

LUCAS BERTACINI VIÉGAS

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. SOB DIFERENTES
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E SUBSTRATOS: ANÁLISE FISIOLÓGICA E
ECONÔMICA**

**Botucatu
2019**

LUCAS BERTACINI VIÉGAS

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. SOB DIFERENTES
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E SUBSTRATOS: ANÁLISE FISIOLÓGICA E
ECONÔMICA**

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp
Campus de Botucatu, para obtenção do
título de Doutor em Ciência Florestal.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Magali Ribeiro
da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Danilo Simões

Botucatu

2019

V656p

Viégas, Lucas Bertacini

Produção de mudas de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. sob diferentes lâminas de irrigação e substratos : análise fisiológicas e econômica / Lucas Bertacini Viégas. -- Botucatu, 2019

91 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientadora: Magali Ribeiro da Silva

Coorientador: Danilo Simões

1. Irrigação localizada. 2. Manejo hídrico. 3. Recipientes de polietileno. 4. Substratos. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

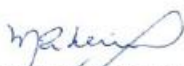


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

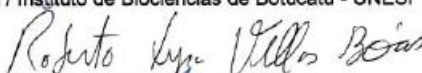
Título: **“PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E SUBSTRATOS: ANÁLISE FISIOLÓGICA E ECONÔMICA”**

AUTOR: LUCAS BERTACINI VIEGAS
ORIENTADORA: MAGALI RIBEIRO DA SILVA
COORIENTADOR: DANILO SIMOES

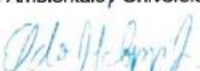
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em CIÊNCIA FLORESTAL, pela Comissão Examinadora:


Prof.ª Dr.ª MAGALI RIBEIRO DA SILVA
Ciência Florestal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu - UNESP


Prof.ª Dr.ª GISELA FERREIRA
Botânica / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP


Prof. Dr. ROBERTO LYRA VILLAS BOAS
Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu


Prof. Dr. LUIZ CARLOS DE FARIA
Ciências Ambientais / Universidade Federal de São Carlos


Dr. ERIVALDO JOSÉ SCALOPPI JÚNIOR
Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais / Instituto Agrônomo de Campinas

Botucatu, 09 de abril de 2019.

À minha família,
Maria Beatriz M.L. Vicentini e Antônio
Vicentini Viégas,
dedico

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer em primeiro lugar a Deus, por Ele ser sempre tão presente em minha vida, me abençoando e guiando meus passos.

À minha querida esposa, Maria Beatriz, por ser minha grande companheira e ao meu filho Antônio, que são o maior combustível para minha vida.

Agradeço aos meus orientadores, prof^a. Dr^a. Magali Ribeiro da Silva e prof. Dr. Danilo Simões, que me incentivaram em minha vida acadêmica, iluminando meus pensamentos e me dando apoio além universidade.

Tenho o privilégio de contar com muitos amigos, com os quais tenho tido o prazer de viver grandes momentos, gostaria de deixar meu agradecimento a todos, pela amizade, incentivos que foram fundamentais para minha felicidade, e para lembrar o quanto somos queridos e que não fazemos nada sozinhos. Glaucia U, Rafael LS, Jhuan LMM, Richardson GBS, Luiz Gustavo MD, Ludmila Roder, Olavo CC, André LV, Diego M, Laura C, Aline, CF, Rafael CP, Lívia A, Raoni XM, José CDJr, Victória PM, Mônica GM, prof. Iraê AG, prof^a. Renata CBF, Murilo CMI, Laryssa C, Suzane VPS, Paula LBAF, Vitor HM, Cibeles PM.

Aos funcionários do viveiro experimental do Departamento de Ciência Florestal – UNESP/FCA, seu João, Dinho, Claudinho, Chiquinho e seu Nelson, e também ao querido amigo Dicão.

Ao Eng. Agrônomo Msc. Paulo Brito pela doação das sementes e pelos conselhos, ensinamentos, e todo apoio técnico da produção de mudas de seringueira.

À Empresa POLIFER, em especial Fabiano Lucas Afonso pela doação dos tubetes e bandejas. E à Hevea Pinheiro, em especial ao Eng. Agr. Gilson Pinheiro de Azevedo pela doação das borbulhas.

Ao Laboratório de Fisiologia Vegetal do Instituto de Botânica IB/UNESP em Rubião Júnior, agradeço ao Ângelo ASB e prof. Dr. Luis Fernando RA pelo uso dos equipamentos e ensinamentos.

A Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu e ao Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal pela oportunidade de realização do doutorado.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

Aos professores membros da minha banca de qualificação, Prof^a. Dr^a. Gisela Ferreira e prof. Dr. Iraê Amaral Guerini pela contribuição ao trabalho. Da mesma forma, agradeço pela contribuição em minha banca de defesa à Prof^a. Dr^a. Gisela Ferreira, ao Dr. Erivaldo José Scaloppi Junior, ao prof. Dr. Luiz Carlos de Faria e ao prof. Dr. Roberto Lyra Villas Boas.

RESUMO

A produção de mudas de seringueira com a utilização de sacos plásticos é um método rústico, de baixo rendimento operacional, ademais, é usado solo como substrato, o qual não possui controle fitossanitário, resultando na susceptibilidade das plantas a pragas e doenças. Diante disso, no Estado de São Paulo, a Resolução da Secretaria de Agricultura e Abastecimento – 23 de 26 de junho de 2015 estabeleceu as normas para formação de mudas em viveiros suspensos e com insumos isentos de patógenos. Neste contexto, o objetivo foi: *i)* verificar se substratos e lâminas de irrigação afetam o desenvolvimento de porta-enxertos de seringueira; *ii)* avaliar a viabilidade econômico-financeira da produção de porta-enxertos de seringueira em diferentes substratos e lâminas de irrigação, sob condições de risco e incerteza, por meio da Simulação de Monte Carlo. Para o desenvolvimento do experimento utilizou-se porta-enxertos de *Hevea brasiliensis* (clone GT1) em tubetes (800 cm³) e irrigação por gotejamento, que foram instalados em canteiros suspensos no Viveiro de Pesquisas de Mudas Florestais da UNESP-Botucatu. Foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, dispostos no esquema fatorial 3x4, correspondendo a três tipos de substratos (à base de Fibra, Pinus e Turfa) e quatro lâminas brutas de irrigação (8; 11; 14 e 17 mm); com cinco repetições (bandejas) compostas por 12 mudas, totalizando 60 mudas por tratamento. Foram avaliadas as seguintes variáveis: análise física dos substratos, análise química e volume do lixiviado, altura, diâmetro do colo, diâmetro a 5 cm do colo, massa seca (aérea, radicular e total), porcentagem do sucesso da enxertia, taxa de assimilação de CO₂, condutância estomática, concentração interna de CO₂ na folha e taxa de transpiração, eficiência de carboxilação, eficiência do uso de água, potencial hídrico foliar, índice de cor verde nas folhas e quantidade de nutrientes. A análise econômica contemplou o custo do milheiro das mudas produzidas por meio do método de custeio por absorção, que consiste na apropriação dos componentes de custos fixos e variáveis. A avaliação dos projetos de investimentos (tratamentos) foi realizada a partir de premissas necessárias para a elaboração dos fluxos de caixa, que permitiram a incorporação da análise de risco aos projetos de investimento financeiro. Para as técnicas quantitativas de análise econômico-financeira foram consideradas a variação do dinheiro no tempo, por serem as mais aplicadas em análises de investimento. Para o diâmetro de enxertia a 5 cm do colo foi maior ao usar os substratos Fibra e Pinus em 17 mm diários, e no substrato

Turfa não houve influência. Dentre os três substratos, no Fibra foi maior nas lâminas 11; 14 e 17 mm. A enxertia foi afetada somente pela lâmina de irrigação e necessita de mais estudos visando incrementar os atuais valores obtidos. As variáveis condutância estomática, taxa de assimilação líquida de CO₂, índice SPAD e as quantidades de K, Ca e Mn apresentaram interação entre lâminas de irrigação e substratos. Os projetos de investimento destinados a produção de porta-enxertos em canteiros suspensos conforme estabelecido pela Resolução SAA 23/2015 foram economicamente viáveis e com risco aceitável. Conclui-se que para a obtenção de porta-enxertos de seringueira de qualidade deve-se adotar um manejo hídrico adequado de acordo com as propriedades físicas dos substratos e, o sistema de produção em canteiros suspensos é economicamente viável.

Palavras-chave: irrigação localizada; manejo hídrico; recipientes de polietileno; substratos.

ABSTRACT

The production of rubber tree seedlings using plastic bags is a rustic method, with low operational yield, in addition, soil is used as a substrate, which has no phytosanitary control, resulting in the susceptibility of plants to pests and diseases. Therefore, in the State of São Paulo, the Resolution of the Secretariat of Agriculture and Supply - 23 of June 26, 2015 established the rules for the formation of seedlings in suspended nurseries and with inputs free of pathogens. In this context, the objective was: i) to verify if substrates and irrigation depths affect the development of rubber rootstocks; ii) to evaluate the economic and financial viability of the production of rubber rootstocks in different substrates and irrigation depths, under conditions of risk and uncertainty, through the Monte Carlo Simulation. For the development of the experiment, rootstocks of *Hevea brasiliensis* (clone GT1) were used in tubes (800 cm³) and drip irrigation, which were installed in suspended beds at the UNESP-Botucatu Forest Seedling Research Nursery. It was conducted in a completely randomized design, arranged in a 3x4 factorial scheme, corresponding to three types of substrates (based on Fiber, Pine and Peat) and four raw irrigation blades (8; 11; 14 and 17 mm); with five repetitions (trays) composed of 12 seedlings, totaling 60 seedlings per treatment. The following variables were evaluated: physical analysis of the substrates, chemical analysis and leachate volume, height, neck diameter, diameter at 5 cm from the neck, dry mass (aerial, root and total), percentage of grafting success, assimilation rate CO₂, stomatal conductance, internal CO₂ concentration in the leaf and transpiration rate, carboxylation efficiency, water use efficiency, leaf water potential, green leaf color index and amount of nutrients. The economic analysis included the cost of the thousand of seedlings produced using the absorption costing method, which consists of the appropriation of fixed and variable cost components. The evaluation of investment projects (treatments) was carried out on the basis of the necessary assumptions for the preparation of cash flows, which allowed the incorporation of risk analysis into financial investment projects. For the quantitative techniques of economic-financial analysis, the variation of money over time was considered, as they are the most applied in investment analysis. The grafting diameter at 5 cm from the neck was greater when using the substrates Fibra and Pinus at 17 mm daily, and on the substrate Peat there was no influence. Among the three substrates, Fibra was higher in blades 11, 14 and 17 mm. The grafting was affected only by the irrigation

blade and needs further studies to increase the current values obtained. The variables stomatal conductance, net CO₂ assimilation rate, SPAD index and the amounts of K, Ca and Mn showed interaction between irrigation depths and substrates. The investment projects for the production of rootstocks in suspended beds as established by Resolution SAA 23/2015 were economically viable and with an acceptable risk. It is concluded that in order to obtain quality rubber rootstocks, adequate water management must be adopted according to the physical properties of the substrates and the production system in suspended beds is economically viable.

Keywords: localized irrigation; water management; root trainers; substrates.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	15
CAPÍTULO 1 – DESENVOLVIMENTO E FISIOLOGIA DE PORTA-ENXERTOS DE <i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg. PRODUZIDOS EM TUBETES SOB DIFERENTES SUBSTRATOS E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO.....	21
RESUMO	21
ABSTRACT	21
1.1 INTRODUÇÃO	22
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	25
1.3 RESULTADOS	30
1.4 DISCUSSÃO	39
1.5 CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS	48
CAPÍTULO 2 – VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE PORTA-ENXERTO DE SERINGUEIRA SOB CONDIÇÕES DE INCERTEZA: ANÁLISE DETALHADA DA RENTABILIDADE	56
RESUMO	56
ABSTRACT	57
2.1 INTRODUÇÃO	58
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	59
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	65
2.4 CONCLUSÕES	70
REFERÊNCIAS	72
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76
REFERÊNCIAS	79
APÊNDICES.....	87

INTRODUÇÃO GERAL

A espécie *Hevea brasiliensis* tem ocorrência natural na região Amazônia e é a espécie mais importante de seu gênero, por apresentar um importante e grande potencial de produção de um produto florestal não madeireiro, a borracha natural (CECÍLIO et al., 2006; ROSSMANN, 2007). O Brasil contribui apenas com 1% da produção mundial de borracha natural, e necessita importar 65% do que consome (GONÇALVES et al., 2010; NOGUEIRA et al., 2015). O maior produtor é o Sudeste Asiático (93%), contribuindo com 12,1 milhões de toneladas por ano (IRSG, 2016), seguido pela África (4%) e América Latina (3%) (RIVANO et al., 2016).

O consumo mundial de borracha natural será de 16,5 milhões de toneladas por ano até 2023 (IRSG, 2016), e continuará crescendo após este período (CORNISH, 2017). No Brasil até o ano de 2030, o consumo de borracha natural poderá atingir um milhão de toneladas. E para depender apenas dos plantios no país, será necessário expandir a área cultivada em cerca de 50 mil hectares por ano, demandando 25 milhões de mudas por ano (SAMPAIO FILHO et al., 2006).

O aumento da demanda desta matéria-prima resultará na expansão da área plantada de seringueira nos principais países produtores (MEENAKUMARI et al., 2011; WARREN-THOMAS et al. 2015; BARRETO et al., 2016), e o Brasil possui condições edafoclimáticas favoráveis e uma extensa área apta ao plantio comparada aos demais países produtores (NOGUEIRA et al., 2015), destacando os estados de Mato Grosso do Sul (BARRETO et al., 2016), Bahia, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, Pará, Rondônia e São Paulo (NOGUEIRA et al., 2015).

Para obter povoamentos mais produtivos, a qualidade das mudas, representada por características genéticas, fisiológicas, nutricionais e sanitárias, é primordial. Tecnologias modernas podem contribuir com a produção de mudas de alto padrão, para que possam suportar as adversidades ambientais, apresentar altos percentuais de sobrevivência no campo, possibilitar a diminuição da frequência dos tratamentos silviculturais pós-plantio e produzir árvores com desenvolvimento e qualidades desejáveis (KOSTOPOULOU et al., 2011; GROSSNICKLE, 2012; LISBOA et al., 2012; CORREIA et al., 2013; TRIGUEIRO e GUERRINI, 2014).

Com isso, os viveiristas precisam continuamente de informações atualizadas e baseadas na ciência para justificar a tomada de decisões, e portanto, é importante

determinar quais características levam ao desempenho ideal das mudas no campo (PINTO et al., 2018).

Com a perspectiva de aumentar as áreas plantadas com a seringueira no Brasil, torna-se necessário ampliar a quantidade e qualidade das mudas produzidas nos viveiros florestais, a fim de assegurar a expansão da heveicultura. Entretanto, existem viveiros que produzem mudas com qualidade inferior (DEGRANDE et al., 2012; SCALOPPI JÚNIOR et al., 2018) e esta baixa qualidade pode estar relacionada à falta de habilidades básicas na produção de mudas e no conhecimento dos viveiristas quanto ao manejo a ser aplicado.

Para a o plantio de povoamentos florestais de seringueira, as mudas utilizadas para esta finalidade são produzidas assexuadamente, por meio do método de enxertia por borbulha em porta-enxertos provenientes de sementes (MARTINS et al., 2000; PRIYADARSHAN e CLEMET-DEMANG, 2004; GONÇALVES et al., 2006; CARDINAL et al., 2007; ZAMUNÉR FILHO, 2009; SÃO PAULO, 2015; GUIDUCCI, 2014).

A utilização da enxertia proporcionou unir as características de interesse da seringueira, visando manter a integridade genotípica dos clones, homogeneidade e aumentar a produtividade de látex (CARDINAL et al., 2007; CONFORTO, 2007; AGUIAR et al., 2012), o ciclo da espécie é muito longo, podendo chegar a 30 anos (ARANTES et al., 2010; VERARDI et al., 2012; 2013).

