



PATRÍCIA LAGE

**RELAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS MORFO-
ANATÔMICAS DA CASCA, ESTADO
NUTRICIONAL E VARIAÇÕES CLIMÁTICAS
SAZONAIS COM A PRODUÇÃO DE LÁTEX EM
CLONES DE SERINGUEIRA, EM
NEPOMUCENO, MG**

LAVRAS - MG

2013

PATRÍCIA LAGE

**RELAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS MORFO-ANATÔMICAS DA
CASCA, ESTADO NUTRICIONAL, E VARIAÇÕES CLIMÁTICAS
SAZONAIS COM A PRODUÇÃO DE LÁTEX DE CLONES DE
SERINGUEIRA, EM NEPOMUCENO, MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Luiz Edson Mota de Oliveira

LAVRAS - MG

2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Lage, Patrícia.

Relações das características morfoanatômicas da casca, estado nutricional e variações climáticas sazonais com a produção de látex em clones de seringueira em Nepomuceno-MG / Patrícia Lage. – Lavras : UFLA, 2013.

100 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Luiz Edson Mota de Oliveira.

Bibliografia.

1. *Hevea brasiliensis*. 2. Seringueira - Adubação. 3. Seringueira - Anatomia. 4. Borracha natural. I. Universidade Federal de Lavras.

II. Título.

CDD – 583.950413

PATRÍCIA LAGE

**RELAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS MORFO-ANATÔMICAS DA
CASCA, ESTADO NUTRICIONAL, E VARIAÇÕES CLIMÁTICAS
SAZONAIS COM A PRODUÇÃO DE LÁTEX DE CLONES DE
SERINGUEIRA, EM NEPOMUCENO, MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 11 de outubro de 2013.

Dr. Antônio de Pádua Alvarenga EPAMIG

Dr. Nelson Delú Filho UNIS

Prof. Dr. Luiz Edson Mota de Oliveira
Orientador

LAVRAS - MG

2013

A minha mãe Gilda, ao meu pai Martins Lage (*in memoriam*),
a minha irmã Paloma e ao meu sobrinho João Pedro pelo amor, carinho e apoio.

DEDICO

Você nunca sabe que resultados virão da sua ação.
Mas se você não fizer nada, não existirão resultados.

Mahatma Gandhi

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, pela vida. Pela oportunidade de aprender que o maior título que um ser humano pode ter é o seu caráter.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) pela oportunidade.

Ao CNPq e à FAPEMIG pelo financiamento do projeto de dissertação.

Ao Instituto Federal de Minas Gerais pela oportunidade de realização da pós-graduação. Ao Jackson por todo apoio e compreensão. Aos meus amigos tão queridos Claudionor e Jaqueline, pela amizade, incentivo e compreensão. Aos demais colegas e professores, por toda ajuda.

Aos professores do Setor de Fisiologia, pelos ensinamentos valiosos e boa convivência.

Ao meu orientador Dr. Luiz Edson Mota de Oliveira, por ter sido um instrumento de aprendizagem.

Ao Antônio de Pádua Alvarenga pelas contribuições valiosas. À Genáina pela sua disponibilidade em contribuir para o trabalho de diversas formas.

Ao Nelson Delú Filho pelas contribuições que engrandeceram o trabalho.

A minha querida mãe, Gilda, por me ensinar que a fé, a determinação e a coragem vencem os obstáculos mais difíceis e por acreditar e confiar em mim. Ao meu pai, Martins, (*in memoriam*) pelo exemplo de coragem, força e superação.

Ao Leonardo pelo amor, incentivo, paciência e compreensão. Obrigada, por ter-me “conduzido” diversas vezes até o ônibus quando o cansaço praticamente me dominava.

Aos amigos que me conquistaram com simpatia, confiança e compreensão.

A Pollyanna e Marília pela amizade e pelo auxílio tão valioso nos momentos difíceis.

Ao João Paulo Pennacchi pela ajuda tão importante nas análises estatísticas dos dados.

Ao Evaristo Guerra que com sua compreensão, paciência e incentivo, forneceu contribuições pessoais e profissionais grandiosas.

Aos estagiários do Laboratório de Nutrição e Metabolismo de Plantas por toda ajuda.

Aos funcionários do Setor de Fisiologia Vegetal por todo apoio, carinho e consideração.

Ao senhor José Osvaldo Lima Salgado por ter permitido gentilmente a realização de muitos trabalhos em sua propriedade. Ao senhor Luiz pela disponibilidade em ajudar. Ao Reinaldo e Renildo funcionários da Fazenda Gundi, pela importante colaboração.

RESUMO

A seringueira *Hevea brasiliensis* (Willd. ex ADR. de Juss.) Muell.-Arg apresenta grande potencialidade econômica. Os plantios de seringueira em Minas Gerais têm demonstrado que a cultura, pode se estender para regiões com regime hídrico caracterizado por um período seco definido. A produção e a qualidade do látex da seringueira são dependentes de diversos fatores fisiológicos e metabólicos relativos à planta, além do estado nutricional. Este trabalho objetivou avaliar as relações das características morfo-anatômicas da casca, estado nutricional e variações climáticas sazonais com a produção de látex, tendo sido conduzido no período de novembro de 2011 a junho de 2013, em plantio comercial policlonal de seringueira de 29 anos, localizado na Fazenda Gundi no município de Nepomuceno, sul de Minas Gerais. Os clones utilizados no plantio são FX2261, FX3844, FX3864 e IAN873. As coordenadas geográficas de referência são 21°17'33" S de latitude, 45°10'41" W de longitude e 904 m de altitude. A região caracteriza-se por apresentar duas estações bem definidas: seca e fria, de abril a setembro, e chuvosa e quente, de outubro a março. A produção apresentou variação sazonal. O período quente e úmido foi o de maior produção, devido às características climáticas favoráveis. A adubação apresentou efeito significativo sobre a produção de borracha seca nos períodos avaliados. Em relação às características morfo-anatômicas relacionadas, a espessura da casca e perímetro do caule apresentou interação positiva com a produção de látex. Plantas com contrastes de produção de borracha seca apresentaram diferenças na estrutura anatômica do sistema laticífero. A confirmação da identidade genética dos indivíduos do plantio fornece subsídios para compreensão da variabilidade dos caracteres existentes no plantio.

Palavras-chave: *Hevea brasiliensis*. Borracha natural. Adubação. Anatomia.

ABSTRACT

The rubber tree *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.D.C. Than Juss.) Muell. - Arg presents great economic potential. Rubber tree plantations in Minas Gerais have shown that the culture may extend to regions with water regime characterized by a defined dry period. The production and quality of rubber tree latex depend on various physiological and metabolic factors regarding the plant, in addition to its nutritional status. This study aimed at evaluating the relations of morphological and anatomical characteristics of the bark, the nutritional status and seasonal climate variations with latex production, having been conducted from November 2011 to June 2013, in a polyclonal commercial, 29 year old rubber tree planting, located in the Fazenda Gundi, in the municipality of Nepomuceno, southern Minas Gerais, Brazil. The clones used in planting are FX2261, FX3844, FX3864 and IAN873. The geographical coordinates are 21°17'33 " S latitude, 45°10'41 " W longitude and 904 m of altitude. The region is characterized by presenting two well defined seasons: dry and cold, from April to September, and hot and rainy, from October to March. The production showed seasonal variation. The hot and humid period was that with the largest production due to favorable climatic characteristics. Fertilization presented a significant effect on dry rubber production in the evaluated periods. Regarding the morphological and anatomical characteristics, bark thickness and stem perimeter showed positive interaction with latex production. Plants with contrasting dry rubber yield showed differences in the anatomical structure of the laticifer system. Confirmation of the genetic identity of the planted individuals provides subsidies for understanding the variability of existing characters in the planting.

Keywords: *Hevea brasiliensis*. Natural rubber. Fertilization. Anatomy

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização do município de Nepomuceno, MG.....	37
Figura 2	Produção média em gramas de borracha seca por sangria por planta, nos períodos e nos tratamentos (A). Produção média de borracha seca por cm ² de seção de painel de sangria nos períodos e nos tratamentos (B)	45
Figura 3	Produção média de borracha seca no período quente/úmido nos tratamentos adubado e não adubado	49
Figura 4	Produção média de borracha seca nos períodos e nos tratamentos por área de seção de painel de sangria.....	50
Figura 5	Temperaturas máxima, média e mínima do ar (A), precipitação total mensal (B), médias mensais de umidade relativa do ar, (C), insolação global total mensal (D) de 2012	54
Figura 6	Teores dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em folhas maduras de seringueira	55
Figura 7	Teores de micronutrientes boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn) e ferro (Fe) em folhas maduras de seringueira....	58
Figura 8	Variação da produção de borracha seca em função da espessura da casca (A) e em função do perímetro do caule da seringueira (B). Correlação entre a espessura da casca e o perímetro do caule de seringueira (C).....	65
Figura 9	Seção tangencial da casca de plantas de seringueira de menor produção (A e B) e de maior produção (C e D). Esclerênquima (E), raios medulares (R), parede celular (P), drusas (O), plasmodesmos (W).....	68

Figura 10	Microscopia de luz de seção transversal da casca de plantas de seringueira de alta produção	69
Figura 11	Microscopia eletrônica de transmissão da casca de plantas de seringueira com maior produção e látex branco mostrando conteúdo dos anéis laticíferos: parede celular (P), amido (S), lutoídes (L) partículas de Frey-wissling (F) e as partículas de borracha (I)	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores de referência dos teores de macronutrientes foliares em seringueira adulta e teores de nutrientes foliares encontrados neste estudo.	59
Tabela 2	Valores de referência dos teores de micronutrientes foliares em seringueira adulta e os teores de nutrientes encontrados neste estudo.....	62

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Descrição do gênero <i>Hevea</i>	16
2.2	Características edafoclimáticas da seringueira	18
2.3	Implantação do seringal	23
2.4	Produtividade de borracha natural	26
2.5	Adubação e nutrição mineral em seringais em produção	29
2.6	Características morfo-anatômicas relacionadas com a produção de látex	35
3	MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1	Área experimental	37
3.2	Unidades experimentais	38
3.2.1	Avaliação da produção de látex	39
3.2.2	Diagnose da nutrição foliar	39
3.2.3	Avaliações do perímetro do caule e espessura da casca	40
3.2.4	Avaliações anatômicas da casca	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1	Efeito da adubação e das variáveis climáticas na produção de látex	42
4.2	Teores de nutrientes nas folhas maduras de seringueira	55
4.3	A espessura da casca e o perímetro do caule na produção de látex	63
4.4	Características anatômicas da casca da seringueira de plantas com produção de borracha seca contrastante	66
5	CONCLUSÕES	72
	REFERÊNCIAS	73
	APÊNDICES	95

1 INTRODUÇÃO

A seringueira, pertencente ao gênero *Hevea*, é uma das mais importantes espécies da família Euphorbiaceae, apresentando grande potencialidade econômica, como principal produtora de borracha natural. Tem como área de ocorrência natural a Amazônia brasileira, bem como, Bolívia, Colômbia, Peru, Venezuela, Equador, Suriname e Guiana. A *Hevea brasiliensis* está entre as 11 espécies do gênero *Hevea* conhecidas, sendo a espécie mais cultivada comercialmente (MARTO, 2012). A borracha natural apresenta propriedades físicas e químicas elevadas quando comparadas com as borrachas sintéticas, como maior elasticidade, flexibilidade, resistência à abrasão e à corrosão, impermeabilidade e fácil adesão a tecidos e ao aço (CORNISH, 2001).

Os maiores produtores mundiais de borracha natural são os países asiáticos, principalmente Tailândia, Indonésia, Vietnã e Malásia, na sequência encontram-se o continente africano e países da América Latina (INTERNATIONAL RUBBER STUDY GROUP - IRSG, 2013). O Brasil, no século XX, apresentava a condição de principal produtor e exportador mundial, passando a ser importador dessa matéria-prima (BERNARDES; VEIGA; FONSECA FILHO, 2000).

Uma solução para minimizar os volumes de importação do produto, na busca da autossuficiência e, até mesmo, ocupar novamente uma posição de relevância na produção mundial de borracha, seria a expansão dos plantios de seringueira, com produtividade elevada de látex de boa qualidade (ALVARENGA et al., 2003). A expansão da heveicultura minimiza a importação do produto, fornecendo uma importante alternativa de desenvolvimento econômico, social e ambiental. A heveicultura é uma excelente alternativa de renda para produtores rurais, sendo atualmente umas das culturas

mais rentáveis. Uma das vantagens de se cultivar seringueira é a potencialidade de realizar consórcio com outras culturas (MACHADO FILHO; SILVA, 2012).

A heveicultura expandiu-se para várias regiões não tradicionais de cultivo, concentrando-se nas regiões sudeste, centro-oeste e no nordeste, principalmente no estado da Bahia. Bicalho (2008) relata que a mudança de *habitat* pode acarretar respostas morfofisiológicas potencialmente diferentes entre os clones considerados semelhantes, uma vez que esses processos são bastante sensíveis ao ambiente.

Segundo Tan (1987), a expressão do potencial genético de produção da seringueira é reflexo de vários fatores intrínsecos (altura da planta, perímetro do caule, espessura da casca, seca do painel, resistência ao vento e a doenças), de fatores ambientais (edafoclimáticos e bióticos), e de práticas de manejo (sistemas de sangria, estimulação química, densidade de plantio, fertilizantes, controle de pragas e doenças).

A crescente demanda por borracha natural tem exigido mais estudos e investigações que resultem na melhoria de determinadas características agrônomicas, como produção e qualidade do látex. Isso proporcionará um aumento de produção e redução dos custos, fato esse relacionado com o período de imaturidade da cultura, bem como na melhoria da composição química do látex (AGUIAR; BRANCALIÃO; ROSSI, 2012).

A adubação correta das plantas de seringueira é essencial para uma nutrição equilibrada, o que reflete em crescimento e produtividade com objetivos diferentes, de acordo com a fase do seringal. Na formação de mudas, objetiva-se o suprimento de nutrientes para atingir o máximo de uniformidade, precocidade, qualidade do sistema radicular e aptidão para enxertia. Na fase de formação do seringal, o principal objetivo é a antecipação do início da fase produtiva. Além disso, outras características são desejáveis, como espessura e

anatomia da casca, tolerância à quebra pelo vento e uniformidade das plantas (BATAGLIA; SANTOS, 1998).

O estado nutricional da seringueira constitui um subsídio para identificação de fatores limitantes da produtividade (BATAGLIA; CARDOSO; CARRETERO, 1988), principalmente em seringais em produção. A adubação do seringal é importante também no período de produção, uma vez que nesta fase existem duas fontes de drenagem dos nutrientes, uma para suprir o desenvolvimento da planta, e a outra para produção de látex explorado (MURBACH et al., 1999) e regeneração da casca do painel. Os nutrientes exigidos em maiores quantidades pela seringueira são o N, P, e o K (ALVES; VENTURIM, 1991). Foi observado por Bataglia et al. (1998) e Kitamura (1992) que a adubação fosfatada é responsável pelo maior crescimento e produtividade nas plantas de seringueira.

Melhoristas têm tentado formular novas estratégias para incrementar cada vez mais a produtividade do seringal, empregando um conjunto de medidas, muitas das quais ainda em aprimoramento. Um dos fatores mais importantes que influenciam a produtividade de um seringal é o material a ser plantado. A escolha dos clones é importante para propiciar alta produção durante os primeiros anos de sangria, bem como, seu ciclo econômico, para melhor eficiência da sangria, para que respondam bem à estimulação e que apresentem crescimento satisfatório antes e depois da entrada da fase de produção. Com base nesses caracteres clonais, o heveicultor poderá assegurar alta produção, aliada à alta taxa de retorno sobre o investimento aplicado e em curto espaço de tempo (GONÇALVES et al., 1998).

Nesse contexto, os objetivos deste trabalho foram avaliar as relações das características morfo-anatômicas da casca, estado nutricional e variações climáticas sazonais com o desempenho produtivo de clones de seringueira, no município de Nepomuceno, no sul de Minas Gerais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Descrição do gênero *Hevea*

Pertencente à família Euphorbiaceae o gênero *Hevea* tem 11 espécies, destas, a *Hevea brasiliensis* [(Wild. ex. ADR. de Juss.) Muell. Arg.], muito explorada comercialmente e responsável por grande parte de toda a borracha natural produzida no mundo (SECCO, 2008). Apresenta maior capacidade produtiva e qualidade de látex superior a das demais, havendo grande variação intraespecífica dessas características. Essa grande variação intraespecífica quanto à produção de borracha tem sido usada vantajosamente nas técnicas de seleção de clones em heveicultura (GONÇALVES et al., 1997; GONÇALVES; ORTOLANI; CARDOSO, 1997; PIRES; SECCO; GOMES, 2002).

A seringueira é uma planta heliófila, não sendo comuns indivíduos pequenos em matas antigas, sugerindo que a primeira fase de seu desenvolvimento, após a germinação, apresenta maior sucesso nas clareiras após algum evento natural (PIRES; SECCO; GOMES, 2002). Apresenta folhas compostas, flores pequenas reunidas em panículas que florescem a partir de agosto, com frutos em forma de cápsula tricoca com maturação no período de fevereiro a abril dependendo da região. Sua madeira é leve, com densidade de $0,45 \text{ g/cm}^3$, mole, de baixa durabilidade natural podendo ser empregada para tabuado, forros, caixotaria e movelaria. As sementes fornecem óleo que pode ser utilizado na indústria de tintas e vernizes (LORENZI, 1992), apresentando aproximadamente 43% de óleo de boa qualidade industrial (IRSG, 2013).

A área de distribuição do gênero *Hevea* abrange uma região muito extensa, cerca de seis milhões de quilômetros quadrados, o que equivale a mais da metade do território brasileiro. As espécies do gênero *Hevea* encontram-se dispersas na mata mista, sem apresentar tipos exclusivos de associação. *Hevea*

brasiliensis tem uma ampla área de distribuição geográfica, entre as latitudes 3°N e 15°S, até a Bolívia, Peru e Equador (PIRES; SECCO; GOMES, 2002).

As espécies de *Hevea* apresentam sinais evidentes de periodicidade, com desfolhamento periódico e crescimento intermitente, embora o comportamento das espécies possa sofrer grandes variações em decorrência do ambiente no qual esteja inserida. Nos ramos de crescimento plagiotrópicos há uma tendência de desfolhamento, e algumas espécies conservam folhas somente na última brotação (PIRES; SECCO; GOMES, 2002).

A exploração econômica do látex da seringueira induz à formação de drenos não convencionais na casca, onde são efetuadas as sangrias. As sangrias frequentes, que se sucedem à abertura do painel, tendem a estimular o sistema de assimilação de CO₂ e transporte de carbono para atender à demanda de carboidratos para a biossíntese renovada de látex na casca. A biossíntese de látex resulta de uma complexa cadeia de eventos biofísicos, nutricionais e metabólicos (CAIRO et al., 2009).

Polímero de hidrocarbonetos, a borracha é constituída de unidades de poli-isopreno (C₅H₈), um metabólito secundário (cis 1,4 poli-isopreno) originado no floema secundário da planta (PRIYADARSHAN; CLEMENT-DEMANGE, 2004). Devido a sua estrutura e alto peso molecular, a borracha natural apresenta resiliência, elasticidade, resistência à abrasão, e não pode ser facilmente reproduzida por polímeros produzidos artificialmente (PRIYADARSHAN; GONÇALVES; OMOKHAFE, 2009). A borracha natural apresenta excelente qualidade, conferindo elasticidade, plasticidade, resistência à fricção, impermeabilidade a líquidos e gases, bem como isolamento elétrico.

