação Tecnológica (Cefet) atualmente Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Em função da paralização trabalhista concluiu o ensino médio no Colégio Sant'na, no ano de 2001.

Ingressou a Universidade Estadual de Ponta Grossa, no ano de 2002, no curso integral de Agronomia. Dentre suas atribuições acadêmicas, estagiou no Departamento de Solos da instituição, realizando treinamento do fracionamento granulométrico da matéria orgânica, textura do solo e coletas de campo. Participou de atividades de pesquisa, entre os anos de 2003 à 2006 relacionadas ao estudo das alterações do estoque e taxa de carbono sob diferentes sistemas e dinâmica da matéria orgânica e do nitrogênio mineral na região dos Campos Gerais. Foi monitora da disciplina de Solos II, no ano letivo de 2005. Em 2006, cumpriu o estágio obrigatório na Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária na área de Fertilidade de Solos e formou-se Engenheira Agrônoma no mesmo ano.

No ano de 2007, iniciou seus estudos na Universidade Federal do Paraná, no Programa de Mestrado da Pós-Graduação em Ciências do Solo, sendo bolsista CNPq, em pesquisa com ênfase em Nutrição Mineral de Plantas. Conclui o mestrado no ano de 2009.

Atua profissionalmente, desde 2013, como docente em disciplinas que envolvem as Ciências do Solo e a Metodologia Científica do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (Cescage). Além disso, desempenha a função de coordenadora da Pós-Graduação em Uso e Manejo do Solo: Fertilidade e Conservação, membro do Comitê de Ética, do Núcleo Docente Estruturante e do Colegiado do Curso de Agronomia na mesma instituição.

Concomitantemente à prática de docência, ingressou no doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo da Universidade Federal do Paraná, no ano de 2014.