Como as primeiras produções de borracha natural eram obtidas exclusivamente de árvores oriundas de polinização aberta, acarretou em baixa homogeneidade na produção e no desenvolvimento do seringal (ALEM et al., 2015). A partir do uso do melhoramento genético, os plantios comerciais apresentaram melhor uniformidade e aumento da produtividade de borracha natural (GONÇALVES et al., 2002). Diante desta perspectiva, foi possível definir os clones mais produtivos, resistentes a pragas e doenças e demais características secundárias, conforme o zoneamento agroclimático para a aptidão da espécie (MACEDO et al., 2002).

Outro fator importante é a diversificação de clones em uma mesma área para evitar surtos de pragas e doenças, em virtude do longo ciclo da espécie. No estado de São Paulo, os clones são indicados em diferentes escalas de plantio, e os clones RRIM 600 (Rubber Research Institute of Malaysia, Malásia), PR 255 (Proefstation voor Rubber, Indonésia) e GT1 (Gondang Tapen, Indonésia) são recomendados para o plantio em grande escala (SCALOPPI JUNIOR et al., 2017). O clone RRIM 600 é o

mais plantado em escala comercial (ALEM et al., 2015), sendo que representa cerca de 80% do seringais implantados (SCALOPPI JÚNIOR e GONÇALVES, 2011).

Dentre os clones recomendados para o plantio, é necessário conhecer quais são capazes de produzir porta-enxertos mais vigorosos e de melhor emprego, para maior sucesso do empreendimento (VALOIS et al, 1978). Corroborando, Gonçalves et al. (1994) e Cardinal et al. (2007a) os porta-enxertos que apresentam alta compatibilidade com os clones enxertados, resultam em plantas mais produtivas. Pois a escolha incorreta de um porta-enxerto pode significar o insucesso de uma nova combinação, em virtude do efeito negativo da interação entre enxerto e porta-enxerto (CARDINAL et al., 2007b).

No método convencional de produção de mudas de seringueira são utilizados sacos plásticos que apresentam como vantagem o baixo custo de aquisição e de investimento em estrutura do viveiro, e também, este recipiente não necessita do sistema logístico de retorno ao viveiro. Por outro lado, segundo José et al. (2005) e Salisu et al. (2018), utilizar este insumo despende de maior área produtiva no viveiro e não favorece a automatização dos viveiros florestais, dificultando os manejos de irrigação e de fertilização, e causa o enovelamento radicular. Outra questão é que os funcionários desempenham suas funções em posição de baixa ergonomia.

Além destes fatores negativos, o uso de solo como substrato e a colocação dos recipientes em sulcos na área de produção da muda, aumenta a susceptibilidade a pragas e doenças, principalmente aos nematóides, que podem ser disseminados para outras áreas após a fase de viveiro. Diante desta problemática, no estado de São Paulo, a Resolução SAA – 23 de 26 de junho de 2015 (SÃO PAULO, 2015), estabelece que a produção de mudas de seringueira deve ser feita com todos os seus materiais de propagação cadastrados isentos de patógenos e em viveiros suspensos.

O tipo de recipiente utilizado é um dos fatores que influencia diretamente a qualidade das mudas (KOSTOPOULOU et al., 2011; POORTER et al., 2012; DUMROESE et al., 2018). No Brasil os tubetes de plásticos foram inseridos em viveiros florestais comerciais dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* na década de 70, evoluindo o sistema produtivo (JOSÉ et al., 2005). Os tubetes propiciaram melhor propagação das mudas, controle nutricional, proteção das raízes contra choques mecânicos e desidratação, facilidade no manuseio, transporte, distribuição das mudas e plantio (CHIRINO et al., 2008; GILMAN et al., 2010; CARNEIRO et al., 2011; LISBOA et al., 2012; NABAYI et al., 2016), maior quantidade de mudas por área,

automação do sistema de produção e reutilização por um tempo maior que cinco anos (DAVIDE e FARIA, 2008; MAJSZTRIK et al., 2017).

Assim, pretende-se que o uso de tubetes na produção de seringueira possa seguir um caminho similar dos gêneros de *Eucalyptus* e *Pinus* para melhores condições de desenvolvimento e qualidade das mudas desta espécie. Outra característica importante é a qualidade do substrato como um dos fatores que condiciona de forma limitante os padrões de qualidade das mudas em viveiros, produzidos em recipientes de volume restrito. Dentre as características dos substratos, são fundamentais as que promovem a iniciação e estruturação do sistema radicular das mudas (DUTRA et al., 2012; DELARMELINA et al., 2014; TRIGUEIRO e GUERRINI, 2014).

As principais funções do substrato são a sustentação e nutrição das mudas (DALANHOL et al., 2016), e por consequência, para que um substrato seja considerado adequado deverá ter volume constante ao longo do ciclo de produção, mantendo o propágulo no lugar durante a fase de crescimento, além de possuir porosidade que proporcione umidade e boa aeração para as raízes, evitando-se irrigações excessivas, ser livre de ervas daninhas e patógenos e não possuir alto nível de salinidade (HARTMAN et al., 2002; 2011; GHEHSAREH, 2013). Economicamente, o substrato deve ser viável e disponível ao longo do ano para que possa garantir uma produção padronizada (GONÇALVES et al., 2000; STEFFEN et al., 2010; FERMINO e KAMPF, 2012; SIMÕES et al., 2012).

Os substratos usados para produzir mudas podem consistir de uma mistura de componentes minerais e orgânicos (MOTA et al., 2017). Conforme Kratz et al. (2013) o avanço da tecnologia de produção de mudas proporcionou a substituição gradativa da terra de subsolo como substrato por outros materiais, que possibilitou o uso de cascas de árvores, casca de arroz e compostos orgânicos. Devido a existência de diferentes alternativas de componentes de substratos, não há um substrato que seja perfeito para todas as condições e espécies e assim, a mistura de diferentes componentes podem contribuir para o bom desenvolvimento das mudas florestais (BILDERBACK et al., 2005; GONÇALVES et al., 2014).

Segundo Ceglie et al. (2015) o uso dos resíduos orgânicos como substrato é crescente e alguns deles são resultado de aproveitamento econômico e ecológico de resíduos agroindustriais e urbanos. A fim de apresentar novas possibilidades de formulação para os substratos, deve-se aumentar os estudos especialmente quanto a utilização destes resíduos para a produção de mudas, pois são gerados grandes

volumes de matéria-prima para os substratos, representando um problema ambiental se não for apresentado um destino final adequado (KRATZ et al., 2013).

Além de definir os recipientes e substratos que influenciarão na qualidade de mudas de seringueira, a quantificação da necessidade hídrica durante a fase de viveiro é importante, pois a falta ou excesso de água, pode limitar o desenvolvimento das mesmas, evitando o estresse hídrico ou o favorecimento da lixiviação de nutrientes e o aparecimento de doenças (LOPES et al., 2005; MONTAGUE e KJELGREN, 2006).

O principal objetivo da irrigação é proporcionar o uso racional de água às diferentes espécies, atendendo às suas exigências hídricas durante todo o seu ciclo, o que refletirá em alta produtividade e qualidade (BERNARDO, 1994).

A quantidade de água necessária às culturas é em função da ecologia da espécie, do estágio de desenvolvimento, da arquitetura da planta, do tipo do substrato e do recipiente (LEA-COX et al., 2001). Um sistema de irrigação mal dimensionado aliado a manejos inadequados pode afetar o uso satisfatório da irrigação em viveiros, acarretando em desperdício de água e energia, e afetando o desenvolvimento das espécies (THEBALDI et al., 2014), por outro lado, um sistema de irrigação dimensionado corretamente e aliado ao manejo hídrico, pode proporcionar melhor qualidade as mudas, reduzir a lixiviação de nutrientes e água (WARSAW et al., 2009; NEVES et al., 2010).

O manejo hídrico, descrito pelo procedimento em que é determinada a frequência e intervalo entre irrigações, a quantidade de água a ser aplicada em cada irrigação (lâmina ou volume de irrigação) e o tempo necessário de aplicação de água (intensidade de aplicação de água e tempo de um ciclo de irrigação) (FRIZZONE et al., 2012) deve ser apropriado para cada condição específica (espécie, substrato, recipiente, condições climáticas).

Os objetivos do manejo de irrigação visam otimizar a produção por unidade de área, a produção por unidade de volume de água, o benefício econômico por unidade de área e o benefício econômico por unidade de volume de água (FRIZZONE et al., 2012).

Para que o uso racional de água seja eficiente, o sistema de irrigação é questão chave no processo. No Brasil, o sistema de irrigação mais usual em viveiros é a microaspersão, sistema que gera desperdício de água em razão de fatores como vento, espaços vazios e má distribuição dos aspersores em relação às mudas. Muitas

vezes, a uniformidade de aplicação da irrigação é baixa e a precisão dos volumes de água aplicados é incerta (FAIN et al., 1998).

Uma opção quando se trabalha com recipientes maiores é o sistema de irrigação por gotejo (MAJSZTRIK et al., 2017). Este tem a vantagem de aplicar água em pequenas quantidades (a vazão dos gotejadores é de 1 a 10 L h⁻¹) e com alta frequência, o que mantém a umidade do substrato próxima a capacidade de campo e, como não molha a parte aérea das plantas, reduz a chance de incidência de patógenos nas folhas (MAROUELLI e SILVA, 2005; LOPES et al., 2009; SKAGGS et al., 2010; LAPERUTA NETO et al., 2011; VEKARIYA et al., 2011; VILAS BOAS et al., 2011; ASSIS et al., 2014; BIZARI et al., 2016).

Como todo empreendimento florestal, o custo total de produção é variável com nível tecnológico e o sucesso depende do controle e da capacidade de redução dos custos de produção (CARVALHO et al., 2008). Desta forma, com o auxílio de uma avaliação econômica do empreendimento pode-se definir se este é viável ou não de ser implementado (REZENDE e OLIVEIRA, 2008), visando a qualidade e quantidade de mudas em menor tempo e com baixo custo (ATAÍDE et al., 2010)

A partir deste contexto, esta pesquisa visa responder as hipóteses:

- a) Os diferentes substratos e lâminas de irrigação possibilitarão produzir porta-enxertos aptos à enxertia?
- b) Os diferentes substratos e lâminas de irrigação influenciarão o sucesso do método de propagação por borbulhia?
- c) Qual a lâmina de irrigação mais adequada para cada substrato na produção de porta-enxerto de seringueira? Ou qual a lâmina de irrigação mais adequada para cada estágio fenológico e substrato na produção de porta-enxerto de seringueira?
- d) Como os diferentes substratos e lâminas de irrigação influenciam o estado fisiológico e nutricional do porta-enxerto de seringueira durante a fase de viveiro?
- e) A produção de porta-enxertos de seringueira em viveiro suspenso é viável economicamente?

CAPÍTULO 1

DESENVOLVIMENTO E FISIOLOGIA DE PORTA-ENXERTOS 'GT1' DE *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. PRODUZIDOS EM TUBETES SOB DIFERENTES SUBSTRATOS E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E VIABILIDADE DE ENXERTIA

RESUMO

O uso de substratos e o manejo de irrigação são fatores que podem determinar a qualidade das mudas e seu êxito no plantio. A seringueira é uma espécie que é produzida por propagação vegetativa por borbulhia e o sistema convencional de produção de mudas com utilização de solo como substrato tem acarretado a incidência de patógenos. Desta forma, no Estado de São Paulo a Resolução SAA – 23/2015 estabelece as normas para formação de mudas em viveiros suspensos e com insumos isentos de patógenos. O objetivo da pesquisa foi avaliar diferentes substratos e lâminas de irrigação afetam o desenvolvimento de porta-enxertos de *Hevea brasiliensis*. Utilizou-se sementes de *Hevea brasiliensis* (clone GT1), tubetes de polietileno de 800 cm³ e irrigação por gotejamento, que foram instalados em canteiros suspensos no Viveiro de Pesquisas de Mudas Florestais da UNESP-Botucatu. Foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, dispostos no esquema fatorial 3x4, correspondendo a três tipos de substratos (à base de Fibra, Pinus e Turfa) e quatro lâminas brutas de irrigação (8; 11; 14 e 17 mm); com cinco repetições (bandejas) compostas por 12 mudas, totalizando 60 mudas por tratamento. As avaliações realizadas foram: condutividade elétrica e volume do lixiviado, altura, diâmetro do colo, diâmetro a 5 cm do colo, massas secas (aérea, radicular e total), taxa de pegamento da enxertia, taxa de assimilação de CO₂, condutância estomática, concentração interna de CO₂ na folha e taxa de transpiração, eficiência de carboxilação, eficiência do uso de água, potencial hídrico foliar, índice de cor verde nas folhas e quantidades de nutrientes. Verificamos que os substratos Fibra e Turfa apresentaram maior capacidade de retenção de água. Com a lâmina de 17 mm, as plantas mantidas nos substratos Fibra e Pinus tiveram o maior diâmetro de enxertia a 5 cm do colo e no substrato Turfa não houve influência. O substrato Fibra proporcionou maior diâmetro nas lâminas 11; 14 e 17 mm. A taxa de pegamento da enxertia foi afetada somente pela lâmina de irrigação. As variáveis condutância estomática, taxa de assimilação líquida de CO₂, índice SPAD e as quantidades de K, Ca e Mn apresentaram interação entre lâminas de irrigação e substratos. Para os substratos Fibra e Pinus é indicada a lâmina de irrigação de 17 mm. Já para o substrato Turfa, recomenda-se a lâmina de 8 mm.

Palavras-chave: viveiro suspenso; seringueira; substrato; índices fisiológicos; gotejamento; borbulhia.

ABSTRACT

The use of substrates and irrigation management are factors that can determine the quality of the seedlings and their success in planting. The rubber tree is a species that is produced by vegetative propagation (by bubble), and the conventional system of production of seedlings with soil use as substrate has caused the incidence of

pathogens, in this way, the Coordination of Agricultural Defense State of São Paulo (Resolution SAA - 23/2015) updated the standards for seedling formation in suspended nurseries and with pathogen - free supplies. The objective of the research was to investigate which irrigation blade was applied via drip irrigation suitable for the production of rubber tree rootstocks on substrates with different physical properties and its influence on the morphological, physiological and nutritional quality. Seeds of *Hevea brasiliensis* (clone GT1), 800 cm³ polyethylene tubes and drip irrigation were used, which were installed in suspended beds at the Forest Seedlings Research Center of UNESP-Botucatu. It was conducted in a completely randomized design, arranged in the 3x4 factorial scheme, corresponding to three types of substrates (based on Fibra, Pinus and Peat) and four crude irrigation slides (7.7, 10.7, 14.2 and 16.9 mm); with five replicates (trays) composed of 12 seedlings, totaling 60 seedlings per treatment. The evaluations were: physical analysis of the substrates, chemical analysis and volume of the leachate, height, diameter of the neck, diameter at 5 cm of the neck, dry masses (aerial, root and total), rate of grafting, rate of assimilation of CO₂, stomatal conductance, internal CO₂ concentration in the leaf and transpiration rate, carboxylation efficiency, water use efficiency, leaf water potential, leaf green color index and nutrient content. It was verified that the substrates Fibra and Peat presented greater capacity of retention of water. With the 16.9 mm blade, the substrates Fibra and Pinus had the largest grafting diameter at 5 cm of the neck and in the substrate Peat had no influence. In this variable, the fiber substrate was higher on the slides 10.7; 14.2 and 16.9 mm. The grafting rate was affected only by the irrigation blade. The variables stomatal conductance, CO₂ net assimilation rate, SPAD index and K, Ca and Mn contents showed interaction between irrigation slides and substrates. For the Fibra and Pinus substrates the 16.9 mm irrigation blade is indicated. For the substrate Peat, it is recommended the blade of 7.7 mm.

Keywords: forest nursery; rubber tree; physical property of the substrate; dripping; budding.

1.1 INTRODUÇÃO

No plantio comercial de seringueira são utilizadas mudas produzidas por propagação vegetativa, enxertadas via borbulha em porta-enxertos que são provenientes de sementes (CARDINAL et al., 2007). A enxertia possibilita unir características de interesse como altura, produção de látex, perímetro do caule, espessura da casca, tolerância a pragas e doenças e outros (MARTINS et al., 2000; COSTA et al., 2008).