A heveicultura tem se destacado, devido à borracha natural ser matéria-prima essencial para a fabricação de uma ampla variedade de produtos para a indústria (automobilística, materiais médico-hospitalares, calçados, móveis,

dentre outros), além da potencialidade de utilização de suas sementes como fornecedor de óleos para utilização em biocombustíveis.

A heveicultura apresenta benefícios sociais, econômicos e ambientais, destacando-se pela sua capacidade de geração de emprego, aumento da renda familiar, fixação do homem no campo, desenvolvimento econômico local e regional, receita com a venda da borracha e valorização da terra. Plantações florestais de eucalipto, quando bem estabelecidas, podem fixar entre 100 e 400 t. ha⁻¹ de CO₂ durante a fase de crescimento (INSTITUTO ECOAR PARA CIDADANIA - ECOAR, 2003), enquanto a seringueira durante um período de 30 anos de vida útil retira da atmosfera aproximadamente 45 a 50 toneladas de carbono por hectare plantado (ALVARENGA; CARMO, 2006), o que equivale a aproximadamente 165 t. de CO₂.

2.2 Características edafoclimáticas da seringueira

A seringueira desenvolve-se melhor em temperaturas médias anuais superiores ou iguais a 20 °C, sendo que os limites térmicos mais favoráveis à fotossíntese estão entre 27 °C e 30 °C. As temperaturas entre 18 °C e 28 °C são mais indicadas para o fluxo de látex (YEANG, 1984). A seringueira apresenta-se suscetível a temperaturas baixas, principalmente na fase jovem e, em regiões onde a temperatura é igual ou inferior a 16 °C, o crescimento da planta é considerado nulo (GASPAROTTO, 1988). Apresenta ainda susceptibilidade a ventos frios e também à geada, entretanto, em plantios comerciais em altitudes até 910 metros foram observados um bom desenvolvimento da cultura (CARMO et al., 2004).

Em função da grande demanda de borracha natural e da incidência de doenças fúngicas, embora a região de ocorrência natural apresente melhores condições para o desenvolvimento da seringueira, a heveicultura tem migrado

para as regiões centro-oeste, sudeste e nordeste. Suscetível a várias doenças, sendo o mal-das-folhas, que tem como agente etiológico o fungo *Microcyclus ulei* (P. Henn.) v. Arx. que provoca a queima e a queda prematura das folhas e se desenvolve facilmente em regiões de clima úmido, considerado fator limitante à produção de borracha e a expansão de sua área cultivada (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR, 2006). As enfermidades da seringueira têm sido o principal impedimento da expansão da heveicultura em parte da Amazônia Tropical Úmida (MORAES; MORAES, 2002; PEREIRA, 1997).

Uma das principais medidas para o manejo do mal-das-folhas envolve o plantio em locais desfavoráveis ao desenvolvimento do patógeno, utilizando-se o princípio de evasão geográfica ou do espaço, também conhecido como “área de escape” (FURTADO, 2007). Caracterizando como área de escape ao mal-das-folhas as regiões que apresentam período seco definido com pelo menos três meses de precipitação inferior a 60 mm, onde o período de troca de folhas é reduzido e há pequena duração de molhamento dos folíolos (ALVARENGA; CARMO, 2008). Abaixo de 20 °C, as pústulas do fungo causador do mal-das-folhas não esporulam. Considera-se esta faixa de temperatura em trabalhos de zoneamento como livre do mal-das-folhas, possibilitando o cultivo da seringueira sem manifestação grave da enfermidade (CAMARGO; MARIN; CAMARGO, 2003).

Principalmente em função dos problemas fitossanitários enfrentados na Amazônia e no litoral sul da Bahia, o cultivo da seringueira expandiu-se para as regiões centro-oeste e sudeste do Brasil. Nessas regiões, o clima é caracterizado principalmente por estação seca prolongada e intensa, o que tem se mostrado favorável ao desenvolvimento e à produção da cultura e desfavorável aos principais patógenos. Entretanto, para cada condição climática específica do território brasileiro zoneado para o cultivo de seringueira, é importante testar

clones que demonstrem a adaptabilidade e produtividade compensadoras (PEREIRA; PEREIRA, 2001).

Com a incidência de altas precipitações pluviométricas e bem distribuídas durante o ano, o solo não é considerado fator limitante para o cultivo da seringueira nas condições de origem. Entretanto, com a expansão dos cultivos para as regiões sudeste e centro-oeste, que apresentam período seco bem definido, esse atributo é considerado de extrema importância no desenvolvimento da heveicultura (CARMO et al., 2004).

A seringueira apresenta boa adaptabilidade a solos ácidos, que geralmente possuem baixas reservas químicas (REIS; CHEPOTE, 2008). Em relação às propriedades físicas do solo, a seringueira requer solos profundos, porosos, bem drenados, onde o sistema radicular possa desenvolver-se possibilitando suprimento de água, nutrientes e uma boa fixação da árvore (MOTTA, 2007). A seringueira, em condições favoráveis, apresenta sistema radicular vigoroso e bem distribuído, permitindo a exploração de grandes volumes de solo (CUNHA, 2000).

Pereira e Pereira (2001) resumem que quanto às características físicas, são indicados terrenos de topo ou encostas, com solos de boa profundidade, permeabilidade, aeração, textura de média a argilosa. Evitando-se solos arenosos ou muito argilosos, alagáveis ou com lençol freático inferior a 1,5 m da superfície, solos pedregosos, compactados ou com camadas de rochas que limitam o desenvolvimento das raízes. Os solos com maior aptidão para o plantio da seringueira em Minas Gerais são os latossolos. Os argissolos, também podem ser indicados, desde que não apresentem camada adensada em profundidade (MOTTA, 2007).

É relatado por Pinheiro e Pinheiro (2008) que nas áreas de escape as características físicas do solo assumem importância fundamental para um melhor desenvolvimento do sistema radicular. Para o plantio são evitados

normalmente solos de textura leve ou os concrecionários lateríticos onde as deficiências hídricas no período de estiagem afetam principalmente as seringueiras jovens.

Segundo Ho (1979), o tipo de solo pode realçar ou restringir o potencial de um clone, ao passo que outros fatores ecológicos, tais como o vento e a propensão à incidência de doenças que, quando severas, podem reduzir seriamente o referido potencial. O desempenho na produção de um clone pode ser seriamente afetado pela ocorrência de restrições do local em áreas indicadas ao cultivo de seringueira. Os fatores ambientais de uma região que influenciam a escolha de um clone são: velocidade do vento, umidade atmosférica, tipo de solo, frequência de geadas, disponibilidade hídrica e intensidade e duração da estação seca (GONÇALVES; MONTEIRO, 2007). Clones não adaptados às condições do local do plantio podem apresentar redução na produção de borracha seca.

Um cultivar bem adaptado à região onde foi plantado reduz o período improdutivo do seringal, gerando maior retorno econômico ao produtor. A abertura precoce de painel e boa produção são possíveis somente em árvores que crescem vigorosamente na fase juvenil. Conforme o cultivar, a taxa de crescimento tende a declinar (WYCHERLEY, 1976). Para o início da sangria da seringueira, é adotado um limite mínimo para a circunferência de 45 a 50 cm do tronco (PEREIRA; PEREIRA, 2001). Um fato importante a ser considerado é o número de plantas que atingem esse diâmetro mínimo para exploração do látex no menor intervalo de tempo.

Gonçalves, Aguiar e Gouvêa (2006) relatam que, após a abertura do painel, o fotossintetizado é repartido em duas fontes competidoras: látex explotado e crescimento em diâmetro e altura do caule. Em alguns clones, a maior parte do fotossintetizado é direcionada para o látex explotado, reduzindo o crescimento e, conseqüentemente, a espessura da casca.

A produtividade de alguns clones de seringueira pode estar relacionada com características fisiológicas e bioquímicas do sistema fonte-dreno, as quais podem estar associadas tanto aos processos de assimilação e transporte de carbono, como à utilização de assimilados na biossíntese de borracha natural (MESQUITA, 2006b).

A produtividade econômica da seringueira envolve a partição de assimilados para os pontos de crescimento e o suprimento de metabólitos ao sistema laticífero, onde se processa a biossíntese da borracha. A partição desses assimilados é complexa, pois há uma alteração na relação fonte-dreno, após o início da sangria, observando-se uma redução no ritmo de crescimento das plantas, tendo em vista que a partição dos fotoassimilados produzidos nas folhas, em particular a sacarose, antes direcionada para atender apenas à demanda dos diferentes órgãos-drenos naturais da planta, passa a ser fortemente dirigida à reconstituição do látex extraído através da sangria e regeneração da casca (VIRGENS FILHO, 2008).

O processo de biossíntese de látex está intimamente relacionado com rotas metabólicas geradoras de energia, como também processos anabólicos (PUJADE-RENAUD et al., 1994). A sequência de reações que leva à biossíntese de látex envolve a hidrólise da sacarose, processo que libera hexoses para iniciar a glicólise para gerar piruvato, o qual será convertido pela enzima piruvato desidrogenase em acetil-CoA e o anabolismo de isoprenos, a partir do acetil-CoA e energia na forma de NADPH e ATP, o que permite a formação do isopentenil difosfato (IPP), unidade básica da borracha (OLIVEIRA et al., 2006, 2008). Em seringueira ainda não é conhecido qual o tipo de descarregamento que ocorre nos drenos, apenas que as enzimas de hidrólise de sacarose têm uma forte relação com o comportamento produtivo das plantas.

A regeneração do látex entre sangrias depende de um bom suprimento de sacarose (VIRGENS FILHO; MOREIRA; CASTRO, 2001). De maneira

geral, a sacarose é considerada a molécula fundamental do metabolismo celular e, mais especificamente, do metabolismo de isoprenoides (OLIVEIRA et al., 2008).

2.3 Implantação do seringal

No início do desenvolvimento da cultura da seringueira, as mudas para a implantação de um seringal eram exclusivamente provenientes de sementes, conhecidas como pés-francos (MAY; GONÇALVES; MARTINS, 1999). Com a domesticação da cultura, facilitada pelo uso da técnica de enxertia iniciada por Van Halten em 1917, na Indonésia, os seringais foram formados por mudas enxertadas, em porta-enxertos, preferencialmente, provenientes de sementes do clone TJ (FERNANDO, 1974). Pelo fato do gênero *Hevea* apresentar grande variabilidade genética, a propagação vegetativa é a mais recomendada, e visa assegurar a integridade genotípica dos clones estabelecidos (MARTINS et al., 2000) aumentando assim, as possibilidades de obtenção de plantas mais homogêneas e produtivas no seringal.

A implantação da heveicultura é altamente dependente de sementes, sendo indispensáveis para a produção de porta-enxertos (BONOME et al., 2009). A enxertia é o método de propagação mais utilizado em seringueira (BONOME, 2006; CHIN; AZIZ; HANZAH, 1981) destacando-se o método por borbulhia em porta-enxertos oriundos de sementes de seringais nativos ou cultivados. As sementes apresentam caráter recalcitrante, ou seja, perdem rapidamente o potencial germinativo quando o seu teor de água é reduzido a valores inferiores a 30% (BONOME, 2006; CHIN; AZIZ; HANZAH, 1981). Esta característica dificulta o armazenamento das sementes restringindo a oferta de mudas em determinadas épocas do ano (FONSECA; FREIRE, 2003). A formação de mudas de seringueira por enxertia, nas “regiões escapes”, como São

Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Goiás e Paraná, pode variar de 18 a 24 meses. Esse longo período no viveiro aumenta o custo da muda, por promover aumentos de gastos na utilização de mão de obra, de defensivos agrícolas e fertilizantes.

A cultura da seringueira apresenta ciclo produtivo longo, o que justifica a necessidade da adoção de técnicas eficientes para que a formação do seringal seja realizada de maneira que esse ciclo seja realmente alcançado, de forma que durante o período produtivo, a heveicultura proporcione resultados econômicos adequados (GONÇALVES et al., 2001). Mudanças de qualidade são consideradas o principal insumo na formação do cultivo, uma vez que constituem a base de toda cultura perene. Os cuidados na escolha de região edafoclimática propícia, espaçamentos corretos, adubações e tratamentos culturais recomendados, são eficientes se as mudas forem as melhores possíveis. Dessa maneira, é extremamente importante a formação de mudas, para que estas alcancem a qualidade desejada (MARTINS, 2010).

Ética e responsabilidade na produção de mudas nos viveiros são de grande importância, porém, ainda existe comércio, sem assegurar ao produtor a qualidade do clone e a sanidade das mudas comercializadas (BRITO, 2010). Com a Instrução Normativa n.º 29 de 5 de agosto de 2009 instituída pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, foi estabelecido normas para a produção e para padrões de identidade e qualidade de sementes e mudas de seringueira, com validade em todo o território nacional, devendo atender a requisitos fitossanitários. É importante que os estados elaborem normas sanitárias para que ocorram fiscalizações eficientes no sistema de produção de mudas de seringueira (BRASIL, 2009).

A escolha de clones para a implantação de um seringal apresenta muitas vantagens, uma das mais importantes é a uniformidade de seus indivíduos. As árvores de um mesmo clone, sob as mesmas condições ambientais, apresentam

baixa variabilidade em relação a diferentes características, como vigor, espessura de casca, produção, propriedades do látex, senescência anual das folhas, nutrição e tolerância às doenças. Em plantios comerciais, os clones são escolhidos em razão de sua adaptabilidade ao local e da sua produtividade, enquanto os porta-enxertos, desde que preencham as condições ideais de enxertia, pouca importância lhes é dada quanto a sua procedência (GONÇALVES; MARQUES, 2008). É importante salientar que uma casca muito fina poderá afetar a regeneração dos painéis de sangria, enquanto, uma casca mais espessa, poderá reduzir a incidência de ferimentos no caule (AGUIAR et al., 2010).

Portanto, o fator que normalmente influencia a produtividade de um seringal é o material a ser plantado. É importante a escolha de clones que propiciem alta produção durante os primeiros anos de sangria, bem como seu ciclo econômico; que respondam bem à estimulação, à baixa intensidade de sangria e que apresentem crescimento satisfatório antes e depois da entrada da fase de produção. Assegurando alta produção, aliada à alta taxa de retorno sobre o investimento aplicado em curto espaço de tempo (GONÇALVES, 1998).

Existe dificuldade de obtenção de materiais que tenham boa produção de borracha seca, elevado número de anéis de vasos laticíferos e com casca espessa. Novas ferramentas são necessárias para assegurar que o aumento da produtividade siga o mesmo ritmo do crescimento da população. A demanda por clones mais produtivos e resistentes é cada vez maior em decorrência das perspectivas futuras de mercado (GONÇALVES et al., 1999).

Um dos objetivos primordiais do melhoramento da seringueira é a obtenção de genótipos com alta capacidade produtiva de borracha, seguida por outros caracteres secundários, cuja ausência pode causar a redução do desenvolvimento da produtividade. Os principais caracteres secundários são altura da planta, perímetro do caule, número de lançamentos, área foliar,

espessura da casca, boa regeneração da casca, resistência às principais doenças, tolerância à quebra pelo vento e tolerância à seca do painel (GONÇALVES et al., 1982, 2002).

Na busca de áreas de escape da seringueira ao mal-das-folhas, os trabalhos com clones da série FX e IAN vêm se constituindo como uma excelente alternativa para a utilização destes na heveicultura (GONÇALVES et al., 2001) em diferentes condições edafoclimáticas. Os estudos realizados fora das condições de origem são importantes por fornecerem informações sobre o desempenho dos diversos clones sob diferentes condições edafoclimáticas antes de ser efetuada qualquer recomendação para plantios comerciais em larga escala para o produtor.

É necessário o desenvolvimento de pesquisas que visem obter informações sobre o desempenho dos diversos clones sob diferentes condições edafoclimáticas antes de ser efetuada qualquer recomendação para plantios comerciais em larga escala para o produtor. Nesses experimentos podem ser avaliados, além da produção, os caracteres secundários, como, vigor, crescimento do caule durante a sangria, espessura de casca virgem, boa regeneração da casca, resistência às principais doenças da região, tolerância à queda pelo vento e tolerância à seca do painel (GONÇALVES, 1998).

2.4 Produtividade de borracha natural

A biossíntese de látex, e conseqüentemente, a produção de borracha, é o resultado de uma complexa cadeia de eventos biofísicos, nutricionais e metabólicos que estão relacionados com fatores diversos, como a variação das condições climáticas, a produção e o transporte de fotoassimilados, a disponibilidade de carboidratos de reserva e a demanda por outros tecidos (drenos) das árvores (CAIRO et al., 2009; MESQUITA et al., 2006a, 2006b;

MIGUEL et al., 2007). A seringueira, considerada como um sistema produtivo composto por folhas, que são responsáveis pela produção de fotoassimilados, e por outros órgãos (raízes, caule e ramos, flores e frutos) que consomem esses assimilados, pelo menos em parte de sua vida (CAIRO et al., 2009).

Killman (2001) relata que o método tradicional de sangria consiste na remoção de uma fina camada de casca da árvore, que permita um fluxo suave de látex e ainda boa regeneração da casca. O látex está contido nas células conhecidas como laticíferos, que são estruturas tubulares, que em muitas espécies formam um sistema muito complexo, podendo ser ramificados ou não (GOMEZ, 1982).

Alguns produtores adotam a circunferência do tronco mínima de 50 cm por possibilitar maior espessura da casca e menores problemas iniciais com a qualidade da sangria. Após o início da sangria, a realização desse processo deve ser sempre o mais cedo possível, ao nascer do sol, considerando o aumento da transpiração das plantas ao longo do dia, o que acarreta a redução no fluxo de látex e da produção de borracha (PEREIRA; PEREIRA, 2001).

A área de exploração tradicional da heveicultura consiste na Amazônia Tropical Úmida, Mato Grosso e Bahia. A exploração não tradicional da seringueira ocorre nos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Pernambuco, Maranhão, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Paraná, Minas Gerais e São Paulo (BICALHO, 2006).

O Brasil, na década de 1990/2000, teve sua área de cultivo reduzida de 197 mil ha em 1990 para 180 mil ha em 1997 (KILLMANN, 2001). Atualmente o Brasil contribui pouco para a produção mundial de borracha natural, apesar de apresentar áreas aptas ao plantio de seringueira. A elevação da demanda dessa matéria-prima natural ocasionou o aumento do cultivo em larga escala de seringueira. Atualmente os países da Ásia são os maiores produtores,

empregando tecnologias adequadas, como clones melhorados e tratos culturais específicos.

Em 2012, a produção de látex brasileira foi de 171.500 t., o que corresponde a 1,5% da produção mundial. O estado de São Paulo é responsável por 54,22% da produção brasileira (IRGS, 2013). O látex proveniente de seringais nativos responde apenas por 2,9% da produção nacional (ROSSMANM, 2012).

No estado de Minas Gerais, o cultivo está se expandindo no Sul de Minas, Triângulo Mineiro, Zona da Mata, Alto São Francisco e Vale do Rio Doce. O Estado de Minas Gerais destaca-se por apresentar uma grande área climaticamente favorável ao desenvolvimento da cultura e por não ser favorável para o desenvolvimento do fungo *Microcyclus ulei* (P. Henn.) von Arx. (CAMARGO; MARIN; CAMARGO, 2003). Além disso, os seringais mineiros apresentam uma produtividade média de 1.500 kg de borracha seca ha/ano. Esses valores quando comparados com as médias dos países produtores, como Tailândia, Indonésia, e Malásia, cujas produtividades médias variam entre 750 a 1.100 kg/ha.ano, colocam o estado entre as regiões mais produtivas do mundo (CAVALCANTE; CONFORTO, 2006; COSTA et al., 2008; MESQUITA et al., 2006b).

