

RODRIGO BALEM VENDRUSCOLO

**FÓSFORO E ENXOFRE NO ESTABELECIMENTO DE CLONES
DE ERVA-MATE NO PLANALTO NORTE CATARINENSE**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre no Curso de
Pós-graduação em Ciência do Solo da
Universidade do Estado de Santa Catarina -
UDESC.

Orientador: Dr. Luciano Colpo Gatiboni
Co-orientador: Dr. Paulo Cezar Cassol

**Lages - SC
2016**

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Balem Vendruscolo, Rodrigo
FÓSFORO E ENXOFRE NO ESTABELECIMENTO DE CLONES DE
ERVA-MATE NO PLANALTO NORTE CATARINENSE / Rodrigo
Balem Vendruscolo. Lages - 2016.
66 p.

Orientador: Luciano Colpo Gatiboni
Co-orientador: Paulo Cezar Cassol
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Ciência Do Solo, Lages, 2016.

1. *Ilex paraguariensis*. 2. clones. 3. adubação.
I. Colpo Gatiboni, Luciano. II. Cezar Cassol,
Paulo. , .III. Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,
Programa de Pós-Graduação em Ciência Do Solo. IV.
Título.

RODRIGO BALEM VENDRUSCOLO

FÓSFORO E ENXOFRE NO ESTABELECIMENTO DE CLONES DE ERVA-MATE NO PLANALTO NORTE CATARINENSE

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Banca Examinadora:

Orientador: _____

Professor Dr. Luciano Colpo Gatiboni
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro: _____

Professor Dr. Álvaro Mafra
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro: _____

Professor Dr. Luiz Paulo Rauber
Universidade do Oeste de Santa Catarina

Lages, SC, 14 de julho de 2016.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Ricardo Vendruscolo e Vania Balem Vendruscolo, por sempre me apoiarem, não apenas no período acadêmico, mas por toda a vida. Sem eles nada seria possível.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Luciano Colpo Gatiboni pela orientação, Delmar Santin pela introdução ao projeto de pesquisa e a ambos pelo estímulo, ensino, críticas e dedicação.

Aos empresários Alfeu Schneider e Márcio Pereira pelo apoio na realização deste experimento de pesquisa.

À Universidade do Estado de Santa Catarina, ao Departamento de Solos e Recursos Naturais, pela infraestrutura, aos demais professores que durante o curso de pós-graduação, compartilharam comigo ferramentas de conhecimento, ou se tornaram pontes de ensinamentos.

A Deus, que por sua vontade, permitiu-me conquistas pessoais e profissionais, carregou-me nos braços quando fraquejei, iluminou-me quando tudo escureceu e me insuflou a alma de serenidade e sabedoria sempre que precisei.

Aos meus pais, pela compreensão nos meus momentos de ausência e pelas infinitas demonstrações de incentivo.

RESUMO

VENDRUSCOLO, R.B. FÓSFORO E ENXOFRE NO ESTABELECIMENTO DE CLONES DE ERVA-MATE NO PLANALTO NORTE CATARINENSE. 2016. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina – Programa de Pós graduação em Ciência do Solo, Lages, 2016

O cultivo da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) apresenta grande importância econômica na região sul do Brasil. Contudo, poucos são os trabalhos que abordam a resposta desta cultura à adubação. O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta da planta à aplicação de doses de fósforo (P) e enxofre (S) no estabelecimento, crescimento e nutrição de dois clones de erva-mate (F1 e F2) em fase de implantação do erval. O trabalho foi constituído de quatro experimentos, dois instalados no município de Itaiópolis – SC e dois em Três Barras – SC. Em cada local foi instalado um experimento com P e outro com S. Nos experimentos com P foram testadas cinco doses (0, 2,6, 9, 13,6, e 18 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e dois clones, e nos experimentos de S foram testadas quatro doses (0, 1,2, 2,4 e 3,6 kg ha⁻¹ de S-SO₄) e dois clones. As mudas foram plantadas em setembro de 2013, com espaçamento de 2 x 2,5 m. A mesma dose aplicada no plantio, também foi aplicada pós-plantio, superficialmente sendo fracionada em três épocas: em janeiro e setembro/2014 e janeiro/2015. Em agosto de 2015 foi avaliado o crescimento em altura e produtividade dos componentes folha, galho fino, galho grosso e erva-mate comercial (folha+galho fino); e P e S do tecido vegetal dos componentes. Os teores de P e S disponíveis no solo na camada de 0-20 cm foram avaliados 12 meses após o plantio das mudas. Não houve resposta à adubação fosfatada para a cultura da erva-mate nas localidades Itaiópolis e Três Barras, possivelmente pela alta disponibilidade de P antes da implantação do experimento, que impediu a formação da curvas

de resposta. Por outro lado, houve resposta ao enxofre, principalmente do clone F2.

Palavras-chaves: *Ilex paraguariensis* 1. clones 2. adubação 3.

ABSTRACT

VENDRUSCOLO, R.B. **PHOSPHORUS AND SULPHUR IN THE ESTABLISHMENT OF ERVA-MATE IN NORTH PLATEAU OF SANTA CATARINA.** 2016. 66 p. Thesis (Master degree in Soil Science) - University of the State of Santa Catarina - Program in Soil Science, Lages, 2016

Erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) has great economic importance in southern Brazil, however there are few studies that address the response of this crop to fertilization. The objective of this work was to evaluate the erva-mate response to the application of doses of phosphorus (P) and sulfur (S) in the establishment, growth and nutrition of two clones (F1 and F2) during the orchard planting. Four experiments were installed, two in Itaiópolis - SC and two in Três Barras - SC. At each site an experiment was designed to evaluate the erva-mate response to P and another to S. In experiments with P it were tested five P rates (0, 2.6, 9, 13.6, and 18 kg ha⁻¹ of P₂O₅) and two clones, and in the experiments for S were tested four doses of S (0, 1.2, 2.4 and 3.6 kg ha⁻¹ S-SO₄) and two clones. The treatments were arranged in a factorial design with split-plots and arranged in a randomized block design with four replications. In September 2013, the soil was prepared in the planting row and the planting was done at a spacing of 2 x 2.5 m. The same dose applied at planting, was also applied after planting, superficially. The fertilization after planting was fractionated into three periods: January / 2014, September / 2014 and January / 2015. In August 2015 it were evaluated the growth in height and productivity of sheet components, twig, thick branch and commercial erva-mate; and the P and S content in the plant tissue. The P and S content available in the soil in the 0-20 cm layer were evaluated 12 months after planting. There was no effect of P fertilization doses in the two locations, possibly due to the high content of P

in the soil. Conversely, it was observed better performance of F2 clone under sulphur fertilization.

Keywords: *Ilex paraguariensis* 1. clones 2. fertilizing 4.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 A CULTURA DA ERVA-MATE	13
2.2 FÓSFORO	16
2.3 ENXOFRE	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS DE ESTUDO	20
3.2 TRATAMENTOS E CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS	23
3.3 AVALIAÇÕES REALIZADAS	27
3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ESTATÍSTICO	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 TEOR DE FÓSFORO NO SOLO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA	29
4.2 RESPOSTA DA ERVA-MATE À ADUBAÇÃO FOSFATADA	33
4.3 TEOR DE ENXOFRE NO SOLO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO SULFATADA	40
4.4 RESPOSTA DA ERVA-MATE À ADUBAÇÃO SULFATADA	43
CONCLUSÕES	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1 INTRODUÇÃO

A erva-mate tem importância histórica para a região Sul do Brasil. No Paraná, por exemplo, sua influência econômica foi tão acentuada que influenciou no processo de emancipação política da Província de São Paulo, no ano de 1853 (MACCARI JUNIOR & MAZUCOWSKI, 2000). Atualmente é fonte de renda para milhares de trabalhadores nos estados do sul do país, empregando principalmente mão de obra familiar. Para garantir sua continuidade, estudos são necessários para melhorar o rendimento, produção e competitividade frente às dificuldades que estão extinguindo-a da matriz econômica dos municípios.

No Sul do Brasil a cultura tem apresentado baixos rendimentos. Enquanto a média de produtividade na Argentina é em torno de 17 t ha⁻¹ de massa verde por colheita, no Rio Grande do Sul é de apenas 9,1 t ha⁻¹ e em Santa Catarina é de 6,5 t ha⁻¹.

Atualmente o sistema produtivo não apresenta perspectivas de aumento de disponibilidade de matéria prima para atender novos mercados de derivados de erva-mate. Enquanto para a maioria das culturas, o avanço do conhecimento agronômico tem resultado em aumentos expressivos de produtividade, para a erva-mate tem sido observada redução de mais de 60% na produtividade histórica. Essa situação é decorrente das constantes retiradas de nutrientes da área pelas sucessivas colheitas, sem haver um programa de reposição desses, levando à exaustão nutricional da maioria dos solos que suportam a base produtiva da cultura. Não menos importante e que colabora para a caracterização deste cenário, é a baixa qualidade genética de mudas oriundas de sementes, sem critérios de seleção de matrizes. Como consequência, por vezes, os novos ervais apresentam menores produtividades que os do passado.

A solução do problema ainda é distante, pois os avanços com pesquisas na área de produção têm resultados

insignificantes, não colaborando na inserção de novas tecnologias aos produtores, capazes de aumentar a produtividade da cultura.

De modo geral, prevê-se um cenário favorável para a erva-mate, por apresentar inúmeras propriedades benéficas para a saúde que foram e ainda são estudadas, permitindo enquadrá-la como alimento funcional produto alimentício saudável. No entanto, enquanto notoriamente há um cenário favorável no aumento de consumo de produtos de erva-mate, o atual sistema produtivo ainda encontra-se muito atrelado ao extrativismo, e com manejo incompatível para alcançar grandes produtividades pela cultura.

Desta maneira, experimentos como o aqui realizado, testando a resposta de diferentes clones da cultura à fertilização, podem contribuir para o desenvolvimento de uma recomendação de adubação que propicie a obtenção de ervais com patamares produtivos mais condizentes com o potencial da cultura.

O objetivo do presente trabalho foi testar a resposta de dois clones femininos de erva-mate à adubação fosfatada e sulfatada, aplicadas durante a fase de implantação do erval. Bem como avaliar a demanda e exigência nutricional de P e S na erva-mate na fase de implantação, fornecendo subsídios para a recomendação de adubação de plantio destes nutrientes na cultura da erva-mate, no estado de Santa Catarina. A hipótese estabelecida é de que a aplicação de fósforo e enxofre melhora o estabelecimento de mudas clonais de erva-mate, incrementando a absorção destes nutrientes e também a produção da erva-mate.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DA ERVA-MATE

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) é originária da América Latina, aparecendo na composição da vegetação nativa de uma extensa área que abrange Brasil, Bolívia, Uruguai e Argentina. No Brasil acompanha, geralmente, a área de ocorrência natural do pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia* Bert.), numa vasta área, que se estende do Rio grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, São Paulo até Minas Gerais (SILVA et al., 2011; MEIRELES et al., 2014).

Como inúmeras espécies nativas, para a cultura da erva-mate se carece de informações para maximizar tanto a produção quanto a qualidade de seu produto, a biomassa vegetal. O número de consumidores que atentam para as características físico-químicas e organolépticas dos produtos da erva-mate está aumentando progressivamente e pesquisas recentes têm dado ênfase a essas características (PAIVA et al., 2013; BASTOS et al., 2014; BRIZ & GARCIA, 2014; FAGUNDES et al., 2015; NUNES & MENEZES, 2015; VALDUGA et al., 2016), sendo um atrativo para novos mercados consumidores como a produção de bebidas (chimarrão, tereré, refrigerantes e chás). A cultura tem também grande potencial para muitas aplicações industriais como corantes, conservantes de alimentos, produtos de higiene e cosméticos (FACCIN et al., 2016; ELIAS & SANTOS, 2016).

O fato da erva-mate ocorrer naturalmente em solos de baixa fertilidade, com baixos teores de cátions trocáveis, altos teores de alumínio e pH ácido (SANTIN et al., 2013; OLIVA et al., 2014), não implica em afirmar que ela não apresenta resposta à adubação. Porém, esta situação colabora para que poucos

pesquisadores se entusiasmem a estudar a necessidade nutricional da espécie.

Na cultura da erva-mate, o produto colhido é composto predominantemente por folhas, além de galhos finos, botões florais e sementes, todos considerados órgãos da planta que concentram a maior quantidade de nutrientes, e por isso a exportação desses é elevada (BRUN et al., 2013). Contudo, a produção de matéria-prima ainda é, em grande parte, de sistemas extrativistas. Em diagnóstico do sistema de manejo da erva-mate na região de Erechim, RS, Mosele (2002) constatou que apenas 38% dos produtores de erva-mate efetuavam adubação no plantio.