No Estado de São Paulo, os clones asiáticos RRIM 600 (Rubber Research Institute of Malaysia, Malásia) e PR 255 (Proefstation voor Rubber, Indonésia) são usados como enxertos e os mais indicados para o plantio em grande escala (SCALOPPI JÚNIOR e GONÇALVES, 2011) e, dentre eles, o RRIM 600 por sua adaptação é o mais plantado (ALEM et al., 2015). Os clones utilizados como porta-enxertos devem

ser vigorosos e com potencial produtivo (GONÇALVES et al., 1994) para homogeneizar o plantio e a produção de borracha natural (MARTINS et al., 2000) e o clone GT1 tem demonstrado sucesso para esta finalidade (MARTINS et al., 2000; CARDINAL et al., 2007; ZAMUNÉR FILHO et al., 2012).

Em 2015, a Coordenadoria de Defesa Agropecuária (CDA) do estado de São Paulo por meio da Resolução SAA – 23 de 26 de junho de 2015 (SÃO PAULO, 2015) e da Instrução Normativa nº 29 de 5 de agosto de 2009, estabeleceu que a produção de mudas de seringueira deve ser em canteiros suspensos utilizando materiais de propagação e substratos cadastrados no Ministério da Agricultura e Meio Ambiente (MAPA) e isentos de patógenos, a fim de evitar a disseminação de pragas e doenças, principalmente os nematóides.

Com isso o setor passou a ter o desafio de adequar o sistema de produção e os insumos a serem utilizados: recipientes, substratos, sistema e manejo de irrigação e fertirrigação. Para alcançar uma gestão bem sucedida dos viveiros florestais é necessário a combinação eficaz de diferentes tratamentos culturais para a obtenção da qualidade das mudas, que possibilitará o sucesso de enxertia e a viabilização do sistema de produção de mudas de seringueira em bancada suspensa.

Dentre os insumos para a produção de mudas, o recipiente é um dos fatores que influencia diretamente a qualidade (DUMROESE et al., 2018; PINTO et al., 2018).

No Brasil, o método convencional de produção de mudas de seringueira utiliza sacos plásticos que apresentam como vantagem o baixo custo de aquisição e de investimento em estrutura do viveiro. Porém, este recipiente necessita de maior área e apresenta maior dificuldade no manejo de irrigação e nutricional (JOSÉ et al., 2005), além de estrangular e distorcer as raízes devido ao enrolamento radicular, causados quando as raízes atingem a extremidade do recipiente (GREGORIO et al., 2008; SUMESH et al., 2015).

O uso de tubete de polietileno é uma tendência para a substituição dos recipientes de saco plástico para produção de mudas de seringueira (NABAYI et al., 2018), pois apresenta vantagens técnicas na qualidade das mudas como a formação do sistema radicular sem enovelamentos, crescimento inicial pós-plantio mais rápido, melhor controle hídrico e nutricional, proteção das raízes contra choques mecânicos e desidratação, além de, facilitar o manuseio no viveiro e campo (DUMROESE et al., 2011; POORTER et al., 2012; MAJSZTRIK et al., 2017). Conforme Sumesh et al. (2015) o uso de tubetes de 600 a 800 cm³ é uma alternativa viável para a qualidade

de mudas de seringueira, que proporcionam melhor robustez das plantas (relação altura/diâmetro) e promove um sistema radicular vigoroso e sem deformidades.

O substrato é outro insumo que influencia o padrão de qualidade das mudas produzidas em recipientes pequenos (EKPO e SITA, 2010; TRAZZI et al., 2014). Devem apresentar aeração, drenagem, retenção de água e disponibilidade de nutrientes balanceados e proporcionar sustentação as plantas (BOUILLET et al., 2013; DALANHOL et al., 2016), que influenciarão na boa estruturação do torrão a fim de evitar danos às raízes, quando retirado do tubete e plantado no campo, permitindo bom desenvolvimento das mudas (KÄMPF, 2000).

De acordo com Fields et al. (2014) a identificação da capacidade do substrato em reter ou drenar água é um fator crítico para melhorar a eficiência da irrigação. Ao usar um determinado substrato, há de adotar um manejo hídrico adequado às suas propriedades físicas, às características do sistema de irrigação e exigências hídricas da espécie. A determinação da necessidade hídrica das mudas visa sua qualidade, pois a falta de água acarreta o estresse hídrico e o excesso favorece a lixiviação e o aparecimento de doenças, ambos prejudiciais ao desenvolvimento da planta (STOOCHNOFF et al., 2018). De acordo com Lea-Cox (2012), para que o uso de água seja adequado as plantas, deve-se considerar a espécie, tamanho das mudas, tipo de sistema de irrigação e do recipiente substrato, volume radicular, estação do ano e microclima.

Com relação à irrigação em mudas de seringueira em tubetes, há a necessidade de se adequar os manejos hídricos nesta nova perspectiva de sistema de produção que a Resolução SAA – 23 de 26 de junho de 2015 traz, a fim de garantir a qualidade das mudas de seringueira.

Para que o uso racional de água seja eficiente, o sistema de irrigação é questão chave no processo. No Brasil, o sistema de irrigação mais usual em viveiros florestais é a microaspersão, sistema que gera desperdício de água, que apresenta baixa uniformidade de aplicação da irrigação e a precisão dos volumes de água aplicados é incerta (RODRIGUES et al., 2011; NABAYI et al., 2018). O sistema de irrigação empregado em viveiros de seringueira é o “tipo chuveirinho”, que apresenta uma perda superior à microaspersão.

O sistema de irrigação por gotejo é uma alternativa quando se trabalha com recipientes maiores. Possuem a vantagem de aplicar água em pequenas quantidades, baixa vazão e com alta frequência (DAR et al., 2017; KET et al., 2018), o que mantém

o substrato próximo a capacidade de campo (SANTORO et al., 2013). Fatores nos quais irão possibilitar a maior eficiência no uso da água, maior produtividade, maior eficiência na fertirrigação e no controle fitossanitário, economia de mão-de-obra, redução dos gastos com energia e possibilidade de automação (MAJSZTRIK et al., 2017; NABAYI et al., 2018).

Neste sentido, os objetivos desta pesquisa foram: *i)* determinar a lâmina de irrigação mais adequada, em cada substrato, para produzir porta-enxerto aptos a enxertia, *ii)* avaliar os efeitos dos fatores na viabilidade da enxertia e determinar em qual há o maior sucesso e *iii)* avaliar se as interações dos fatores interagiram no desenvolvimento dos porta-enxertos.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Descrição do local de estudo

O experimento foi realizado de fevereiro de 2017 a abril de 2018 no Viveiro de Pesquisas Florestais, do Departamento de Ciência Florestal, da Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, estado de São Paulo, Brasil (48°25' O, 22°51" S).

1.2.2 Delineamento experimental

O experimento foi em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), disposto no esquema fatorial 3x4, correspondendo a três tipos de substratos e quatro lâminas de irrigação, com cinco repetições (bandejas) compostas por 12 mudas, total de 720 mudas.

Os substratos comerciais avaliados na pesquisa foram:

- 1) Substrato Fibra: composto por fibra de coco granulada de textura fina;
- 2) Substrato Pinus: a base de casca de pinus compostada + vermiculita;
- 3) Substrato Turfa: Substrato comercial a base de turfa de *Sphagnum* + vermiculita + casca de arroz torrefada (2:1:1; base volume).

As características físicas dos substratos foram determinadas de acordo com Guerrini e Trigueiro (2004).

Tabela 1 - Análise física dos substratos utilizados no experimento

Substrato	Porosidade (%)			Retenção de água (mL)
	Micro	Macro	Total	
Fibra	62,1 a	21,6 b	83,7 a	32,3 a
Pinus	41,4 b	37,2 a	78,6 b	22,0 b
Turfa	59,3 a	24,2 b	83,5 a	29,7 a

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna, dentro da mesma variável, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). CV: micro (6,6%), macro (10,2%), total (1,8%) e retenção de água (6,7%).

As quatro lâminas de irrigação diária (mm) foram aplicadas uma vez por dia e variaram ao longo do experimento, de acordo com as fases de desenvolvimento dos porta-enxertos e condições climáticas (Tabela 1). Para a determinação do volume de água das lâminas de irrigação foi realizado um pré-teste utilizando dados de evapotranspiração da Estação Meteorológica da UNESP-Botucatu, e em seguida, foi usado lisímetros com os três substratos ao longo do experimento.

Tabela 2 - Lâminas médias de irrigação (mm) ao longo do ciclo produtivo dos porta-enxertos de *Hevea brasiliensis*

Gotejo	Período (dias)							Média Ponderada (mm)
	0 - 87	88 - 113	114 - 165	166 - 213	214 - 217	218 - 259	260 - 326	
1	2,2	4,4	6,6	6,6	8,8	13,2	13,2	8
2	4,4	6,6	8,8	8,8	11,0	17,6	19,8	11
3	6,6	8,8	11,0	11,0	13,2	24,2	26,4	14
4	8,8	11,0	15,6	17,6	19,8	30,8	35,2	17

Dia 0 = início da aplicação das diferentes lâminas de irrigação. Para o gotejador aplicar uma lâmina de 1mm deve funcionar 30 segundos, o que corresponde 4,2 mL por tubete.

1.2.3 Desenvolvimento do experimento

As sementes do porta-enxerto (clone GT1) foram adquiridas de uma empresa do setor, sendo acondicionadas em caixas com areia e mantidas em casa de sombra (cobertura de tela com 50% de sombreamento) até a emissão da parte aérea. Trinta dias após a germinação, quando as plantas estavam em média com 20 cm de altura, foi feita a repicagem (transplântio) para os tubetes de polietileno de 800 cm³ (29 cm de altura e 7,3 cm de diâmetro superior), com 8 estrias internas salientes. Como suporte para os tubetes foram usadas bandejas plásticas planas com 24 células, sendo ocupadas 50% delas, resultando em densidade de 76 mudas por m². Para aclimação dos porta-enxertos após o transplântio, estes permaneceram em casa de sombra por um mês.

Após esse período, os porta-enxertos foram alocados em ambiente protegido (laterais com sombrite 50% e cobertura com filme plástico difusor de 150 micra), sobre bancadas suspensas a 40 cm do piso, utilizando sistema de irrigação por gotejamento

(programador de irrigação Galcon 7001D; botão gotejador NaanDanJain autocompensante de 2 L h^{-1} – modelo Click Tif com derivação de 4 microtubos e pressão igual da mangueira principal; motobomba de 1 Cv).

Os porta-enxertos foram fertirrigados igualmente nos tratamentos e de acordo com a fase de desenvolvimento (Tabela 2) até o pegamento da enxertia nos porta-enxertos. A água para irrigação foi proveniente da Sabesp (Companhia de saneamento básico do estado de São Paulo), cuja condutividade elétrica média foi de $0,05 \text{ dS m}^{-1}$.

Os fertilizantes usados para preparo da solução nutritiva foram: monoamôniofosfato (MAP) purificado (60% de P_2O_5 e 12% de N), nitrato de potássio (45% de K_2O e 12% de N), nitrato de cálcio (15% de N e 20% de Ca), sulfato de magnésio (9,5% de Mg e 13% de N) e ureia (45% de N), e a solução de micronutrientes composta por ácido bórico (17% de B), sulfato de manganês (19% de S e 32,5% de Mn), sulfato de zinco (18% de S e 20% de Zn), sulfato de cobre (13% de S e 25% de Cu), molibdato de sódio (39% de Mo) e ferro quelatado (13% de Fe). A concentração dos nutrientes na solução nutritiva foi de: 591,0; 126,4; 342,0; 285,0; 105,0; 136,5; 6,0; 5,0; 5,2; 7,8; 2,4 e $0,6 \text{ mg L}^{-1}$ de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn e Mo, respectivamente. Esta solução nutritiva proporcionou pH médio de 5,9 e condutividade elétrica (CE) média de $2,85 \text{ dS m}^{-1}$ (Adaptado de MARTINS et al., 2017; VIÉGAS et al., 2018).

Tabela 3 - Caracterização da fertirrigação aplicada nos porta-enxertos de seringueira durante o experimento

Fertirrigação	Volume (mm)	Frequência (dias/semana)	Aumento da solução nutritiva (%)	pH	CE (dS m^{-1})	Total (dias)
1	4,4	1	0	5,9	2,85	142
2	4,4	2	0	5,9	2,85	75
3	6,6	3	0	5,9	2,85	31
4	6,6	3	50	5,3	4,40	78

Fertirrigação 1: 15 de maio a 4 outubro de 2017; Fertirrigação 2: 4 de outubro a 18 de dezembro 2017; Fertirrigação 3: 18 de dezembro de 2017 a 18 de janeiro de 2018; Fertirrigação 4: 18 de janeiro até 06 de abril de 2018. (Adaptado de MARTINS et al., 2017; VIÉGAS et al., 2018).

O controle de pragas e doenças foi realizado segundo Martins et al. (2017) nos períodos de maior ocorrência, aplicando-se o produto via pulverização uma vez por semana, até controlar a injúria.

O ciclo de produção do porta-enxerto foi considerado o tempo necessário para a maior parte (51%) das plantas atingirem um diâmetro superior a 7 mm (ROCHA et al.,

2018), a 5 cm acima do colo (BRASIL, 2009), que é o padrão para fazer a enxertia por borbulhia, estabelecido pela Instrução Normativa nº29 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. E assim, foi realizada a enxertia com o uso de hastes verdes que continham de 10 a 15 borbulhas do clone RRIM 600 aos 410 dias após a semeadura.

1.2.4 Avaliações do experimento

O volume do lixiviado de cada manejo hídrico foi avaliado ao final do ciclo de produção dos porta-enxertos. Para quantificar o volume escoado pelo substrato após cada irrigação ao longo da semana, a água foi coletada em recipientes e mensurada. Este lixiviado foi avaliado quanto ao volume e à condutividade elétrica. Utilizou-se 25 repetições por tratamento.

A coleta de dados morfológicos como a altura e o diâmetro do colo das plantas foram medidos mensalmente (análise não-destrutiva) a partir da aplicação das diferentes lâminas de irrigação. Ao final do ciclo de produção foram medidos: altura (H), diâmetro de colo (D), diâmetro de enxertia a 5 cm acima do colo (D5), massa seca da parte aérea (MSA), massa seca da parte radicular (MSR) (análise destrutiva). A massa seca total (MST) foi calculada somando-se a MSA e MSR. Para a análise não destrutiva das plantas foi utilizada uma amostragem de 60 plantas por tratamento, já para a análise destrutiva foram 30 plantas por tratamento.

A taxa de sobrevivência da enxertia (TS) foi realizada ao final do ciclo de produção dos porta-enxertos, após 21 dias da enxertia das borbulhas, caracterizada pela quantidade de enxertos vivos e que emitiram uma nova gema (futuro caule). Foram utilizadas 25 plantas por tratamento.

A coleta de dados fisiológicos foi realizada ao final do ciclo de produção dos porta-enxertos de seringueira, sendo analisadas as variáveis: trocas gasosas, intensidade de cor verde, potencial hídrico foliar, teor e quantidades de macro e micronutrientes da planta.

Os porta-enxertos receberam irrigação no dia anterior à avaliação, porém, no dia da avaliação foi suspensa a irrigação para verificar o seu efeito nas trocas gasosas.

Para as avaliações das trocas gasosas foram mensuradas: taxa de assimilação de CO₂ (A), condutância estomática (gs), concentração interna de CO₂ na folha (Ci) e taxa de transpiração (E). A partir destes dados, foram quantificados a eficiência de carboxilação (A/Ci) e a eficiência do uso de água (EUA) (A/E).

As análises das trocas gasosas foram realizadas no período da manhã (8 as 11h) em 4 repetições por tratamento, em folhas completamente expandidas e bom estado fitossanitário. Foi usado o equipamento com sistema aberto de fotossíntese com analisador de CO₂ e vapor d'água por radiação infravermelha (IRGA – *Infra Red Gas Analyser*, Modelo Li-6400, LI-COR, USA), com fluxo de ar 300 $\mu\text{mol s}^{-1}$, fonte de luz acoplada (PAR) de 1.500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e sob condições de temperatura e concentração de CO₂ ambientes.