No entanto, para que a expansão e o fortalecimento do cultivo da seringueira sejam bem sucedidos, principalmente em Minas Gerais, na região sul onde predomina a cafeicultura e bovinocultura de leite, a heveicultura ainda é incipiente, sendo necessário, o aprofundamento de estudos associados a fatores que influenciam a produção de látex, bem como, outras iniciativas (MENDES et al., 2012), como, incentivos governamentais e criação de associações e cooperativas de produtores.

A extração do látex gera emprego e renda praticamente o ano todo, melhorando a qualidade de vida e proporcionando maior fixação dos indivíduos

no campo (FRANCISCO et al., 2009). Segundo Hong (1995), a madeira de seringueira apresentava baixo valor comercial, pois sua utilização era apenas como combustível. Mas, desde os meados dos anos 80, tornou-se uma das mais populares fontes para indústria madeireira e moveleira da Malásia, o que influenciou no desenvolvimento de indústria similar na Tailândia, Indonésia, Sirilanka, China, Vietnã e Camboja. Yamashita (1999) relata que muitas vezes os troncos são danificados pelo processo de sangria, e que muitos clones apresentam boas características para produção de látex, mas são de crescimento lento e a arquitetura da árvore não é boa para produção de madeira.

Além da sua importância no cenário econômico e social, o cultivo de seringueira merece destaque quanto aos aspectos ambientais inerentes à atividade. Favorecendo a melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, controle de processos erosivos, estabilização do clima, e ainda pode ser utilizada na recuperação de áreas degradadas (PEREIRA; PEREIRA, 2001).

Outro aspecto importante relacionado à produção de borracha natural é a qualidade do látex. Entretanto, há pouca informação quanto às propriedades físicas e tecnológicas da borracha. Um dos maiores desafios atuais para o aumento da produção e da qualidade da borracha natural nacional continua sendo uma maior integração entre o segmento produtivo, o beneficiador e o industrial (DALL'ANTONIA, 2009; MORENO et al., 2003, 2005, 2006).

2.5 Adubação e nutrição mineral em seringais em produção

A avaliação do estado nutricional de plantas conjuga as análises de solo e foliares permitindo de maneira eficaz, a identificação de desequilíbrios nutricionais e dos nutrientes mais limitantes à produção agrícola, além de indicar uma adequada adubação (CARMO et al., 2002). A análise de nutriente foliar feita em seringueira é um indicativo da eficiência de absorção pela planta dos

nutrientes presentes no solo, para a maximização do seu desenvolvimento e produtividade. Dessa forma, conhecendo-se os teores ideais de nutrientes no local de cultivo para um bom desenvolvimento da planta, é possível através da adubação suprir possíveis carências existentes no solo, uma vez que outros fatores, como umidade, aeração, compactação, acidez e doenças de raízes, também afetam a absorção de nutrientes pelas plantas (RAIJ, 1981).

O conhecimento do estado nutricional é um requisito para a recomendação adequada de fertilizantes, com vistas a suprir a exigência da cultura e, conseqüentemente, uma produtividade elevada de látex (MURBACH et al., 2003). A avaliação tanto de solos como de folhas tem servido de base para a discriminação de adubação, e, a diagnose foliar vem sendo bastante útil a esse manejo, uma vez que as folhas refletem melhor o estado nutricional (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

A seringueira é uma planta perene que dependendo do manejo utilizado, é considerada economicamente viável por mais de 30 anos, necessitando, portanto, de um correto programa de adubação em todas as fases do seu desenvolvimento, a fim de evitar desequilíbrios nutricionais que acarretariam sérios prejuízos na produção do látex. O levantamento do estado nutricional para recomendação de um programa de adubação em seringais é um procedimento bastante utilizado nos países produtores de borracha (BATAGLIA; CARDOSO; CARRETERO, 1988). A seringueira explora os nutrientes do solo, utilizando-os na formação de fitomassa; grande parte retorna à planta, durante o processo de senescência e também ao solo com a queda das folhas e ramos, formando a serrapilheira que, posteriormente, é decomposta (VIRGENS FILHO; MOREIRA; CASTRO, 2003). A redistribuição interna de nutrientes nos tecidos é importante na economia de nutrientes em plantas perenes, influenciando também sobre o ecossistema (LUSK et al., 2003).

No Brasil, os estados tradicionalmente produtores de borracha utilizam a análise de solo e o histórico da área como indicadores das recomendações de adubação e da situação do estado nutricional dos seringais. Entretanto, nas áreas não tradicionais, a análise de solo e o diagnóstico foliar têm sido utilizados na avaliação e acompanhamento de programa de adubação, possibilitando um significativo retorno e melhoria da qualidade das recomendações (BATAGLIA et al., 1999).

A adubação é um dos fatores de produção mais fácil de ser controlado, desde que se tenham as informações básicas fornecidas pela experimentação para permitir recomendações eficazes dos fertilizantes. No Brasil, a pesquisa em adubação de seringueira ainda é bastante escassa, e seus resultados muito variáveis nas diferentes regiões de cultivo. Na região norte, Berniz (1987) observou resposta ao fósforo sobre crescimento das plantas. No sul da Bahia, na região nordeste, Reis e Cabala-Rosand (1988) verificaram respostas semelhantes do efeito da adubação fosfatada no crescimento e produtividade da seringueira. Enquanto na região centro-oeste, Kitamura (1992) observou resposta à adubação fosfatada somente a partir do quinto ano, sem nenhum efeito dos outros nutrientes. No estado de São Paulo, na região sudeste, Falcão (1996) e Murbach (1997) demonstraram que a resposta à adubação potássica resultou em um maior crescimento e produtividade das plantas.

Para o crescimento e desenvolvimento adequado das plantas são necessários os fatores luz, água, gás carbônico e um fluxo contínuo de sais minerais. Os minerais embora requeridos em pequenas quantidades são de fundamental importância para o desempenho das principais funções metabólicas da célula (BONATO et al., 1998). O nitrogênio é um dos constituintes das proteínas e é consumido em quantidades relativamente grandes para a constituição do protoplasma celular. O potássio apresenta papel importante no carregamento do floema com produtos da fotossíntese, contribuindo com a

manutenção do potencial osmótico e na conversão de energia nos cloroplastos, à síntese isoprênica e à duração do fluxo de látex após a sangria (ESCHBACH; LACROTTE, 1989; JACOB et al., 1989). O fósforo é um componente de compostos importantes das células vegetais, incluindo açúcares fosfato, intermediários da respiração e fotossíntese, bem como, os fosfolipídeos que compõem as membranas vegetais. Também é componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (ATP), no DNA e RNA (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Bataglia et al. (1998) relatam que o crescimento do perímetro do caule foi influenciado principalmente pelo efeito dos nutrientes N e P, enquanto que na porcentagem de plantas aptas a entrar em sangria, os efeitos significativos foram relacionados aos nutrientes N e K. Foi inferido o papel do P, favorecendo o melhor crescimento das plantas, e do K no crescimento mais uniforme e possibilitando que maiores números de plantas atinjam o tamanho para o início da sangria. Com a ampliação das pesquisas do efeito da adubação sobre o desenvolvimento da seringueira, a recomendação da adubação para uma área específica contribuirá para a redução do período de imaturidade da cultura.

Avaliando a situação do estado nutricional de 40 seringais produtivos no Estado de São Paulo, Bataglia, Cardoso e Carretero (1988) estabeleceram faixas de concentrações de nutrientes, que ocorrem na maioria desses seringais com diferentes níveis de produtividade. Verificaram que aqueles que apresentavam alta produtividade, mostravam também concentrações elevadas de N e K nas folhas. Constataram maior desenvolvimento da seringueira em solos com melhor nível de fertilidade, sendo que os baixos níveis de P, nas folhas e nos solos, estariam afetando a produtividade. O que foi ratificado por Bataglia et al. (1999) e Carmo et al. (2002), analisando seringais em produção na zona da mata mineira, verificaram que a produção de borracha seca foi menor nos seringais que apresentaram baixos teores de N e K nos solos e nas folhas.

Domingues (1994), realizando um levantamento nutricional de alguns seringais de São Paulo, verificou que todos os solos sob os seringais estudados, apresentaram elevada acidez, baixos teores de nutrientes como, P, K, Ca, Mg e baixa saturação por bases, indicando pouca preocupação dos produtores quanto ao manejo adequado da cultura. Verificou ainda, que os seringais situados em solos com saturação por bases superior a 50%, apresentaram um maior incremento anual no perímetro do caule.

Em avaliações da influência do fósforo na produção de borracha e recuperação da casca em um seringal no estado da Bahia, Reis e Cabala-Rosand (1988) verificaram que não houve aumento na produção de borracha, mas ocorreu um efeito sobre a renovação da casca.

Na cultura da seringueira, um maior suprimento de N resulta em maior conteúdo de proteínas, sendo o processo ativado pelo suprimento de K, que além de atuar no processo de síntese, evita o acúmulo de compostos nitrogenados solúveis; atua também na translocação de assimilados para áreas de crescimento, favorecendo a expansão foliar e, portanto, o crescimento da planta. Convém ressaltar que um maior suprimento de nitrogênio pode também afetar a qualidade do látex. O papel do P também é relevante em reações bioquímicas do metabolismo de carboidratos, particularmente na respiração, divisão celular e desenvolvimento de tecidos meristemáticos (ALVES; VENTORIM, 1991). Assim, os nutrientes N, P, e K, mesmo que de forma diferenciada quanto às suas funções, são fundamentais para o desenvolvimento das plantas.

O magnésio é de extrema importância para a produtividade da cultura, sendo um elemento constituinte da clorofila, desempenhando um papel indispensável no processo de fotossíntese, atuando como ativador de enzimas relacionadas ao metabolismo dos carboidratos e envolvidas na síntese dos ácidos nucleicos (REIS; CHEPOTE, 2008). Em estudos realizado por Roque et al. (2004) utilizando aplicação de calcário superficialmente em seringais, o teor de

cálcio aumentou, o que foi associado à elevada produtividade de borracha seca. O íon Ca é importante no desenvolvimento da raiz, sendo um dos componentes da parede celular, além de ser indispensável à mitose no processo de divisão celular (REIS; CHEPOTE, 2008).

Ainda limitada sobre a adubação da seringueira, a literatura mostra, muitas vezes, que sua resposta à aplicação de fertilizantes é inconsistente, particularmente para alguns nutrientes como nitrogênio e potássio (MURBACH et al., 1999). Muitos autores estabeleceram faixas de concentração de nutrientes nas folhas, consideradas adequadas ao bom desenvolvimento da seringueira, superior ou inferior a qual a planta pode apresentar excesso ou deficiência de determinado nutriente.

Uma adubação inadequada faz com que ocorra um desequilíbrio nutricional das árvores, quando estas são submetidas a sistemas intensivos de exploração (PUSHPARAJAH, 1977). A adubação para seringueira é recomendada entre 4 a 6 anos de idade, período de imaturidade do seringal que pode ser abreviado em até 8 meses (BATAGLIA et al., 1998). Segundo Murbach et al. (1999), a adubação também pode ser feita no período de produção, uma vez que nessa fase existem duas fontes de drenagem dos nutrientes, uma para suprir o desenvolvimento da planta e outra para a regeneração da casca e produção do látex explorado. Segundo Silpi et al. (2006), o crescimento radial é diferentemente afetado para as diferentes regiões em torno da área de sangria, com taxas significativamente menores na região do painel de sangria do que na região sem sangria e com maior taxa de crescimento acima da zona do painel do que abaixo desta.

Segundo Bataglia et al. (1998), os melhores desempenhos de seringais foram observados quando houve aplicações de doses equilibradas dos diversos nutrientes, sugerindo que uma adubação completa supre as necessidades das plantas, considerando a melhor alternativa para um seringal adulto em produção,

resultando em maior produtividade do seringal e melhor qualidade da borracha produzida.

2.6 Características morfo-anatômicas relacionadas com a produção de látex

Os laticíferos ocorrem em todos os órgãos da seringueira, a partir da fase cotiledonar, contudo, o grande interesse econômico está voltado aos vasos localizados na casca do tronco, onde ocorre a extração do látex (FAY; JACOB, 1988; MORAES, 1980). Os laticíferos ocorrem quase que exclusivamente na região do floema secundário do tronco, ramos e raízes.

Os vasos laticíferos agrupam-se em duas categorias, articulados e não articulados. Os articulados são formados por cadeias longitudinais de células cujas membranas de separação podem permanecer intactas, perfurar-se ou desaparecer completamente (ESAÚ, 1976). A perfuração ou a reabsorção das membranas que separam células distintas da cadeia dá lugar ao aspecto tubular de certos laticíferos, sendo designado, às vezes, de vasos laticíferos, podendo ser anastomosados e não anastomosados. Os laticíferos não articulados formam-se de células individuais que, mediante contínuo crescimento, originam estruturas tubulares pequenas e muito ramificadas e que não se fundem com outras células semelhantes (MARQUES; GONÇALVES, 1990; MESQUITA, 2004).

As células que constituem o sistema laticífero possuem todos os constituintes usuais de uma célula, mas suas paredes celulares podem tornar-se perfuradas e existe alguns componentes característicos, como os lutoídeos, as partículas de Frey-wissling e as partículas de borracha (MARTINS et al., 2007). Segundo Azzini, Gonçalves e Tomaz (1998), a casca é o principal componente do tronco da seringueira, responsável pela produção de látex, transporte e armazenamento de assimilados produzidos na folha.

Além dos vasos laticíferos, acham-se na casca próximo ao câmbio, os elementos de tubos crivados, as células parenquimatosas e os raios medulares (AZZINI; GONÇALVES; TOMAZ, 1998). A organização estrutural da casca da seringueira e a variabilidade dos caracteres do sistema laticífero são fatores importantes na busca de uma maior compreensão dos mecanismos envolvidos na produção de látex nos diferentes clones, como também a influência do local de implantação da heveicultura (MESQUITA; OLIVEIRA, 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O trabalho foi conduzido em plantio comercial policlonal de seringueira (FX2261, FX3844, FX3864 e IAN873) de 29 anos, localizado no município de Nepomuceno (Figura 1), na região Sul de Minas Gerais, no período de novembro de 2011 a junho de 2013. As coordenadas geográficas de referência são 21°17'33'' S de latitude, 45°10'41'' W de longitude e 904 m de altitude. O clima do município é do tipo CWB, segundo a classificação de Köppen (mesotérmico com verões brandos e suaves e estiagem de inverno). A vegetação anterior à implantação dos seringais era de mata nativa. O plantio apresenta espaçamento de 7 m x 3 m. As plantas utilizadas no experimento foram selecionadas de acordo com o diâmetro do tronco medido na altura do peito (cerca de 1,30 m do solo), totalizando 80 plantas com diâmetro entre 55 e 80 cm. As condições ambientais durante o período experimental foram obtidas pela Estação Meteorológica da UFPA, situada a 32 km de Nepomuceno.



Figura 1 Localização do município de Nepomuceno, MG.

Fonte: Jonhhanes et al. (2007).

3.2 Unidades experimentais

O sistema de sangria adotado foi o de meia espiral ($\frac{1}{2}$ S), numa inclinação de 35°, com duas sangrias por semana, espaçadas de 3 a 4 dias (d/3 e d/4) realizadas a cerca de 1,20 m da superfície do solo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (adubado e não adubado) composto de 4 repetições, 2 tratamentos e 10 plantas por parcela totalizando 80 plantas. Os tratamentos experimentais foram compostos da seguinte forma: adubado e sem adubação. Não foi utilizado estimulante de produção durante o período experimental.

Nos tratamentos que continham adubação, esta foi calculada com base na análise de solo seguindo recomendações para cultura de seringueira (GARCIA et al., 1999), utilizando-se 800 g de super fosfato simples, 600 g de sulfato de amônio e 200 g de cloreto de potássio por planta. Sendo realizada esta adubação em novembro de 2011, disposta ao redor da planta, com exceção do fósforo, que foi incorporado ao solo em covas rasas. Em janeiro de 2012, a adubação de cobertura foi realizada, utilizando-se 300 g nitrato de amônio por planta. Após a adubação, as plantas foram regadas com aproximadamente dez litros de água por planta, com auxílio de um tanque de água acoplado a um trator.

As sangrias foram realizadas entre às 7 h e 9 h e os coágulos coletados na sangria posterior. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel kraft de 2 kg, contendo a identificação de cada planta distribuída nos tratamentos. O látex coagulado foi submetido à secagem em estufa de circulação de ar, a 70 °C, até atingir peso constante e, posteriormente, pesado.

3.2.1 Avaliação da produção de látex

Os dados de produção de borracha seca foram obtidos a partir da média de quatro sangrias mensais, das 40 plantas de cada tratamento, realizadas de abril a dezembro de 2012. Foram considerados os meses de abril, maio e junho como um período frio/seco e os meses de outubro, novembro e dezembro como um período quente/úmido. O resultado foi expresso em gramas de borracha seca por sangria por planta e em gramas de borracha seca por cm^2 da seção de painel de sangria. Usando os valores da razão do raio do tronco com o cosseno da inclinação (35°) do painel de sangria, foi obtido o comprimento da seção, que foi multiplicado pela espessura da casca, encontrando o valor em cm^2 da seção de painel de sangria, obtendo, assim, a produtividade através da razão da produção de borracha seca (g) por cm^2 da seção de painel sangria.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o pacote computacional Sistema de Análise de Variância – SISVAR (FERREIRA, 2002).

3.2.2 Diagnose da nutrição foliar

O diagnóstico do estado nutricional das plantas foi realizado por meio da análise química de folhas, realizada no Laboratório de Análise Foliar pertencente ao Departamento de Química da UFLA/MG. Foram coletadas quatro folhas completamente expandidas - estágio D conforme descrição de Hallé, Oldeman e Tomlinson (1978), à sombra, na base do terço superior da copa, nos quatro pontos ortogonais, de 4 plantas por parcela, com auxílio de um podão, formando-se a amostra composta de cada tratamento, segundo o método preconizado por Bataglia, Cardoso e Carretero (1988). A amostragem de folhas

foi realizada no verão, segundo os critérios recomendados por Chapman (1973) à aproximadamente cem dias após o reenfolhamento. A determinação dos teores de macro e micronutrientes foi realizada segundo Silva (1999).

3.2.3 Avaliações do perímetro do caule e espessura da casca

Os dados da mensuração do perímetro do caule e da espessura da casca foram obtidos a partir da média das medições realizadas de abril a dezembro de 2012.

3.2.4 Avaliações anatômicas da casca

O estudo anatômico da casca de seringueira foi realizado no mês de junho de 2013, tomando-se como base a produção de látex das plantas. A partir dessa característica foram selecionadas 4 plantas que apresentavam contrastes nos valores de borracha seca produzidos, no tratamento com adubação; selecionando plantas com maior produção e com menor produção de látex. O material analisado foi obtido através do corte da casca a uma altura aproximada de 1,50 m do solo, chegando até o xilema da planta.

O preparo das amostras em microscopia de luz e microscopia eletrônica de transmissão (MET) foi realizado no Laboratório de Microscopia Eletrônica e Análise Ultraestrutural (LME) do Departamento de Fitopatologia da UFLA.

As amostras foram imersas em uma solução de Karnovsky [(glutaraldeído (2,5%) e paraformaldeído (2,5%), em tampão cacodilato, pH 7,0 - 0,05M + CaCl₂ 0,001M)]. Os fragmentos foram lavados em água destilada e pós-fixados em tetróxido de ósmio 1% em tampão cacodilato 0,05 mol L⁻¹ por 1-2 horas à temperatura ambiente. O tecido fixado foi lavado duas vezes durante 15 minutos em água destilada. O tecido da planta foi corado com uma solução

aquosa de acetato de uranilo a 0,5% durante a noite, a 4 °C e, subsequentemente, desidratadas durante 10 minutos em cada série de soluções de acetona (30, 50, 70, 90 e 100%). O tecido foi gradualmente desidratado, infiltrado com epoxi (Spurr) de baixa viscosidade (resina a 30% durante 8 h, a resina de 70% para 12 h e duas vezes em resina pura durante 24 h). A amostra foi transferida para moldes de silicone, contendo resina Spurr pura e fresca para a incorporação. A polimerização da resina foi realizada a 70 °C durante 24 horas.