O uso de mudas propagadas vegetativamente, com material geneticamente superior, no estabelecimento de novos ervais, pode ser uma das principais alternativas a fim de minimizar os problemas de baixa produtividade no setor ervateiro. Porém, desde a década de 30 do século passado, a propagação vegetativa da erva-mate tem sido motivo de estudos (STACHEVSKI et al., 2013; WENDLING et al., 2013; TRONCO et al., 2015), o que não necessariamente fez progredir a adoção de protocolos de estaquia em escala comercial na produção de mudas, que ainda é muito limitada, principalmente no que se refere ao rejuvenescimento de material adulto e à nutrição das estacas, o que dificulta o enraizamento das mesmas (SANTIN et al., 2015). Isso tem contribuído para que atualmente os novos plantios sejam efetuados com mudas propagadas por semente, sendo muitas provenientes de viveiros que não possuem programas efetivos de qualidade, o que tem resultado em plantios com baixa produtividade.

A propagação vegetativa no setor florestal já é bastante utilizada, principalmente no gênero *Eucalyptus* onde a técnica de miniestaquia é a que prevalece. A formação de plantios por mudas propagadas via assexuada permitiu a clonagem em escala comercial de material genético superior, processo esse indicado como um dos principais fatores que alavancaram a produção de

eucalipto brasileira nas últimas décadas, consagrando a silvicultura clonal do eucalipto (XAVIER et al., 2009; XAVIER & SILVA, 2010; BENIN et al., 2013). Mas, para comprovar e validar a silvicultura clonal de qualquer espécie florestal, a avaliação da qualidade e produtividade a campo comparativa de mudas propagadas sexuada e assexuada é de fundamental importância (SANTIN et al., 2015).

O sucesso da implantação de ervais depende, em grande parte, da qualidade das mudas e de técnicas que visem a melhoria da multiplicação de material genético superior, sendo esta fundamental para obter maiores ganhos nesse setor (SANTIN et al., 2014). Mesmo que as matrizes de erva-mate apresentem baixa porcentagem de enraizamento, o método de propagação vegetativa é ainda o que pode apresentar o maior avanço dentro dos programas de melhoramento dessa espécie (WEDLING et al., 2013). Hipótese verificada por Santin et al., (2014) quando mudas propagadas por miniestaquia, a nível de progênie, apresentaram mesma sobrevivência a campo que as de semente, e cinco anos após o plantio, foram superiores em produtividade.

Já sobre a nutrição das plantas, seus conhecimentos somente promoverão o desenvolvimento quando aplicados adequadamente pelos produtores, para isto, deve-se entender as necessidades nutricionais de cada estádio de crescimento das plantas, a fim de maximizar a produção (SANTIN et al., 2014). Isso sinaliza positivamente que a nutrição e a clonagem podem ser grandes aliadas na melhoria do crescimento dos ervais, mas que necessita de investigação. A condição nutricional das plantas tem relação direta com o genótipo do indivíduo, forma, disposição, arquitetura, composição e idade da folha e da planta, condições climáticas tratos culturais, competição, origem e condição de solo, pragas e agentes patogênicos (SANTIN et al., 2013). Após a colheita, a planta apresenta uma demanda alta por nutrientes, assim, ervais mais velhos apresentam exigência nutricional maior que plantas jovens (SANTIN et al., 2008).

2.2 FÓSFORO

O fosforo (P), nutriente essencial, é um componente da célula viva, presente em vários compostos estruturais como membranas, DNA, RNA, e também presente em inúmeros compostos móveis na planta, incluso algum armazenadores de energia (VECCHIO et al., 2014; LEI et al., 2015).

As plantas absorvem o P da solução do solo nas formas de íons $H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-} . Após absorvido pela planta, o P permanece na forma de fosfato, não modificando seu estado de oxidação, ao contrário do que ocorre com o N e o S, que são reduzidos no interior da planta (BISSANI et al., 2008; VENEKLAAS et al., 2012). O elemento em questão é o segundo nutriente mais utilizado como adubo, ficando atrás do nitrogênio em frequência de uso como um elemento dos fertilizantes. A maioria dos fosfatos é altamente adsorvido ao solo, o que causa uma limitação severa na sua disponibilidade. A camada arável contém geralmente de 0,5 kg de fosforo na solução do solo, apresentando um teor total de fosforo de, aproximadamente, 1.000 kg ha⁻¹ (TROEH & THOMPSON, 2007).

As plantas obtém o fosforo da solução do solo e a maior parte das culturas utiliza entre 10 e 30 kg ha⁻¹ de P todos os anos. O fósforo é absorvido pelas raízes e distribuído para as células vivas, tornando-se mais concentrado nos órgãos reprodutivos da planta, sementes. A disponibilidade de fosforo do solo depende de diversos fatores, que afetam o movimento dele na solução do solo, sendo que mais de 90% do P absorvido atinge a superfície das raízes por difusão. A absorção é favorecida por um sistema radicular amplo com alto teor de agua no solo. O trabalho de Janegitz et al. (2013) avaliou a melhoria da disponibilidade de P em solos sob plantio de braquiária e tremoço, sendo que os autores observaram que o fósforo bioativo não sofreu modificações com o cultivo destas culturas, todavia, o cultivo de

braquiária reduziu a capacidade máxima de adsorção de P (CMAP) no solo, tornando-o mais disponível às plantas.

Troeh & Thompson (2007) relatam que a adubação realizada nas culturas é normalmente feita com fertilizantes solúveis, sendo mais vantajoso aplicar em faixa concentradas do que misturar completamente ao solo. Novais et al., (2007) propõem que podem ser utilizadas diferentes fontes minerais de P as quais se caracterizam por apresentar maior ou menor reatividade, alguns fosfatos naturais como as apatitas brasileiras podem apresentar baixa reatividade em muitos casos insuficiente para manter uma concentração mínima de P na solução e junto a raiz.

Todas as plantas apresentam respostas positivas à aplicação de P quando cultivadas em solos deficientes, porém algumas plantas são mais responsivas que outras. Para a erva-mate, trabalhando com plantas jovens, Santin et al. (2013) verificou que o crescimento máximo ocorreu quando a disponibilidade de P no solo se situava entre 18,5 a 28,6 mg dm⁻³ (método Mehlich 1) em solos com teor de argila de 75% atestando que a erva-mate apresenta resposta a altas doses de adubação fosfatada em fase inicial.

O aproveitamento do P do solo é influenciado pelas características genotípicas das espécies vegetais, as quais se relacionam à capacidade de absorção e à eficiência de utilização deste nutriente (MARCANTE et al., 2016). Em condições de deficiência de P no solo, a baixa absorção deste elemento pode prejudicar o metabolismo de outros nutrientes nos tecidos, principalmente do nitrogênio (WANG et al., 2011), uma vez que o P está particularmente envolvido na transferência de energia (SCHUMAN, 1994). O que reforça a necessidade de se ter um melhor conhecimento da demanda deste nutriente para a erva-mate, independendo do estágio de desenvolvimento.

Segundo (BISSANI et al., 2004) dentre vários fatores que limitam o crescimento das plantas, destaca-se a baixa disponibilidade de P, que ocorre principalmente em solos ácidos.

De acordo com Prat Kircin (1995), estudando o efeito de várias combinações das doses de N (80 kg ha^{-1}), P (75 kg ha^{-1} de P_2O_5), e K (80 kg ha^{-1} de K_2O) em ervais em produção, observou aumento de 36 a 76%, na produção. Os resultados do autor mostraram que a adubação com nitrogênio foi mais eficiente, seguido do fosforo e do potássio.

2.3 ENXOFRE

O enxofre (S) é requerido pelas plantas para a síntese de proteínas, pois faz parte da estrutura dos aminoácidos metioninas, cisteína e cistina e a sua necessidade está intimamente relacionada com as quantidades de nitrogênio disponível para as culturas. (BONFIM-SILVA, 2005). O S é um elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento de plantas e animais, está agrupado com o N e P, com os quais forma parte dos aminoácidos. Grandes áreas do planeta apresentam solos com deficiência de S, especialmente as mais intemperizadas, como Latossolos e Argissolos. Entretendo sua deficiência só manifesta-se quando se procura obter elevadas produtividades com o uso de corretivos e fertilizantes (ALVAREZ, 2007). Segundo Alvarez (2007) a quantidade requerida de S pelas plantas aproxima-se da exigência nutricional em P, podendo até superá-la, em algumas culturas; entretanto na adubação de P e com S, para se obter uma adequada disponibilidade dos nutrientes para as plantas, devem-se aplicar doses maiores de P do que de S, especialmente em solos argilosos, pois este tende a apresentar maior capacidade de adsorção de P do que de S.

O S na planta encontra-se em maior parte nas proteínas, os teores totais encontrados nas plantas são da ordem de 2 a 5 g kg^{-1} da matéria seca, já os teores em folha variam em função do estado da planta; se bem nutrida, em geral estão entre 0,2 e 0,4%.

A deficiência de enxofre interrompe diretamente a síntese de proteínas tendo o crescimento retardado e as plantas apresentam-se uniformemente cloróticas. Os sintomas assemelham-se com a deficiência de nitrogênio, porém, este não se transloca das folhas velhas para as novas (RAMÍREZ et al., 2014).

O teor disponível de um nutriente em uma determinada condição depende, além das formas em que o mesmo se encontra no solo, da capacidade de absorção da cultura, do desenvolvimento do sistema radicular, do tempo de crescimento e, frequentemente, de condições climáticas e da disponibilidade de outros nutrientes (RAMÍREZ et al., 2014). O enxofre é talvez, o macronutriente menos empregado nas adubações. Contudo, muitas culturas importantes exigem-no em quantidades iguais ou maiores que as de fósforo (FERRARI et al., 2015). Estes autores dizem que as necessidades de S são da mesma ordem que as de P e algumas culturas como cana-de-açúcar, batatinha, algodoeiro, feijoeiro, cebola, couve-flor e tomateiro exigem mais S do que P.

O elemento em questão comporta-se como o nitrogênio em vários aspectos (TROEH & THOMPSON, 2007), pois encontra-se na matéria orgânica e, em pequena quantidades na forma de sulfatos (SO_4^{2-}) solúveis na solução do solo (COELHO, 1973), estes podendo ser perdidos por lixiviação quando sua concentração aumenta na solução (TROEH & THOMPSON, 2007).

Segundo Bissani et al. (2008), a forma predominante de S mineral nos solos bem drenados é SO_4^{2-} , sendo este o íon absorvido em maiores quantidades pelas plantas, outros compostos inorgânicos como H_2S e SO_2 , podem ser absorvidos em pequenas quantidades. Alguns trabalhos tem apresentado interação fortemente positiva entre P e S no crescimento e produção das culturas, tanto no metabolismo vegetal como na adubação fosfatada na adsorção de SO_4^{2-} no solo, o que demonstra a existência de um equilíbrio dinâmico e uma correlação bastante positiva na dinâmica desses ânions.

(NOVAIS et al., 2015; REIJNEVELD et al., 2014; JUNIO et al., 2013; BEHLING et al., 2014).

Segundo Raij (1981) um grande problema na aplicação de enxofre está na sua ausência em formulações NPK de alta concentração, porém, existe em diversos adubos, como é o caso de superfosfato simples, sulfato de amônio e sulfato de potássio, no gesso que é um sub-produto da fabricação de ácido fosfórico. O teor crítico de S considerado pela CFS-RS/SC (2004) é de 5,0 e 10,0 mg dm⁻³, respectivamente para culturas menos e mais exigentes em S, como brássicas e liliáceas.

Todavia, são escassos os trabalhos que avalie a adubação em erva-mate, especialmente S. Os únicos estudos encontrados sobre adubação com S nesta espécie, foram da EMBRAPA, que publicou, na década de 1980, na forma de “pesquisa em andamento”, relatos sobre a implantação de experimento com omissão de nutrientes (incluindo S) em erva-mate, no estado do Paraná (IEDE & STURION 1983; STURION 1983).

Com base no exposto, o objetivo foi avaliar a resposta de dois clones de erva-mate à adubação com P e S, e também a exigência nutricional da cultura nesses nutrientes na fase de implantação (até 24 meses), bem como fornecer subsídios para a recomendação de adubação de plantio de mudas clonais de erva-mate no planalto norte catarinense.