O potencial hídrico foliar foi medido utilizando-se 3 repetições por tratamento, cada planta de uma parcela diferente. Para isso, em um dia típico do ciclo de produção, as 12h00 foram coletadas duas folhas recém maduras, da planta central de cada parcela, colocadas em cápsulas de amostragem circular (4 cm de diâmetro e 1 cm de altura) e transportadas em caixa de isopor com gelo até o laboratório. No laboratório do Departamento de Botânica da UNESP de Botucatu-SP, as folhas foram cortadas em pequenos retângulos e inseridas imediatamente no psicrômetro modelo *Dewpoint Potential Meter* (WP4-T) para análise.

O índice de cor verde das folhas foi realizado entre 8 e 10 h usando o aparelho portátil de clorofila *Soil Plant Analysis Development* (SPAD-502 - marca Minolta). Foram efetuadas quatro medições em 30 plantas por tratamento, nas folhas intermediárias na região central do limbo foliar, evitando-se a nervura central, posteriormente tirada a média destas medições, de cada planta.

Para o teor de macro e micronutrientes da planta (aérea e radicular) foram usadas 3 repetições (amostra composta a partir de 5 plantas) por tratamento. As massas secas de cada repetição foram trituradas no Moinho tipo *Willey*. A análise foi realizada no Laboratório de Nutrição Mineral, no Departamento de Ciência do Solo e Recursos Ambientais. A partir dos dados de teores de nutrientes e massas secas foi obtida a quantidade de nutrientes por planta, multiplicando-se o teor do nutriente pela massa seca da planta.

1.2.5 Análise estatística

Os dados quantitativos foram submetidos ao teste de normalidade, em seguida, à análise de variância e, nos casos em que houve diferenças significativas, realizou-se o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para comparação das médias entre os tratamentos e das interações dos desdobramentos ocorridos. Para os dados

qualitativos da taxa de pegamento foi usado o Teste de Goodman para proporções entre e dentro de populações multinomiais.

Para as variáveis fisiológicas e nutricionais, foi realizada análise de variância em esquema fatorial. Quando o valor do teste F apresentou significância ($p < 0,05$) foi aplicado o teste de Scott-Knott para comparar os tratamentos ($p < 0,05$).

Para correlacionar as características de desenvolvimento com a fisiologia, e a nutrição com a fisiologia das mudas de seringueira foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson.

1.3 RESULTADOS

A influência das propriedades físicas dos substratos é refletida em sua capacidade de reter ou drenar a água aplicada pela irrigação, neste sentido, observou-se que o volume do lixiviado com uso do substrato Pinus foi superior ao Fibra, em 74%, e ao Turfa em 79% (Tabela 4).

Tabela 4 - Volume de água da irrigação lixiviada em tubetes contendo diferentes substratos e porta-enxertos de *Hevea brasiliensis* GT1 via gotejamento aos 367 dias pós-semeadura

Substrato	Lixiviado (mm)					Média
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	
Fibra	8,9 b	8,3 b	10,1 b	7,2 b	6,6 b	8,2 b
Pinus	15,3 a	14,1 a	16,4 a	13,5 a	12,3 a	14,3 a
Turfa	8,3 b	8,2 b	10,2 b	6,5 b	6,7 b	8,0 b
CV (%)	29,8	30,8	28,7	30,9	32,4	30,5

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna, dentro do mesmo dia de avaliação, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Período da avaliação de 05 a 09 de fevereiro de 2019. A lâmina média de irrigação em cada substrato foi de 23 mm.

Em função das lâminas de irrigação, observou-se que o aumento da quantidade de lixiviado foi proporcional ao aumento do volume aplicado, sendo 341% a diferença entre as lâminas de 8 e 17 mm de irrigação. Ao longo da semana também existe uma variação do lixiviado de 52, 75, 43 e 40%, respectivamente para as lâminas de 8; 11; 14 e 17 mm (Tabela 5).

Quando o substrato atinge a capacidade de campo, a água adicional é lixiviada. Uma alternativa para reduzir a lixiviação neste sistema de produção de porta-enxerto de seringueira utilizando a irrigação por gotejamento é o uso de aparelhos que permitam programar de uma maneira mais flexível a aplicação de água, dando mais possibilidades de alternar a frequência de irrigação. Neste âmbito, observou-se que os volumes de água perdido após a irrigação foram 31%, 35%, 45% e 51%, respectivamente para as lâminas 13 mm, 20 mm, 26 mm e 35 mm.

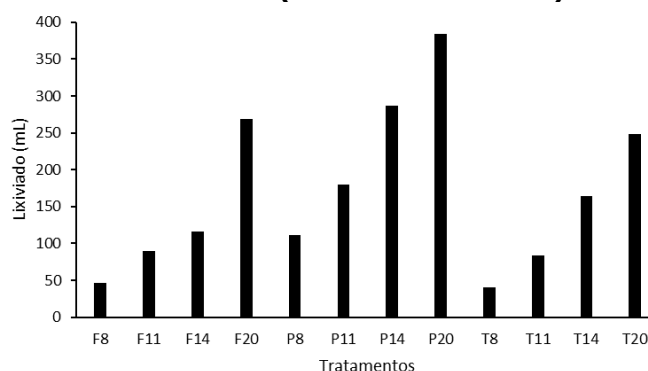
Tabela 5 - Volume de água da irrigação lixiviada em tubetes contendo diferentes lâminas de irrigação e porta-enxertos de *Hevea brasiliensis* GT1 aos 367 dias pós-semeadura

Lâmina de água diária (mm)	Lixiviado (mm)					
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Média
13	5,2 c	3,4 d	4,3 d	3,4 d	3,8 c	4,0 d
20	7,2 c	6,9 c	9,5 c	6,3 c	5,4 c	7,1 c
26	12,1 b	11,8 b	14,2 b	10,5 b	9,9 b	11,7 b
35	18,7 a	18,6 a	20,9 a	16,1 a	15,0 a	17,9 a
CV (%)	29,8	30,8	28,7	30,9	32,4	30,5

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna, dentro do mesmo dia de avaliação, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Período da avaliação de 05 a 09 de fevereiro de 2019.

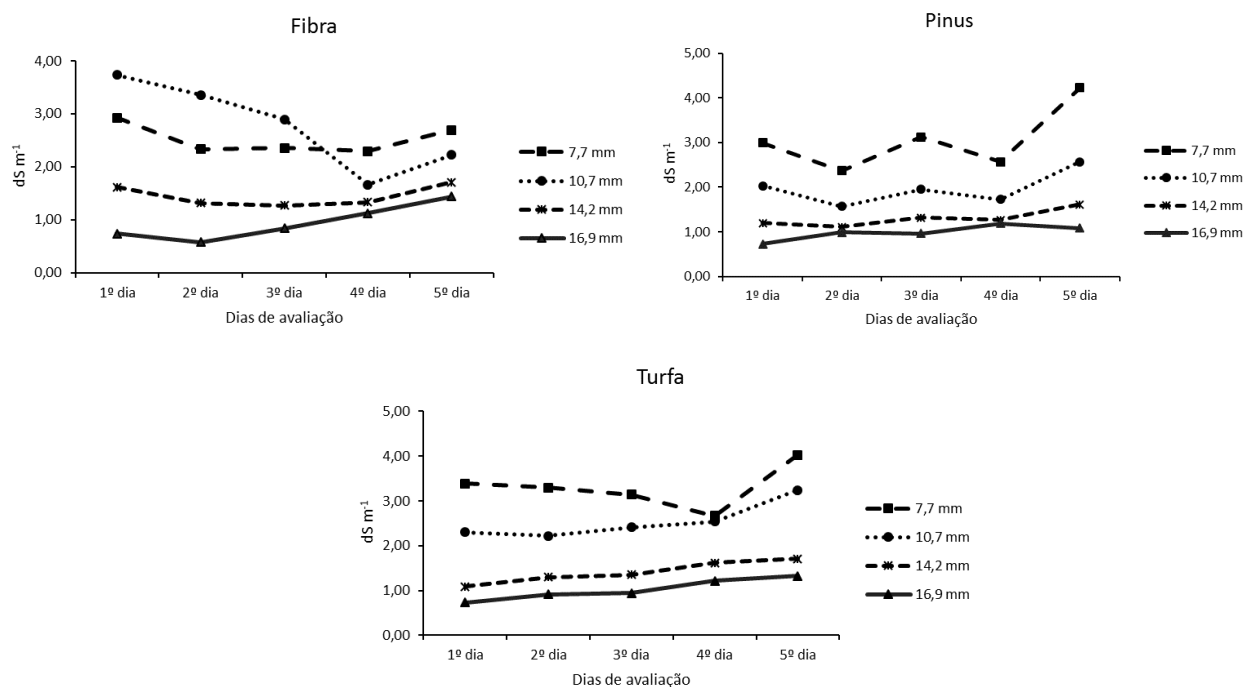
Comparando os tratamentos (lâminas e substratos), nota-se que no substrato Fibra as lâminas 8, 11 e 14 mm tiveram um pequeno aumento do lixiviado e em 17 mm houve um grande volume de água perdido. Já para o substrato Pinus e Turfa, o volume lixiviado foi crescente com o aumento das lâminas, porém, no substrato Turfa o volume lixiviado foi menos acentuado (Figura 1).

Figura 1 - Lixiviado ao final do ciclo de produção de porta-enxertos de *Hevea brasiliensis* (clone GT1) em função dos substratos (F = fibra; P = pinus; T = turfa) e das lâminas de irrigação (8; 11; 14 e 17 mm) aos 367 dias pós-semeadura (média da semana)



O volume de água lixiviada na menor lâmina de irrigação proporcionou a maior condutividade elétrica, com exceção no substrato Fibra, ocorrendo na lâmina de 11 mm que apresentou a maior CE até o 3º dia, e em seguida foi inferior a menor lâmina de irrigação. Independente do substrato, a maior lâmina de irrigação apresentou a menor condutividade elétrica, pois com maior volume de lixiviado houve diluição dos nutrientes na solução e também absorção dos nutrientes pelas plantas (Figura 2).

Figura 2 - Condutividade elétrica (CE, dS m^{-1}) do lixiviado ao final do ciclo de produção de porta-enxertos de *Hevea brasiliensis* GT1 em função das lâminas de irrigação aos 367 dias pós-semeadura



As diferentes propriedades físicas dos substratos influenciaram na retenção e drenagem de água, e assim, o manejo de irrigação via gotejamento aplicado nos porta-enxertos de seringueira afetou o crescimento ao longo do ciclo de produção (Tabela 6 e 7).

Para porta-enxertos de seringueira, a variável mais importante a ser avaliada é o diâmetro a 5 cm do colo, pois indica a aptidão à enxertia. Considerando o efeito das lâminas em cada substrato, observou-se que os substratos Fibra e Pinus proporcionaram maiores valores de diâmetro de enxertia em função do aumento das lâminas. Com o substrato Turfa as lâminas de irrigação não influenciaram esta variável. O substrato Fibra possibilitou o maior crescimento do diâmetro de enxertia em todas as lâminas de irrigação, com exceção da lâmina 8 mm, que foi semelhante ao substrato Turfa (Tabela 6). Aos 367 dias após a semeadura, 83% dos tratamentos apresentavam aptidão à enxertia, ou seja, com diâmetro a 5 cm do colo superior a 7 mm.

Considerando as demais variáveis de crescimento (altura, diâmetro do colo, massa seca aérea, radicular e total), o substrato Fibra proporcionou valores maiores nas lâminas de 14 e 17 mm, com exceção da massa seca radicular que foi na lâmina de 14 mm. No substrato Pinus, a lâmina de 17 mm gerou plantas com os maiores valores, exceto para as massas secas aérea e total, cujo as lâminas de 11; 14 e 17 mm se

assemelharam. Para o substrato Turfa somente a lâmina de 8 mm diferenciou as demais, obtendo os menores valores (Tabela 6 e 7).

Tabela 6 - Altura, diâmetro de colo e diâmetro de enxertia a 5 cm do colo ao final do ciclo de produção de porta-enxertos de *Hevea brasiliensis* GT1 em função dos substratos e das lâminas de irrigação aos 367 dias pós-semeadura

Lâmina de água diária (mm)	Altura da parte aérea (cm)			Diâmetro do colo (mm)			Diâmetro de enxertia a 5 cm do colo (mm)		
	Substrato			Substrato			Substrato		
	Fibra	Pinus	Turfa	Fibra	Pinus	Turfa	Fibra	Pinus	Turfa
8	79,2 Ca	61,1 Cb	81,1 Ba	84 Ca	6,95 Cb	8,12 Ba	7,09 Ca	6,01 Cb	7,32 Aa
11	96,8 Ba	78,0 Bb	97,8 Aa	8,95 Ba	8,08 Bb	8,93 Aa	8,34 Ba	6,80 Bc	7,66 Ab
14	108,8 Aa	85,5 Bc	94,3 Ab	9,73 Aa	7,93 Bb	9,21 Aa	8,77 Ba	7,03 Bc	7,80 Ab
17	115,1 Aa	97,9 Ab	103,6 Ab	10,28 Aa	8,90 Ac	9,52 Ab	9,59 Aa	7,68 Ab	8,15 Ab

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e de letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), em cada variável. CV: H (22,6%), D (17,8%) e D5 (19,4%).

Ao comparar os substratos em cada lâmina de irrigação, os maiores crescimentos dos porta-enxertos foram encontrados nos substratos Fibra e Turfa quando utilizado as lâminas 8 e 11 mm, e ao usar as lâminas de 14 e 17 mm, os porta-enxertos no substrato Fibra obtiveram os maiores valores. No substrato Pinus, independente da lâmina de irrigação, sempre resultou em menores valores (Tabela 6 e 7).

Tabela 7 - Biomassa ao final do ciclo de produção dos porta-enxertos de *Hevea brasiliensis* GT1, 367 dias após a semeadura em função dos substratos e das lâminas de irrigação diária

Lâmina de água diária (mm)	Massa seca aérea (g)			Massa seca radicular (g)			Massa seca total (g)		
	Substrato			Substrato			Substrato		
	Fibra	Pinus	Turfa	Fibra	Pinus	Turfa	Fibra	Pinus	Turfa
8	13,73 Ca	6,46 Bb	12,82 Ba	3,80 Ca	2,87 Ca	3,62 Ba	17,53 Ca	9,33 Bb	16,44 Ba
11	21,78 Ba	11,18 Ab	18,58 Aa	5,56 Ba	4,11 Bb	5,04 Aa	27,34 Ba	15,29 Ab	23,62 Aa
14	29,21 Aa	11,31 Ac	16,62 Ab	7,21 Aa	4,36 Bb	4,68 Ab	36,42 Aa	15,66 Ac	21,31 Ab
17	29,53 Aa	14,68 Ac	19,94 Ab	6,14 Ba	5,08 Ab	5,47 Ab	35,67 Aa	19,76 Ac	25,41 Ab

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e de letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), em cada variável; Coeficiente de variação: MSA (25,4%), MSR (28,6%) e MST (28,5%).

O sucesso de enxertia dos porta-enxertos de seringueira foi influenciado somente pela lâmina de irrigação. As lâminas de irrigação 11 e 14 mm apresentaram os maiores percentuais (Tabela 8). Os substratos propiciaram as plantas o sucesso de enxertia de 35%, 31% e 30% respectivamente no substrato Fibra, Pinus e Turfa, e não houve diferença estatística entre eles.

Tabela 8 - Porcentagem do sucesso da enxertia das borbulhas nos porta-enxertos de *Hevea brasiliensis* GT1, 21 dias após a enxertia e 410 dias após a semeadura

Lâmina de água diária (mm)	Número de plantas enxertadas	Sucesso da enxertia (%)
8	68	18,0 b
11	73	44,0 a
14	73	39,0 a
17	73	28,0 b

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$); CV: 36,5%.