Os blocos foram cortados em seções de espessura (0,85 µm) no micrótomo Leica ultratrim EM-Specimen Trimmer em seguida, foram cortados em ultramicrótomo Reichert-Jung (Ultracut E) equipado com uma faca de diamante. As amostras foram coletadas em anel de ouro, colocado em lâminas de microscopia, corados com Azul de Toluidina filtrada em um Millipore (0,2 µm) e permanentemente montado em um Permount Mídia montagem. As fotomicrografias foram obtidas utilizando um fotomicroscópio (Nikon E200) com oculares de 10x e objetiva de 40x.

Secções finas (< 100 nm) foram realizadas utilizando o ultramicrótomo, equipado com uma faca de diamante, recolhidas em grades de entalhe de ouro, e deixou-se secar sobre suportes de alumínio revestidas de Formvar (ROWLEY; MORAN, 1975). Os cortes foram pós-corados com acetato de uranilo, seguido por citrato de chumbo (3 min cada) e examinadas num microscópio eletrônico de transmissão (Zeiss EM 902A) utilizando aumento de 7.000 e 12.000 vezes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito da adubação e das variáveis climáticas na produção de látex

Para verificar o efeito da adubação na produtividade de um seringal adulto e em produção nos períodos quente/úmido e frio/seco do ano de 2012, foram realizadas análises estatísticas, observando efeitos na produção de látex ao longo do período experimental. Muitos estudos demonstram que a aplicação de fertilizantes favorece a produção de látex, embora a literatura específica sobre adubação em seringais ainda seja limitada e, até mesmo, contraditória quanto ao efeito da aplicação dos fertilizantes.

Neste estudo, foi observado que a adubação apresentou efeito positivo em relação à produção de látex, tanto no período frio/seco quanto no período quente/úmido. O período quente/úmido apresentou maior produção de borracha seca nos tratamentos avaliados (Figura 2A). Murbach et al. (1999) avaliando efeito da adubação na produção de borracha seca em seringais no estado de São Paulo, observaram que a adubação potássica favoreceu a produção de borracha, enquanto a adubação nitrogenada promoveu efeito negativo e a adubação fosfatada não demonstrou efeito. Os nutrientes minerais desempenham um papel importante no desenvolvimento do vegetal, sendo fundamentais para a manutenção da seringueira e para a regeneração da casca dos painéis.

Virgens Filho, Moreira e Castro (2001) avaliando o efeito de diferentes doses de N, P e K associados ao uso de calagem, observaram maior produção de borracha seca. Enquanto que nos estudos sobre a adubação nitrogenada, potássica e fosfatada e influência da calagem sobre a produção de um seringal, no estado da Bahia, não foi observado por Reis, Souza e Mello (1984) efeitos significativos dessa adubação sobre a produtividade.

Em seringal adulto na Malásia, Pushparajah (1969) obteve resposta positiva à aplicação de K, sobretudo quando fez uso de estimulante da produção, observando incrementos elevados na produção de borracha seca. Aumentos na produção devido à aplicação de P foram também observados por Owen, Westgarth e Iyer (1957) nos casos em que o nível desse nutriente no solo era insuficiente para manter o crescimento da planta. Quanto ao efeito do potássio, como reportado por Compagnon (1986) e Pushparajah (1969), a ausência desse elemento pode limitar a espessura da casca e o número de vasos laticíferos.

Murbach (1997), numa avaliação do efeito da adubação NPK na produtividade do clone PB 235, verificou respostas ao potássio atingindo um máximo de produtividade na dose de 155 kg/ha de K_2O . Observando ainda, que a aplicação de doses crescentes de cloreto de potássio elevou os teores de K no solo como nas folhas a níveis acima do necessário para o máximo de produtividade. O que caracteriza a zona de consumo de luxo, na qual há uma grande variação no teor foliar e pequena variação no crescimento ou produção. Esse fato é observado em solos não deficientes do nutriente que recebem doses do elemento, mas sem resposta em crescimento. A planta absorve o nutriente aplicado, armazena no vacúolo, aumentando sua concentração (teor) nos tecidos da planta (FAQUIN, 2002).

Souza (2010) em estudo realizado de maio de 2009 a maio de 2010 no mesmo plantio comercial utilizado neste trabalho, não observou efeito da adubação na produção de borracha seca, atribuindo que não tenha sido significativo, devido ao curto período de exposição das plantas à adubação e a escassez de água durante e após o período da realização da adubação. A adubação realizada por Souza (2010) foi composta por 1 kg de super simples, 440 g de supertríplo, 200 g de KCl, 10 g de sulfato de zinco, 5 g de ácido bórico, 375 g de nitrato de amônio, 273 g de ureia e 600 g de sulfato de amônia, por

planta, sendo realizada em julho de 2009. Enquanto a adubação realizada neste estudo foi composta pelos macronutrientes N, P e K.

Foi calculada a produção de borracha seca por cm^2 de seção de painel de sangria, buscando eliminar efeitos das variáveis, espessura da casca e perímetro do caule de cada indivíduo. Apresentando diferença estatística entre os tratamentos analisados em cada período avaliado, confirma-se os dados de produção expressos por g/sangria/planta (Figura 2B).

Costa et al. (2010) avaliando parâmetros e valores genéticos para caracteres de crescimento e produção de látex em progênies de seringueira no estado de Mato Grosso do Sul, utilizaram a produtividade (g/cm^2) e verificaram ser promissora a utilização desse caráter. Os mesmos autores recomendam a inclusão do caráter produtividade, considerando eficiente a sua utilização, subsidiando o programa de melhoramento genético da espécie.

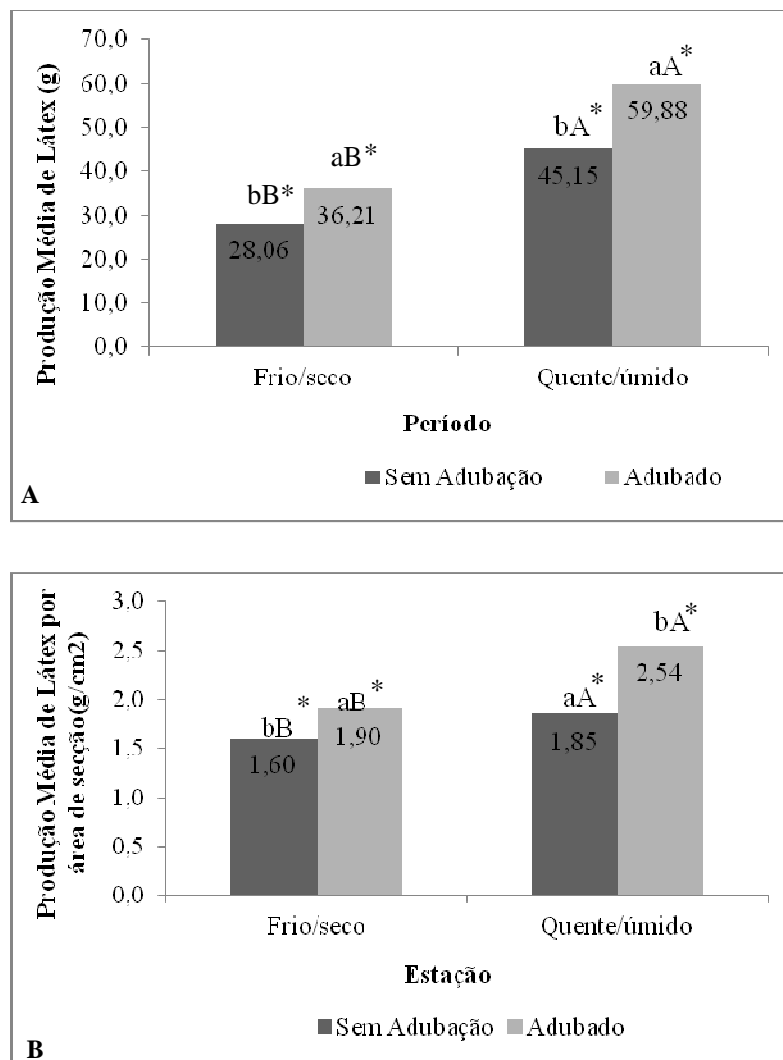


Figura 2 Produção média em gramas de borracha seca por sangria por planta, nos períodos e nos tratamentos (A). Produção média de borracha seca por cm² de seção de painel de sangria nos períodos e nos tratamentos (B)

Nota: As letras minúsculas comparam os tratamentos adubado e não adubado dentro de cada período. As letras maiúsculas comparam os períodos frio/seco e quente/úmido dentro de cada tratamento. *Teste de Tukey, com 5% de significância.

O adequado suprimento de N, P e K contribui para obtenção de uma boa produtividade e manutenção do desenvolvimento normal da planta e ainda para a regeneração da casca dos painéis explorados. A seringueira extrai do solo grande quantidade de elementos minerais que são utilizados e armazenados em toda a planta durante o seu desenvolvimento. A capacidade de adaptação da seringueira a solos com teor de nutrientes baixo tem sugerido que ela pode ser considerada pouco exigente em níveis nutricionais. Entretanto, são encontrados altos teores de nutrientes no caule e nas folhas, além das quantidades requeridas para a regeneração da casca (SHORROCKS, 1964).

O solo do seringal em estudo apresenta níveis adequados de cálcio e magnésio (ALVAREZ et al., 1999). O cálcio sendo constituinte dos pectatos que formam a lamela média na parede celular é, portanto, importante nos sítios onde há atividade meristemática (TAIZ; ZEIGER, 2009). Segundo Marschner (1995), o magnésio atua como cofator de enzimas fosforilativas. Além dos nutrientes NPK, a seringueira é bem exigente com relação ao cálcio, e o magnésio apresenta grande relevância para a produtividade. Inclusive, existem indicações do uso de calcário dolomítico para a seringueira apenas como fonte de Ca e Mg (SHORROCKS, 1979). A utilização de clones de alta produtividade vem aumentando as exigências das bases trocáveis disponíveis no solo, notadamente cálcio e magnésio (REIS; CHEPOTE, 2008).

Os níveis de potássio e fósforo do solo do local do experimento são considerados baixo e muito baixo, respectivamente, e o índice de saturação de bases, médio (ALVARES et al., 1999). Fatores edáficos exigem cuidados nas áreas de adubação e nutrição da cultura, de forma a não limitar o crescimento e a produção da seringueira (MURBACH et al., 1999).

A média do índice de saturação por bases do seringal em estudo é 55%. Domingues (1994) verificou que em 20 seringais localizados em regiões do Planalto do Estado de São Paulo apresentaram acidez elevada, baixos teores de

P, K, Ca e Mg e baixa saturação por bases. Constatou que os seringais situados em solos com saturação por bases superior a 50% apresentaram um maior incremento anual no perímetro do tronco. Bataglia, Cardoso e Carretero (1988) notaram, em seringais paulistas, que as glebas com baixa produtividade ($< 1,0 \text{ t ha}^{-1}$) estavam associadas a solos com acidez mais elevada ($V = 27\%$). A produtividade máxima de borracha está associada à saturação por bases de 57% (ROQUE et al., 2004).

Virgens Filho, Moreira e Castro (2001) avaliaram seringais do clone RRIM 600, no estado de São Paulo, submetidos à aplicação de calcário superficial, em um latossolo amarelo álico, textura média ($V = 14\%$), objetivando elevar V a 50%. Obtiveram maior produtividade de borracha seca apenas quando a calagem foi seguida de adubação, comparada à área apenas com adubação e sem calagem.

É observada uma variabilidade de características fenotípicas entre as plantas deste estudo, como a arquitetura da copa, tamanho das folhas, inclusive a cor do látex. No plantio, foram utilizados os clones FX2261, FX3844, FX3864 e IAN873 (dados obtidos da nota fiscal de aquisição das mudas). Observa-se que ocorreu uma variação na resposta dos indivíduos aos tratamentos nos períodos avaliados (Figura 3). A variação ocorre tanto no período quente/úmido quanto no período frio/seco. É possível que na época do plantio, os clones tenham sido misturados, devido a não separação prévia dessas plantas. As fontes fornecedoras de material genético também são diferentes, o que pode gerar dúvidas quanto a real identidade dos clones. Gonçalves (1998) considera que o material a ser plantado, normalmente, influencia a produtividade de um seringal. É importante considerar que a qualidade das mudas e sua procedência interferem no bom desempenho do seringal, o que pode justificar a variabilidade no comportamento produtivo observada neste seringal.

Em relação ao desempenho dos clones da série FX e IAN, existem poucos dados que permitam recomendá-los para o plantio no Estado de Minas Gerais. A maioria das informações sobre eles foram obtidas na região de origem (GONÇALVES; CARDOSO; BORTOLETTO, 1988; GONÇALVES et al., 1982; PAIVA; GONÇALVES; VALOIS, 1983), no Sul da Bahia e no litoral do Estado de São Paulo (GONÇALVES et al., 1991). Cultivares tidos como produtivas em algumas regiões do Brasil podem comportar-se diferentemente em outras áreas da mesma região, principalmente aquelas sujeitas a diferentes características edafoclimáticas. Os elementos agroclimáticos tais como déficit hídrico, temperatura e pluviosidade afetam vários componentes do crescimento e produção o que contribui com uma grande soma de variabilidades no comportamento dos cultivares (ORTOLANI et al., 1996; PUSHPARAJAH, 1980).

A confirmação da identidade genética dos indivíduos desse plantio é considerada importante para esclarecer as diferenças nas características fenotípicas e na produção de borracha seca observadas entre as plantas. Para obter confiabilidade e conferir maior segurança na utilização desses materiais genéticos é importante a realização de estudos comparativos com materiais de procedência conhecida.

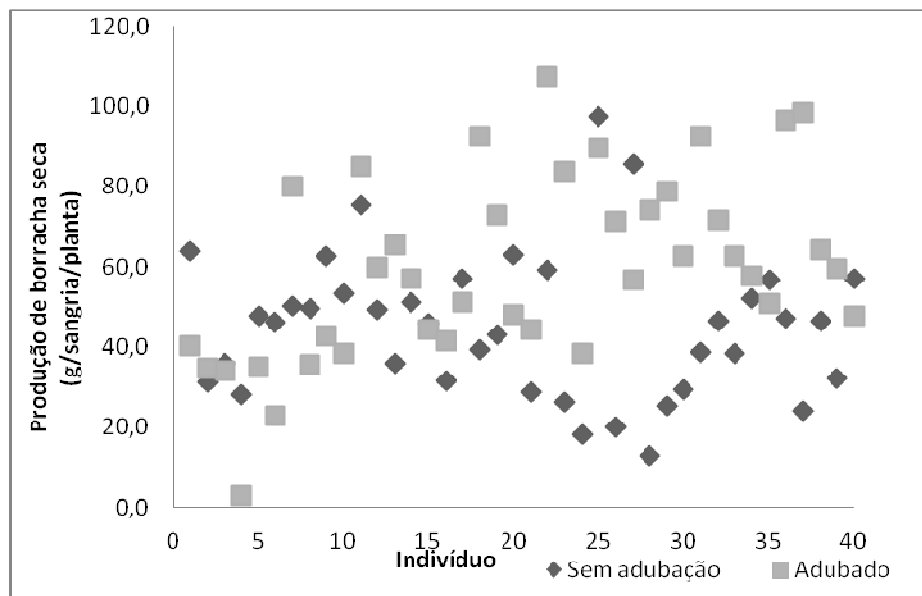


Figura 3 Produção média de borracha seca no período quente/úmido nos tratamentos adubado e não adubado

Nota: Média de 4 sangrias mensais das 40 plantas de cada tratamento.

A produção tanto no tratamento com adubação quanto no tratamento sem adubação do período quente/úmido apresentou valores maiores em relação ao período seco/frio, o que ressalta também a influência das estações climáticas sobre a produção de látex pela seringueira (Figura 4).

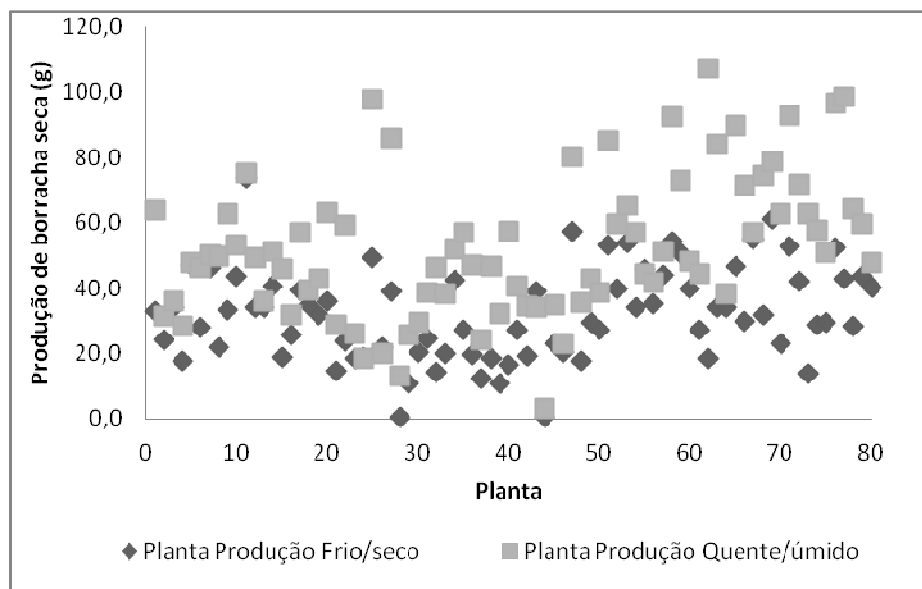


Figura 4 Produção média de borracha seca nos períodos e nos tratamentos por área de seção de painel de sangria

Nota: Média de 4 sangrias mensais das 40 plantas de cada tratamento.

Períodos frios e secos que caracterizam os de menor produção de látex, provavelmente, provocam uma queda na atividade da rubisco, afetando assim a fotossíntese e a biossíntese de sacarose e, conseqüentemente, a biossíntese de látex (CAIRO, 2007; CAIRO et al., 2009). A capacidade de regeneração da ribulose 1,5 bifosfato (RuBP) é prejudicada em temperaturas mais baixas (HENDRICKSON; CHOW; FURBANK, 2004), sendo possível que a variabilidade fotossintética influenciada pela variação da temperatura, luz e disponibilidade de água, tenha refletido sobre a produtividade (SÁ, 1991).

O estresse causado por períodos frios e secos pode induzir mudanças bioquímicas ocasionando menor estabilidade dos lutoides (DEVAKUMAR et al., 1988), o que pode gerar maior obstrução do fluxo de látex obtendo-se menores produções nos meses frios.

Nos períodos frios, a baixa atividade invertásica na casca da seringueira contribui com a obstrução dos vasos laticíferos e também para uma menor produtividade (TUPY, 1973). Foi observado por Lima et al. (2002) e Yeang (1984) queda na atividade da invertase (invertase, segundo o VOLP) nos meses com temperaturas menores.