3 MATERIAL E MÉTODOS

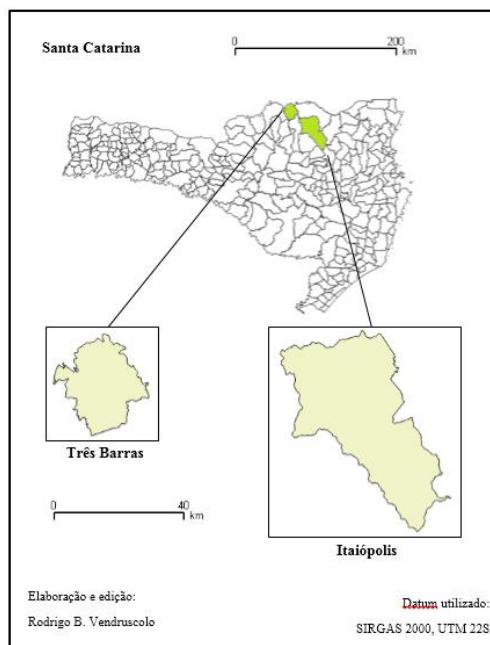
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS DE ESTUDO

O estudo foi realizado em áreas experimentais localizadas nos municípios de Itaiópolis ($26^{\circ}25'44"S$ e

49°55'45"S) e Três Barras (26°11'35"S e 50°13'55"S), ambos situados no estado de Santa Catarina.

Nesses locais foram instalados experimentos para avaliar a resposta da erva-mate aos nutrientes P e S.

Figura 1 – Localização dos municípios (do experimento) Itaiópolis, Três Barras, ambos em SC.



Fonte: produção do próprio autor.

O solo coletado nos locais dos experimentos, segundo (EMBRAPA, 1998), é Cambissolo húmico, textura argilosa (Itainópolis) e Latossolo Vermelho-Escuro álico, textura muito argilosa (Três Barras), cujas principais características estão apresentadas na Tabela 1.

A região se caracteriza por um clima temperado mesotérmico tipo (Cfb) segundo a classificação de Koppen.

Possui temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida (IAPAR, 1994).

O histórico das áreas obtido junto aos produtores relataram que anteriormente ao experimento, ambas as áreas eram cultivadas com pinus e culturas de cobertura espontâneas.

Tabela 1 – Teor de argila e propriedades químicas do solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade nos locais dos experimentos.

Variáveis	Três Barras	Itaiópolis
pH H ₂ O	5,2	4,9
Ca ⁺² (cmolc dm ⁻³)	6,4	2,4
Mg ⁺² (cmolc dm ⁻³)	1,7	0,5
Al ⁺³ (cmolc dm ⁻³)	1,3	4,7
H+Al(cmolc dm ⁻³)	6,2	13,7
CTC (cmolc dm ⁻³)	15,2	17,1
V (%)	59,3	20
M (%)	12,7	57,9
Argila (%)	64	51
CO (g dm ⁻³)	27,8	23,8
P (mg dm ⁻³)	8,6	8,2
K (mg dm ⁻³)	251	204
S (mg dm ⁻³)	1,81	7,95

Fonte: produção do próprio autor.

Previamente à instalação dos experimentos, a massa seca da cobertura do solo foi quantificada para as duas áreas experimentais (Tabela 2).

A massa era predominantemente composta de aveia preta, sendo que cada amostra foi composta de sete amostras simples, coletadas com gabarito de 50 x 50 cm (0,25 m²).

Tabela 2 – Massa seca de cobertura nas áreas experimentais coletadas em 29/10/2014.

Local	Experimento	Massa seca ---t ha⁻¹---
Itaiópolis	P	3,5
	S	4,6
Três Barras	P	9,7
	S	9,7

Fonte: produção do próprio autor.

3.2 TRATAMENTOS E CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Os procedimentos descritos no material e métodos se referem à fase inicial, aos dois primeiros anos após o plantio, quando se encerra a fase de crescimento inicial da planta, (fase de plantio), sendo que os experimentos foram instalados em setembro de 2013 e serão conduzidos por mais 20 anos.

Para formulação das doses de P e S utilizadas (tabela 03) considerou-se análise de solo dos experimentos, seguindo estudos de (SANTIN et al., 2013a) e (SANTIN et al., 2013b) trabalhando com análise do solo incubado com esta cultura na fase inicial de crescimento. Para enxofre, seguiu-se a recomendação do IAC (RAIJ et al., 1996) que contempla a amplitude de doses recomendadas para cultura arbóreas perenes, já que não existem trabalhos que contemplem diferentes doses de S para a cultura em questão. A tabela 3 traz as doses que

foram aplicadas no plantio e posteriormente as mesmas doses foram reaplicadas, divididas em três aplicações no pós-plantio.

Foram testadas cinco doses de P, quatro doses de S (Tabela 3) e dois clones (F1 e F2). A mesma dose aplicada no plantio, também foi aplicada pós-plantio, superficialmente dividido em 3 aplicações, que somadas darão a mesma dose aplicada no plantio.

As mudas foram produzidas pela empresa Baldo S.A. (São Mateus do Sul – PR) e Embrapa Florestas (Colombo, PR). A propagação das mudas foi realizada por miniestaqueia a partir de clones resgatados via enxertia e estaqueia. Segundo Wendling I. (2015) para seleção dos clones devem ser levado em consideração, resistência a pragas, doenças e fatores específicos como produção de galho fino, sabor, tamanho de folha, queda de folhas, capacidade de enraizamento, composição química.

Tabela 03. Dose de P e S e adubação corretiva para adubação de plantio e pós-plantio para a cultura da erva-mate.

Experimento	Doses			Adubação	
	P ₂ O ₅	S	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
----- g planta ⁻¹ -----					
P	0	---	3,8	---	1,2
	1,1	---	3,8	---	1,2
	2,2	---	3,8	---	1,2
	3,4	---	3,8	---	1,2
	4,5	---	3,8	---	1,2
S	---	0	3,8	2,5	2,2
	---	0,3	3,8	2,5	2,2
	---	0,6	3,8	2,5	2,2
	---	0,9	3,8	2,5	2,2

Fonte: produção do próprio autor.

Após as mudas passarem pelas fases de enraizamento, aclimatação, rustificação e ao atingirem altura média de 12 cm foram plantadas à campo. As mudas são provenientes de quatro

clones, sendo três fêmeas e um macho. Os clones femininos foram definidos como F1, F2, F3 e o macho como M1.

A dificuldade de propagação clonal das mudas, acarretou em um número diferenciado de clones para os locais, principalmente, pelo baixo índice de enraizamento de estacas de matrizes masculinas. Desta forma, não foi obtido mudas clonais masculinas suficientes para serem testadas. Tendo que a propagação assexuada de mudas de erva-mate é uma técnica recente, ainda não é conhecida a causa do baixo enraizamento de estacas de matrizes masculinas. Por outro lado o bom índice de enraizamento dos clones de F1 e F2, permitiu utilizar um maior número de plantas por parcela em Itaiópolis.

Nas duas linhas de bordadura entre as parcelas foram plantadas mudas propagadas por semente, coletadas de matrizes nativas das regiões dos locais dos experimentos.

A sobrevivência das mudas foi avaliada após 120 dias do plantio, o experimentos de P e S obtiveram um índice de sobrevivência de 90, 96 %, respectivamente nos experimentos.

As fontes dos nutrientes foram ureia (45% de N), superfosfato triplo (41% de P₂O₅), cloreto de potássio (60% de K₂O) e sulfato de potássio (44% de K), sendo que no plantio foi incorporado a uma cova de 15 dm⁻³ de solo as doses descritas na tabela 03. Para o pós-plantio utilizaram as mesmas doses descritas na tabela 03, divididas em 3 aplicações distribuídas superficialmente, sendo a primeira e segunda doses aplicadas em janeiro e setembro de 2014, a terceira aplicação se deu em janeiro de 2015, aos 04, 12 e 16 meses após o plantio das mudas, respectivamente.

A aplicação de calcário somente foi necessária em Itaiópolis, onde aplicou-se superficialmente 3,5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (CaO e MgO respectivamente, de 31,6 e 20,3 %). Visando um melhor estabelecimento das mudas de erva-mate, realizou-se em julho 2013 a subsolagem com haste na linha nos dois locais, com profundidade de 0,40 cm. Sendo o espaçamento do plantio de 2 x 2,5 m. As covas foram efetuadas com o auxílio

de um coveador semi-mecanizado, onde foi realizado o revolvimento de 15 dm⁻³ de solo, onde incorporou-se as doses e adubação corretiva. Para realizar esta atividade foi utilizada uma pá para retirar o solo revolvido com o coveador colocando-o em um balde com capacidade de 15 dm⁻³. Assim que se atingia a metade do balde, ou seja, 50% de sua capacidade, adicionava-se a dose e a adubação corretiva e em seguida completava-se com solo atingindo os 100% dos 15dm⁻³, em sequência despejava-se o solo em um saco, para agitação até homogeneizar com os adubos. Finalmente, o mesmo já com os tratamentos eram devolvidos a cova.

A adubação de cobertura pós-plantio foi aplicada em forma de círculo em uma faixa de aproximadamente 15 cm de largura, mantendo um raio aproximado de 20 cm de distância da planta, faixa em que realizou-se o coroamento logo após cada aplicação.

As mudas que morreram até o quarto mês após a instalação dos experimentos foram replantadas, com este intuito produziu-se mudas de reserva de cada clone para eventuais replantios.

As áreas experimentais foram sempre mantidas com cobertura verde, com aveia preta (*Avena strigosa*) no inverno e sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*) no verão, com semeadura superficial sem incorporação, respectivamente, realizadas em maio e novembro de cada ano. No final do ciclo de cada cobertura verde foi efetuada a roçada na área, utilizando-se roçadeira semi-mecanizada.

3.3 AVALIAÇÕES REALIZADAS

Em agosto de 2015, com auxílio de régua graduada, foi mensurada a altura total das plantas. Neste mesmo momento realizou-se a primeira colheita, com poda drástica, que consistiu no corte do tronco a uma altura de 10 cm acima do solo, permanecendo somente os brotos basais. Esse tipo de poda serve para forçar o surgimento de vários brotos basais que favorecem a futura formação da copa adequada.

No momento da colheita a biomassa colhida foi separada e pesada por tratamento em erva-mate comercial (ECOM= folha mais galho fino com diâmetro máximo de 7 mm) e galho grosso (GG= todo o galho que sobra da colheita com diâmetro a partir de 7 mm). Para quantificar a proporção de cada componente colhido a amostra de FO e GF foi subtraída da ECOM (± 500 g), após o processo de separação do GG da ECOM. No momento da coleta, todas as amostras foram pesadas a campo evitando perda de água da biomassa. Das amostras de FO, GF e GG utilizadas para análise química, foi obtido o peso verde e, após o material seco em 65°C até atingir peso constante, a massa seca foi quantificada, triturada em moinho tipo Willey e armazenada para posterior determinação de P e S. A extração do P e do S foi por digestão sulfúrica e nitroperclórica respectivamente, sendo o P determinado por colorimetria pela redução do fosfomolibdato pela vitamina C (BRAGA e DEFFELIPO, 1974) e o S determinado por turbidimetria (ALVAREZ et al., 2001).

O rendimento do produto comercial foi calculado pela relação entre massa verde (MV) e massa seca (MS) dos componentes ECOM (ECOM.MV/MS), FO (FO.MV/MS) e GF (GF.MV/MS) e pela relação entre massa verde dos componentes colhidos, sendo ECOM/GG e FO/GF.

Após a realização da primeira colheita foi coletado o solo com trado calador na camada de 0-20 cm de profundidade, sendo coletadas duas amostras por parcela, uma na área que foi

adubada, próximo à planta, e outra, no centro da entre-linha, onde não houve adubação. Foram coletadas cinco subamostras, por parcela.

O solo foi devidamente homogeneizado em recipiente limpo e retiradas 400 g de solo, que foi seco em estufa e peneirado de 2 mm para posterior análise.

A metodologia utilizada para determinação de P foi extraído por Mehlich -1 (TEDESCO et al., 1995). Já para determinar S foi utilizada (Alvarez et al., 2001) onde foi extraído por solução de fosfato monocálcico ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)^2$) de 500 mg L⁻¹ de P em ácido acético (CH^3COOH) 2 mol L⁻¹.

3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICO

Cada nutriente avaliado e cada local foi considerado um experimento, sendo analisados de forma individual. Os tratamentos foram arranjados em parcelas subdivididas no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições.