Quanto às trocas gasosas dos porta-enxertos de seringueira aos 375 dias após a semeadura, as variáveis condutância estomática e taxa de assimilação líquida de CO₂ apresentaram efeito da interação entre as lâminas de irrigação e substratos (Tabela 9). Para as variáveis taxa de transpiração, concentração interna de CO₂, eficiência de carboxilação, eficiência do uso de água e potencial hídrico houve efeito dos fatores isoladamente (Tabela 10 e 11).

O uso das lâminas de 14 e 17 mm proporcionaram maiores valores de condutância estomática e taxa de assimilação líquida de CO₂ dos porta-enxertos produzidos com os substratos Fibra e Pinus. O substrato Turfa teve maior condutância estomática com as lâminas 11; 14 e 17 mm, e para taxa de assimilação líquida de CO₂ não houve influência das lâminas de irrigação (Tabela 9).

Tabela 9 - Média da condutância estomática (gs; mol m⁻² s⁻¹), taxa de assimilação líquida de CO₂ (A; μ mol CO₂ m⁻² s⁻¹) de porta-enxertos de *Hevea brasiliensis* GT1 em função dos substratos (fibra, pinus e turfa) e lâminas de irrigação diária (8; 11; 14 e 17 mm) aos 375 dias após a semeadura

Lâmina de água diária (mm)	gs			A		
	Substrato			Substrato		
	Fibra	Pinus	Turfa	Fibra	Pinus	Turfa
8	0,049 Ba	0,056 Ba	0,051 Ba	3,65 Bb	3,00 Bb	6,33 Aa
11	0,041 Bb	0,041 Bb	0,076 Aa	3,50 Bb	3,65 Bb	7,32 Aa
14	0,127 Aa	0,154 Aa	0,091 Ab	7,95 Ab	11,54 Aa	8,17 Ab
17	0,132 Aa	0,152 Aa	0,100 Ab	7,30 Ab	11,77 Aa	8,59 Ab

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e de letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), em cada variável; CV: gs (25,0%) e A (23,9%).

Ao comparar os substratos em cada lâmina de irrigação, foi observado que nas lâminas 8 e 11 mm, o substrato Turfa propiciou maior condutância estomática, e para taxa de assimilação líquida de CO₂ não houve influência dos substratos. Nas lâminas de 14 e 17 mm foi verificado que o substrato Pinus apresentou maior taxa de

assimilação líquida de CO₂ e para condutância estomática dos porta-enxertos o substrato Fibra e Pinus foram similares (Tabela 9).

Como as lâminas de irrigação de 14 e 17 mm propiciaram maior quantidade de água aos porta-enxertos de seringueira e, como consequência possibilitaram a abertura de seus estômatos, os porta-enxertos apresentaram maiores valores de transpiração (E) em relação as menores lâminas de irrigação. Assim como para o potencial hídrico foliar, em que as duas maiores lâminas de irrigação apresentaram os maiores valores e folhas mais túrgidas (Tabela 10).

Tabela 10 - Média das trocas gasosas e do potencial hídrico foliar de porta-enxertos de *Hevea brasiliensis* GT1 em função das lâminas de irrigação diária aos 375 dias após a semeadura

Lâmina de água diária (mm)	E	Ci	A/Ci	EUA	Ψ _w
8	1,88 c	200,52 b	0,024 b	2,03 b	-5,85 b
11	2,51 b	221,40 b	0,022 b	2,27 b	-5,27 b
14	3,67 a	252,80 a	0,042 a	2,66 a	-4,44 a
17	3,82 a	273,84 a	0,045 a	2,88 a	-3,94 a
CV (%)	23,9	16,6	29,5	17,1	12,9

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), em cada variável. E: Transpiração (mmol H₂O m⁻² s⁻¹); Ci: Concentração interna de CO₂ (μmol CO₂ mol⁻¹ar); A/Ci: Eficiência de carboxilação; EUA: Eficiência do uso da água (μmol CO₂ mmol⁻¹ H₂O); Ψ_w: Potencial hídrico (MPa).

O substrato Pinus proporcionou aos porta-enxertos de seringueira maiores valores de transpiração e concentração interna de CO₂, enquanto que para a eficiência de carboxilação e do uso de água foi superior com o uso do substrato Turfa, e não houve influência dos substratos para o potencial hídrico foliar (Tabela 11).

Tabela 11 - Média das trocas gasosas e do potencial hídrico foliar de porta-enxertos de *Hevea brasiliensis* GT1 em função dos substratos aos 375 dias após a semeadura

Substratos	E	Ci	A/Ci	EUA	Ψ _w
Fibra	2,26 c	227,30 b	0,029 b	2,35 b	-4,98 a
Pinus	3,77 a	262,86 a	0,032 b	2,24 b	-4,92 a
Turfa	2,88 b	221,26 b	0,039 a	2,79 a	-4,72 a
CV (%)	23,9	16,6	29,5	17,1	12,9

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), em cada variável. E: Transpiração (mmol H₂O m⁻² s⁻¹); Ci: Concentração interna de CO₂ (μmol CO₂ mol⁻¹ar); A/Ci: Eficiência de carboxilação; EUA: Eficiência do uso da água (μmol CO₂ mmol⁻¹ H₂O); Ψ_w: Potencial hídrico (MPa).

O Índice de coloração verde dos porta-enxertos não foi influenciado pelos substratos nas lâminas 8 e 11 mm, e nas lâminas 14 e 17 mm foram superiores respectivamente, nos substratos Pinus e Fibra. No substrato Fibra, os porta-enxertos

não foram afetados pelas lâminas de irrigação, para o substrato Pinus as lâminas de 8 e 14 mm proporcionaram maiores índices, e no substrato Turfa foi superior na lâmina de 8 mm (Tabela 12).

Tabela 12 - Índice de coloração verde (SPAD) de porta-enxertos de *Hevea brasiliensis* GT1 em função dos substratos e lâminas de irrigação diária aos 375 dias após a semeadura

Lâmina de água diária (mm)	Substrato		
	Fibra	Pinus	Turfa
8	48,3 Aa	52,9 Aa	50,8 Aa
11	45,8 Aa	45,4 Ba	42,2 Ba
14	46,4 Ab	49,8 Aa	45,1 Bb
17	48,2 Aa	40,8 Cb	41,9 Bb

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e de letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). CV: 15,8%.

Para a formação de mudas aptas ao plantio, um dos últimos processos em fase de viveiro é a verificação da sobrevivência do enxerto por meio do sucesso da enxertia e, seu posterior desenvolvimento até a emissão do lançamento foliar, indicando que está pronta a ser plantada. No desenvolvimento dos porta-enxertos de seringueira nota-se que ocorreram correlações significativas entre as variáveis morfológicas e fisiológicas (APÊNDICE 1 a 4).

A taxa de sobrevivência da enxertia apresentou correlação positiva com A com o uso da lâmina 8 mm; gs, Ci, A, Ψ_w e A/Ci na lâmina 11 mm; gs, A e A/Ci na lâmina 14 mm e H, D, D5 e MST na lâmina 17 mm (Tabela 13).

As correlações negativas da TS foram verificadas somente com o uso das lâminas 14 e 17 mm, respectivamente com D e Ψ_w e com A, A/Ci e Ψ_w (Tabela 13).

Tabela 13 - Correlação de Pearson entre as variáveis de desenvolvimento morfológico e fisiológico com a taxa de sobrevivência (TS) dos porta-enxertos de seringueira em função das lâminas de irrigação

	H	D	D5	MST	gs	Ci	E	A	A/Ci	EUA	Ψ_w
TS 8 mm	0,42 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,33 ^{ns}	1,00*	0,39 ^{ns}	-0,47 ^{ns}	-0,43 ^{ns}
TS 11 mm	-0,09 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,56 ^{ns}	-0,40 ^{ns}	0,99*	0,77*	1,00 ^{ns}	0,95*	0,77*	-0,57 ^{ns}	0,86*
TS 14 mm	0,30 ^{ns}	-0,73*	0,23 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,71*	0,34 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,75*	0,89*	-0,36 ^{ns}	-0,98*
TS 17 mm	0,94*	0,89*	0,97*	0,96*	-0,55 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,56 ^{ns}	-0,84*	-0,97*	0,07 ^{ns}	-0,97*

* = significativo ao nível de 5% ($p < 0,05$) de probabilidade e ^{ns} = não significativo. H = altura da parte aérea; D = diâmetro do colo; D5 = diâmetro de enxertia a 5 cm do colo; MST = massa seca total; gs = condutância estomática; Ci = concentração interna de CO₂ na folha; E = taxa de transpiração; A = taxa de assimilação de CO₂; A/Ci = eficiência de carboxilação; EUA = eficiência do uso de água (EUA); Ψ_w = potencial hídrico foliar; TS = taxa de sobrevivência da enxertia.

Quanto a quantidade de nutrientes nos porta-enxertos de seringueira, observou-se que houve interação dos fatores apenas para o K, Ca e Mn. O N e B foram

influenciados pelos substratos, enquanto que, o P, Mg, S, Cu, Fe e Zn apresentaram influência das lâminas de irrigação e dos substratos, porém separadamente.

O K e Ca foram mais absorvidos pelo substrato Fibra em todas as lâminas de irrigação, com exceção de 8 mm, em que os substratos foram semelhantes entre si. Somente no substrato Fibra houve influência das lâminas de irrigação, sendo inferiores estaticamente na lâmina 8 mm. A quantidade de Mn, somente na lâmina de 14 mm que o substrato Fibra foi maior aos demais. As lâminas de irrigação influenciaram os substratos Fibra e Pinus, sendo inferiores estaticamente na lâmina 8 mm e 14 mm, respectivamente (Tabela 14).

Tabela 14 - Quantidade de macro (K e Ca) e micronutrientes (Mn) dos porta-enxertos de seringueira em função dos substratos e das lâminas de irrigação diária aos 367 dias após a semeadura

Lâmina de água diária (mm)	K			Ca			Mn		
	Fibra	Pinus	Turfa	Fibra	Pinus	Turfa	Fibra	Pinus	Turfa
	g planta ⁻¹						mg planta ⁻¹		
8	0,23 Ba	0,18 Aa	0,27 Aa	0,09 Ca	0,09 Aa	0,10 Aa	3,02 Ba	2,98 Aa	2,98 Aa
11	0,45 Aa	0,23 Ab	0,30 Ab	0,14 Ba	0,10 Ab	0,10 Ab	4,28 Aa	3,13 Aa	4,01 Aa
14	0,44 Aa	0,18 Ab	0,26 Ab	0,18 Aa	0,09 Ab	0,11 Ab	4,27 Aa	1,96 Bb	2,99 Ab
17	0,37 Aa	0,27 Ab	0,27 Ab	0,18 Aa	0,13 Ab	0,10 Ab	4,24 Aa	3,28 Aa	3,09 Aa
CV (%)	20,6			18,7			19,1		

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e de letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), em cada nutriente.

Os substratos influenciaram as quantidades de N, P, Mg, S, B, Cu, Fe e Zn na planta. Os nutrientes N, P, S e Zn tiveram as maiores quantidades nas plantas produzidas no substrato Fibra. A maior quantidade de Mg foi encontrada em plantas no substrato Turfa. Para B e Cu as quantidades foram semelhantes estatisticamente nos substratos Fibra e Turfa e o Fe nos substratos Pinus e Turfa (Tabela 15).

Tabela 15 - Quantidade de macro e micronutrientes dos porta-enxertos de seringueira em função dos substratos aos 367 dias após a semeadura

Substratos	N	P	Mg	S	B	Cu	Fe	Zn
	g planta ⁻¹				mg planta ⁻¹			
Fibra	0,59 a	0,10 a	0,06 b	0,06 a	2,09 a	0,28 a	2,00 b	1,12 a
Pinus	0,34 c	0,04 c	0,06 b	0,03 c	1,16 b	0,15 b	8,32 a	0,67 b
Turfa	0,46 b	0,07 b	0,08 a	0,04 b	1,74 a	0,35 a	6,95 a	0,79 b
CV (%)	21,0	20,7	2,22	23,7	27,9	33,4	34,6	19,2

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), em cada nutriente.

A lâmina de irrigação de 11 mm promoveu a maior quantidade de P, Cu e Fe nos porta-enxertos. Os nutrientes Mg, S e Zn tiveram menor absorção quando produzidos 8 mm de irrigação, as demais lâminas foram semelhantes (Tabela 16).

Tabela 16 - Quantidade de macro e micronutrientes (mg planta⁻¹) dos porta-enxertos de seringueira em função das lâminas de irrigação diária aos 367 dias após a semeadura

Lâmina de água diária (mm)	N	P	Mg	S	B	Cu	Fe	Zn
	----- g planta ⁻¹ -----				----- mg planta ⁻¹ -----			
8	0,41 a	0,06 b	0,05 a	0,03 b	1,52 a	0,18 b	4,23 b	0,70 b
11	0,52 a	0,08 a	0,08 a	0,05 a	1,70 a	0,40 a	8,75 a	0,99 a
14	0,46 a	0,07 b	0,07 a	0,04 a	1,63 a	0,25 b	3,98 b	0,88 a
17	0,46 a	0,07 b	0,07 a	0,04 a	1,80 a	0,22 b	6,06 b	0,88 a
CV (%)	21,0	20,7	2,22	23,7	27,9	33,4	34,6	19,2

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), em cada nutriente.

As correlações positivas e significativas entre a fisiologia e a quantidade de nutrientes dos porta-enxertos foram predominantes nas duas menores lâminas de irrigação (APÊNDICE 5 e 6), por outro lado, ocorreu o inverso nas maiores lâminas (APÊNDICE 7 e 8).

Como a TS apresentou 13 correlações com a fisiologia dos porta-enxertos nas quatro lâminas de irrigação, seguindo a ordem decrescente $A > A/Ci = \Psi_w > gs > Ci$ (APÊNDICE 1 a 4), e o nitrogênio foi responsável pela maior quantidade de nutriente na planta, devido a relevância destas duas variáveis utilizadas no experimento, decidimos focar nas correlações existentes entre a fisiologia e nutrição em A e N.

Com o uso da lâmina de 8 mm, o nitrogênio se correlacionou positivamente com a A, A/Ci e TS, e negativamente com o Ψ_w (Tabela 17).

Tabela 17 - Correlação de Pearson entre as variáveis fisiológicas e a quantidade de nitrogênio (N) dos porta-enxertos de seringueira em função das lâminas de irrigação

	gs	Ci	E	A	A/Ci	EUA	Ψ_w	TS
N 8 mm	-0,50 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	0,72*	0,91*	0,26 ^{ns}	-0,93*	0,73*
N 11 mm	-0,49 ^{ns}	-0,88*	-0,40 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,97*	-0,79*	-0,37 ^{ns}
N 14 mm	-0,91*	-0,64 ^{ns}	-0,87*	-0,93*	-0,99*	0,66 ^{ns}	0,86*	-0,94*
N 17 mm	-0,96*	-1,00*	-0,95*	-0,76*	-0,03 ^{ns}	0,98*	-0,02 ^{ns}	0,28 ^{ns}

* = significativo ao nível de 5% ($p < 0,05$) de probabilidade e ^{ns} = não significativo. N = quantidade de nitrogênio no porta-enxerto em cada lâmina de irrigação; gs = condutância estomática; Ci = concentração interna de CO₂ na folha; E = taxa de transpiração; A = taxa de assimilação de CO₂; A/Ci = eficiência de carboxilação; EUA = eficiência do uso de água (EUA); Ψ_w = potencial hídrico foliar; TS = taxa de sobrevivência da enxertia.

Na lâmina de 11 mm, o nitrogênio teve correlação negativa com Ci e Ψ_w , e positiva com EUA. Em 14 mm diários de irrigação houve somente correlações negativas entre

o N e gs, E, A, A/Ci e TS, com exceção do Ψ_w . As correlações obtidas entre o N e gs, Ci, E, A foram negativas e positiva com EUA, ao utilizar a lâmina de 17 mm.