Em temperaturas baixas, a biossíntese de sacarose torna-se menos intensa (LABATE; ADCOCK; LEEGOOD, 1990). A atividade das enzimas sacarolíticas afeta diretamente a produção de látex. A partir da hidrólise de sacarose, as hexoses produzidas atuam como moléculas precursoras da síntese de isoprenoides, sendo a borracha a principal substância de caráter isoprenoide do látex. A atividade dessas enzimas é regulada por fatores ambientais como temperatura e quantidade de água disponível, tendo no inverno sua atividade reduzida, afetando assim a produtividade (CAIRO et al., 2009).

Entre abril e maio ocorreu baixa precipitação pluvial (Figura 5B), associada à baixa temperatura, sendo esse comportamento característico da região nesse período, ocasionando condições desfavoráveis para a produção de látex. Nos resultados obtidos por Cairo (2007) e Cairo et al. (2009), sugere-se que a produção de látex é mais influenciada pelas baixas temperaturas do que pelo armazenamento de água no solo.

Neste trabalho, foi observado maior produção de borracha seca no período quente/úmido (Figura 2A e 2B), semelhante ao encontrado por Lima et al. (2002) e Oliveira (1999). Para o número de horas de insolação, o mês de outubro apresentou o maior valor contrastando com o mês de junho com valor menor. No período estudado, a insolação variou entre seis e oito horas (Figura 5D). A maior produção de borracha durante períodos mais quentes foi atribuída por Sá (1991) à atividade fotossintética ser mais intensa nessa época, favorecida pela maior disponibilidade de energia solar, de água e pela maior quantidade de folhas no dossel.

As condições de temperatura, no período de maior produção observado neste estudo, estão dentro da faixa considerada como ideal para a produção de látex que é entre 18 °C e 24 °C para o fluxo de látex (YEANG, 1990) e entre 27 °C e 33 °C para taxa fotossintética máxima (RAO; JAYARATHNAM; SETHURAJ, 1993). Nos meses de outubro e dezembro, foram observadas as maiores temperaturas e nos meses de maio e junho as menores temperaturas (Figura 5A), o que pode ter contribuído para o aumento da produção no período quente/úmido. Avaliando a influência das condições ambientais na produção de látex nos meses de agosto e dezembro, Lima et al. (2002) relatam que as temperaturas mais elevadas e a maior precipitação contribuíram com a produção de açúcares redutores nos tecidos laticíferos e consequente produção de sacarose.

Em relação à umidade relativa do ar, observa-se uma variação entre 56 e 79% (Figura 5C). Os maiores índices (média mensal) foram registrados em junho e o menor em outubro, sendo considerado um período atípico para a região, onde o inverno é marcado por baixas temperaturas e reduzido índice pluviométrico. A umidade relativa do ar e a precipitação dos meses outubro, novembro e dezembro foram maiores em relação à média dos meses de abril, maio e junho. Lima et al. (2002), avaliando clones RRIM 600, constataram que a maior produção de borracha ocorre nos períodos de maior precipitação e temperaturas médias mais elevadas, ressaltando que a umidade relativa do ar e a disponibilidade de água no solo contribuem para melhorar as condições hídricas das plantas e ainda aumentam o potencial de turgescência das células do tecido laticífero, permitindo maior fluxo de látex e contribuindo para o aumento da produção nos meses de verão.

Para promover a recuperação e a manutenção da produção da seringueira, recomenda-se uma interrupção no processo de extração de látex, por no mínimo trinta dias, geralmente, acontecendo nos meses mais frios do ano,

quando a produção é menor e normalmente ocorre a queda das folhas. A seringueira apresenta crescimento intermitente, com crescimento intenso uma vez ao ano com o surgimento de novos lançamentos após a queda natural das folhas, que afeta diretamente a fotossíntese e a produção de fotoassimilados (RAO; JAYARATHNAM; SETHURAJ, 1993). Durante o período de reenfolhamento e maturidade dos novos folíolos, grande parcela dos fotoassimilados estará sendo direcionada para a renovação da folhagem, da floração e da frutificação e, conseqüentemente, uma pequena parcela é disponibilizada para a síntese de látex (MESQUITA et al., 2006b). A paralização do processo de sangria na região do presente estudo é realizada na época de reenfolhar, o que coincide com os meses mais frios.

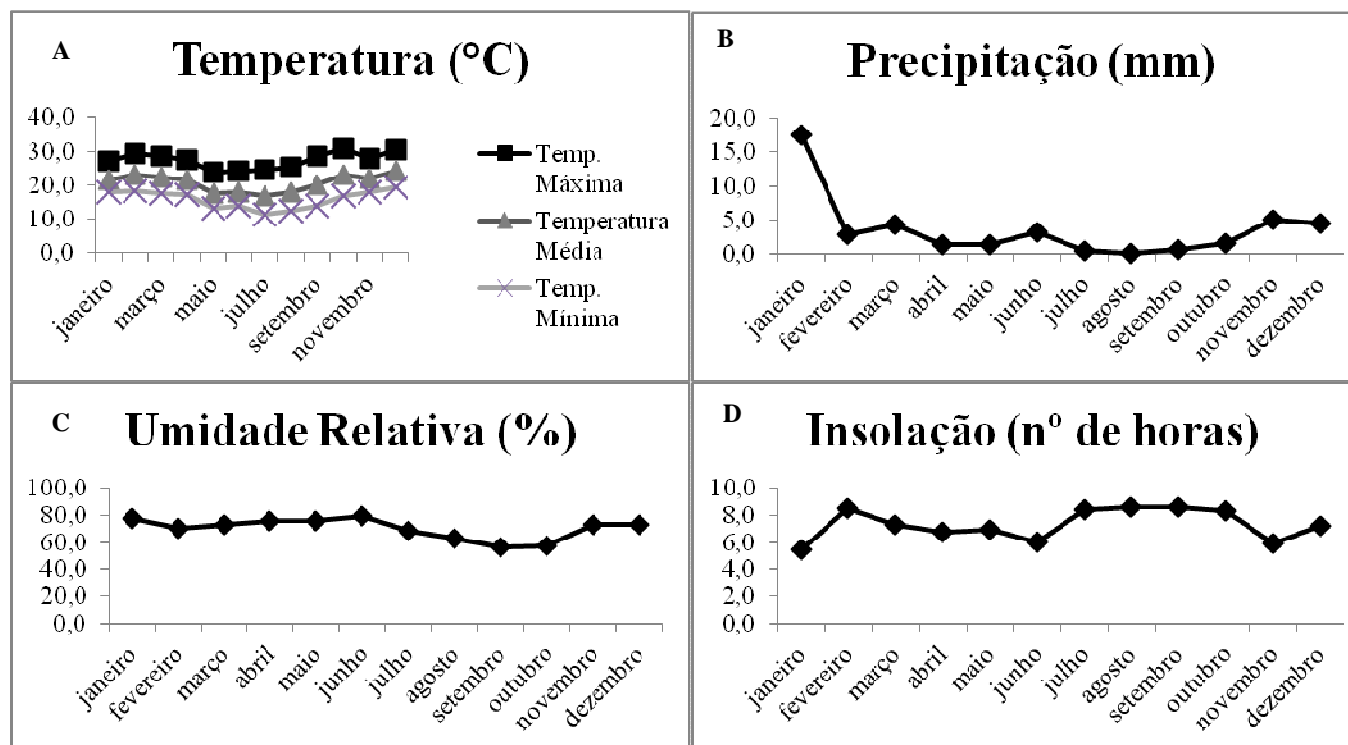


Figura 5 Temperaturas máxima, média e mínima do ar (A), precipitação total mensal (B), médias mensais de umidade relativa do ar, (C), insolação global total mensal (D) de 2012

Fonte: Estação climatológica de Lavras – UFLA.

4.2 Teores de nutrientes nas folhas maduras de seringueira

Neste trabalho, não foi observado diferença significativa no teor de macro e micronutrientes foliares nos tratamentos analisados (Figura 6 e 7). Com relação à produção de borracha, Mainstone (1963), estudando a nutrição da seringueira, observou rápida resposta no nível de nutrientes nas folhas.

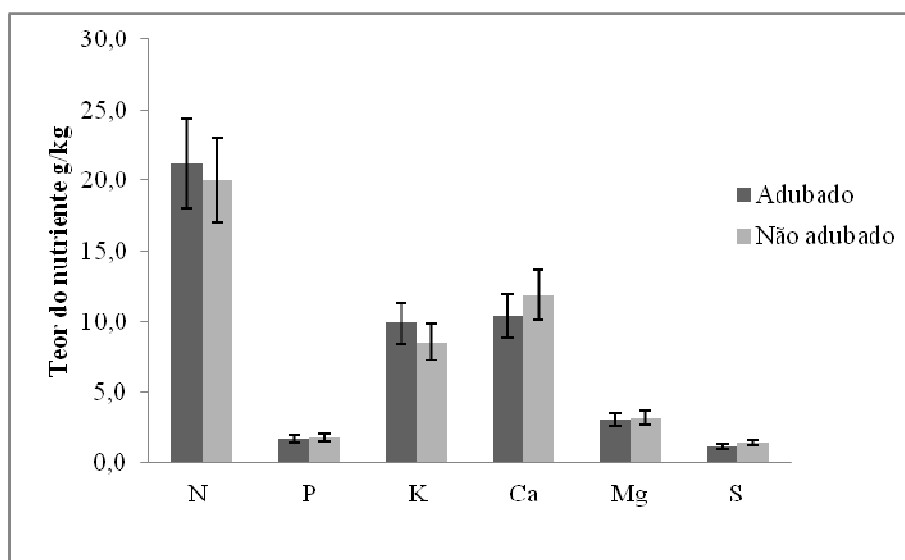


Figura 6 Teores dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em folhas maduras de seringueira

Nota: As barras indicam o erro padrão da média de quatro repetições.

A ordem relativa de macronutrientes encontrados nas folhas maduras de seringueira observados neste trabalho foi: $N > Ca > K > Mg > P > S$. Semelhante ao resultado encontrado por Shorrocks (1979) que relata a seguinte ordem $N > K > Ca > Mg > P > S$. Os maiores conteúdos de macronutrientes encontrados por Viégas et al. (1992) foram N, K, Ca, P, S e Mg. Enquanto

Rodrigues et al. (2000) e Silva, Santos e Paiva (1998) encontraram $K > N > Ca > P > S > Mg$. É compreensível as diferenças encontradas neste trabalho e por outros autores, pois a ordem dos nutrientes pode variar em função do clone, da fase fenológica que se encontra a planta, das condições edafoclimáticas e das práticas de manejo adotadas.

O nitrogênio foi o macronutriente mais abundante nos tratamentos realizados neste trabalho. Dentre os minerais essenciais, o nitrogênio é o que se encontra em maiores quantidades nos vegetais, sendo de fundamental importância na produção de biomassa. Esse elemento participa da composição química de diversas substâncias essenciais ao metabolismo da planta, como clorofilas, proteínas, enzimas, fitormônios, poliaminas e moléculas do metabolismo secundário, como os alcaloides (PALLARDY, 2008). Quando absorvido pelas plantas, o nitrato pode ser reduzido a amônio por meio da ação sequencial das enzimas redutase do nitrato e redutase do nitrito. Em plantas jovens de seringueira, a redutase do nitrato é ativa apenas no sistema radicular (DELÚ FILHO et al., 1998; SHAN et al., 2012). Quando as raízes recebem pequenas quantidades de nitrato, este é reduzido, principalmente nestes órgãos. À medida que o suprimento de nitrato aumenta, uma proporção maior de nitrato absorvido é translocada para a parte aérea, onde é assimilado (MARSCHNER, 1995). Em seringueira, esse processo não ocorre desta forma, visto que, a redutase do nitrato não está ativa na folha, somente no sistema radicular.

O maior teor de Ca^{2+} observado neste estudo, provavelmente, seja devido à maior exigência da cultura a esse nutriente. O cálcio é considerado um dos nutrientes mais exigidos pela seringueira, sobretudo na fase adulta, sendo associado à produtividade de borracha seca (CARVALHO; CARVALHO; ASSIS, 2000). Um dos componentes característicos do látex, os lutoídeos, contêm em seu interior um líquido denominado soro B, que é constituído de proteínas de alto ponto isoelétrico, enriquecidas de Ca^{2+} e Mg^{2+} capazes de provocar a

floculação das partículas de borracha, as quais se liberadas são importantes na estabilidade coloidal do fluxo do látex (LIMA et al., 2002). A estabilidade dos lutoídes permite um fluxo de látex por maior tempo, conseqüentemente, maior produção.

O K^+ compete com vários cátions pelos sítios de absorção na membrana plasmática, principalmente NH_4^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} (ERNANI; ALMEIDA; SANTOS, 2007). O menor teor de potássio pelas plantas em estudo se deve à pequena concentração desse íon na solução do solo do seringal e, conseqüentemente, à maior absorção de cátions que competem pelo mesmo sítio de absorção.

Os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} encontravam-se altos na época da análise, mesmo sob condições de acidez do solo, apresentando assim uma alta capacidade de absorção desses nutrientes. Segundo Garcia et al. (1999), a faixa considerada adequada para cálcio em seringueira está entre 4-10 e para o magnésio 2,4-4 (g/kg). Bataglia, Cardoso e Carretero (1988) observaram que a disponibilidade de Ca e Mg às plantas não foi afetada pela acidez do solo.

A concentração de P na solução do solo geralmente é baixa, porque ele é rapidamente adsorvido nas superfícies dos colóides do solo ou são precipitados como fosfatos de cálcio, magnésio, ferro e alumínio. A absorção de P pelas plantas é proporcional à densidade das raízes, assim, o incremento da área superficial da massa radicular aumenta a habilidade da planta em acessar e absorver o fósforo do solo (GRANT et al., 2001).

Entre os macronutrientes, o enxofre nas condições que este trabalho foi realizado, é o elemento que apresenta menor teor foliar. O enxofre é absorvido pelas plantas na forma SO_4^{2-} que é altamente sujeita a perdas por lixiviação. Os solos mais argilosos, com teores de óxidos de ferro altos apresentam grande capacidade de adsorção de SO_4 , o que diminui a sua movimentação no perfil do solo. O enxofre na solução do solo (SO_4^{2-}) também pode ser adsorvido aos colóides inorgânicos. O solo do seringal em estudo apresenta textura argilosa.

Os teores de enxofre nas plantas são significativamente afetados por variações sazonais, estágios de desenvolvimento e interações com outros elementos (KLIEMANN; MALAVOLTA, 1994).

Observa-se na Figura 7 que o teor de micronutrientes encontrados nas folhas maduras de seringueira nos tratamentos analisados não apresentou diferença estatística.

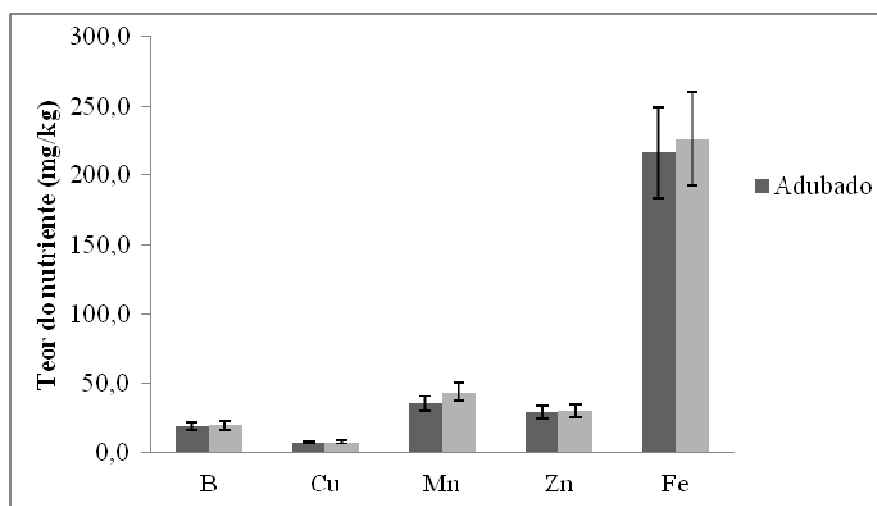


Figura 7 Teores de micronutrientes boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn) e ferro (Fe) em folhas maduras de seringueira

Nota: As barras indicam o erro padrão da média de quatro repetições.

Os maiores conteúdos de micronutrientes encontrados neste estudo em folhas maduras de seringueira foram ferro, manganês, zinco, boro e cobre. A semelhança dos macronutrientes, a ordem dos teores dos micronutrientes, pode variar em função do clone, da fase fenológica das plantas, das condições edafoclimáticas e das práticas de manejo adotadas no seringal.

Nas condições do presente estudo, o ferro foi o micronutriente mais absorvido, seguido do manganês. Segundo Shorrocks (1964), o ferro e o

manganês são micronutrientes mais absorvidos pela seringueira. O ferro apresenta um papel importante como componente de enzimas envolvidas na transferência de elétrons, e o manganês atua ativando várias enzimas nas células vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Entre os micronutrientes, o cobre apresentou o menor teor. O que corrobora com os dados encontrados por Shorrocks (1964), que constatou que o cobre é o nutriente menos absorvido pela seringueira. A maior presença de íons metálicos, como Fe, Mn e Al, reduz a disponibilidade de cobre para as plantas, independente do tipo de solo (ABREU; LOPES; SANTOS, 2007). Como o ferro, o cobre está associado a enzimas envolvidas em reações redox, como a plastocianina, sendo reversivelmente oxidado de Cu^+ a Cu^{2+} .

A faixa de teores de macronutrientes estabelecidos por alguns autores como adequados para folhas maduras em seringueira e os teores foliares encontrados nos tratamentos realizados neste estudo estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 Valores de referência dos teores de macronutrientes foliares em seringueira adulta e teores de nutrientes foliares encontrados neste estudo

Nutrientes Minerais (g Kg⁻¹)	Cantarutti et al. (2007)	Garcia et al. (1999)	Malavolta, Vitti e Oliveira (1997)	Raj et al. (1997)	Adubado	Não adubado
Nitrogênio	26-35	30-35	26-35	29-35	20	21,2
Fósforo	1,6-2,3	2,0-2,5	1,6-2,3	1,6-2,5	1,8	1,75
Potássio	10-14	12-15	10-14	10-17	8,5	9,8
Cálcio	10-14	12-15	7,6-8,2	10-17	11,8	10,4
Magnésio	1,7-2,5	2,4-4,0	1,7-2,4	1,7-2,5	3,1	3,0
Enxofre	1,8-2,6	1,4-2,6	1,8-2,6	1,8-2,6	1,4	1,1

Os teores foliares de N, de K, de S encontrados neste trabalho estão apresentados na Tabela 1 e encontram-se abaixo da faixa considerada adequada por Cantarutti et al. (2007), Garcia et al. (1999), Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e Raij et al. (1997). As fontes primárias de nutrientes nos tecidos foliares são oriundas da oferta do solo e da retranslocação de tecidos senescentes (PIATEK; ALLEN, 2000).

As principais formas de nitrogênio no solo são as formas orgânicas, e apenas uma pequena parte do N total encontra-se nas formas minerais de amônio (NH_4^+) e de nitrato (NO_3^-), que são as formas de absorção de N pela planta. Na maioria das espécies a forma preferencial de absorção de nitrogênio é o nitrato. No solo, os teores de N inorgânico são altamente dinâmicos, sendo alterados constantemente, em razão dos processos de mineralização, por meio da amonificação e aminação da matéria orgânica e da mobilização, pelos microorganismos (VALÉRIO, 2002), o que nem sempre ocasiona eficiência no aproveitamento do nitrogênio pela planta.

O baixo teor de K encontrado nas folhas do seringal em estudo está relacionado com as características químicas do solo em que o seringal está implantado, com a capacidade de troca catiônica média e com a acidez do solo, o que favorece a lixiviação do K, reduzindo a disponibilidade do mesmo na solução do solo próximo à zona radicular (SANTOS; FAGERIA; ZIMMERMANN, 2002).