Na análise estatística da característica do solo e da planta, os fatores dose e clone compuseram parcela e subparcela, respectivamente. Os dados foram submetidos a análise da variância ao nível de 5 % de probabilidade de erro ($p<0,05$). Para os efeitos de dose os dados foram submetidos à análise de regressão e os de clone, quando pertinente, submetidos a comparação de médias pelo teste de Tukey ($p<0,05$). Para o ajuste de regressões forma escolhidos modelos significativos que eram biologicamente explicáveis e com maior coeficiente de determinação (R^2). Foi utilizado o software SISVAR (FERREIRA, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TEOR DE FÓSFORO NO SOLO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA

Os teores de fósforo antes da instalação do experimento equivaliam a 8,2 e 8,6 mg dm⁻³, para Itaiópolis (SC) e Três Barras (SC), respectivamente (Tabela 3), estes valores são classificados segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2004) como médio e alto, respectivamente, em função dos teores de argila (51 e 64%, respectivamente). A variação do teor de argila do solo é relevante, como visto por Corrêa et al. (2011), onde a mudança de 400 para 500 g kg⁻¹ no teor de argila do solo resultou na elevação da capacidade de adsorção de fosfato do solo de 0,25 para 0,47 g kg⁻¹. Não obstante, também deve se considerar a diferença na classificação dos solos na interpretação dos resultados. A unidade de Itaiópolis foi implantada sobre um CH (Cambissolo Húmico), e a de Três Barras sobre um LV (Latossolo Vermelho), de maior grau de intemperismo e, provavelmente, maior teor de óxidos de ferro. O contraste mineralógico, resultante da variação no grau de intemperismo de um solo, afeta a dinâmica de P no sistema. Isto pode ser avaliado no trabalho de Tokura et al. (2011), em que foi necessário aplicar 6,5 e 8,3 unidades de fosfato solúvel, em um Neossolo e em um Latossolo, respectivamente, para cada unidade de fosfato posteriormente detectada pelo extrator “resina”, cuja avaliação foi realizada após um cultivo de arroz.

Observa-se, na ausência de adubação fosfatada (tratamento 0 kg ha⁻¹ P₂O₅), que, com a implantação do experimento (aplicação de N e K₂O em ambas as áreas e calagem em Itaiópolis) e com a cultura da erva-mate se desenvolvendo durante um período de dois anos, os teores médios de P passaram

para 6,4 e 7,5 mg dm⁻³, representando redução de 1,8 e 0,9 mg dm⁻³ em Itaiópolis e Três Barras, respectivamente (tabela 5). Neste sentido, Numata et al. (2002) observaram, dez anos após a realização da queima de floresta e conversão em pastagem, redução de 10 e 2,5 unidades no teor de P no solo (mg dm⁻³) em Argissolos Vermelhos, e redução de 4,6 unidades para um Luvissolo Crômico com textura arenosa.

Tabela 5 – Teores de fósforo disponível no solo (mg dm⁻³) da linha e da entre linha de plantio de dois clones de erva-mate, aos dois anos de idade, submetidos à diferentes doses de fertilizantes fosfatado, nos municípios de Itaiópolis e Três Barras – SC.

Local	Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Média	CV%
	0	2,6	9	13,6	18		
----- Itaiópolis (mg dm ⁻³) -----							
Linha	6,78	9,28	10,71	12,96	14,35	11,2*	34,05
En Li ¹	6,07	7,09	6,18	7,03	6,05	6,45	
Média	6,43	8,19	8,45	10,0	10,2		
----- Três Barras (mg dm ⁻³) -----							
Linha	6,86	10,18	9,65	10,67	10,65	9,60	35,52
En Li	8,03	10,14	12,18	14,85	9,31	10,90	
Média	7,45	10,16	10,92	12,76	9,98		

¹En Li = entrelinhas de cultivo; * P < 0,05.

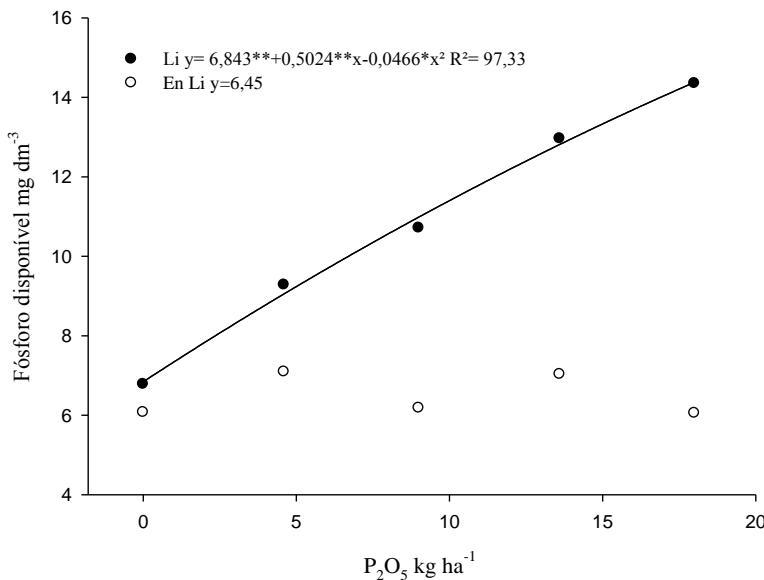
Fonte: produção do próprio autor.

Apenas os teores de P na Linha, em Itaiópolis, apresentaram efeito dos tratamentos, já que os tratamentos foram aplicados de modo localizado. O teor de P, classificado inicialmente como médio, atingiu a classe alto (> 9 mg dm⁻³) já com a aplicação da primeira dose de P estudada. Inclusive, a figura 04 mostra que os teores de fósforo na linha de plantio em

Itaiópolis cresceram linearmente com o aumento da dose de P aplicada.

Em Três Barras, não foi observada resposta, em ambos os locais avaliados quanto ao teor de P, na linha e na entrelinha. Possivelmente, a semelhança entre os tratamentos, observada em Três Barras, esteja relacionada ao considerável teor de argila e ao grau de intemperização, que tornam este solo (LVdt) mais suscetível à retenção de fosfato, conforme discutido anteriormente.

Figura 4 – Teores de fósforo no solo da linha e da entrelinha de plantio de dois clones de erva-mate, aos dois anos de idade, submetidos à diferentes doses de fosfato, no município de Itaiópolis – SC.



Fonte: produção do próprio autor.

Após a aplicação de P, nota-se aumento imediato no teor de P no solo. No entanto, o tempo de contato por si só reduz o teor de P extraído por Mehlich-1 (NOVAIS et al., 2007; MACHADO et al., 2011; FREITAS et al., 2013). Assim, a maior capacidade de retenção de P do LVdt (Três Barras) em comparação ao CH, conduziria à uma maior redução das diferenças no teor de P (Mehlich-1) entre as doses. Nesse sentido, no trabalho realizado por Freitas et al. (2013), pode-se verificar que os teores de P-Mehlich reduzem em função do tempo, quanto maior a capacidade de adsorção do solo.

Adicionalmente, também há a influência de dificuldades metodológicas na avaliação dos resultados de P. Em relação ao CH, o LVdt possui maior capacidade de obstruir a ação do Mehlich-1. O maior poder tampão e o maior pH do LVdt, possivelmente conduzam a um maior valor de pH de equilíbrio solo/solução Mehlich. O aumento do pH pode favorecer a adsorção de ânions sulfato oriundos do extrator, levando-o ao enfraquecimento. No entanto, a perda da eficiência desse extrator através do fenômeno supracitado, representa uma consequência prática pouco expressiva (NOVAIS et al., 2015).

A variação no teor de P ocorreu como esperado apenas na linha, e não na entrelinha, observada em Itaiópolis (Figura 4), possivelmente está relacionada com a forma de aplicação dos adubos (na cova e próximo à linha de plantio). O nutriente P é reconhecidamente imóvel no solo, pois, ao mesmo tempo, é extremamente reativo do ponto de vista químico, e muito estável nas suas formas naturais (HOLFORD, 1997). Para que a mobilidade do P no solo seja efetiva, ainda que verticalmente, são necessárias condições específicas (solos arenosos, bem agregados, continuidade do caminho difusivo, presença de bioporos, qualidade da argila, pH do solo, saturação do complexo sortivo etc) que a favoreçam (NOVAIS et al., 2007; ANDERSSON et al., 2013; ZANG et al., 2013).

4.2 RESPOSTA DA ERVA-MATE À ADUBAÇÃO FOSFATADA

O crescimento em altura das plantas em Itaiópolis e Três Barras (Tabela 6) mostrou, de modo geral, que não houve resposta em altura da erva-mate à aplicação de P, provavelmente porque os teores já estavam próximos do teor crítico para as plantas e a erva-mate é uma planta com menor demanda nutricional na fase de implantação do erval (Santin et al., 2008).

Tabela 6 – Altura (cm) de plantas de dois clones de erva-mate, aos dois anos de idade, submetidos à diferentes doses de fosfato, nos municípios de Itaiópolis e Três Barras – SC.

Clone	Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					CV%
	0	2,6	9	13,6	18	
----- Itaiópolis (cm) -----						
F1	115,1	109,5	97,41	108,8	86,04	103,3
F2	120,5	140,1	103,5	101,9	106,7	114,6 30,28
Média	117,8	124,8	100,5	105,3	96,40	
----- Três Barras (cm) -----						
F1	89,02	111,2	89,71	97,75	80,71	93,69
F2	138,3	102,7	96,60	99,42	105,3	108,4 28,84
Média	113,6	107,0	93,16	98,59	93,03	

Fonte: produção do próprio autor.

De maneira similar, não foi observado aumento de produção de matéria seca das plantas com as doses de fósforo (Tabelas 7 e 8), exceto para o componente galho fino no Clone F2, na localidade de Três Barras (Tabela 8).

Tabela 7 – Massa verde, em t ha⁻¹, de dois clones de erva mate, aos dois anos de idade, submetidos à diferentes doses de fosfato, no município de Itaiópolis – SC.

Clone	Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					CV%
	0	2,6	9	13,6	18	
----- Folha (t ha ⁻¹) -----						
F1	0,62	0,78	0,57	0,68	0,48	0,62
F2	0,59	0,89	0,50	0,55	0,73	0,65
Média	0,60	0,84	0,53	0,62	0,60	49,54
----- Galho Fino (t ha ⁻¹) -----						
F1	0,15	0,18	0,13	0,16	0,09	0,14
F2	0,13	0,21	0,10	0,15	0,17	0,15
Média	0,14	0,20	0,12	0,15	0,13	56,66
----- Galho grosso (t ha ⁻¹) -----						
F1	0,28	0,44	0,26	0,30	0,29	0,31
F2	0,25	0,46	0,26	0,28	0,39	0,33
Média	0,27	0,45	0,26	0,29	0,34	46,43
----- Ecom (t ha ⁻¹) -----						
F1	0,77	0,96	0,71	0,84	0,57	0,77
F2	0,71	1,10	0,60	0,70	0,90	0,80
Média	0,74	1,03	0,65	0,77	0,73	50,6
----- Total (t ha ⁻¹) -----						
F1	1,04	1,40	0,97	1,14	0,86	1,08
F2	0,97	1,56	0,86	0,98	1,29	1,13
Média	1,01	1,48	0,91	1,06	1,07	48,29

F1, F2 = clone, * P<0,05

Fonte: produção do próprio autor.

Observa-se os valores médios de 1,11 e 0,74 t ha⁻¹ de massa verde para as localidades de Itaiópolis e Três Barras. Similarmente, em ambas as localidades, a sequência das frações na contribuição para matéria verde total obedece a seguinte ordem: F>GG>GF.

Tabela 8 – Massa verde, em t ha⁻¹, de dois clones de erva-mate, aos dois anos de idade, submetidos à diferentes doses de fosfato, no município de Três Barras – SC.

Clone	Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					VC%
	0	2,6	9	13,6	18	
	Folha (t ha ⁻¹)					
F1	0,45	0,24	0,41	0,48	0,40	0,40
F2	0,51	0,27	0,26	0,50	0,06	0,32
Média	0,48	0,26	0,34	0,49	0,23	
	Galho Fino (t ha ⁻¹)					
F1	0,10	0,07	0,09	0,14	0,12	0,10
F2	0,13*	0,07	0,07	0,13	0,41	0,16
Média	0,11	0,07	0,08	0,13	0,26	46,07
	Galho Grosso (t ha ⁻¹)					
F1	0,23	0,15	0,21	0,29	0,23	0,22
F2	0,31	0,27	0,24	0,42	0,21	0,29
Média	0,27	0,21	0,22	0,36	0,22	35,86
	Ecom (t ha ⁻¹)					
F1	0,55	0,31	0,51	0,61	0,52	0,5
F2	0,63	0,39	0,33	0,63	0,38	0,472
Média	0,59	0,35	0,42	0,62	0,45	40,07
	Total (t ha ⁻¹)					
F1	0,77	0,46	0,72	0,91	0,75	0,72
F2	0,94	0,61	0,57	1,05	0,59	0,75
Média	0,86	0,54	0,65	0,98	0,67	36,42

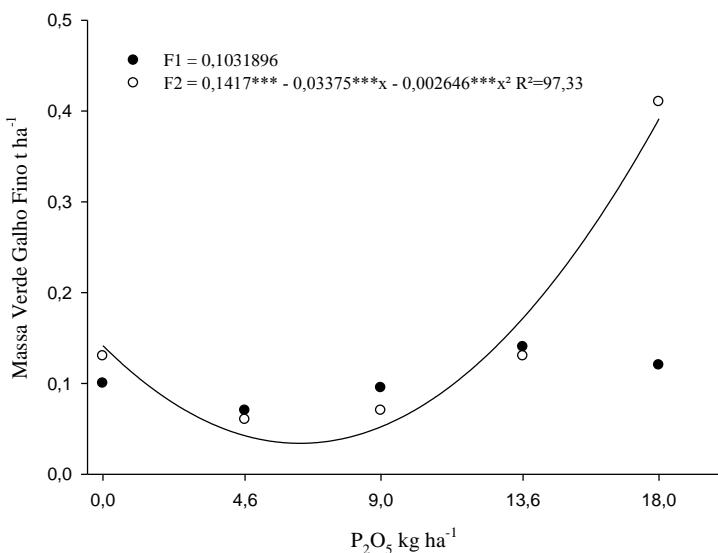
F1, F2 = clone, * P<0,05

Fonte: produção do próprio autor.