Quanto a taxa de assimilação de CO_2 dos porta-enxertos, na lâmina de 8 mm obteve-se correlação positiva com os nutrientes N, P, K, Ca, S, B, Mn e Zn, e negativa com Mg, Cu e Fe. Na lâmina de 11 mm, correlacionou-se com Mg, S, Cu, Fe e Mn (positiva) e negativamente com Zn. Com o uso de 14 mm diários nota-se correlação negativa entre A e N, P, K, B, Cu, Mn e Zn, e positiva apenas com Ca. Na maior lâmina de irrigação a correlação entre A e N, P e S foram negativas, enquanto com Mg, Fe e Mn foram positivas (Tabela 18).

Tabela 18 - Correlação de Pearson entre as a taxa de assimilação de CO_2 e quantidade de nutrientes dos porta-enxertos de seringueira em função das lâminas de irrigação

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
A 8mm	0,72*	0,89*	1,00*	0,20 ^{ns}	-0,98*	0,81*	0,49 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,59 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,65 ^{ns}
A 11mm	-0,05 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	-0,55 ^{ns}	-0,66 ^{ns}	0,93*	0,83*	0,32 ^{ns}	0,86*	0,76*	0,94*	-0,03 ^{ns}
A 14mm	-0,93*	-0,83*	-0,88*	0,88*	-0,17 ^{ns}	-0,68 ^{ns}	-0,93*	-0,95*	0,45 ^{ns}	-1,00*	-0,76*
A 17mm	-0,76*	-1,00*	0,61 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,73*	-0,93*	-0,46 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,97*	1,00*	-0,45 ^{ns}

* = significativo ao nível de 5% ($p < 0,05$) de probabilidade e ^{ns} = não significativo. A = taxa de assimilação de CO_2 em cada lâmina de irrigação.

1.4 DISCUSSÃO

Verifica-se o quanto a micro e macroporosidade contribuem para a absorção e lixiviação de água e nutrientes influenciando o desenvolvimento dos porta-enxertos. Valores maiores da macroporosidade como apresentado pelo substrato Pinus (Tabela 1) podem acarretar deficiências hídricas para as plantas e afetar seu desenvolvimento (Tabelas 6,7,9,11 e 12), principalmente nas menores lâminas de irrigação, além de afetar na capacidade de retenção de água (Tabela 4 e Figura 1). Segundo Zorzeto et al. (2014) esta característica física dos substratos a base de pinus é em função da presença de frações grandes, que são prejudiciais a acomodação de partículas menores entre as maiores, diminuindo a porosidade total do material. Já o substrato Fibra, apresentou características físicas opostas ao Pinus, com maior microporosidade (Tabela 1) e capacidade de retenção de água (Tabela 4 e Figura 1) e, portanto, influenciou no desenvolvimento dos porta-enxertos (Tabelas 6,7,9,11 e 12). A presença de frações intermediárias e finas em substratos a base de fibra de coco granulada pode ser adequado quando se buscam alta porosidade e presença de microporos, responsáveis pela boa retenção de água (ZORZETO et al., 2014).

Desta forma, conhecer as propriedades físicas dos substratos é fundamental para o uso adequado do manejo de irrigação, logo, atender as exigências hídricas para

produção de porta-enxertos de seringueira em tubetes, ao longo do seu desenvolvimento em fase de viveiro.

Apesar de que a produção de mudas em recipientes com volume restrito tem sido um dos grandes desafios aos viveiristas quanto ao volume adequado de água aplicado às plantas e a lixiviação (BEESON, 2007; OWEN e ALTLAND, 2008), principalmente na produção comercial de mudas de seringueira, a qual usualmente é utilizada a irrigação manual, sendo este sistema que gera desperdício sendo considerado como perda de dinheiro e de produtividade, além de causar sérios problemas ambientais (JUNTUNEN e RIKALA, 2001; INCROCCI et al., 2014).

Neste experimento houve a limitação do aparelho para uma programação (manual) mais flexível da irrigação dos porta-enxertos, em que a água perdida por lixiviação é proporcional ao aumento do volume aplicado (Tabela 5 e Figura 1) e também em função do padrão das plantas (Tabela 6), que apresentaram mais raízes (Tabela 7). Para Owen e Altland (2008) a irrigação de mudas produzidas em tubetes deve ser realizada com maior frequência, pois a água disponível para planta em tubetes com substratos é menor, devido à alta porosidade e o volume do sistema radicular. Portanto, é necessário um sistema de irrigação que forneça a possibilidade de fracionar a irrigação e que seja aplicada lentamente para minimizar as perdas por lixiviação.

Embora a maior lâmina de irrigação tenha aumentado significativamente a quantidade de lixiviado (Tabela 5), a fertirrigação resultou em níveis de condutividade elétrica inferiores do lixiviado comparado com as menores lâminas (Figura 2). A diferença da condutividade elétrica entre a menor e maior lâmina de irrigação foi de 167%, 209% e 222%, respectivamente para os substratos Fibra, Pinus e Turfa. Como consequência deste resultado, entende-se que além da diluição dos nutrientes no lixiviado na lâmina de 17 mm, houve também uma maior absorção que refletiu no crescimento dos porta-enxertos na fase de viveiro (Tabela 6 e 7). Contradizendo ao ocorrido neste experimento, Gürlevik et al. (2014) verificaram que o uso das maiores lâminas de irrigação apresentou níveis mais elevados da condutividade elétrica do lixiviado.

O menor volume de água lixiviada com as lâminas de 8 e 11 mm não significou que o manejo de irrigação estava adequado, dado que, o desenvolvimento morfofisiológico dos porta-enxertos de seringueira (Tabelas 6, 7, 9 e 10) apresentou resultados inferiores, e neste caso o menor volume de lixiviado não representa

vantagem produtiva ao viveiristas (Tabelas 6,7,9,11 e 12). Nestas situações de menor disponibilidade de água para as plantas, Warren e Bilderack (2005) relatam que pode ocasionar o fechamento dos estômatos, e como consequência a redução da taxa fotossintética e eficiência do uso da água pelas plantas, interferindo negativamente no crescimento.

Um objetivo ideal seria zerar o volume de água lixiviada da irrigação, mas, não é uma atividade simples determinar um manejo de irrigação em que atenda as exigências hídricas dos porta-enxertos sem que haja perda de água.

Quanto ao desenvolvimento morfológico dos porta-enxertos de seringueira, a irrigação em diferentes substratos afetou significativamente o desenvolvimento das plantas, assim como observado em outros trabalhos (GABIRA et al., no prelo; DUMROESE et al., 2011; CERVANTES-RODRÍGUEZ et al., 2018). A altura da parte aérea e o diâmetro são duas principais variáveis para medir o crescimento da seringueira em campo (WU, 2007; SALISU et al., 2013; QI et al., 2014). No viveiro, dentre as variáveis morfológicas utilizadas para definir o padrão de qualidade dos porta-enxertos de seringueira, o diâmetro de enxertia é a que apresenta maior interesse, pois irá influenciar no sucesso da enxertia. Conforme as correlações existentes entre a morfologia e fisiologia dos porta-enxertos, nas diferentes lâminas de irrigação, observamos uma alta correlação entre D5 e TS (APÊNDICE 1 a 4) apenas para a lâmina de 17 mm, as demais não foram obtidas correlação entre as variáveis.

Os porta-enxertos com maiores diâmetros facilitam a operacionalização da atividade de enxertia para o trabalhador (ESPÍNDOLA et al., 2004), devido ao não manuseio da enxertia em caules muito finos e tenros (KITAMURA e LEMOS, 2004). Contudo, os porta-enxertos de seringueira apresentam correlação positiva entre o diâmetro de enxertia e a altura da parte aérea (APÊNDICE 1 a 4), ou seja, isso implica que os maiores diâmetros apresentarão maiores alturas das plantas, que irão afetar o manejo e a operacionalização no viveiro. E conforme Rocha et al. (2018) os diâmetros entre 7,2 – 10,3 mm apresentaram sobrevivência dos enxertos de seringueira superior à 70% quando realizada no verão. Já em diâmetros superiores a 10,0 mm, Rocha et al. (2018) verificaram que apenas 34% de sobrevivência da enxertia, sendo que, valores superiores a 10 mm de diâmetro ainda são muito utilizados nos viveiros comerciais.

Em outras espécies, Gomes et al. (2010) e Lemos et al. (2010) verificaram que o sucesso da enxertia tende a ser maior quando os diâmetros e a lignificação do lenho dos porta-enxertos são maiores, uma vez que, possibilita a melhor separação da casca. Neste experimento foi observado os maiores diâmetros do colo e de enxertia (Tabela 6) não promoveram o maior sucesso da enxertia (Tabela 8), sendo que, a diferença entre o sucesso de enxertia está mais relacionada ao volume de água aplicado nos porta-enxertos de seringueira do que os substratos.

Se o viveirista optar pela economia de água no ciclo de produção dos porta-enxertos de seringueira utilizando a lâmina de 8 mm, desde que atinjam o diâmetro mínimo de 7 mm, haveria duas alternativas, ou seja, a escolha seria usar o substrato Fibra ou Turfa. Portanto, a economia de água diária seria de 60% entre a maior e menor lâmina de irrigação.

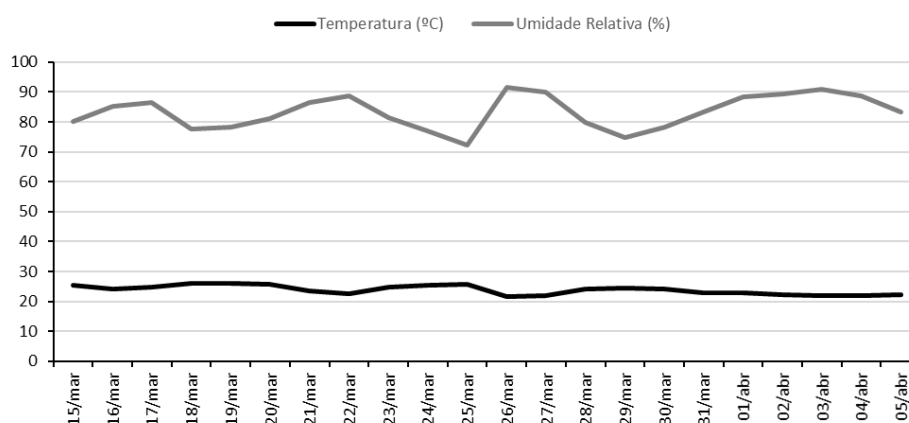
Quanto a massa seca aérea dos porta-enxertos, observou-se que apresenta desenvolvimento similar com a massa seca total (Tabela 7), corroborando com Marengo e Lopes (2007), que verificaram quando a planta produz uma maior área de captação de energia radiante, o que pode influenciar positivamente no crescimento e desenvolvimento. A maior MST dos porta-enxertos produzidos com o substrato Fibra foi ao utilizar a lâmina de 17 mm e no substrato Pinus as lâminas de 11,14 e 17 mm, enquanto que com o substrato Turfa não houve diferença entre as lâminas de irrigação (Tabela 7). Porém estas maiores MST não foram influenciadas pelas maiores taxas de assimilação de carbono, onde, verificou-se que os substratos Fibra e Pinus nas duas maiores lâminas de irrigação possibilitaram a maior capacidade de realizar fotossíntese (Tabela 9), enquanto que, quando utilizado o substrato Turfa foi indiferente.

Neste sentido, a diminuição da concentração interna de CO_2 foliar é reduzida pelo fechamento dos estômatos, ocasionando a redução da taxa de assimilação líquida de CO_2 (JADOSKI et al., 2005), o que corrobora com as correlações existentes entre a MST e C_i , g_s e A , apresentando correlações de média a altamente negativas (APÊNDICE 1 a 4), com exceção da lâmina 8 mm que não apresentou correlação (APÊNDICE 1 a 4). Conforme Taiz e Zenger (2013), em condições de quantidade de luz adequada e ausência de estresse, as plantas apresentam concentrações mais altas de CO_2 que asseguram taxas fotossintéticas elevadas, por outro lado, a fotossíntese é limitada quando há menores concentrações internas de CO_2 .

Silva et al. (2012) observaram que os substratos com maior porosidade total promovem maior qualidade do sistema radicular e por consequência, propiciam melhor desenvolvimento das plantas, assim como ocorreu com os porta-enxertos produzidos no substrato Fibra e Turfa (Tabela 1, 6 e 7). Além da influência do sistema radicular em toda parte aérea dos porta-enxertos durante a fase de viveiro, durante o plantio de acordo com Luis et al. (2009) e Mañas et al. (2009) a qualidade do sistema radicular é um dos componentes mais importantes para o desenvolvimento inicial e a sobrevivência em campo.

Em relação ao sucesso da enxertia obtido com as lâminas intermediárias (Tabela 8), e segundo Gonçalves et al. (2017), relatam que os porta-enxertos devem estar bem hidratados para este procedimento. Os percentuais de sucesso da enxertia de seringueira (Tabela 8) estão abaixo ao encontrado em viveiros comerciais, que são superiores a 70%. Uma das prováveis causas do baixo sucesso de enxertia poderia ser a temperatura, sendo indicada temperatura superior a 25°C durante os 21 dias da enxertia (ZONG DAO e XUEQUIN, 1983), devido a maior atividade cambial (HARTMANN et al., 2002; KUMAR, 2011). E no caso do experimento, a temperatura média foi de 23,9°C (Figura 3).

Figura 3 - Média da temperatura (° C) e Umidade Relativa do ar (%) nos 21 dias após a enxertia.



Para Hartmann et al. (2002) e Sadhu (2005), a temperatura e a umidade do ar são alguns dos fatores mais importantes para cicatrização da enxertia e a formação do calo. Esta conexão é definida pela afinidade entre o enxerto e o porta-enxerto, que é essencial no processo de enxertia e envolve aspectos morfofisiológicos, anatômicos e bioquímicos de uma planta (YIN et al., 2012). E a idade do porta-enxerto relaciona-se com a capacidade de regeneração de uma planta no diâmetro da enxertia, e em

plantas mais jovens ocorre maior atividade meristemática, resultando na formação mais rápida do calo e da cicatrização (HARTMANN et al., 2002).

Além destes fatores, Akinnifesi et al. (2008) e Gonçalves et al. (2017) relatam que a experiência e habilidade da mão de obra especializada é determinante para o sucesso da enxertia. Deve-se considerar também o estado sanitário e nutricional do viveiro e do jardim clonal, o espaçamento entre plantas, manejo de irrigação.

Observa-se que os porta-enxertos irrigados com as duas maiores lâminas de irrigação diárias transpiraram 71% a mais que aqueles irrigados com 8 e 11 mm e suas folhas estavam mais túrgidas, apresentando potencial hídrico foliar superior em 33% (Tabela 10). Manter os porta-enxertos mais hidratados refletiu em maior eficiência do uso de água e de carboxilação, respectivamente 29% e 89% superiores às menores lâminas de irrigação. Para Kharrou et al. (2011) a eficiência do uso da água é um dos índices mais importantes para dimensionar as práticas mais adequadas de gerenciamento da irrigação. E dessa forma, estas respostas fisiológicas demonstram a importância da água para o crescimento e desenvolvimento dos porta-enxertos de seringueira (Tabela 6 e 7), e segundo Cerqueira et al. (2004) a maior disponibilidade de água no substrato permitirá a manutenção da abertura dos estômatos. Por outro lado, a menor disponibilidade de água contida nos substratos afetará negativamente o desenvolvimento dos porta-enxertos (CONFORTO et al., 2007; SEGHATOLESLAMI et al., 2008) (Tabela 6, 7, 9, 10 e 12). De acordo com Ribeiro et al. (2009) e Machado et al. (2010) este fato deve-se à resistência estomática associada ao fluxo de água no sistema substrato-planta-atmosfera, que ocorre uma defasagem entre absorção de água pelo sistema radicular e transpiração, e neste sentido, há o fechamento parcial dos estômatos como uma estratégia para evitar a desidratação excessiva ou um desbalanço hídrico na epiderme foliar, levando assim a redução da fotossíntese e do suprimento de CO₂.

Assim, as menores lâminas de irrigação podem ter interferido no conteúdo de água, observado no menor potencial hídrico foliar (Tabela 10). Estes eventos acarretam na perda de turgor e fechamento dos estômatos, reduzindo a expansão celular e o crescimento das plantas (BEDON et al., 2011; BRITO et al., 2012).