O teor de fósforo de acordo com Cantarutti et al. (2007), Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e Raij et al. (1997) encontra-se dentro da faixa considerada adequada. No entanto, para Garcia et al. (1999) o teor encontrado de P está abaixo do considerado adequado. Nos tecidos da maioria das plantas superiores, a maior parte do fósforo se encontra na forma inorgânica. As concentrações de P inorgânico armazenadas tendem a variar amplamente dependendo da disponibilidade externa, enquanto as concentrações de fósforo

orgânico ativo metabolicamente tendem a ser mais estáveis (GRANT et al., 2001).

O teor de cálcio encontrado se enquadra dentro da faixa considerada adequada por Cantarutti et al. (2007) e Raij et al. (1997), com níveis acima do que consideram Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e abaixo do que é considerado por Garcia et al. (1999). Além do efeito do Ca no crescimento radicular (RITCHEY; SILVA; COSTA, 1982), esse nutriente é o segundo mais absorvido por essa espécie (ALVES, 1987). Roque et al. (2004) avaliando o estado nutricional e a produtividade de seringueiras em solos com aplicação de calcário associou a produtividade máxima de borracha ao teor foliar de Ca de 8,0 g kg⁻¹.

O teor de Mg²⁺ observado neste trabalho é considerado adequado por Garcia et al. (1999) e encontra-se acima dos níveis considerados por Cantarutti et al. (2007), Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e Raij et al. (1997). O magnésio apresenta papel fundamental no metabolismo da planta, além de participar da constituição da molécula de clorofila, é o nutriente que mais atua na ativação enzimática, sendo cofator de quase todas as enzimas fosforilativas, as quais são essenciais aos processos de respiração, fotossíntese e síntese de DNA e RNA (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). A transferência de energia é fundamental nos processos de fotossíntese, reações de síntese de compostos orgânicos e absorção iônica (MARSCHNER, 1995). No estágio D de desenvolvimento foliar, ocorre a maior atividade fotossintética líquida, eficiência fotoquímica do fotossistema II, eficiência de carboxilação, condutância estomática e transpiração (MIGUEL et al., 2007).

A faixa de teores de micronutrientes estabelecidos por alguns autores como adequados para folhas maduras em seringueira e os teores foliares encontrados nos tratamentos realizados neste estudo estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 Valores de referência dos teores de micronutrientes foliares em seringueira adulta e os teores de nutrientes encontrados neste estudo

Nutrientes Minerais (mg Kg⁻¹)	Cantarutti et al. (2007)	Garcia et al. (1999)	Malavolta, Vitti e Oliveira (1997)	Raij et al. (1997)	Aduado	Não adubado
Boro	20-70	20-70	20-70	20-70	20,1	19,1
Cobre	10-15	10-30	10-15	10-15	7,9	7,6
Ferro	70-90	66-200	70-90	50-120	226,2	216,5
Manganês	15-40	40-200	15-40	40-150	43,8	35,4
Zinco	20-30	25-50	20-30	20-40	29,9	29,0

Os teores de B e de Cu encontrados neste trabalho estão abaixo da faixa considerada adequada por Cantarutti et al. (2007), Garcia et al. (1999), Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e Raij et al. (1997). Embora, o papel específico do boro no metabolismo vegetal não seja claro, evidências sugerem que ele desempenha funções no alongamento celular, síntese de ácidos nucleicos, respostas hormonais e funcionamento de membranas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O teor do íon Mn encontrado nas folhas é considerado adequado por Cantarutti et al. (2007) e Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e abaixo da faixa considerada por Garcia et al. (1999) e Raij et al. (1997). Sob condições de solo ácido a disponibilidade de Mn é aumentada, devido à maior disponibilidade dos compostos que o contêm, favorecendo assim sua absorção (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Para os autores Cantarutti et al. (2007), Garcia et al. (1999), Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e Raij et al. (1997), o teor encontrado de Zn é considerado adequado. Muitas enzimas requerem Zn²⁺ para suas atividades e esse elemento pode ser exigido para a biossíntese de clorofila em algumas espécies (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O teor de ferro encontrado está acima dos níveis considerados adequados pelos autores citados. O ferro apresenta um importante papel como componente de moléculas envolvidas na transferência de elétrons, como os citocromos.

4.3 A espessura da casca e o perímetro do caule na produção de látex

Em estudos com estimativas de parâmetros genéticos e ganhos esperados com a seleção de caracteres juvenis em progênies de seringueira, realizado por Moreti et al. (1994), os parâmetros produção de borracha, espessura de casca e perímetro do caule se destacaram positivamente. Neste estudo a espessura da casca foi relacionada com a produção de borracha seca, apresentando produção crescente em relação ao aumento da espessura da casca (Figura 8A). O que também foi observado por Mesquita e Oliveira (2010) que obteve correlação entre produção de borracha seca e espessura da casca em clones de seringueira.

Foi observado neste trabalho, o aumento do perímetro do caule correlacionado com o aumento da produção de borracha seca (Figura 8B). Mesquita e Oliveira (2010) avaliando caracteres anatômicos e produção de látex, observaram correlação entre perímetro do caule e produção em seringueira com quatro, seis e oito anos. Investigações realizadas com seringueira no município de Dois Irmãos do Buriti - MS, revelaram que as progênies C197 x PB49 e C228 x PB5/63 apresentaram os melhores desempenhos para o caráter produção de borracha seca de forma semelhante aos valores encontrados para as variáveis, altura da planta e perímetro do caule (COSTA et al., 2010).

Arantes et al. (2010) estudando o comportamento da seringueira, no município de Selvíria – MS, constataram que nas progênies PB252, IAN873,

GT1, PR255 e PR261 o diâmetro do caule estava correlacionado com maiores produtividades de borracha.

Neste trabalho, foi correlacionado o perímetro do caule com a espessura da casca, sendo observado aumento da espessura de casca em relação ao aumento do perímetro (Figura 8C). Diâmetro e espessura de casca foram correlacionados por Gonçalves et al. (1984) tanto genética como fenotipicamente, indicando que plantas com maior diâmetro tendem a ter maior espessura de casca.

É importante destacar a importância do perímetro do caule e da espessura da casca em estudos de seleção precoce de materiais promissores. Sendo importante a utilização desses caracteres como fator de seleção de material genético, possibilitando a utilização de maior quantidade de clones na região (MESQUITA; OLIVEIRA, 2010).

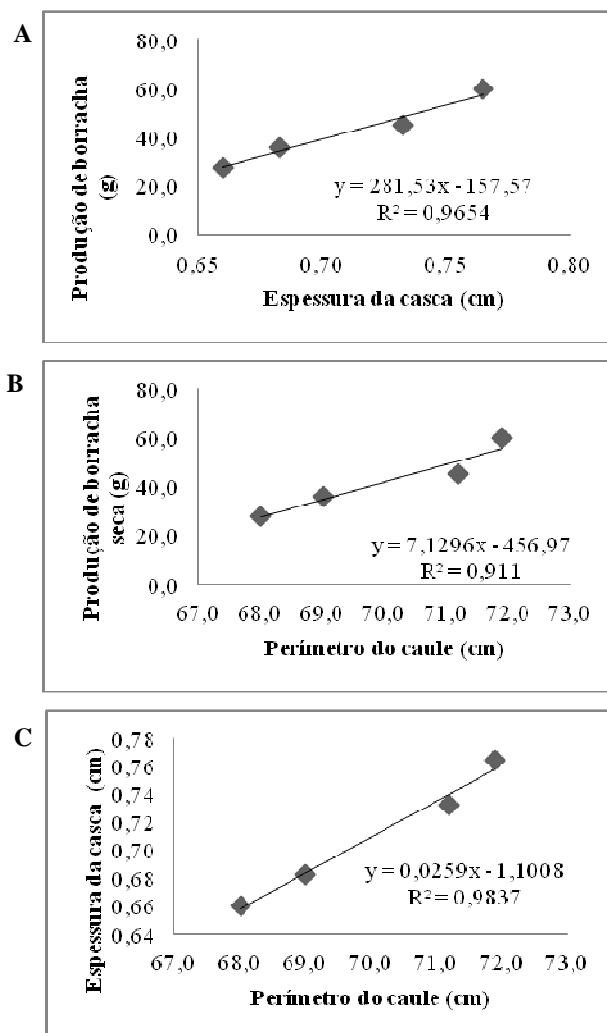


Figura 8 Variação da produção de borracha seca em função da espessura da casca (A) e em função do perímetro do caule da seringueira (B). Correlação entre a espessura da casca e o perímetro do caule de seringueira (C)

Nota: Média das medições realizadas de abril a dezembro de 2012, nas 40 plantas de cada tratamento.

4.4 Características anatômicas da casca da seringueira de plantas com produção de borracha seca contrastante

A organização estrutural da casca da seringueira e a variabilidade dos caracteres do sistema laticífero contido na mesma são os fatores importantes na busca de uma maior compreensão dos mecanismos envolvidos na produção de látex nos diferentes clones (MESQUITA, 2004; MESQUITA et al., 2006b). A produção de borracha seca apresentou variação entre as plantas tanto no tratamento adubado quanto no tratamento não adubado. As plantas que apresentavam contrastes nos valores de produção de borracha seca no tratamento com adubação apresentaram características anatômicas diferenciadas. Os estudos anatômicos foram realizados somente nas plantas adubadas de menor e maior produção de borracha seca. Estudos têm demonstrado que alguns aspectos anatômicos da casca podem ter influência sobre a produção de látex (CAIRO et al., 2009).

Observa-se que, nas plantas de baixa produção (Figura 9A e B), há uma descontinuidade dos anéis laticíferos e presença de áreas com esclerificação, o que pode sugerir morte e obstrução das células constituintes dos vasos laticíferos, podendo contribuir para menor produtividade de látex. As células do esclerênquima têm funções de suporte, apresentam paredes secundárias espessas e lignificadas, composta de celulose, hemiceluloses, substâncias pécicas e lignina. Os esclereídeos são células rígidas, de parede espessa e altamente lignificada, que na casca resultam da esclerificação de células de parênquima, podendo apresentar-se em aglomerados ou isolados (FAHN, 1985). Em estudo realizado por Mesquita e Oliveira (2010), foi relatado que plantas de baixa produção apresentaram maior número de esclereídeos em relação às demais.

A quantidade de anéis laticíferos observada nas plantas com baixa produção é menor em relação às plantas com produção superior. A presença frequente de drusas foi observada, principalmente, nas plantas de baixa produção. Ressaltando que o teor de cálcio das folhas é considerado alto segundo Garcia et al. (1999). Segundo Shorrocks (1979), cristais de oxalato de cálcio - drusas - são, frequentemente, encontrados na casca da seringueira, e são escassos em plantas deficientes nesse elemento. Um aspecto do estado nutricional da seringueira, aparentemente negligenciado, segundo Moraes (1980) é a ocorrência no meristema apical, casca e folhas, de drusas de oxalato de cálcio, em maior ou menor frequência, mesmo quando crescendo em solos com baixo teor de cálcio.

Nas plantas de maior produção, os anéis laticíferos são contínuos e bem estruturados, com menor incidência de áreas esclerificadas (Figura 9C e D). Os anéis laticíferos apresentam-se com muitas comunicações e a quantidade de plasmodesmos é maior em relação às plantas com baixa produção. Estas características anatômicas podem influenciar no fluxo do látex, facilitando sua distribuição na planta. Estudos têm demonstrado que algumas características anatômicas da casca podem ter influência decisiva sobre a relação entre a intensidade de hidrólise de sacarose e a produção de látex (CAIRO et al., 2009). Visto que, a casca é o principal componente do tronco da seringueira responsável pela recepção da sacarose transportada das folhas e utilizada na produção de látex, transporte e armazenamento de assimilados produzidos na folha (AZZINI; GONÇALVES; TOMAZ, 1998).

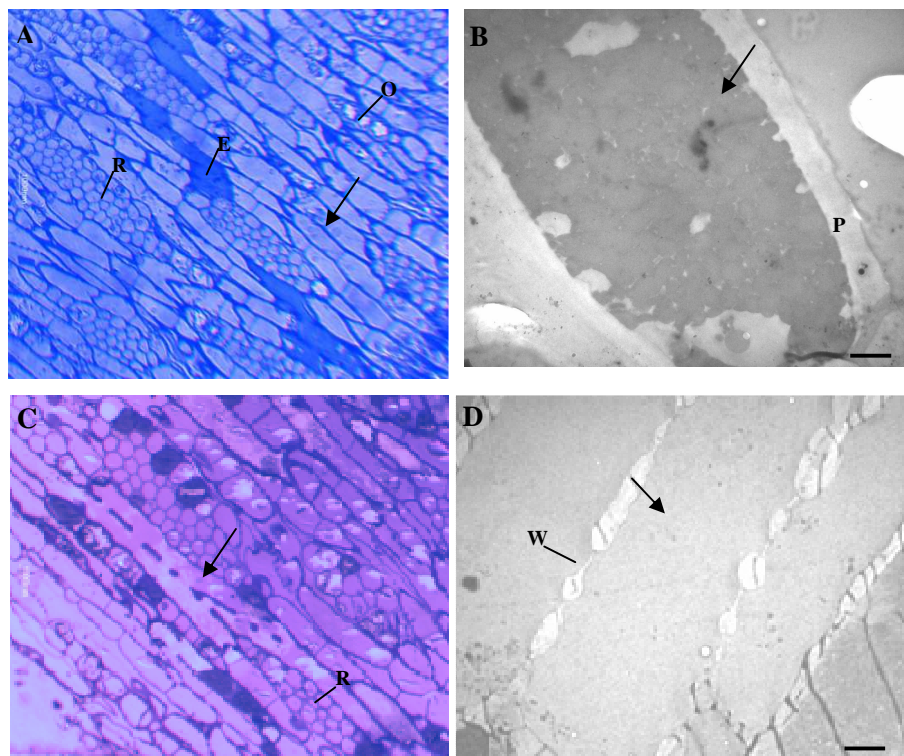


Figura 9 Seção tangencial da casca de plantas de seringueira de menor produção (A e B) e de maior produção (C e D), Esclerênquima (E), raios medulares (R), parede celular (P), drusas (O), plasmodesmos (W)

Nota: Microscopia de luz e Microscopia eletrônica de transmissão. A seta indica os anéis laticíferos. As barras correspondem a 100 μm , 20 μm , 100 μm e 1 μm respectivamente.

Os vasos laticíferos ocorrem em cilindros concêntricos por serem diferenciados pelo câmbio em intervalos regulares. Em cada anel, os vasos, individualmente, se mantêm próximos e há, frequentemente, conexões entre eles, de forma que constituem um emaranhado cilíndrico de tubos, circundado pelos raios medulares (Figura 10). Porém, são raras as anastomoses entre vasos de anéis adjacentes (MESQUITA; OLIVEIRA, 2010). A estrutura anatômica da

casca de seringueira torna-se uma importante ferramenta para o estudo dos componentes envolvidos pela produção de látex.

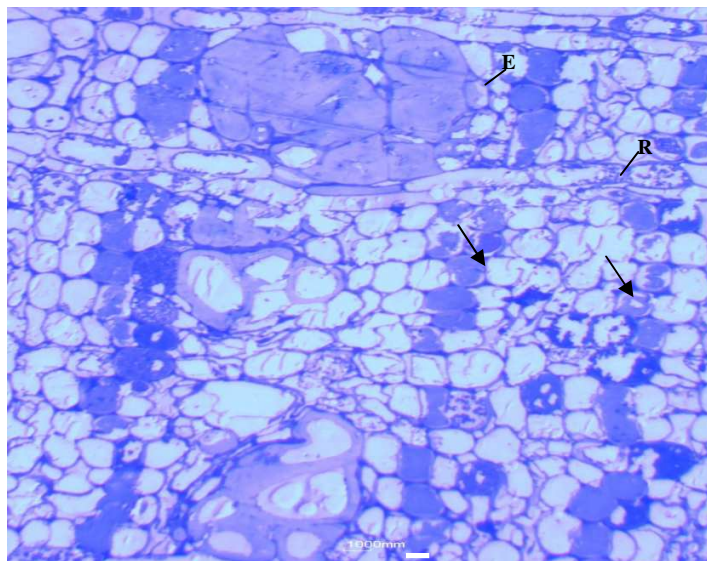


Figura 10 Microscopia de luz de seção transversal da casca de plantas de seringueira de alta produção

Nota: Raios medulares (R), esclereídeos (E). A seta indica os anéis laticíferos adjacentes. A barra corresponde a 100 μm .

O látex da seringueira contém de 25 a 50% de material seco, sendo que, aproximadamente 94% correspondem ao *cis*-1,4-poli-isopreno e cerca de 6% de substâncias não borracha (sais orgânicos, aminoácidos, proteínas, carboidratos, entre outros), que estão dissolvidas, ou suspensas, no meio aquoso do látex e adsorvidas na superfície das partículas de borracha (MORENO et al., 2003).

As células que constituem o sistema laticífero possuem todos os constituintes usuais de uma célula, mas suas paredes celulares tornaram-se perfuradas e diferenciaram alguns componentes característicos, como os lutoídeos, o complexo de Frey-wissling e as partículas de borracha (Figura 11). O

complexo de Frey-wissling é constituído de carotenoides e lipídeos, conferindo à borracha uma coloração amarelada (MORENO et al., 1999).

Os lutoídes são partículas de 200 a 500 nm, constituídas de proteínas, fosfolipídios e sais minerais. Acredita-se que o complexo de Frey-wissling e os lutoídes tenham uma importante função nas atividades metabólicas, sendo possíveis sítios da biossíntese da borracha (HO; SUBRAMAM; YONG, 1975).

As partículas de borracha são constituídas de cis-1,4 poli-isopreno e são envolvidas por uma camada mais interna de fosfolipídios e outra mais externa de proteínas, o que lhe confere carga negativa, promovendo assim, a estabilidade coloidal das partículas (MOOIBROEK; CORNISH, 2000).

A geometria das partículas do látex é predominantemente esférica (Figura 11). O tamanho das partículas de borracha é um parâmetro importante que influencia a massa molecular e sua distribuição na planta, bem como, as propriedades físicas da borracha. Martins et al. (2007) determinaram o tamanho das partículas de borracha de clones IAC, variando entre 0,5 a 2 μm , verificando que a geometria das partículas é predominantemente esférica. As características das partículas do látex podem variar em função da origem clonal.

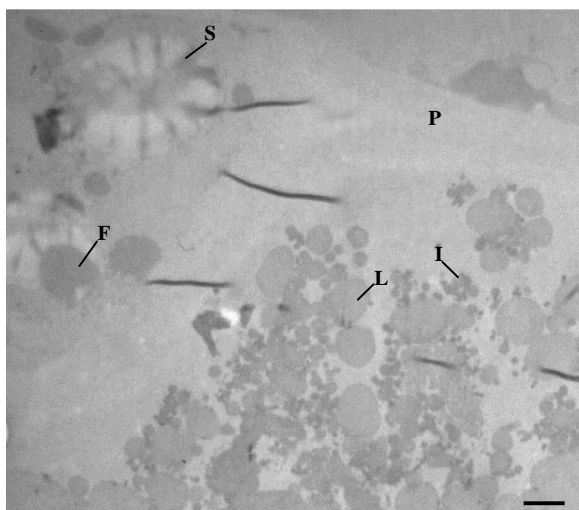


Figura 11 Microscopia eletrônica de transmissão da casca de plantas de seringueira com maior produção e látex branco mostrando conteúdo dos anéis laticíferos: parede celular (P), amido (S), lutoídes (L) partículas de Frey-wissling (F) e as partículas de borracha (I)

Nota: A barra corresponde a 3 μm .