A maior contribuição da fração folhas na massa verde total condiz com o observado na literatura (BRUN et al., 2013; CARON et al., 2014; SANTIN et al., 2014). Contudo, a ordem entre as frações GG e GF pode se inverter (SANTIN et al. 2014).

A figura 5 mostra que a aplicação de fertilizante fosfatado levou ao incremento de massa verde de galho fino com o aumento da dose aplicada, com efeito substancial apenas na maior dose de P. Esse resultado indica que a massa verde de ramos finos é o atributo avaliado mais sensível à adubação fosfatada.

Figura 5 – Avaliação da massa verde de galho fino de dois clones de erva-mate, aos dois anos de idade, submetidos à diferentes doses de fosfato no município de Três Barras –SC.



Fonte: produção do próprio autor.

Essa resposta – mesmo discreta – considerando os elevados poder tampão e teor inicial de P, condiz com os resultados de Santin et al. (2008) e Santin et al. (2013a), que afirmam que plantas jovens de erva-mate são exigentes em P.

Nas tabelas 9 e 10 pode-se observar a exportação de P do solo nos dois locais: Itaiópolis e Três Barras.

Tabela 9 – Exportação de P (kg ha^{-1}) de dois clones de erva-mate, aos dois anos de idade, submetidos à diferentes doses de fosfato, no município de Itaiópolis – SC.

Clone	Dose de P_2O_5 (kg ha^{-1})					Clone
	0	2,6	9	13,6	18	
----- Folha (t ha^{-1}) -----						
F1	0,21	0,47	0,57	0,64	0,60	0,50
F2	0,43	0,57	0,04	0,50	0,82	0,55
Média	0,32	0,52	0,51	0,57	0,71	59,83
----- Galho Fino (t ha^{-1}) -----						
F1	0,03	0,04	0,02	0,06	0,02	0,04
F2	0,02	0,06	0,03	0,06	0,07	0,05
Média	0,02	0,05	0,02	0,06	0,05	54,56
----- Galho Grosso (t ha^{-1}) -----						
F1	0,07	0,07	0,04	0,08	0,08	0,07
F2	0,04	0,15	0,06	0,10	0,10	0,09
Média	0,06	0,11	0,05	0,09	0,09	53,82
----- Ecom (t ha^{-1}) -----						
F1	0,23	0,51	0,59	0,71	0,61	0,53
F2	0,45	0,62	0,47	0,56	0,86	0,59
Média	0,34	0,57	0,53	0,63	0,74	58,16
----- Total (t ha^{-1}) -----						
F1	0,31	0,58	0,63	0,78	0,70	0,60
F2	0,49	0,77	0,54	0,66	0,96	0,68
Média	0,40	0,68	0,58	0,72	0,83	54,42

F1, F2 = clone, * $P < 0,05$

Fonte: produção do próprio autor.

Tabela 10 – Exportação de P (kg ha^{-1}) de dois clones de erva-mate, aos dois anos de idade, submetidos à diferentes doses de fosfato, no município de Três Barras – SC.

Clone	Dose de P_2O_5 (kg ha^{-1})					CV%
	0	2,6	9	13,6	18	
----- Folha (t ha^{-1}) -----						
F1	0,15	0,08	0,09	0,14	0,14	0,12
F2	0,21	0,12	0,08	0,18	0,11	0,14
Média	0,18	0,10	0,08	0,16	0,13	
----- Galho Fino (t ha^{-1}) -----						
F1	0,04	0,03	0,04	0,05	0,05	0,04
F2	0,03	0,03	0,02	0,05	0,03	0,03
Média	0,04	0,03	0,03	0,05	0,04	
----- Galho Grosso (t ha^{-1}) -----						
F1	0,06	0,03	0,08	0,08	0,07	0,06
F2	0,11	0,06	0,10	0,03	0,13	0,09
Média	0,09	0,04	0,09	0,06	0,10	
----- Ecom (t ha^{-1}) -----						
F1	0,19	0,11	0,13	0,19	0,19	0,16
F2	0,24	0,14	0,10	0,23	0,14	0,17
Média	0,22	0,13	0,11	0,21	0,17	
----- Total (t ha^{-1}) -----						
F1	0,14	0,20	0,26	0,26	0,26	0,22
F2	0,20	0,19	0,27	0,27	0,36	0,26
Média	0,31	0,17	0,20	0,26	0,27	

F1, F2 = clone, * $P < 0,05$

Fonte: produção do próprio autor.

Novamente, assim como para os componentes anteriores, não foi observado efeito significativo da aplicação

dos tratamentos sobre a exportação de P pelo erval. A exportação total de P foi de apenas 0,64 kg ha⁻¹ para o experimento de Itaiópolis e de 0,24 kg ha⁻¹ para o experimento de Três Barras. Quanto às frações da planta, em ambas as localidades, a exportação de P acompanha o comportamento da massa verde: F>GG>GF.

Em resumo, de todos os componentes de produtividade e exportação avaliados nos dois clones e nas duas localidades, apenas a biomassa da fração “Galhos Finos” do clone F2, na localidade Três Barras, apresentou acréscimo significativo, ainda que substancial apenas na maior dose (9 g planta⁻¹ P₂O₅) em relação às doses menores (Tabela 8 e Figura 5). Entretanto, observam-se valores de coeficiente de variação (CV) relativamente altos (geralmente entre 30 e 70%) para o experimento com P, o que poderia subestimar estatisticamente algumas diferenças entre os tratamentos.

Como exemplo, pode-se notar os valores de exportação de P do Clone F1, nas frações “folhas”, “Ecom” e “total”. Para essas três frações, os valores absolutos de exportação de P aumentaram concomitantemente com as doses aplicadas, onde a exportação praticamente triplicou (frações “folhas” e “Ecom”) e dobrou na fração “total”. Apesar disso, em princípio, poderia se inferir que a erva-mate é pouco exigente em P, principalmente se considerarmos o fato da cultura se desenvolver naturalmente em solos pobres em P e apresentar baixo teor foliar deste nutriente (REISSMANN et al., 1983; BRUN et al., 2013; CARON et al., 2014; OLIVA et al., 2014). Assim, a baixa sensibilidade das plantas de erva-mate à adubação fosfatada é compreensível, uma vez que as duas localidades em que o experimento foi realizado apresentavam teores de P considerados médio e alto (CQFS RS/SC, 2004).

Porém, Santin et al. (2008) e Santin et al. (2013b) observaram, respectivamente, que a aplicação da dose de 447 mg dm⁻³ P₂O₅ e, quanto ao teor no solo, a faixa de 18,5 e 28,6 mg dm⁻³ P, favorecem sobremaneira o crescimento de mudas de

erva-mate. Os estudos foram realizados em amostras de solo com teores considerados “muito baixo” (SANTIN et al., 2008) e “baixo” (SANTIN et al., 2013a), segundo a CQFS RS/SC (2004).

Não obstante, a baixa resposta à adubação fosfatada pela cultura não indica necessariamente ausência de carência de P, visto que desbalanços nutricionais, envolvendo nutrientes como N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn e Fe, na erva-mate, podem mascarar as respostas ao fornecimento de determinado nutriente de forma isolada (SANTIN et al., 2008; SANTIN et al., 2013a).

Pelo fato das plantas do presente estudo estarem apenas com dois anos de idade, sua demanda nutricional ainda é pequena. Os valores de exportação de P aqui apresentados (Tabelas 9 e 10), pela fração “ecom”, equivalem à aproximadamente 1/16 e 1/50 (Itaiópolis e Três Barras, respectivamente) da exportação de P, observada para um plantio de 8 anos do oeste do PR (BRUN et al., 2013). Em um plantio, com 22 anos de idade (CARON et al., 2014), mesmo que com espaçamento relativamente superior ao do presente estudo (3,1x3,1 e 4x4 contra 2 x2,5 m no presente estudo), apresenta exportação de P – em kg ha^{-1} P – na fração “folhas” de aproximadamente 2 e 8 vezes superior aos valores observados nas localidades aqui estudadas – Itaiópolis e Três Barras –, respectivamente. Assim, com base no exposto, pode-se inferir que na fase adulta a adubação fosfatada adquire maior importância.

4.3 TEOR DE ENXOFRE NO SOLO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO SULFATADA

A aplicação de fertilizante sulfatado aumentou S apenas na linha de plantio, no experimento de Itaiópolis (Tabela 11). Os resultados mostraram que a aplicação de S aumentou os teores

médios no solo de $7,9 \text{ mg dm}^{-3}$ (entrelinha) para $10,4 \text{ mg dm}^{-3}$ (linha), enquanto que em Três Barras não foi observado efeito significativo.

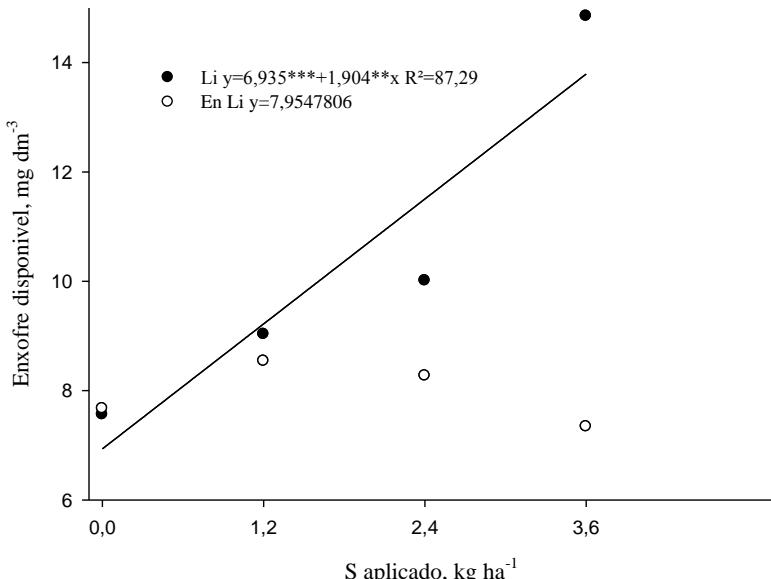
A figura 06 mostra que os teores de enxofre na linha de plantio em Itaiópolis cresceram linearmente com o aumento da dose de enxofre aplicada.

De maneira geral, os resultados do S no solo apresentaram comportamento muito semelhante ao observado para o P, aumentando somente na linha e apenas na localidade de Itaiópolis.

Para o S, também infere-se que o LVdt tem maior capacidade de subestimar a ação do extrator, em comparação ao CH. A maior capacidade de adsorção de P do LVdt em relação ao CH (discutido anteriormente), teoricamente favorece a adsorção de fosfato, proveniente do extrator (Fosfato Monocálcico), o que acarreta na redução da eficiência do mesmo (NOVAIS et al., 2015). No entanto, os autores concluem que a perca da capacidade do extrator não é muito expressiva.

Em adição a isso, como será discutido adiante, a exportação de S no LVdt (Três Barras) foi consideravelmente menor quando comparada à exportação no solo de Itaiópolis (CH). Desse modo, a remoção pela cultura não justificaria a não eficiência do método em predizer diferenças no conteúdo de S no solo LVdt.

Figura 6 – Teores de enxofre no solo da linha e da entrelinha de plantio de dois clones de erva-mate, aos dois anos de idade, submetidos à diferentes doses de enxofre, no município de Itaiópolis – SC.



Fonte: produção do próprio autor.

Logo, o LVdt (Três Barras) (mais intemperizado, maior teor de C orgânico e argila), possivelmente apresenta maior capacidade de tamponamento tanto para P quanto para S, em relação ao CH de Itaiópolis. Nesse sentido, Uchôa et al. (2013) apontam que as variáveis “P remanescente”, “C orgânico”, “Capacidade de Adsorção de P” e “Teor de Goethita”, norteiam a capacidade-tampão do S lábil do solo, corroborando com o exposto.