O fechamento dos estômatos dos porta-enxertos é uma resposta direta às menores lâminas de irrigação e que acarretou na diminuição da condutância estomática e transpiração (Tabela 9 e 10), fato que corrobora com Warren et al. (2011) e Campelo et al. (2015). Segundo Pita et al. (2005) devido à limitação de água no substrato, e

quando o sistema radicular detecta esta limitação, o potencial hídrico e o turgor celular são reduzidos.

Desta forma, as raízes produzem ácido abscísico que é enviado até as folhas, que acarretará em mudanças hidráulicas e no fechamento estomático, limitando as trocas gasosas e o crescimento foliar (BEDON et al., 2011). Corroborando com os autores, a correlação da menor lâmina de irrigação entre g_s , E e Ψ_w é negativa com H e D (APÊNDICE 1), por outro lado, na maior lâmina de irrigação (APÊNDICE 4) deveria ter ocorrido o inverso, mas foi similar a menor lâmina, embora os porta-enxertos tiveram desenvolvimento diferente (Tabela 6 e 7).

Já a dinâmica da água nos porta-enxertos foi diferente conforme o substrato utilizado, sendo que no substrato Fibra houve a menor transpiração (Tabela 11), enquanto que nos substratos Turfa e Pinus transpiraram 27% e 67%, respectivamente, a mais que no substrato Fibra. Como os porta-enxertos absorvem toda a água que necessitam por meio de seu sistema radicular, observa-se que, nos porta-enxertos produzidos com o substrato Pinus, obtiveram maior massa seca radicular, quando irrigados com 17 mm diários (Tabela 7), e nesta lâmina o substrato Turfa propiciou desenvolvimento similar ao Pinus, e ambos foram inferiores ao substrato Fibra.

Como a maior transpiração ocorreu no substrato Pinus, neste as plantas apresentaram também a maior condutância estomática (Tabela 9), principalmente nas duas maiores lâminas de irrigação, em que foram similares ao substrato Fibra. Porém, ao comparar o desenvolvimento morfológico entre o substrato Pinus e Fibra, mesmo que o substrato Pinus apresentou maior transpiração e condutância estomática, isso não resultou maiores altura e diâmetros (Tabela 6).

Carvalho et al. (2015) verificaram que o índice SPAD foi reduzido quando as plantas foram submetidas ao manejo de irrigação com déficit hídrico. No entanto, neste experimento o maior índice SPAD foi encontrado nas plantas submetidas à menor lâmina de irrigação, exceto aquelas produzidas com substrato Fibra (Tabela 12).

Quando o índice SPAD atinge valores superiores a 40, podem estar associados com elevado conteúdo de pigmentos fotossintéticos e nitrogênio nas folhas e, valores inferiores a 40 podem ocasionar prejuízos ao sistema fotossintético (NETTO et al., 2005). Assim, o nitrogênio é necessário para a síntese de clorofila e consecutivamente para a fotossíntese (REIS et al., 2006), revelando o estado fisiológico da planta, e a

sua influência no desenvolvimento do vegetal (GAMON e SURFUS, 1999). Neste sentido, observa-se que as folhas dos porta-enxertos apresentavam índices superiores a 40, entretanto, os tratamentos com maiores índices SPAD (Tabela 12) não expressam em maiores porta-enxertos de seringueira (Tabela 6 e 7).

Os macronutrientes mais absorvidos pelos porta-enxertos de seringueira foram $N > K > Ca > P > Mg > S$ (Tabela 14, 15 e 16). Este resultado corrobora com Nobile et al. (2017) com exceção do Mg, presente em maior quantidade nas folhas que o P.

O nitrogênio é um nutriente altamente exigido por diferentes espécies e pode limitar o crescimento das plantas (LAVIOLA e DIAS, 2008). A seringueira apresenta alta eficiência de absorção de K (VIRGENS FILHO et al., 2001), e atua em várias funções fisiológicas (ANSCHÜTZ et al., 2014), como na ativação de sistemas enzimáticos associados à fotossíntese e respiração, além de atuar na regulação osmótica, influenciando a condutância estomática (SHIMAZAKI et al., 2007; AHMAD et al., 2012).

O cálcio é um nutriente que apresenta grande exigência as plantas de seringueira (MENDES et al., 2012), atuando nas regiões meristemáticas, assim como no desenvolvimento do sistema radicular, na composição da parede celular e é importante para a mitose no processo de divisão celular (REIS e CHEPOTE, 2008; TAIZ e ZEGGER, 2013). E o fósforo apresenta grande relevância no crescimento inicial das plantas, pois está associado ao armazenamento e transferência de energia (MACEDO e TEIXEIRA, 2012).

Quanto aos micronutrientes presentes nas folhas dos porta-enxertos, a ordem decrescente de absorção foi $Fe > Mn > B > Zn > Cu$ (Tabela 14, 15 e 16). Mendes et al. (2012) também verificaram que os nutrientes Fe e Mn foram os dois mais absorvidos. O Mn sob condições ácidas, como foi o caso da solução de fertirrigação deste experimento (Tabela 2), tem sua disponibilidade aumentada, devido a sua maior solubilidade dos seus compostos e assim favorecem a sua absorção (PEGORARO et al., 2006). Assim como verificado por Mendes et al. (2012) e Nobile et al. (2017), o Cu foi o nutriente menos absorvido, que pode ser relacionado ao teor de Mn, pois possuem relação inversa (AMARANTE et al., 2010).

Em resumo, vimos que as diferentes lâminas de irrigação e substratos promoveram a interação para o desenvolvimento morfológico, fisiológico e nutricional, respectivamente, em 100%, 37% e 27% das variáveis analisadas.

Para os nutrientes K, Ca e Mn, a lâmina de 8 mm resultou em menor quantidade de nutrientes com o uso do substrato Fibra, enquanto nos substratos Turfa e Pinus, o aumento das lâminas não elevou a quantidade de nutrientes dos porta-enxertos. Para as demais quantidades de nutrientes, os fatores não tiveram interação, sendo que, no substrato Fibra e na lâmina de 11 mm houve a maior quantidade.

1.5 CONCLUSÃO

Para a obtenção dos maiores diâmetros aptos a enxertia em porta-enxertos de seringueira, é indicado o uso dos substratos Fibra e Pinus com a lâmina de irrigação de 17 mm. Já para o substrato Turfa, recomenda-se a lâmina de 8 mm.

O sucesso da enxertia não apresentou influência da interação entre lâminas de irrigação e substratos, apenas de forma isolada. As lâminas 11 e 14 mm diários tiveram o maior sucesso.

Nos três substratos, o aumento das lâminas de irrigação intensifica o desenvolvimento morfológico dos porta-enxertos.

As menores lâminas de irrigação diárias comprometeram o desenvolvimento fisiológico dos porta-enxertos. Os substratos afetaram o desenvolvimento dos porta-enxertos de forma menos acentuada que as lâminas de irrigação.

A quantidade de nutrientes nos porta-enxertos seguiu a ordem $N > K > Ca > P > Mg > S > Fe > Mn > B > Zn > Cu$.

Em relação a taxa de sucesso de enxertia obtidos nas condições em que a pesquisa foi desenvolvida, são necessários novos estudos com o objetivo de incrementar os atuais valores obtidos na propagação vegetativa via borbulhia, afim de aumentar a viabilidade do sistema de produção de mudas de seringueira em viveiro suspenso.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, M.; BUKHSH, H.A.; AHMAD, R.; IQBAL, J.; MAQBOOL, M.M.M.; ALI, A.; ISHAQUE, M.; HUSSAIN, S.; KHAN, D.G. Nutritional and physiological significance of potassium application in maize hybrid crop production. **Pak J Nutr.**, v. 11, n. 2, p:187-202, 2012.
- AKINNIFESI, F.K.; SILESHI, G.; MKONDA, A.; AJAYI, O.C.; MHANGO, J.; CHILANGA, T. Germplasm supply, propagation and nursery management of miombo fruit trees. In: AKINNIFESI, F.K.; LEAKEY, R.R.B.; AJAYI, O.C.; SILESHI, G.; TCHOUDJEU, Z.; MATAKALA, P.; KWESIGA, F.R. (eds). **Indigenous Fruit Trees in the Tropics: Domestication, Utilization and Commercialization**. World Agroforestry Centre: Nairobi. CABI Publishing, Wallingford, UK, p. 341-368, 2008.
- ALEM, H.M.; GOUVÊA, L.R.L.; SILVA, G.A.P.; OLIVEIRA, A.L.B.de; GONÇALVES, P.G. Avaliação de clones de seringueira para a região noroeste do Estado de São Paulo. **Rev. Ceres**, v. 62, n.5, p. 430-437, 2015.
- AMARANTE, C.V.T.do; STEFFENS, C.A.; ERNANI, P.R. Identificação pré-colheita do risco de ocorrência de “bitter pit” em maçãs ‘Gala’ por meio de infiltração com magnésio e análise dos teores de cálcio e nitrogênio nos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p.27-34, 2010.
- ANSCHÜTZ, U.; BECKER, D.; SHABALA, S. Going beyond nutrition: regulation of potassium homeostasis as a common denominator of plant adaptive responses to environment. **J Plant Physiol.**, v. 171, p: 670-687, 2014.
- BEESON, J.C. Determining plant-available water of woody ornamentals in containers in situ during production. **HortScience**, v. 42, p. 1700-1704, 2007.
- BEDON, F. et al. Interaction between environmental factors affects the accumulation of root proteins in hydroponically grown *Eucalyptus globulus* (Labill.). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 49, n. 1, p. 69-76, 2011.
- BOUILLET, J.P.; LACLAU, J.P.; GONÇALVES, J.L.M.; VOIGTLAENDER, M.; GAVA, J.L.; LEITE, F.P. et al. *Eucalyptus* and *Acacia* tree growth over entire rotation in single- and mixed-species plantations across five sites in Brazil and Congo. **Forest Ecology and Management**, v. 301, n.1, p. 89-101, 2013.
- BRASIL, MAPA: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº29**, 05 de agosto de 2009. Dispõe sobre as normas para a produção de sementes e de mudas de seringueira (*Hevea* spp.). Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/INN29de5deagostode2009Completa.pdf>>, acesso em: 11 fev. 2019.
- BRITO, M.E.B.; SOARES, L.A.A.; FERNANDES, P.D.; LIMA, G.S.; SÁ, F.V.S.; MELO, A.S. Comportamento fisiológico de combinações copa/porta-enxerto de citros sob estresse hídrico. **Rev. Bras. Ciênc. Agrár.**, v.7, 857-865, 2012.

CAMPELO, D.H.; LACERDA, C.F.; SOUSA, J.A. et al. Trocas gasosas e eficiência do fotossistema II em plantas adultas de seis espécies florestais em função do suprimento de água no solo. **Revista Árvore**, v.39, n.5, p.973-983, 2015.

CARDINAL, A.B.B.; GONÇALVES, P.S.; MARTINS, A.L.M. Influência de seis porta-enxertos sobre a produção de clones superiores de seringueira. **Bragantia**, v.66, n.2, p.277-284, 2007.

CARVALHO, R. P.; DAVIDE, L. M. C.; BORGES, F. L. G.; DAVIDE, A. C.; DANIEL, O. Respostas morfofisiológicas entre procedências de canafístula submetidas a diferentes condições hídricas e nutricionais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 83, p. 179-188, 2015.

CERQUEIRA, E. C.; CASTRO NETO, M. T.; PEIXOTO, C. P.; SOARES FILHO, W. S. LEDO, C. A. S.; OLIVEIRA, J. G. Resposta de porta-enxertos de citros ao déficit hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, p. 515-519, 2004.

CERVANTES-RODRÍGUES, N.; PRIETO-RUIZ, J.A.; ROSALES-MATA, S.; FÉLIX-HERRÁN, J.A. Growth of mesquite in the nursery under different substrate, irrigation and moisture retainer conditions. **Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente**, v. 24, n.1, p. 17-31, 2018.

COSTA, R.B. da; RESENDE, M.D.V. de; GONÇALVES, P. de S.; OLIVEIRA, L.C.S. de; ÍTAVO, L.C.V.; ROA, R.A.R. Seleção simultânea para porte reduzido e alta produção de látex em seringueira. **Bragantia**, v.67, p.649-654, 2008.

DALANHOL, S. J.; NOGUEIRA, A. C.; GAIAD, S.; KRATZ, D. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares e da adubação no crescimento de mudas de *Eugenia uniflora* L., produzidas em diferentes substratos. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 38, n. 1, p. 117-128, 2016.

DAR, E.A.; BRAR, A.S.; SINGH, K.B. Water use and productivity of drip irrigated wheat under variable climatic and soil moisture regimes in North-West, India. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 248, p. 9-19, 2017.

DUMROESE, R.K.; DAVIS, A.S.; JACOBS, D.F. Nursery response of *Acacia koa* seedlings to container size, irrigation method, and fertilization rate. **Journal of Plant Nutrition**, v.34, n.6, p.877-887, 2011.

DUMROESE, R.K.; PAGE-DUMROESE, D.S.; BROWN, R.E. Allometry, nitrogen status, and carbon stable isotope composition of *Pinus ponderosa* seedlings in two growing media with contrasting nursery irrigation regimes. **Can. J. For. Res.**, v. 41, p. 1091-1101, 2011.

DUMROESE, R.K.; PINTO, J.R.; HEISKANEN, J.; TERVAHAUTA, A.; MCBURNEY K.G.; PAGE-DUMROESE, D.S.; ENGLUND, K. Biochar can be a suitable replacement for sphagnum peat in nursery production of *Pinus ponderosa* seedlings. **Forests**, v. 9, n. 5, p. 232-253, 2018.

EKPO, M.O; SITA, S.K. Influence of growing media on stem diameter and Ecological Characteristics of *Pinus patula* seedlings in Switzerland. **World Journal of Agricultural Science**, v. 6, n. 6, p. 652-659, 2010.

ESPÍNDOLA, A.C.M.; ALMEIDA, C.C.S.; CARVALHO, N.S.G.; ROZA, M.L.A. Diâmetro do caule e método de enxertia na formação de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* ARR. CAM.). **R. Bras. Agrociência**, v.10, n. 3, p. 371-372, 2004.

FIELDS, J.S. et al. Hydrophysical properties, moisture retention, and drainage profiles of wood and traditional components for greenhouse substrates. **HortScience**, v. 49, n. 6, p. 827-832, 2014.

GABIRA, M.M.; SILVA, R.B.G.; MATEUS, C.M.D.; BÔAS, R.L.; SILVA, M.R. Manejo hídrico e composto de lodo de esgoto como substrato no crescimento e qualidade de mudas clonas de eucalipto. **Revista Floresta**. No prelo.

GAMON, J A.; SURFUS, J.S. Assessing Leaf Pigment Content and Activity with a Reflectometer. **New Phytologist**, v. 143, p. 105-117, 1999.

GOMES, W.A.; MENDONÇA, R.M.N.; SOUZA, E.P. de.; et al. Garfagem e diâmetro de porta-enxerto na obtenção de mudas de umbuzeiro do acesso laranja. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 32, n. 3, p. 952-959, 2010.

GONÇALVES, E.C.P.; NINA, L.D.; MARTINS, A.L.M. Diagnóstico dos viveiros suspensos de mudas de seringueira no Estado de São Paulo. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 14, n. 2, 2017.

GONÇALVES, P. S.; MARTINS, A. L. M.; GORGULHO, E.P.; BORTOLETTO, N.; BERMOND, G. Influência de seis porta-enxertos no crescimento de clones de seringueira - avaliação preliminar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 553-560, 1994.

GREGORIO, N.O.; HARRISON, S.; HERBOHN, J. Enhancing tree seedling supply to smallholders in Leyte Province, Philippines: an evaluation of the production system of government Nursery sector and support to smallholder tree farmers. **Small-scale Forestry**, v.7, n. 3-4, p.245-261, 2008.

GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por bio sólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p. 1069-1076, 2004.