5 CONCLUSÕES

- a) A produção de borracha seca foi maior no tratamento que recebeu adubação;
- b) A produção de borracha seca apresentou variação sazonal, sendo maior no período quente/úmido e menor no período frio/seco, o que ressalta a influência das estações climáticas sobre a produção de látex pela seringueira;
- c) Não ocorreu diferença significativa nos teores de nutrientes foliares em plantas adubadas e não adubadas;
- d) A produção de borracha seca correlacionou positivamente com o aumento do perímetro do caule e da espessura da casca;
- e) O perímetro do caule correlacionou positivamente com a espessura da casca;
- f) Os anéis laticíferos de plantas de menor produção de borracha seca apresentam-se descontínuos e com áreas esclerificadas;
- g) Os anéis laticíferos são contínuos e bem estruturados nas plantas de maior produção de borracha seca, apresentando menor incidência de áreas esclerificadas.

REFERÊNCIAS

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 646-736.

AGUIAR, A. T. da E.; BRANCALIÃO, S. R.; ROSSI, C. E. Avaliação do desempenho inicial de progênies de seringueira. **Nucleus**, Ituverava, v. 9, n. 1, p. 115-122, abr. 2012.

AGUIAR, A. T. da E. et al. Correlações e análise de trilha em clones de seringueira. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, n. 5, p. 602-607, set./out. 2010.

ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. Implantação e condução do seringal. In: _____. **Seringueira**. Viçosa, MG: EPAMIG, 2008. p. 311-342.

ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. S. **Sequestro de carbono:** quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural. Viçosa, MG: EMBRAPA, 2006. 338 p.

ALVARENGA, A. P. et al. **Determinação do carbono orgânico na biomassa da seringueira em solos de Minas Gerais**. Pirassununga: Borracha Natural, 2003. Disponível em: <<http://www.borrachanatural.agr.br/artigos/pdf/CBCS20032.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2012.

ALVAREZ, V. H. et al. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

ALVES, R. N. B. **Níveis de nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio para produção de porta-enxertos de seringueira (*Hevea spp.*) no Amapá.** 1987. 79 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1987.

ALVES, R. N. B.; VENTORIM, N. Variação de macro e micronutrientes em função de níveis de NPK Mg em viveiro de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 137-147, jan. 1991.

ARANTES, F. C. et al. Ganho genético com base no tamanho efetivo populacional de progênies de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 12, p. 1419-1424, dez. 2010.

AZZINI, A.; GONÇALVES, P. S.; TOMAZ, R. M. A. G. Sieve tubes diameter and the rubber production in rubber tree clones. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 1, p. 57-60, 1998.

BATAGLIA, O. C.; CARDOSO, M.; CARRETERO, M. V. Situação nutricional de seringais produtivos no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 47, n. 1, p. 109-123, 1988.

BATAGLIA, O. C. et al. Efeito da adubação NPK sobre o período de imaturidade da seringueira. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 363-374, 1999.

BATAGLIA, O. C. et al. Resposta da seringueira clone RRIM 600 à adubação NPK em solo Podzólico Vermelho-Amarelo. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 2, p. 367-377, 1998.

BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. Nutrição e adubação de seringais em formação e produção. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE A HEVEICULTURA PAULISTA, 1., 1998, Barretos. **Anais...** Barretos: SAA-APABOR, 1998. p. 45-60.

BERNARDES, M. S.; VEIGA, A. S.; FONSECA FILHO, I. I. Mercado brasileiro de borracha natural. In: BERNARDES, M. S. (Ed.). **Sangria da seringueira**. Piracicaba: ESALQ, 2000. p. 365-388.

BERNIZ, J. M. J. **Influência de N, P e K em seringueira jovem (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg)**. 1987. 59 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1987.

BICALHO, K. C. **Identidade genética entre clones de seringueira *Hevea* spp. de diferentes procedências, baseada em marcadores RAPD**. 2006. 55 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

BICALHO, K. C. et al. Similaridade genética entre clones de seringueira (*Hevea brasiliensis*), por meio de marcadores RAPD. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1510-1515, set./out. 2008.

BONATO, C. M. et al. **Nutrição mineral de plantas**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1998. 60 p.

BONOME, L. T. da S. **Alterações fisiológicas, bioquímicas e moleculares em sementes de seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex. ADR. de Juss.) Müell Arg.] durante o armazenamento**. 2006. 124 p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

BONOME, L. T. da S. et al. Influência do tratamento fungicida e da temperatura sobre a qualidade fisiológica de sementes de seringueira durante o armazenamento. **Agrarian**, Dourados, v. 2, n. 5, p. 97-112, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n.º 29**, de 5 de agosto de 2009. Normas para a produção de sementes e de mudas de seringueira (*Hevea* spp.). Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.apps.agr.br/upload/ax4_0608200955722100_anexo-i-in29-de-05-ago-209.pdf>. Acesso em: 10 maio 2013.

BRITO, P. F. Qualidades de mudas, certificação e viveiros. **Casa da Agricultura**, São Paulo, n. 3, p. 1-18, 2010.

CAIRO, P. A. R. **Desempenho da atividade a rubisco e das enzimas de síntese e hidrólise da sacarose em plantas de seringueira [*Hevea brasiliensis* (Wild. ex. ADR. de Juss.) Muell. Arg.] em Lavras, Minas Gerais**. 2007. 64 p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

CAIRO, P. A. R. et al. Atividade da rubisco e das enzimas de síntese e hidrólise de sacarose, associada à produtividade de látex, em clones de seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd ex. ADR. de Juss.) Muell.-Arg] cultivados em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 369-376, mar./abr. 2009.

CAMARGO, A. P.; MARIN, F. R.; CAMARGO, M. B. P. **Zoneamento climático da heveicultura no Brasil**. Campinas: EMBRAPA Monitoramento por Satélite, 2003. 19 p.

CANTARUTTI, R. B. et al. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAES, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 769-850.

CARMO, C. A. F. de S. do et al. **Aspectos culturais e zoneamento da seringueira no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2004. 49 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 60).

CARMO, C. A. F. de S. do et al. Avaliação do estado nutricional de seringais implantados na região da zona da mata de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1437-1444, out. 2002.

CARVALHO, J. G.; CARVALHO, M. A.; ASSIS, R. P. Calagem e gessagem na cultura da seringueira. In: VIÉGAS, I. J. M.; CARVALHO, J. G. (Org.). **Seringueira: nutrição e adubação no Brasil**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 175-208.

CAVALCANTE, J. R.; CONFORTO, E. C. Fotossíntese e relações hídricas de duas cultivares jovens de seringueira. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 701-708, out./dez. 2006.

CHAPMAN, H. D. **Diagnostic criteria for plants and soils**. 2nd ed. Riverside: H. D. Chapman, 1973. 793 p.

CHIN, H. F. et al. The effect of moisture and temperature on the ultrastructure and viability of seeds of *Hevea brasiliensis*. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 9, n. 2, p. 411-422, 1981.

COMPAGNON, P. Fertilization. In: COMPAGNON, P. (Ed.). **Le caoutchouc naturel**. Paris: Maisonneuve et Larose, 1986. p. 297-314.

CORNISH, K. Similarities and differences in rubber biochemistry among plant species. **Phytochemistry**, Oxford, v. 57, n. 7, p. 1123-1134, Aug. 2001.

COSTA, L. C. et al. Mudanças climáticas e seus impactos na cultura da seringueira em Minas Gerais. In: ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. S. (Org.). **Seringueira**. Viçosa, MG: EPAMIG, 2008. p. 53-81.

COSTA, R. B. et al. Predição de parâmetros e valores genéticos para caracteres de crescimento e produção de látex em progênies de seringueira. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 49-56, 2010.

CUNHA, T. J. F. Influência da diferenciação pedológica no desenvolvimento da seringueira no município de Oratórios, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 145-155, jan. 2000.

DALL'ANTONIA, A. C. Caracterização mecânica e térmica da borracha natural formulada e vulcanizada dos clones GT 1, IAN 873, PB 235 e RRIM 600. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 19, n. 1, p. 63-71, 2009.

DELÚ-FILHO, N. et al. Redução do nitrato e assimilação do amônio em plantas jovens de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) cultivadas em níveis crescentes de nitrato. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, PR. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 10, n. 3, p. 185-190, 1998.

DEVAKUMAR, A. S. et al. Studies on soil-plant-atmosphere system in *Hevea*: (II) seasonal effects on water relations and yield. **Indian Journal of Natural Rubber Research**, Kerala, v. 1, n. 1, p. 45-60, Jan. 1988.

DOMINGUES, F. A. **Nutrição mineral e crescimento de seringais em início de exploração no Estado de São Paulo**. 1994. 134 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1994.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A. de; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 551-594.

ESAU, K. **Anatomia vegetal**. Barcelona: Omega, 1976. 779 p.

ESCHBACH, J. M.; LACROTTE, R. Factors influencing response to hormonal yield stimulation: limits of this stimulation. In: AUZAC, J. d'; JACOB, J. L.; CHRESTIN, H. (Ed.). **Physiology of rubber tree latex**. Boca Raton: CRC, 1989. p. 321-330.

FAHN, A. **Anatomia vegetal**. Madrid: Pirâmide, 1985. 599 p.

FALCÃO, N. P. D. **Adubação NPK afetando o desenvolvimento do caule da seringueira e parâmetros fisiológicos do látex**. 1996. 134 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiros", Piracicaba, 1996.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 77 p.

FAY, E.; JACOB, J. L. Anatomical organization of the lactiferous system in the bark. In: AUZAC, J. d' et al. (Ed.). **Physiology of rubber tree latex**. Boca Raton: CRC, 1988. p. 2-14.

FERNANDO, D. M. The selection of stocks in *Hevea*. **Journal of Rubber Research Institute of Sri Lanka**, Sri Lanka, v. 51, n. 267, p. 28-30, 1974.

FERREIRA, D. F. **SISVAR 4.3 - Systems Statistical Analysis**. Lavras: UFLA, 2002. Software.

FONSECA, S. C. L.; FREIRE, H. B. Sementes recalcitrantes: problemas na pós-colheita. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p. 297-303, 2003.

FRANCISCO, V. L. F. dos S. Análise comparativa da heveicultura no estado de São Paulo, 1995/96 e 2007/081. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 39, n. 9, p. 21-33, set. 2009.

FURTADO, E. L. Manejo do mal-das-folhas de seringueira no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 237, p. 88-94, 2007.

GARCIA, N. C. P. et al. Seringueira. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG, 1999. p. 317-322.

GASPAROTTO, L. **Epidemiologia do mal-das-folhas (*Microcyclus ulei* (P. Henn)v. Arx) da seringueira (*Hevea sp.*)**. 1988. 124 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1988.

GOMEZ, J. **Anatomy of *Hevea* and its influence on latex production**. Kuala Lumpur: Malaysia Rubber Research on Development Board, 1982. 76 p.

GONÇALVES, A. O.; MONTEIRO, L. L. Aptidão para a cultura da seringueira em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 237, p. 39-43, 2007.

GONÇALVES, P. de S. História de sucesso: a seringueira no Estado de São Paulo. **O Agrônomo**, Campinas, v. 54, n. 1, p. 6-10, 2002.

GONÇALVES, P. de S. Recomendação de clones de seringueira para o estado de São Paulo. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE HEVEICULTURA PAULISTA, 1., 1998, Barretos. **Anais...** Barretos: Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo; APABOR, 1998. p. 1-25.

GONÇALVES, P. de S.; AGUIAR, A. T. E.; GOUVÊA, L. R. L. Expressão fenotípica de clones de seringueira na região Noroeste do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 389-398, 2006.

GONÇALVES, P. de S.; CARDOSO, M.; BORTOLETTO, N. Redução do ciclo de melhoramento e seleção na obtenção de cultivares de seringueira. **O Agrônomo**, Campinas, v. 40, p. 112-128, 1988.

GONÇALVES, P. de S. et al. **Comportamento de alguns clones de seringueira em Registro no Vale do Ribeira, SP**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1991. 26 p. (Boletim Científico, 23).

GONÇALVES, P. de S. et al. Comportamento preliminar de alguns clones de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 10, p. 1447-1456, out. 1982.

GONÇALVES, P. de S. et al. Desempenho de clones de seringueira de origem amazônica no planalto do Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1469-1477, dez. 2001.

GONÇALVES, P. de S. et al. Desempenho de novos clones de seringueira: III., seleções promissoras para a região de Votuporanga, Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 971-980, jun. 1999.

GONÇALVES, P. de S. et al. Genetic and phenotypic correlations between some quantitative traits in juvenile clonal rubber trees (*Hevea* spp.). **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 2, n. 1, p. 95-107, 1984.

GONÇALVES, P. de S. et al. Genetic evolution of rubber tree half-sib progenies in different regions of São Paulo, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1469-1477, dez. 1997.

GONÇALVES, P. de S. et al. **Manual de heveicultura para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1991. 78 p. (Série Tecnologia APTA).

GONÇALVES, P. de S.; MARQUES, J. R. B. Melhoramento genético da seringueira: passado, presente e futuro. In: ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. S. (Ed.). **Seringueira**. Viçosa, MG: EPAMIG, 2008. p. 401-407.

GONÇALVES, P. de S.; ORTOLANI, A. A.; CARDOSO, M. **Melhoramento genético da seringueira: uma revisão**. Campinas: IAC, 1997. 55 p. (Documentos IAC, 54).

GRANT, C. A. et al. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 95, p. 1-5, 2001.

HALLÉ, F.; OLDEMAN, R. A.; TOMLINSON, P. B. **Tropical trees and forest**. Berlin: Springer-Verlag, 1978. 441 p.

HENDRICKSON, L.; CHOW, W. S.; FURBANK, R. T. Low temperature effects on grapevine photosynthesis: the role of inorganic phosphate. **Functional Plant Biology**, Collingwood, v. 31, n. 8, p. 789-801, Aug. 2004.

HO, C. C.; SUBRAMAM, A.; YONG, W. M. **Lipids associated with the particles in *Hevea látex***. Kuala Lumpur: Rubber Research Institute of Malaysia, 1975. 456 p.

HO, C. Y. **Contributions to improve the effectiveness of breeding, selection and planting recommendations of *Hevea brasiliensis* Muell. Arg.** 1979. 341 p. Thesis (Ph.D. in Agricultural Sciences) - Faculty of Agricultural Sciences, Ghent, 1979.

HONG, L. T. Rubberwood utilization: a success story. In: WORLD CONGRESS OF THE INTERNATIONAL UNION OF FORESTRY RESEARCH ORGANIZATIONS, 1., 1995, Tampere. **Abstracts...** Tampere: IUFRO, 1995. p. 1-12.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cultivo da seringueira (*Hevea spp.*)**. Curitiba, 2006. Disponível em: <http://www.iapar.br/zip_pdf/ultsering.pdf>. Acesso em: 10 maio 2012.

INSTITUTO ECOAR PARA CIDADANIA. **Efeito estufa**. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.ecoar.org.br>>. Acesso em: 10 set. 2013.

INTERNATIONAL RUBBER STUDY GROUP. **Production and consumption of natural rubber**. Disponível em: <<http://www.rubberstudy.com/documents/WebSiteData.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2013.

JACOB, J. L. et al. Yield limiting factors, latex physiological parameters, latex diagnosis, and clonal typology. In: AUZAC, J. d'; JACOB, J. L.; CHRESTIN, H. (Ed.). **Physiology of rubber tree latex**. Boca Raton: CRC, 1989. p. 345-382.

JONNHANES, R. A. T. et al. **Nepomuceno SF.23-V-D-III, escala 1:100.000: nota explicativa**. Belo Horizonte: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2007. 92 p.

KILLMANN, W. **Non-forest tree plantations**. Roma: FAO, 2001. 17 p.

KITAMURA, M. C. **Influência dos níveis de nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio no desenvolvimento da seringueira jovem (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) em um solo sob cerrado de Mato Grosso do Sul**. 1992. 90 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1992.

KLIEMANN, H. J.; MALAVOLVALTA, E. Disponibilidade de enxofre em solos brasileiros: V., avaliação do estado nutricional de enxofre nas plantas. **Anais das Escolas Agrônômica e Veterinária**, Maringá, v. 24, n. 1, p. 17-35, jan. 1994.

LABATE, C. A.; ADCOCK, M. D.; LEEGOOD, R. C. Effects of temperature on the regulation of photosynthetic carbon accumulation in leaves of maize and barley. **Planta**, Berlin, v. 181, n. 4, p. 547-554, July 1990.

LIMA, D. U. et al. Avaliação sazonal da produção de borracha e da dinâmica de carboidratos solúveis em plantas de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) cultivadas em Lavras, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 377-383, maio/jun. 2002.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352 p.

LUSK, C. H. et al. Seasonal variation in leaf litter nutrient concentrations of valdivian rainforest trees. **Gayana Botânica**, Concepcion, v. 60, n. 1, p. 35-39, ene. 2003.

MACHADO FILHO, G. C.; SILVA, F. R. Benefícios sociais, econômicos e ambientais dos sistemas agroflorestais (SAFs) em pequenas propriedades rurais. **Inclusão Social**, Brasília, v. 6, n. 1, p. 219-225, 2012.

MAINSTONE, B. J. Manuring of *Hevea*: (VI) some long term manuring effects, with special reference to phosphorus, in one of the DUNLOP (Malaysia) experiments. **Empire Journal of Experimental Agriculture**, Oxford, v. 31, n. 2, p. 175-185, 1963.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MARQUES, J. R. B.; GONÇALVES, P. S. Testes precoces de produção na seleção de plantas de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 7, p. 1065-1077, jul. 1990.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic, 1995. 889 p.

MARTINS, A. L. Produção de mudas de qualidade: fundamental para a formação do seringueira. **Casa da Agricultura**, São Paulo, n. 3, p. 16-17, 2010.

MARTINS, A. L. et al. Influência de porta-enxertos no crescimento de clones de seringueira no Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9, p. 1743-1750, set. 2000.

MARTINS, M. A. et al. Particle size investigation on natural rubber from different clones of Brazilian IAC series. In: INTERNATIONAL MACROMOLECULAR COLLOQUIN, 11.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NATURAL POLYMERS AND COMPOSITES, 6., 2007, Gramado. **Anais...** Gramado: ISNaPol, 2007. 1 CD-ROM.

MARTO, G. B. T. **Hevea brasiliensis**. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/hevea.brasiliensis.asp>>. Acesso em: 10 out. 2012.

MAY, A.; GONÇALVES, P. S.; MARTINS, A. L. M. Importância do porta-enxerto na cultura da seringueira. **Borracha Atual**, Campinas, v. 5, n. 25, p. 18-26, 1999.

MENDES, A. D. R. et al. Concentração e redistribuição de nutrientes minerais nos diferentes estádios foliares de seringueira. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 42, n. 4, p. 525-532, 2012.

MESQUITA, A. C. **Desempenho da seringueira [Hevea brasiliensis (Wild. ex. Ahr. de Juss.) Muell. Arg.] relacionado a caracteres fisiológicos e anatômicos em Lavras, Minas Gerais**. 2004. 155 p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

MESQUITA, A. C. et al. Anatomical characteristics and enzymes of the sucrose metabolism and their relationship with latex yield in the rubber tree. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 2, p. 1-8, abr. 2006a.

MESQUITA, A. C. et al. Comportamento produtivo de clones de seringueira [*Hevea brasiliensis* (WILD. EX. ADR. DE JUSS) MUELL ARG.] em Lavras, MG. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 633-639, 2006b.

MESQUITA, A.; OLIVEIRA, L. E. M. Características anatômicas da casca e produção de látex em plantas de seringueira não enxertadas. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 2, p. 241-246, abr. 2010.