Desse modo, a diferença no teor médio de S nas duas localidades (9,2 e 2,2 mg dm⁻³ no CH e LVdt, respectivamente)

reflete maior estabilidade deste elemento no LVdt. Apesar de apresentar o menor teor inicial, o nível do nutriente manteve-se estável mesmo com a aplicação das doses (Tabela 11).

Tabela 11 – Concentração de enxofre na linha e na entrelinha (mg d^{-3}) em plantio de dois clones de erva-mate, aos dois anos de idade submetidos à diferentes doses de enxofre, nos municípios de Itaiópolis e Três Barras – SC.

Local	Dose de S no solo (kg ha^{-1})				Média	CV%
	0	1,2	2,4	3,6		
----- Itaiópolis (mg d^{-3}) -----						
Linha	7,56*	9,03	10,01	14,85	10,36	28,47
En Li	7,67	8,54	8,27	7,34	7,95	
Média	7,62	8,79	9,14	11,10		
----- Três Barras (mg d^{-3}) -----						
Linha	2,25	3,15	2,79	2,39	2,65	51,60
En Li	1,07	2,16	2,16	1,84	1,81	
Média	1,66	2,66	2,48	2,12		

En Li = entrelinha de cultivo, * $P < 0,05$.

Fonte: produção do próprio autor.

4.4 RESPOSTA DA ERVA-MATE À ADUBAÇÃO SULFATADA

A tabela 12 demonstra a resposta dos clones de erva-mate em forma de altura, quando submetidas à diferentes adubações sulfatadas, onde pode ser observado que a aplicação de doses de enxofre reduziram a estatura das plantas para o clone F1 (Figura 7), no município de Três Barras. Em Itaiópolis, não foi detectado este comportamento negativo.

É perceptível a discrepancia das alturas das plantas

cultivadas em ambos locais (Tabela 12). As plantas de Três Barras possuem, em torno de uma vez e meia, a altura das plantas de Itaiópolis.

Tabela 12 – Altura (cm) de plantas de dois clones de erva mate, aos dois anos de idade, submetidos à diferentes doses de enxofre, nos municípios de Itaiópolis e Três Barras – SC.

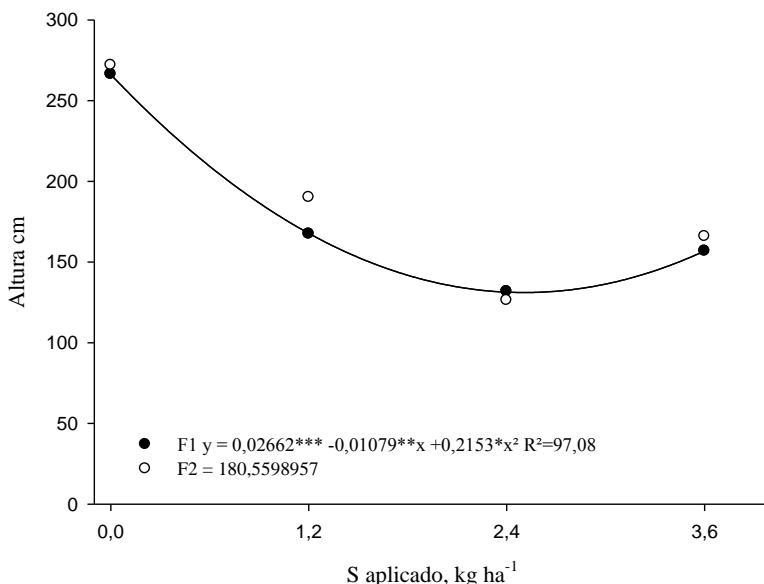
Clone	Dose S (kg ha^{-1})				Média	CV%
	0	1,2	2,4	3,6		
----- Itaiópolis (cm) -----						
F1	118,13	102,54	109,54	113,04	110,81	
F2	107,29	122,94	113,40	100,71	111,09	12,64
Média	112,71	112,74	111,47	106,88		
----- Três Barras (cm) -----						
F1	266,4*	167,75	131,25	156,63	142,75	
F2	271,96	190,04	126,19	165,86	188,51	12,9
Média	269,18	178,77	128,72	161,24		

* P<0,05

Fonte: produção do próprio autor.

A tabela 13 demonstra as doses de adubação sulfatada aplicada nos clones. Pode-se avaliar que houve aumento da resposta em massa verde, em t ha^{-1} , no município de Itaiópolis, mas apenas para o clone F2. Os resultados mostraram substanciais efeitos positivos da adubação sulfatada sobre a produção de massa verde, aumentando a produção de folhas, galhos finos, galhos grossos e também da produção total (Tabela 13 e Figura 8). No entanto, a diferença é consistente apenas entre o tratamento testemunha ($0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ S}$) e as doses ($0,6$ a $1,8 \text{ g planta}^{-1}$).

Figura 7 – Avaliação da altura (cm) em plantas clonais de erva-mate, aos dois anos de idade, em função de diferentes doses de enxofre no município de Três Barras –SC.



Fonte: produção do próprio autor.

Em Itaiópolis, as plantas se apresentaram tendo a fração “folhas” como principal componente na massa verde total, seguida da fração “galhos grossos” e ”galhos finos”, com na média 0,76, 0,43 e 0,16 t ha⁻¹, respectivamente.

Percebe-se, pela figura 7, que a altura de plantas (Clone F1) apresenta resposta quadrática às doses de S, com mínimo entre 1 e 1,2 g planta⁻¹ S.

Como o resultado observado é a redução da altura das plantas (efeito negativo), seria natural conjecturar que houve efeito negativo da aplicação de S, visto que é comum a ocorrência de doses mais elevadas de adubação em culturas diversas (VIANA et al., 2011; CLEMENTE et al., 2013;

OLIVEIRA et al., 2012; PEREIRA et al., 2013; VALADARES et al., 2013).

Tabela 13 – Massa verde, em t ha⁻¹, de dois clones de erva-mate, aos dois anos de idade, submetidos à diferentes doses de enxofre, no município de Itaiópolis – SC.

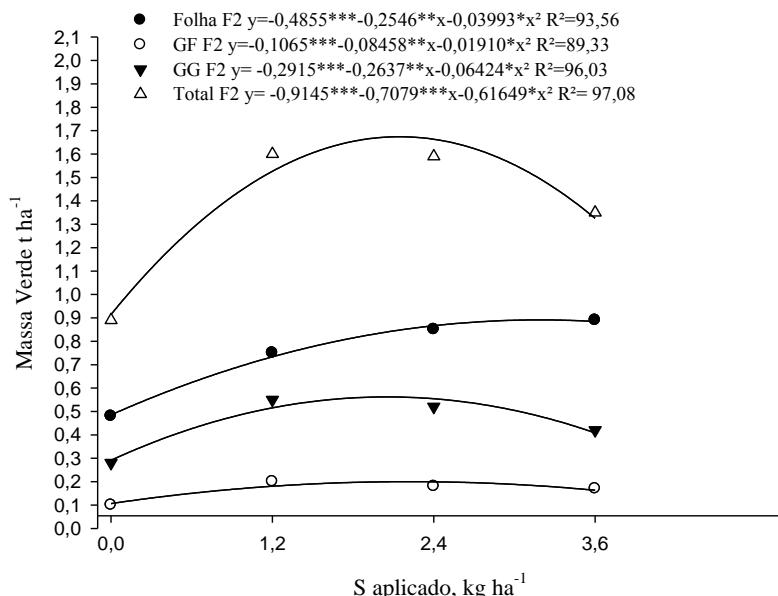
Clone	Dose S (kg ha ⁻¹)				Média	CV%
	0	1,2	2,4	3,6		
----- Folha (t ha ⁻¹) -----						
F1	0,67	0,67	0,86	0,90	0,78	
F2	0,48*	0,75	0,85	0,89	0,74	22,71
Média	0,57	0,76	0,89	0,89		
----- Galho Fino (t ha ⁻¹) -----						
F1	0,13	0,13	0,2	0,18	0,16	
F2	0,10*	0,20	0,18	0,17	0,16	24,12
Média	0,12	0,17	0,19	0,17		
----- Galho Grosso (t ha ⁻¹) -----						
F1	0,33	0,32	0,50	0,50	0,41	
F2	0,28*	0,55	0,52	0,42	0,44	25,56
Média	0,31	0,44	0,51	0,46		
----- Ecom (t ha ⁻¹) -----						
F1	0,80	0,80	1,1	1,04	0,94	
F2	0,58	1,05	1,07	0,92	0,91	22,11
Média	0,69	0,93	1,09	0,98		
----- Total (t ha ⁻¹) -----						
F1	1,14	1,12	1,59	1,53	1,35	
F2	0,86*	1,60	1,59	1,35	1,35	21,26
Média	1,00	1,36	1,59	1,44		

* P<0,05

Fonte: produção do próprio autor.

As doses de máxima eficiência para essas frações ficam na ordem de $1,07 \pm 0,04$ g planta⁻¹ S (Figura 8).

Figura 08 – Avaliação da massa verde na folha, em t ha⁻¹, em plantas clonais de erva-mate, aos dois anos de idade, em função de diferentes doses de enxofre no município de Itaiópolis –SC.



Fonte: produção do próprio autor.

A tabela 14 demonstra que as doses de adubação sulfatada aplicadas nos clones, no município de Três Barras trouxeram pouco aumento de produção.

Foi observada uma produção total média de 0,9 ton ha⁻¹ em Três Barras: 0,48 na forma de folhas, 0,3 na forma de galhos grossos e 0,12 t ha⁻¹ como galhos finos. Mantendo a relação F>GG>GF, observada em Itaiópolis.

É comum, para a cultura da erva-mate, a fração folhas como principal contribuinte na massa total da planta (BRUN et al., 2013; CARON et al., 2014; SANTIN et al., 2014).

Tabela 14 – Massa verde, em t ha⁻¹, de dois clones de erva-mate, aos dois anos de idade, submetidos à diferentes doses de enxofre no município de Três Barras – SC.

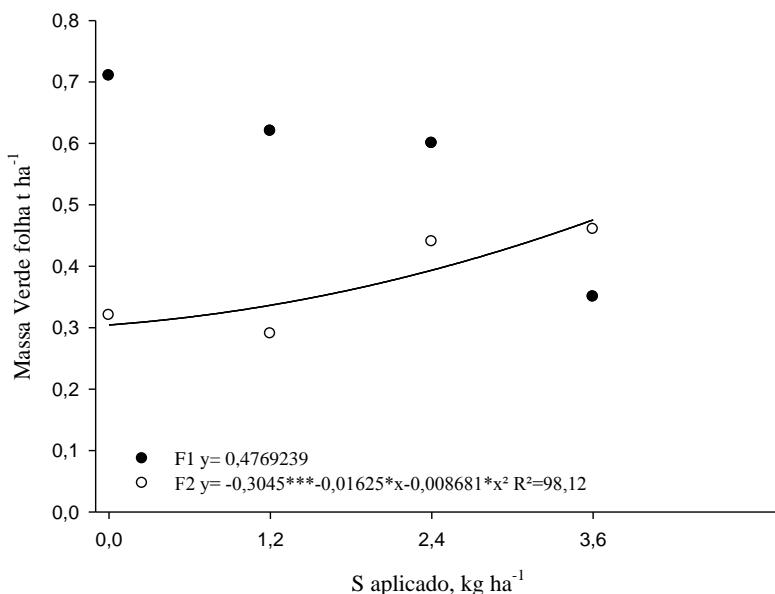
Clone	Dose S (kg ha ⁻¹)					CV%
	0	1,2	2,4	3,6	Média	
----- Folha (t ha ⁻¹) -----						
F1	0,71	0,62	0,6	0,35	0,47	
F2	0,32*	0,29	0,44	0,46	0,48	48,21
Média	0,52	0,46	0,52	0,41		
----- Galho Fino (t ha ⁻¹) -----						
F1	0,06	0,14	0,13	0,1	0,11	
F2	0,16	0,07	0,1	0,13	0,12	47,46
Média	0,11	0,10	0,11	0,11		
----- Galho Grosso (t ha ⁻¹) -----						
F1	0,37	0,37	0,26	0,19	0,3	
F2	0,46	0,28	0,19	0,37	0,3	36,65
Média	0,42	0,33	0,23	0,28		
----- Ecom (t ha ⁻¹) -----						
F1	0,39	0,76	0,73	0,44	0,58	
F2	0,88	0,36	0,54	0,59	0,6	47,09
Média	0,63	0,56	0,63	0,51		
----- Total (t ha ⁻¹) -----						
F1	0,76	1,13	0,99	1,13	1,00	
F2	1,34	0,64	0,73	0,94	0,91	38,1
Média	1,05	0,885	0,86	1,04		

* P<0,05

Fonte: produção do próprio autor.