MIGUEL, A. A. et al. Photosynthetic behaviour during the leaf ontogeny of rubber tree clones [*Hevea brasiliensis* (Wild. ex. ADR. de Juss.) Muell. Arg.], In Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 91-97, jan./fev. 2007.

MOOIBROEK, H.; CORNISH, K. Alternative sources of natural rubber. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 53, n. 4, p. 355-365, Apr. 2000.

MORAES, V. H. F. **Fisiologia**. Belém: FCAP/SUDHEVEA, 1980. 30 p.

MORAES, V. H. F.; MORAES, L. A. C. **Seringueira**: alternativa de desenvolvimento sustentável para a agricultura familiar na Amazônia brasileira. Manaus: EMBRAPA Amazônia Ocidental, 2002. 20 p.

MORENO, R. M. B. et al. Avaliação do látex e da borracha natural de clones de seringueira no Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 583-590, maio 2003.

MORENO, R. M. B. et al. Monitoramento e avaliação da borracha natural crua utilizando a técnica de análise térmica dinâmico-mecânica. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 16, n. 3, p. 235-238, 2006.

MORENO, R. M. B. et al. Technological properties of latex and natural rubber of *Hevea brasiliensis* clones. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 2, p. 122-126, Mar./Apr. 2005.

MORENO, R. M. B. et al. Variação da plasticidade Wallace e viscosidade Mooney da borracha de clones de *Hevea*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS, 5., 1999, Águas de Lindóia. **Anais...** São Carlos: Associação Brasileira de Polímeros, 1999. p. 1422-1425.

MORETI, D. et al. Estimates of genetic parameters and gains expected from selection of juvenile characters in rubber trees progênies. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 7, p. 1099-1109, jul. 1994.

MOTTA, P. E. F. Solos aptos para a cultura da seringueira em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 237, p. 44-48, 2007.

MURBACH, M. R. **Efeitos de níveis de nitrogênio, fósforo e potássio no desenvolvimento, produtividade de borracha seca e exportação de nutrientes pela seringueira**. 1997. 94 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1997.

MURBACH, R. M. et al. Adubação NPK e produção de borracha seca pela seringueira (*Hevea brasiliensis*). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 1, p. 71-76, 1999.

MURBACH, M. R. et al. Nutrient cycling in a RRIM 600 clone rubber plantation. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 353-357, Apr./June 2003.

OLIVEIRA, C. R. M. et al. Trocas gasosas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) e seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) em diferentes sistemas de cultivo na região de Lavras, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 197-206, nov. 2006.

OLIVEIRA, D. P. **Avaliação sazonal da produção de látex e atividade de invertase em dois clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.), cultivadas em Lavras, Minas Gerais**. 1999. 71 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

OLIVEIRA, L. E. M. et al. Assimilação e transporte de carbono e biossíntese de látex em seringueira. In: ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. S. (Ed.). **Seringueira**. Viçosa, MG: EPAMIG, 2008. p. 601-640.

ORTOLANI, A. A. et al. Agrometeorological models to estimate annual and seasonal production of latex in rubber. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 147-150, 1996.

OWEN, G.; WESTGARTH, D. R.; IYER, G. C. Manuring *Hevea*: effects of fertilization growth and yield of manure rubber trees. **Journal of the Rubber Research Institute of Malaya**, Kuala Lumpur, v. 15, p. 29-52, 1957.

PAIVA, J. R.; GONÇALVES, P. S.; VALOIS, A. C. C. Avaliação preliminar do comportamento de novos clones de seringueira (*Hevea* spp.) em Manaus (AM). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 2, p. 148-158, fev. 1983.

PALLARDY, S. G. **Physiology of woody plants**. 3rd ed. San Diego: Academic, 2008. 454 p.

PEREIRA, A. V. **Avaliação preliminar do desempenho de clones de seringueira (*Hevea* spp.) no estado de Goiás e no Distrito Federal**. 1997. 98 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C. Perspectivas da cultura da seringueira no cerrado. **Ciência e Pesquisa**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 1-6, abr. 2001.

PIATEK, K. B.; ALLEN, H. L. Site preparation effects on foliar N and P use, retranslocation, and transfer to litter in 15-year-old *Pinus taeda*. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 129, n. 2, p. 143-152, Nov. 2000.

PINHEIRO, E.; PINHEIRO, F. S. V. Heveicultura em área de escape. In: ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. S. (Ed.). **Seringueira**. Viçosa, MG: EPAMIG, 2008. p. 83-126.

PIRES, J. M.; SECCO, R. S.; GOMES, J. I. **Taxonomia e fitogeografia das seringueiras (*Hevea* spp.)**. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2002. 103 p.

PRIYADARSHAN, P. M.; CLEMENT-DEMANGE, A. Breeding *Hevea* Rubber: formal and molecular genetics. **Advances in Genetics**, New York, v. 52, n. 2, p. 51-105, Apr. 2004.

PRIYADARSHAN, P. M.; GONÇALVES, P. de S.; OMOKHAFE, K. O. Breeding *Hevea* Rubber. In: JAIN, S. M.; PRIYADARSHAN, P. M. (Ed.). **Breeding plantation crops: tropical species**. New York: Springer Science, 2009. p. 469-524.

PUJADE-RENAUD, V. et al. Ethylene-induced increase in glutamine synthetase activity and mRNA levels in *Hevea brasiliensis* latex cells. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 105, n. 4, p. 127-132, Nov. 1994.

PUSHPARAJAH, E. **Nutricional status and fertilizer requirements of Malasya on soil for *Hevea brasiliensis***. 1977. 275 f. Thesis (Ph.D. in Agriculture) - University Ghent Belgium, Chent Satate, 1977.

PUSHPARAJAH, E. Problems and potentials for establishing *Hevea* under difficult environmental conditions. **Planter**, Kuala Lumpur, v. 50, p. 242-251, 1980.

PUSHPARAJAH, E. Response in growth and yield of *Hevea brasiliensis* to fertilizer application on Rengan series soils. **Journal of the Rubber Research Institute of Malaya**, Kuala Lumpur, v. 21, p. 165-172, 1969.

RAIJ, B. van. Técnicas de avaliação da fertilidade do solo e estabelecimento de níveis de adubação. In: _____. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Potafos, 1981. p. 49-74.

RAIJ, B. van et al. **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RAO, S. P.; JAYARATHNAM, K.; SETHURAJ, M. R. An index to assess areas hydrothermally suitable for rubber cultivation. **Indian Journal of Natural Rubber Research**, Kottayam, v. 6, n. 1/2, p. 80-91, Feb. 1993.

REIS, E. L.; CABALA-ROSAND, P. Eficiência dos fertilizantes aplicados nas fases de pré e pós-sangria da seringueira. **Theobroma**, Ilhéus, v. 18, n. 3, p. 189-200, 1988.

REIS, E. L.; CHEPOTE, R. E. S. Solos e nutrição da seringueira. In: ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. S. (Ed.). **Seringueira**. Viçosa, MG: EPAMIG, 2008. p. 249-310.

REIS, E. L.; SOUZA, L. F. S.; MELLO, F. A. F. Influência da aplicação de nitrogênio e potássio sobre o desenvolvimento da seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Ar.) no sul da Bahia. **Theobroma**, Ilhéus, v. 14, n. 1, p. 45-52, 1984.

RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E.; COSTA, U. F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savanna oxisols. **Soil Science**, Baltimore, v. 133, p. 378-382, 1982.

RODRIGUES, M. R. L. et al. Concentração e redistribuição de nutrientes em folhas de *Hevea brasiliensis* e *Pinus oocarpa*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 21, n. 1, p. 61-66, mar. 2000.

ROQUE, C. G. et al. Estado nutricional e produtividade da seringueira em solo com calcário aplicado superficialmente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 5, p. 485-490, maio 2004.

ROSSMANM, K. **Borracha natural**. Disponível em: <<http://www.dignow.org/post/borracha-natural---heiko-rossmann>>. Acesso em: 20 nov. 2012.

ROWLEY, C. R.; MORAN, D. T. A simple procedure for mounting wrinkle-free sections on formvar-coated slot grids. **Ultramicrotomy**, Cambridge, v. 1, p. 151-155, 1975.

SÁ, T. D. **Avaliação ecofisiológica de seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) submetidas a diferentes intensidades de sangria, em ambientes contrastantes do estado de São Paulo**. 1991. 132 p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P. Atributos químicos do solo afetado pelo manejo da água e do fertilizante potássico na cultura de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 12-16, set./dez. 2002.

SECCO, R. S. A botânica da seringueira *Hevea brasiliensis* [(Wild. ex. Adr. de Juss.) Muell. Arg.]. In: ALVARENGA, A. de P.; CARMO, C. A. F. S. do (Org.). **Seringueira**. Viçosa, MG: EPAMIG, 2008. p. 3-24.

SHAN, A. Y. V. et al. Assimilação metabólica de nitrogênio em plântulas de seringueira cultivadas com nitrato ou amônio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 6, p. 754-762, jun. 2012.

SHORROCKS, V. M. **Deficiências minerais em *Hevea* e em plantas de cobertura associadas**. Brasília: Sudhevea, 1979. 76 p.

SHORROCKS, V. M. **Mineral deficiencies in *Hevea* and associated cover plants**. Kuala Lumpur: Rubber Research Institute of Malaya, 1964. 76 p.

SILPI, U. et al. Effect of tapping activity on the dynamics of radial growth of *Hevea brasiliensis*. **Tree Physiology**, Oxford, v. 26, n. 1, p. 1579-1587, Sept. 2006.

SILVA, A. C.; SANTOS, A. R.; PAIVA, A. V. Translocação de nutrientes em folhas de *Hevea brasiliensis* (clone) e em acículas de *Pinus oocarpa*. **Revista da Universidade de Alfenas**, Alfenas, v. 4, n. 4, p. 11-18, out./dez. 1998.

SILVA, F. C. (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA-SCT, 1999. 370 p.

SOUZA, G. A. de. **Influência do método de sangria e da adubação na produção e qualidade do látex de seringueira**. 2010. 65 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 820 p.

TAN, H. Strategies in rubber tree breeding. In: ABBOT, A. J.; ATKIN, R. S. (Ed.). **Improving vegetatively propagated crops**. London: Academic, 1987. p. 27-62.

TUPY, J. The activity of latex invertase and latex production in *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. **Physiologie Végétale**, Paris, v. 11, n. 3, p. 633-641, July/Sept. 1973.

VALÉRIO, C. R. **Resposta do feijoeiro comum ao nitrogênio no plantio em cobertura e em diferentes safras**. 2002 62 p. Tese (Doutorado em Agricultura) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

VIÉGAS, I. de J. M. et al. Nutrição mineral de seringueira: XII., absorção de macro e micronutrientes nos primeiros 240 dias. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 49, n. 1, p. 41-52, 1992.

VIRGENS FILHO, A. C. Organização e exploração do seringal. In: ALVARENGA, A. de P.; CARMO, C. A. F. S. do (Org.). **Seringueira**. Viçosa, MG: EPAMIG, 2008. p. 127-178.

VIRGENS FILHO, A. C.; MOREIRA, A.; CASTRO, P. R. C. Características físicas e químicas do látex e crescimento da seringueira em função da calagem e da adubação NPK em dois sistemas de exploração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1237-1245, nov./dez. 2003.

VIRGENS FILHO, A. C.; MOREIRA, A.; CASTRO, P. R. C. Efeito da calagem e adubação da seringueira no estado nutricional e produção de borracha seca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 8, p. 1019-1026, ago. 2001.

WYCHERLEY, P. R. Tapping and partition. **Rubber Research Institute of Malaysia Journal**, Kuala Lumpur, v. 24, n. 4, p. 169-194, 1976.

YAMASHITA, Y. Rubberwood: characteristics of its supply and development of its utilization. **Forest Research**, Kyoto, n. 71, p. 65-70, 1999.

YEANG, H. Y. A preliminary investigation into the relationship between latex invertase and latex vessel plugging in *Hevea brasiliensis*. **Journal of Rubber Research Institute of Malaysia**, Kuala Lumpur, v. 32, n. 1, p. 50-62, Jan. 1984.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Análise de solo

Bloco	pH	K	P	Na	Ca	Mg	Al	H+Al
N. Adub.		mg/dm ³			cmol/dm ³			
11 a 20	6	28	0,84		2,8	0,9	0	2,08
61 a 70	6,2	24	0,28		2,2	0,9	0	2,32
91 a 100	5,2	22	0,84		1,4	0,5	0,1	3,62
141 a 150	6	24	1,71		2,3	0,6	0,1	2,9

N. Adub. = Não Adubado

Bloco	pH	K	P	Na	Ca	Mg	Al	H+Al
Adub.		mg/dm ³			cmol/dm ³			
31 a 40	5,9	22	4,48		2,5	0,6	0	2,59
41 a 50	6	24	0,28		2,1	0,8	0	2,59
111 a 120	6,1	20	1,42		4,1	1,1	0	2,08
121 a 130	6,2	22	0,56		2,5	0,9	0	2,32

Adub. = Adubado

Bloco	SB	t	T	V	m	M.O	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
N. Adub.	cmolc/dm3		%		dag/kg	mg/L	mg/dm3						
11 a 20	3,77	3,77	5,85	64,48	0	2,11	6,12	1,07	55,14	8,86	1,82	0,28	7,03
61 a 70	3,16	3,16	5,48	57,69	0	2,74	5,95	0,83	49	5,66	2,16	0,15	7,42
91 a 100	1,96	1,96	5,58	35,06	4,85	2,23	5,31	1,68	39,26	7,39	2,24	0,17	42,41
141 a 150	2,96	3,06	5,86	50,54	3,27	2,36	5,63	2,66	38,36	7,97	2,94	2,94	19,99

N. Adub. = Não Adubado

Bloco	SB	t	T	V	m	M.O	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
Adub.	cmolc/dm3		%		dag/kg	mg/L	mg/dm3						
31 a 40	3,16	3,16	5,75	54,89	0	2,11	7,22	1,06	43,16	7,45	1,85	0,21	38,98
41 a 50	2,96	2,96	5,55	53,36	0	2,23	5,95	0,74	35,84	6,23	1,74	0,28	17,7
111 a 120	5,25	5,25	7,33	71,64	0	3	5,95	3,3	31,65	9,98	1,02	0,1	14,05
121 a 130	3,46	3,46	5,78	59,8	0	2,23	5,31	0,69	34,95	6,16	1,91	1,91	8,64

Adub. = Adubado

Resultado da análise granulométrica do seringal

Areia	Silte	Argila	Classe textural
Dag/kg			
21	25	54	Argilosa

APÊNDICE B – Análise Foliar

N. Adub.	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	Fe
	g kg^{-1}						mg kg^{-1}				
11 a 20	17,6	1,7	13	9,5	3,3	1,4	18,3	6,7	37,1	24,5	163,6
61 a 70	20,4	1,1	5	14,8	2,9	1,6	21,8	6,5	47,9	33,6	304,9
91 a 100	20,2	1,8	8,8	10,5	2,9	0,2	18,2	6,7	27,5	25,7	214,4
141 a 150	26,7	2,4	12,7	6,8	3,1	1,5	18,3	10,8	29,3	32,3	183,3

N. Adub. = Não Adubado

Adub.	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	Fe
	g kg^{-1}						mg kg^{-1}				
31 a 40	15	1,5	7,5	15,5	3	1,4	17,3	7	59,8	28,4	255,9
41 a 50	20	1,7	8,3	11,3	3,3	1,4	20,9	7,6	30,4	25,5	225
111 a 120	23,8	2,5	11,7	6,4	2,7	1,5	22,1	9,4	32,4	35	64,1
121 a 130	21,2	1,6	6,6	14,1	3,6	1,5	20,3	7,8	52,6	30,9	360

Adub. = Adubado

APÊNDICE C - Dados climáticos

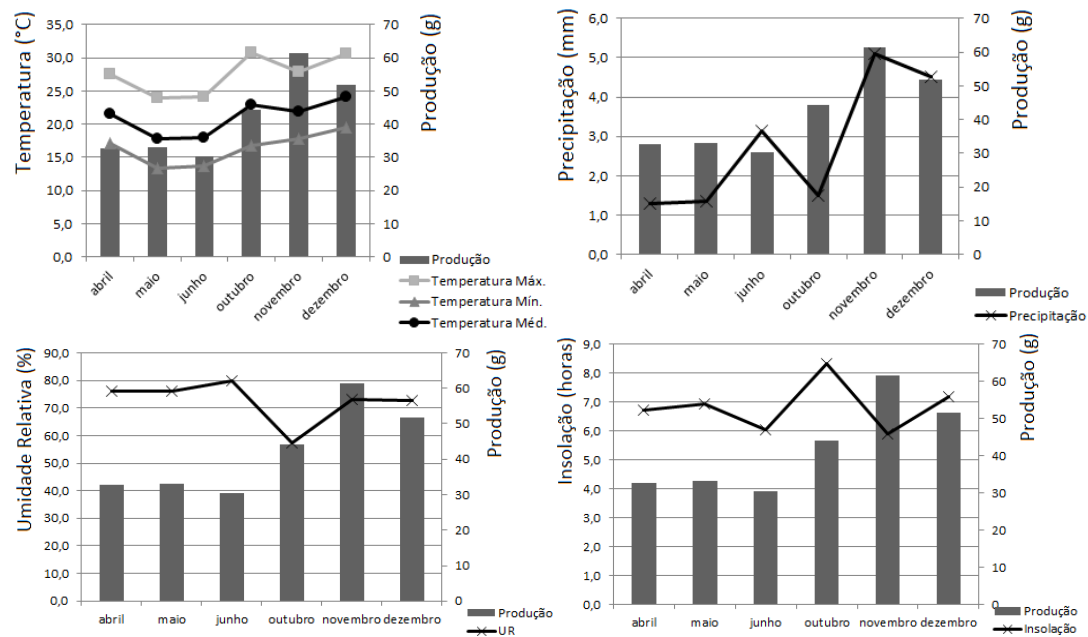


Figura 12 Temperaturas máxima, média e mínima do ar e produção de borracha (A), precipitação total mensal com a produção de borracha (B), médias mensais de umidade relativa do ar com a produção total de borracha, (C), insolação global total mensal com a produção total de borracha (D). Fonte: Estação climatológica de Lavras – UFLA.

APÊNDICE D – Análise de variância

Tabela 3 Análise de variância da produção de borracha seca no período frio/seco

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	1	1327.635125	1327.635125	7.955	0.0061
Blocos	3	2111.159375	703.719792	4.216	0.0082
Erro	75	12517.737375	166.903165		
Total corrigido	79	15956.531875			
CV (%) =	40.21				
Média geral:	32.1312500				
Número de observações	80				

Tabela 4 Análise de variância da produção de borracha seca no período quente/úmido

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	1	4336.512500	4336.512500	10.810	0.0015
Blocos	3	3068.387000	1022.795667	2.550	0.0620
Erro	75	30087.022500	401.160300		
Total corrigido	79	37491.922000			
CV (%) =	38.14				
Média geral:	52.5150000				
Número de observações	80				

Tabela 5 Análise de variância da produção de borracha tratamento adubado

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	1	11207.745125	11207.745125	40.336	0.0000
Blocos	3	7360.784375	2453.594792	8.830	0.0000
Erro	75	20839.504375	277.860058		
Total corrigido	79	39408.033875			
CV (%) =	38.70				
Média geral:	48.0412500				
Número de observações	80				

Tabela 6 Análise de variância da produção de borracha tratamento sem adubação

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	1	5844.780500	5844.780500	24.994	0.0000
Blocos	3	2045.815000	681.938333	2.916	0.0397
Erro	75	17538.202500	233.842700		
Total corrigido	79	25428.798000			
CV (%) =	41.78				
Média geral:	36.6050000				
Número de observações	80				