É possível que a diferença entre as contribuições das frações “galhos grossos” e “galhos finos” esteja relacionada com a planta em si. Nesse sentido, Brun et al. (2013) observaram valores semelhantes entre essas frações (GG e GF) para plantas com 8 anos de idade, enquanto Santin et al. (2014) apresentaram uma contribuição de ramos grossos cerca de três vezes a observada para ramos finos, em plantas com aproximadamente 10 anos de idade.

Figura 9 – Avaliação da massa verde na folha, em $t\ ha^{-1}$, em plantas clonais de erva-mate, aos dois anos de idade, submetidas à diferentes doses de enxofre, no município de Três Barras –SC.



Fonte: produção do próprio autor.

A figura 9 mostra que com a aplicação de fertilizante sulfatado levou ao incremento de massa verde na folha com maior dose de S.

A exportação de S foi quantificada em função da aplicação de diferentes doses de adubação sulfatada nas plantas clonais de erva-mate nos municípios de Itaiópolis e Três Barras – SC. Isto pode ser analisado nas Tabelas 15 e 16, respectivamente, porém, pode-se observar também que não foi observado efeito significativo da aplicação das doses de S sobre a exportação do nutriente, independente do local ou clone utilizado.

Em Itaiópolis, foi verificada a exportação média de, aproximadamente, 2,1 e 2,9 kg ha⁻¹ S para os clones F1 e F2, respectivamente. Esses valores equivalem à aquisição, pela planta, de cerca de 60 e 80% da dose máxima de S aplicada.

Por outro lado, em Três barras, a exportação média total de S foi de 0,41 e 0,35 kg ha⁻¹ S, valores que equivalem à 11 e 9,7% de recuperação do S aplicado na dose máxima.

Para as frações, foi observado, em ambas as localidades, que a fração “folhas”, é a principal exportadora de S. Nesse aspecto, a exportação de nutrientes apresenta o mesmo comportamento da massa verde total.

Tabela 15 – Exportação de nutrientes, em kg ha⁻¹, de dois clones de erva-mate, aos dois anos de idade, submetidos às diferentes doses de enxofre no município de Itaiópolis – SC.

Clone	Dose de S (kg ha ⁻¹)					CV%
	0	1,2	2,4	3,6	Média	
----- Folha (t ha ⁻¹) -----						
F1	2,49	0,94	1,13	1,81	1,59	
F2	2,23	2,61	1,36	1,81	1,99	52,93
Média	2,13	1,77	1,25	1,78		
----- Galho Fino (t ha ⁻¹) -----						
F1	0,34	0,22	0,27	0,42	0,32	
F2	0,30	0,50	0,32	0,38	0,36	60,62
Média	0,32	0,36	0,30	0,40		
----- Galho Grosso (t ha ⁻¹) -----						
F1	0,12	0,63	0,25	0,85	0,16	
F2	0,36	0,63	0,25	0,85	0,52	106,66
Média	0,24	0,37	0,18	0,58		
----- Ecom (t ha ⁻¹) -----						
F1	2,83	1,16	1,45	2,22	1,92	
F2	2,53	3,11	1,63	2,13	2,35	51,51
Média	2,68	2,14	1,54	2,17		
----- Total (t ha ⁻¹) -----						
F1	2,95	1,28	1,56	2,53	2,08	
F2	2,89	3,73	1,88	2,98	2,87	48,49
Média	2,67	2,50	1,72	2,76		

Fonte: produção do próprio autor.

Tabela 16 – Exportação de nutrientes, em kg ha⁻¹, de dois clones de erva-mate, aos dois anos de idade, submetidos à diferentes doses de enxofre no município de Três Barras – SC.

Clone	Dose de S (kg ha ⁻¹)					CV%
	0	1,2	2,4	3,6	Média	
----- Folha (t ha ⁻¹) -----						
F1	0,06	0,41	0,11	0,12	0,17	
F2	0,24	0,11	0,20	0,23	0,20	120,93
Média	0,19	0,26	0,16	0,17		
----- Galho Fino (t ha ⁻¹) -----						
F1	0,05	0,24	0,12	0,12	0,11	
F2	0,10	0,09	0,15	0,12	0,13	84,62
Média	0,11	0,16	0,13	0,12		
----- Galho Grosso (t ha ⁻¹) -----						
F1	0,04	0,15	0,06	0,06	0,06	
F2	0,06	0,06	0,06	0,06	0,08	78,79
Média	0,07	0,10	0,06	0,06		
----- Ecom (t ha ⁻¹) -----						
F1	0,11	0,65	0,32	0,24	0,33	
F2	0,34	0,20	0,25	0,35	0,29	88,14
Média	0,23	0,43	0,29	0,30		
----- Total (t ha ⁻¹) -----						
F1	0,16	0,80	0,38	0,30	0,41	
F2	0,40	0,26	0,32	0,41	0,35	79,84
Média	0,37	0,53	0,35	0,35		

Fonte: produção do próprio autor.

Todavia, a exportação de nutrientes apresenta a sequência F>GF>GG, ou seja, graças ao menor teor, apesar da fração GG possuir mais massa, exporta menos S do que a fração GG. Isso ocorre, pois, ao menos para S, os galhos finos são mais concentrados do que os galhos grossos. Essa inversão no comportamento das variáveis massa e exportação de nutrientes, com relação às frações GF e GG, não ocorreu para o K na erva-mate (SANTIN et al., 2014). Desse modo, Brun et al. (2014) apresentam dados (teor de nutrientes em galhos finos e grossos) que apontam no sentido que esse fenômeno também possa ocorrer com nutrientes como N, P e Mg.

5 CONCLUSÕES

Mesmo considerando-se solos com alta disponibilidade de P, ainda houve discreta resposta no crescimento de clones de erva-mate à adubação fosfatada (massa verde de galhos finos, clone F2, município de Três Barras), até os 24 meses de idade do erval. Isso indica alta demanda em disponibilidade de P na fase de implantação. Todavia, não ocorre acréscimo na exportação de P em decorrência da adubação fosfatada.

Houve resposta positiva da aplicação de enxofre nos dois locais, mas apenas para um dos clones avaliados (clone F2), indicando que este é exigente no nutriente. No entanto, não ocorreu aumento na exportação de S devido à adubação sulfatada.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ao sistema radicular restrito da erva-mate, é provável que a resposta ao P tenha ocorrido, independente do adequado teor inicial de P disponível no solo. Para muitas culturas, mesmo em solos com teores altos, é observada uma pequena resposta ao P como “adubação de arranque” enquanto o sistema radicular da planta é pequeno (CQFS-RS/SC, 2004). Assim, a recomendação é que, mesmo em solos de teores altos, se utilize uma pequena dose de P no plantio do erval.

Nos solos que apresentam resposta ao S, a adubação da cultura possivelmente possa ser realizada de forma anual ou bianual. Nesses casos, poderia ser recomendada a dose de ($2,4\text{ kg ha}^{-1}$ S), no plantio de erva-mate. Como parece haver variabilidade de resposta dependendo da genética das plantas, a adubação sulfatada seguiria uma prescrição de segurança. Uma possibilidade plausível é a utilização de fertilizantes comerciais que já contém enxofre em sua formulação, como o superfosfato simples ou fórmulas NPK derivadas deste.

Os resultados deste trabalho mostram que há muita necessidade de pesquisa na área ainda, pois os clones se apresentaram contrastantes em resposta ao fornecimento de nutrientes. O clone F1 se mostrou inerte aos tratamentos, indicando que não necessita de alta disponibilidade de nutrientes para manifestar seu potencial de crescimento. E que também é mais resistente à desbalanços nutricionais, quando comparado ao clone F2, que foi sensível à adubação com P mesmo em solo com teor considerado alto. O clone F2 também apresentou resposta positiva e negativa à adubação com S, dependendo do local avaliado.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V, V. H.; DIAS, L. E.; RIBEIRO JR, E. S.; SOUZA, R. B.; FONSECA, C. A. Métodos de análises de enxofre em solos e plantas. **Viçosa: UFV**, 2001. 131p.

ANDERSSON, H.; BERGSTRÖM, L.; DJODJIC, F.; ULÉN, B.; KIRCHMANN, H. Topsoil and subsoil properties influence phosphorus leaching from four agricultural soils. **Journal of Environmental Quality**, v. 42, n. 2, p. 455-463, 2013.

ALVAREZ, V. H. *et al.* Enxofre. In: NOVAIS, R. F. *et al.* (Ed) **Fertilidade do solo. Viçosa, MG:** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 595-644.

BASTOS, M. C.; REISSMANN, C. B.; KASEKER, J. F.; PAULETTI, V.; GAIAD, S.; ALFREDO, J. Mineral content of young leaves of yerba mate. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 77, p. 63-71, 2014.

BEHLING, M.; NEVES, J. C. L.; DE BARROS, N. F.; KISHIMOTO, C. B.; SMIT, L.

Eficiência de utilização de nutrientes para formação de raízes finas e médias em povoamento de teca. **Revista Árvore**, v. 38, n. 5, p. 837-846, 2014.

BENIN, C. C.; PERES, F. S. B.; GARCIA, F. A. de O. Enraizamento de miniestacas apicais, intermediárias e basais em clones de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta**, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2013.

- BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. D. O. Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas. **Porto Alegre: Gênesis**, 2004.
- BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. O.; TEDESCO, M. J. Adubos orgânicos, organo-minerais e agricultura orgânica. In: Fertilidade dos solos e manejo da adubação das culturas. Porto Alegre: Editora Metrópole. 2008. Cap.14, p.189-199.
- BONFIM-DA-SILVA, E. M. **Nitrogênio e enxofre na recuperação de pastagem de capim-Braquiária em degradação em Neossolo Quartzarênico com expressiva matéria orgânica**. 2005. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.
- BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fosforo em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, v.21, n.1, p.73-85, 1974.
- BRIZ, E. L.; GARCÍA, R. G. Chocolate, café, té y otros estimulantes: bebidas energéticas avant la lettre (II). **Revista Española de Drogodependencias**, n. 1, p. 65-73, 2014.
- BRUN, E. J.; BRUN, F. G. K.; MEZZALIRA, C. C.; FRIGOTTO, T. Implicações nutricionais da colheita de erva-mate: estudo de caso na região sudoeste do Paraná. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal-ENFLO**, v. 1, n. 2, p. 72-79, 2014.
- CARON, B. O.; DOS SANTOS, D. R.; SCHMIDT, D.; BASSO, C. J.; BEHLING, A.; ELOY, E.; BAMBERG, R. Biomassa e acúmulo de nutrientes em *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 267-276, 2014.

COELHO, F.S. **Fertilidade do solo.** 2.ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 384 p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10a ed. Porto Alegre, SBCS/NRS. 401 p., 2004.

CORRÊA, R. M.; NASCIMENTO, C. W. A. D.; ROCHA, A. T. D. Adsorção de fósforo em dez solos do Estado de Pernambuco e suas relações com parâmetros físicos e químicos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 1, p. 153-159, 2011.

CLEMENTE, J. M.; MARTINEZ, H. E. P.; ALVES, L. C.; LARA, M. C. R. Effect of N and K doses in nutritive solution on growth, production and coffee bean size. **Revista Ceres**, v. 60, n. 2, p. 279-285, 2013.

VECCHIO, H. A.; YING, S.; PARK, J.; KNOWLES, V. L.; KANNO, S.; TANOI, K.; SHE, Y.-M.; PLAXTON, W. C. The cell wall-targeted purple acid phosphatase AtPAP25 is critical for acclimation of *Arabidopsis thaliana* to nutritional phosphorus deprivation. **The Plant Journal**, v. 80, n. 4, p. 569-581, 2014.

ELIAS, G. A.; SANTOS, R. dos. Produtos florestais não madeireiros e valor potencial de exploração sustentável da floresta atlântica no sul de Santa Catarina. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 249-262, 2016.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, Serviço de Produção de Informação. 1998.

FACCIN, C.; VIEIRA, L. R.; FREITAS, E. M. de. APPLICATION OF YERBA MATE (*ILEX PARAGUARIENSIS* A. ST.-HIL.) IN FOOD-A REVIEW. **Caderno Pedagógico**, v. 12, n. 3, 2016.

FAGUNDES, A.; SCHMITT, V.; DANGUY, L. B.; MAZUR, C. E. *Ilex paraguariensis*: composto bioativos e propriedades nutricionais na saúde. **RBONE-Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, v. 9, n. 53, p. 213-222, 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, jul./dez. 2008.

FERRARI, S.; JÚNIOR, E. F.; GODOY, L. J. G. D.; FERRARI, J. V.; SOUZA, W. J. O. D.; ALVES, E. Effects on soil chemical attributes and cotton yield from ammonium sulfate and cover crops. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 37, n. 1, p. 75-83, 2015.

FREITAS, I. F. D.; NOVAIS, R. F.; VILLANI, E. M. D. A.; NOVAIS, S. V. Phosphorus extracted by ion exchange resins and Mehlich-1 from Oxisols (Latosols) treated with different phosphorus rates and sources for varied soil-source contact periods. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 667-677, 2013.

HOLFORD, I. C. R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Australian Journal of Soil Research**, v. 35, n. 2, p. 227-240, 1997.

IAPAR- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. 1994. **Cartas climáticas do Estado de Santa Catarina**. Londrina: IAPAR.

IEDE, E. T. & STURION, J. A. **Ensaio de adubação mineral para a erva-mate (*Ilex paraguariensis*)**, 1983. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/do/c/315877/1/PA1983EnsaioAdubacao.pdf>>. Acesso em: 12 jun 2106.

JANEGITZ, M. C.; INOUE, B. S.; ROsolem, C. A. Formas de fósforo no solo após o cultivo de braquiária e tremoço branco. **Ciência Rural**, p. 1381-1386, 2013.

JUNIO, G. R.; SAMPAIO, R. A.; NASCIMENTO, A. L.; SANTOS, G. B.; SANTOS, L. D.; FERNANDES, L. A. Produtividade de milho adubado com composto de lodo de esgoto e fosfato natural de Gafsa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 706-712, 2013.

LEI, K. J.; LIN, Y. M.; REN, J.; BAI, L.; MIAO, Y. C.; AN, G. Y.; SONG, C. P. Modulation of the Phosphate-Deficient Responses by MicroRNA156 and its Targeted SQUAMOSA PROMOTER BINDING PROTEIN-LIKE 3 in Arabidopsis. **Plant and Cell Physiology**, v. 57, n. 1, p. 192-203, 2015.

MACCARI JUNIOR, A.; MAZUCOWSKI, J.Z. Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate. **Curitiba – SEAB**, 2000. p. 43-68.

MACHADO, V. J.; DE SOUZA, C. H. E.; DE ANDRADE, B. B.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H. Curvas de disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, p. 70-76, 2011.

MARCANTE, N. C.; MUROAKA, T.; BRUNO, I. P.; CAMACHO, M. A. Phosphorus uptake and use efficiency of different cotton cultivars in savannah soil (Acrisol). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 2, p. 239-247, 2016.

MEIRELES, L. D. Composição florística da vegetação altimontana do distrito de Monte Verde (Camanducaia, MG), Serra da Mantiqueira Meridional, Sudeste do Brasil. **Rodriguésia-Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, v. 65, n. 4, p. 831-859, 2014.

MOSELE, S. H. **A governança na cadeia agro-industrial da erva-mate na região Alto Uruguai Rio-Grandense sob a ótica da cadeia de suprimentos. 2002.** 231 f. 2002. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestre em Agronegócios). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

NETO, O. S. N.; ANDRADE FILHO, J.; DIAS, N. D. S.; REBOUÇAS, J. R. L.; OLIVEIRA, F. R.; DINIZ, A. A. Fertigation of cotton with treated domestic sewage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 200-208, 2012.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo.** Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-537.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (editores). **Fertilidade do solo.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Viçosa, 2007.p.471-550.

NOVAIS, S. V.; MATTIELLO, E. M.; VERGUTZ, L.; MELO, L. C. A.; FREITAS, I. F. D.; NOVAIS, R. F. Loss of extraction capacity of mehlich-1 and monocalcium phosphate as a variable of remaining and its relationship to critical levels of soil phosphorus and sulfur. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 4, p. 1079-1087, 2015.

NUMATA, I.; SOARES, J. V.; LEÔNIDAS, F. C. Comparação da fertilidade de solos em Rondônia com diferentes tempos de conversão de floresta em pastagem. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 26, n. 4, p. 949-955, 2002.

NUNES, G. L.; DE MENEZES, C. R. Microencapsulação por spray drying dos compostos bioativos do extrato aquoso de erva mate (*Ilex paraguariensis*) crioconcentrado. **Ciencia & Natura**, v. 37, p. 18-29, 2015.

OLIVA, E. V.; REISSMANN, C. B.; GAIAD, S.; DE OLIVEIRA, E. B.; STURION, J. A. Composição nutricional de procedências e progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) cultivadas em Latossolo Vermelho distrófico. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 4, p. 793-805, 2014.

OLIVEIRA, E. L.; FARIA, M. A.; EVANGELISTA, A. W. P.; MELO, P. C. Resposta do pinhão-manso à aplicação de níveis de irrigação e doses de adubação potássica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 6, p. 593-598, 2012.

PAIVA, J. P.; MORALES, L. P.; MAYANS, G. U.; VILLALBA, M. A.; DE ARBO, L. M.; BERNAL, S. S. Evaluación del Perfil Micológico de la Yerba Mate durante el proceso productivo y producto final en establecimientos yerbateros. Paraguay 2012. **Revista de Salud Pública del Paraguay**, v. 3, n. 1, p. 08-13, 2013.

PRAT KRICUN, S. D. Propagación vegetativa de plantas adultas de Yerba mate. In: WINGE, H. et al. (org). Erva-mate: Biología e cultura no Cone Sul, Porto Alegre, Ed. UFRGS, 137-150. 1995.

PEREIRA, R. F.; LIMA, A. S. D.; MAIA FILHO, F. D. C. F.; CAVALCANTE, S. N.; SANTOS, J. G. R. D.; ANDRADE, R. Produção de feijão vigna sob adubação orgânica em ambiente semiárido. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 2, p. 27-32, 2013.

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

RAIJ, B. V. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto de Potassa e Fosfato; Instituto Internacional da Potassa, 1981.142p.

RAMÍREZ, D. A. H.; PELÁEZ, J. D. L.; RENDÓN, M. R.; VEGA, N. W. O.; LONDOÑO, G. C.; RICARDO, R. E.; BRAVO, Á. U. Evaluación de requerimientos nutricionales en vivero de especies tropicales empleadas en silvicultura urbana. **Revista EIA**, v. 11, n. 21, p. 41-54, 2014.

REISSMANN, C. B.; DA ROCHA, H. O.; KOEHLER, C. W.; DE LIMA, R.; CALDAS, S.; HILDEBRAND, E. E. Bio-elementos em folhas e hastes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) sobre Cambissolos na região de Mandirituba. **Floresta**, v. 14, n. 2, p. 49-54, 1983.

REIJNEVELD, J. A.; ABBINK, G. W.; TERMORSHUIZEN, A. J.; OENEMA, O. Relationships between soil fertility,

herbage quality and manure composition on grassland-based dairy farms. **European Journal of Agronomy**, v. 56, p. 9-18, 2014.

SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; BASTOS, M. C.; KASEKER, J. F.; REISSMANN, C. B.; BRONDANI, G. E.; DE BARROS, N. F. Crescimento e nutrição de erva-mate influenciados pela adubação nitrogenada, fosfatada e potássica. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 363-375, 2013.

SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; BARROS, N. F. de; ALMEIDA, I. C. de; LEAL, G. P.; FONTES, L.; NEVES, J. C. L.; WENDLING, I.; REISSMANN, C. B. Effect of potassium fertilization on yield and nutrition of yerba mate (*Ilex paraguariensis*). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 5, p. 1469-1477, 2014.

SANTIN, D.; WENDLING, I.; BENEDETTI, E. L.; MORANDI, D.; DOMINGOS, D. M. Sobrevivência, crescimento e produtividade de plantas de erva-mate produzidas por miniestacas juvenis e por sementes. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 571-579, 2015.

SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; BRONDANI, G. E.; REISSMANN, C. B.; ORRUTÉA, A. G.; ROVEDA, L. F. Crescimento de mudas de erva-mate fertilizadas com n, PEK. **Scientia agraria**, v. 9, n. 1, p. 59-66, 2008.

SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; KASEKER, J. F.; BASTOS, M. C.; REISSMANN, C. B.; WENDLING, I.; DE BARROS, N. F. Nutrição e crescimento da erva-mate submetida à calagem. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 55-66, 2013b.

SILVA, G. D. S.; DE LIMA, C. S.; DA SILVA, C. S. S.; FORNECK, E. D.

Levantamento fitossociológico do estrato arbustivo regenerante em silvicultura de *Araucaria angustifolia* (bertol.) kuntze na floresta estacional de São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 6, n. 2, p. p. 113-127, 2013.

SILVA, J. T. A.; SILVA, I. P.; PEREIRA, R. D. Adubação fosfatada em mudas de bananeira ‘Prata anã’(AAB), cultivadas em dois Latossolos. **Ceres**, v. 58, n. 2, p. 238-242, 2011.

SCHUMAN, L.M. Mineral nutrition. In: WILKINSON, R.E. (Ed.). **Plant-environment interactions**. New York: Marcel Dekker, 1994. p. 149-182.

STACHEVSKI, T. W.; FRANCISCON, L.; DEGENHARDT-GOLDBACH, J.. Efeito do meio de cultura na calogênese *in vitro* a partir de folhas de erva-mate. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 75, p. 339-342, 2013.

STURION, J. A. **Estudo de elementos limitantes ao crescimento da erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St Hil.)**, 1983. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/315704/1/1984PA03SturionEstudoElementos0001.pdf>>. Acesso em: 14 jun 2016.

TOKURA, A. M.; NETO, A. E. F.; CARNEIRO, L. F.; CURI, N.; SANTOS, J. Z. L.; ALOVISI, A. A. Dinâmica das formas de fósforo em solos de textura e mineralogia contrastantes cultivados com arroz. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 1, p. 171-179, 2011.

TROEH, R.F.; THOMPSON, L.M. **Solos e fertilidade do solo**, São Paulo: Andrei, 2007.p.63

TRONCO, K. M. de Q.; BISOGNIN, D. A.; FLEIG, F. D.; HORBACH, M. A. Enraizamento *ex vitro* e aclimatização de microestacas de *Ilex paraguariensis* A. St Hil. **CERNE**, v. 21, n. 3, p. 371-378, 2015.

UCHÔA, S. C. P.; FREIRE, F. M. Doses de enxofre e tempo de incubação na dinâmica de formas de enxofre no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 678-687, 2013.

VALADARES, S. V.; NEVES, J. C. L.; ROSA, G. N. G. P.; MARTINEZ, H. E. P.; VENEGAS, V. H. A.; DE LIMA, P. C. Produtividade e bienalidade da produção de cafezais adensados, sob diferentes doses de N e K. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 3, p. 296-303, 2013.

VALDUGA, A. T.; GONÇALVES, I. L.; BORGES, A. C. P.; MIELNICZKI-PEREIRA, A. A.; PICOLLO, A. P. Cytotoxic/antioxidant activity and sensorial acceptance of yerba-mate development by oxidation process. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 38, n. 1, p. 115-121, 2016.

VENEKLAAS, E. J.; LAMBERS, H.; BRAGG, J.; FINNEGAN, P. M.; LOVELOCK, C. E.; PLAXTON, W. C.; PRICE, C. A.; SCHEIBLE, W.-R.; SHANE, M. W.; WHITE, P. J.; RAVEN, J. A. Opportunities for improving phosphorus-use efficiency in crop plants. **New Phytologist**, v. 195, n. 2, p. 306-320, 2012.

VIANA, T. D. O.; VIEIRA, N. M. B.; MOREIRA, G. B. L.; BATISTA, R. O.; DE CARVALHO, S. J. P.; RODRIGUES, H.

F. F. Adubação do feijoeiro cultivado no norte de Minas Gerais com nitrogênio e fósforo. **Ceres**, v. 58, n. 1, p. 115-120, 2011.

ZANG, L., TIAN, G. M., LIANG, X. Q., HE, M. M., BAO, Q. B.; YAO, J. H. (2013). Profile distributions of dissolved and colloidal phosphorus as affected by degree of phosphorus saturation in paddy soil. *Pedosphere*, 23(1), 128-136.

WANG, X.; GUPPY, C. N.; WATSON, L.; SALE, P. W.; TANG, C. Availability of sparingly soluble phosphorus sources to cotton (*Gossypium hirsutum* L.), wheat (*Triticum aestivum* L.) and white lupin (*Lupinus albus* L.) with different forms of nitrogen as evaluated by a ³²P isotopic dilution technique. **Plant and soil**, v. 348, n. 1-2, p. 85-98, 2011.

WENDLING, I.; BRONDANI, G. E.; BIASSIO, A. D.; DUTRA, L. F. Vegetative propagation of adult *Ilex paraguariensis* trees through epicormic shoots. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 1, p. 117-125, 2013.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. Silvicultura clonal: princípios e técnicas. **Viçosa, MG: ed. UFV**. 2009.

XAVIER, A.; DA SILVA, R. L. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil.

Agronomía Costarricense, v. 34, n. 1, p. 93-98, 2010.