GÜRLEVIK, N.; DELIGÖZ, A.; YILDIZ, D. Effects of irrigation and fertilization on the growth of juniper seedlings. **Austrian Journal of Forest Science**, v. 131, n.3, p.171-190, 2014.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR., F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. New Jersey: PRENTICE-HALL, 2002. 880 p.

INCROCCI, L.; MARZIALETTI, P.; INCROCCI, G., et al. Substrate water status and evapotranspiration irrigation scheduling in heterogenous container nursery crops. **Agricultural Water Management**, v. 131, p. 30-40, 2014.

JADOSKI, S.O.; KLAR, A.E.; SALVADOR, E.D. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. **Ambiência**, v.1, p.11-19, 2005.

JOSÉ, A.C.; DAVIDE, A.C.; OLIVEIRA, S.L. de. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Revista Cerne**, v.11, n.2, p.187-196, 2005.

JUNTUNEN, M.L.; RIKALA, R. Fertilization Practice in Finnish Forest Nurseries from the Standpoint of Environmental Impact. **New Forests**, v. 21, p.141- 158. 2001.

KÄMPF, A. N. Substratos para plantas: um desafio para a ciência do solo. **Revista Opinião**, v.26, n.1, p.5-16, 2001.

KET, P.; GARRÉ, S.; OERUNG, C.; HOK, L.; DEGRÉ, A. Simulation of crop growth and water-saving irrigation scenarios for lettuce: a monsoon-climate case study in Kampong Chhnang, cambodia. **Water**, v. 10, n. 5, p. 2-23, 2018.

KHARROU, M.H.; ER-RAKI, S.; CHEHBOUNI, A.; DUCHEMIN, B.; SIMONNEAUX V.; LEPAGE, M.; JARLAN, L. Water use efficiency and yield of winter wheat under different irrigation regimes in a semi-arid region. **Agricultural Science**, v.2, n. 3, p. 273–282, 2011.

KITAMURA, M.C.; LEMOS, E.E.P. Enxertia precoce da gravioleira (*Annona muricata* L.). **Rev. Bras. Frutic.**, v. 26, n. 1, p. 186-188, 2004.

KUMAR, G.N.M. Propagation of plants by grafting and budding. A Pacific Northwest Extension Publication, Pullman, Washington, USA. 2011;

LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. dos S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-mansão. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, n. 1, p. 1969-1975, 2008.

LEA-COX, J.D. 2012. Using wireless sensor networks for precision irrigation scheduling, p. 233–258. In: M. Kumar (ed.). **Problems, perspectives and challenges of agricultural water management**. InTech Press. Rijeka, Croatia.

LEMO, E.E.P.de; SALVADOR, T.L.; SANTOS, Q.C.dos.; et al. Produção de porta-enxertos em tubetes e enxertia precoce da pinheira (*Annona squamosa* L.). **Rev. Bras. Frutic.**, v. 32, n.3, p. 872-891, 2010.

LEONARDO, F.A.P.; PEREIRA, W.E.; SILVA, S.M.; COSTA, J.P.da. Teor de clorofila e índice spad no abacaxizeiro cv. vitória em função da adubação nitrogenada. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 35, n. 2, p. 377-383, 2013.

LISBOA, A. C.; SANTOS, P. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; CASTRO, D. N.; ABREU, A. H. M. Efeito do volume de tubetes na produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* e *Toona ciliata*. **Revista Árvore**, v. 36, n.4, p. 603-609, 2012.

LUIS, V. C.; PUÉRTOLAS, J.; CLIMENT, J.; PETERS, J.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A. M.; MORALES, D.; JIMÉNEZ, M. S. Nursery fertilization enhances survival and physiological status in Canary Island pine (*Pinus canariensis*) seedlings planted in a semiarid environment. **European Journal of Forest Research**, v. 128, n. 3, p.221-229, 2009.

MACEDO, S.T.de.; TEIXEIRA, P.C. Calagem e adubação fosfatada para formação de mudas de araçá-boi. **Acta Amazonica**, v. 42, n.3, p.405-412, 2012.

MACHADO, D. F. S. P; MACHADO, E. C; MACHADO, R. S; RIBEIRO, R. V. Efeito da baixa temperatura noturna e do porta-enxerto na variação diurna das trocas gasosas e na atividade fotoquímica de laranjeira 'valência'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 351-359, 2010.

MAJSZTRIK, J.C. et al. Water Use and Treatment in Container-Grown Specialty Crop Production: A Review. **Water Air and Soil Pollution**, v. 228, n.151, p. 1-27, 2017.

MAÑAS P.; CASTRO E.; DE LAS HIERAS, J. Quality of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait) seedling using waste materials as nursery growing media. **New Forests**, v. 37, n. 3, p. 295-311, 2009.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: Ed. da UFV, 2007. 469 p.

MARTINS, A.L.M.; LUCA, A.C.de; GONÇALVES, E.C.P.; BRITO, P.F.de. **Produção de mudas de seringueira em bancada suspensa e substrato (viveiro suspenso)**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), 2017 (Boletim Técnico, 46p.).

MARTINS, A.L.M.; RAMOS, N.P.; GONÇALVES, P.S.; DO VAL, K.S. Influência de porta-enxertos no crescimento de clones de seringueira no Estado de São Paulo. **Pesq. agropec. bras.**, v.35, n.9, p.1743-1750, 2000.

MENDES, A.D.R.; OLIVEIRA, L.E.M.de; NASCIMENTO, M.N.; REIS, K.L.; BONOME, L.T.S. Concentração e redistribuição de nutrientes minerais nos diferentes estádios foliares de seringueira. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 4, p. 525 – 532, 2012.

NABAYI, A.; TEH, C.B.S.; HUSNI, M.H.A.; SULAIMAN, Z. Plant growth, nutrient content and water use of rubber (*Hevea brasiliensis*) seedlings grown using root trainers and different irrigation systems. **J. Trop. Agric. Sci.**, v. 41, n. 1, p. 251-270, 2018.

NETTO, A.T.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J.G.; BRESSAN-SMITH, R.E. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, v. 104, p. 199–209, 2005.

OWEN, J.S.; ALTLAND, J.E. Container height and douglas fir bark texture affect substrate physical properties. **HortScience**, v. 43, p. 505-508, 2008.

PEGORARO, R.F.; SILVA, I.R. da; NOVAIS, R.F. et al. Fluxo difusivo e biodisponibilidade de zinco, cobre, ferro e manganês no solo: influência da calagem, textura do solo e resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 859-868, 2006.

PINTO, J.R.; McNASSAR, B.A.; KILDISHEVA, O.A.; DAVIS, A.S. Stocktype and vegetative competition influences on *Pseudotsuga menziesii* and *Larix occidentalis* seedling establishment. **Forests**, v. 9, n.5, p.228, 2018.

PITA, P.; CAÑAS, I.; SORIA, F.; RUIZ, F.; TOVAL, G. Use of physiological traits in tree breeding for improved yield in drought-prone environments: the case of *Eucalyptus globulus*. **Investigación Agraria**, v. 14, n. 3, p. 383- 393, 2005.

POORTER, H.; BÜHLER, J.; van DUSSCHOTEN, D.; CLIMENT, J.; POSTMA, J.A. Pot size matters: a meta-analysis of the effects of rooting volume on plant growth. **Functional Plant Biology**, v. 39, n. 10-11, p. 839-850, 2012.

QI, D.; YANG, C.; XIE, G.; WU, Z. Preliminary study on seedling growth rhythm and grey correlation analysis of rubber (*Hevea brasiliensis*) seedlings in Danzhou District, Hainan. **American Journal of Plant Sciences**, v.5, n.26, p. 866-3872, 2014.

REIS, A. R. dos; FURLANI JUNIOR, E.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, v. 65, n. 1, p. 163-171, 2006.

REIS, E.L.; CHEPOTE, R.E.S. Solos e nutrição da seringueira. In: Alvarenga, A. de P.; Carmo, C.A.F.S. Seringueira. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Viçosa, Minas Gerais. 2008.

RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; SANTOS, M. G.; OLIVEIRA, R. F. Photosynthesis and water relations of well-watered orange plants as affected by winter and summer conditions. **Photosynthetica**, v. 47, n. 2, p. 215-222, 2009.

ROCHA, K.B.; ROCHA, J.H.T.; GONÇALVES, A.N. Métodos de enxertia para a produção de mudas de seringueira em viveiro suspenso. **Scientia Forestalis**, v. 46, n.120, p.13, 2018.

RODRIGUES, S. B. S.; MANTOVANI, E. C.; OLIVEIRA, R. A.; PAIVA, H. N.; ALVES, M. E. B. Necessidades hídricas de mudas de eucalipto na região centro-oeste de Minas Gerais. **Irriga**, v. 16, n. 2, p. 212 - 223, 2011.

SADHU, M.K. **Plant propagation**. New Age Internationa Ltd., New Delhi, India. 2005.

SALISU, M.; DAUD, N.; AHMAD, I. Influence of fertilizer rates and soil series on growth performance of natural rubber (*Hevea brasiliensis*) latex timber clones. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 13, p. 1998–2004, 2013.

SANTORO, B.L.; SATO, L.M.; BRUNHARA, B.; PERES, J.G.; SOUZA, C.F. Monitoramento da distribuição de uma solução no solo via fertirrigação por gotejamento. **Irriga**, v. 18, n. 3, p. 572-586, 2013.

SÃO PAULO (Estado). **Resolução SAA - 23**, de 26 de junho de 2015. Estabelece exigências para cadastramento de viveiros, jardins clonais, plantas matrizes produtoras de sementes e normas técnicas de defesa sanitária vegetal, para a produção, comércio e o transporte de mudas, borbulhas e sementes de seringueira (*Hevea* spp.) no estado de São Paulo. Disponível em: < <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/resolucao-saa-23-de-26-06-2015,1035.html> > Acesso em: 10 maio de 2017.

SCALOPPI JÚNIOR, E.J.; GONÇALVES, P.S. Seringueira: panorama, pesquisa e perspectivas de clones. **Pesquisa e Tecnologia**, v.8, n.2, 2011.

SEGHATOLESLAMI, M. J.; KAFI, M.; MAJIDI, E. Effect of drought stress at different growth stages on yield and water use efficiency of five proso millet (*Panicum miliaceum* L.) genotypes. **Pakistan Journal of Botany**, v. 40, n. 4, p. 1427-1432, 2008.

SHIMAZAKI, K.I. et al. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, v.58, p.219-247, 2007.

SILVA, R.B.G.; SIMÕES, D.; SILVA, M. R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 297-302, 2012.

STOOCHNOFF, J.A.; GRAHAM, T.; DIXON, M.A. Drip irrigation scheduling for container grown trees based on plant water status. **Irrigation Science**, v. 36, n. 2, p. 179-186, 2018.

SUMESH, K.V.; SONAM, S.K.; Annamalainathan, K.; JACOB, J. Physiological comparison of root trainer and polybag plants of *Hevea brasiliensis*. **Journal of Plantation Crops**, v. 43, n.3, p. 204-211, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TRAZZI, P.A.; CALDEIRA, M.V.W.; REIS, E.F.dos; SILVA, A.G.da. Produção de mudas de *Tectona grandis* em substratos formulados com biossólido. **Cerne**, v. 20, n. 2, p. 293-302, 2014.

VIÉGAS, L.B.; SIMÕES, D.; LIMA, K.B.de; SILVA, M.R.da. Water management for *Schinus terebinthifolius* Raddi seedlings in degradable containers. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n.1, p. 1-7, 2018.

VIRGENS FILHO, A.C.; ADÔNIS MOREIRA, A.; CASTRO, P.R.C. Effect of liming and fertilization on nutritional state and dry rubber production of rubber-tree. **Pesq Agropec Bras.**, v. 36, p.1019-1026, 2001.

WARREN, R. C.; ARANDA, I.; CANO, J. F. Responses to water stress of gas exchange and metabolites in *Eucalyptus* and *Acacia* spp. **Plant, Cell and Environment**, v. 34, n. 10, p. 1609-1629, 2011.

WARREN, S. L.; BILDERBACK, T. E. More plant per gallon: getting more out of your water. **HortTechnology**, v. 15, n. 1, p.14-18, 2005.

WU, J.L. Study on Stem Diameter Growth of Rubber Tree. **Journal of Hainan State Farm Science and Technology**, v.2, p. 7-15, 2007.

YIN, H.; YAN, B.; SUN, J.; JIA, P.; ZHANG, Z.; YAN, X.; CHAI, J.; REN, Z.; ZHENG, G.; LIU, H. Graft-union development: a delicate process that involves cell–cell communication between scion and stock for local auxin accumulation. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, p. 4219-4232, 2012.

ZAMUNÉR-FILHO, A.N.; VENTURIM, N.; PEREIRA, A.V.; PEREIRA, E.B.C.; MACEDO, R.L.G. Doses of controlled-release fertilizer for production of rubber tree rootstocks. **Cerne**, v. 18, n. 2, p. 239-245, 2012.

ZONG DAO, H.; XUEQIN, Z. Rubber cultivation in China. In: **PLANTERS' CONFERENCE**, 1983, Kuala Lumpur. Persidangan Pelandang, 1983. 15 p.

ZORZETO, T.Q.; DECHEN, S.C.F.; ABREU, M..de; FERNANDES JÚNIOR, F. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, v. 73, n. 3, p. 300-311, 2014.

CAPÍTULO 2

VIABILIDADE DE PRODUÇÃO DE PORTA-ENXERTO DE SERINGUEIRA SOB CONDIÇÕES DE INCERTEZA: ANÁLISE DETALHADA DA RENTABILIDADE

RESUMO

A produção de mudas de seringueira no sistema tradicional com o uso de solo é um método rústico, que proporciona baixo rendimento operacional, ademais, o substrato é constituído por solos que não possuem controle fitossanitário, resultando na susceptibilidade das plantas a pragas e doenças. Diante disso, a Resolução SAA – 23 de 26 de junho de 2015, estabeleceu as normas para formação de mudas de seringueira em viveiros suspensos e com insumos isentos de patógenos. Neste contexto, este experimento teve como objetivo avaliar a viabilidade econômico-financeira da produção de porta-enxertos de seringueira em diferentes substratos e lâminas de irrigação, sob condições de risco e incerteza, mensuradas por meio da Simulação de Monte Carlo. Esta simulação é realizada sobre o fluxo de caixa do investimento florestal, onde as entradas e saídas são dados estocásticos, facilitando a leitura do comportamento do modelo em diversas situações, presentes no horizonte desejado. O experimento foi no viveiro experimental do Departamento de Ciência Florestal da Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu. Foram utilizados porta-enxertos do clone GT1 de *Hevea brasiliensis* produzidos em tubetes de polietileno e irrigação automática por gotejamento, instalados em canteiros suspensos e setorizados, com o uso de diferentes substratos (fibra, pinus e turfa) e lâminas de irrigação (11 e 17 mm diários). Estes tratamentos foram caracterizados como projetos de investimentos. A análise econômica averiguou o custo do milheiro de plantas produzidas por meio do método de custeio por absorção, que consistiu na apropriação dos componentes de custos fixos e variáveis. A avaliação dos projetos de investimentos foi dada a partir de premissas necessárias para a elaboração dos fluxos de caixa, que permitirão a incorporação da análise de risco aos projetos de investimento financeiro. As técnicas quantitativas de análise econômico-financeira considerarão a variação do dinheiro no tempo, por serem as mais aplicadas em análises de investimento. Realizou-se uma simulação de 100 mil cenários probabilísticos dos indicadores de viabilidade usados para a análise de projetos de investimento, que confirmam a viabilidade econômica. Além disso, apresentou um risco econômico-financeiro aceitável ($\leq 25\%$). A mão de obra afetou significativamente

o custo de produção. Dentre projetos de investimentos, a produção de porta-enxertos com o uso de substrato à base de turfa teve o maior VPL e o menor risco econômico.

Palavras-chave: viveiro suspenso; *Hevea brasiliensis*; lâmina de irrigação; substrato; avaliação econômica; método de monte carlo; VPL.

ABSTRACT

The production of rubber tree seedlings with the use of plastic bags is a rustic method, which provides low operational yield, in addition, the substrate used are soils that do not have phytosanitary control, resulting in the susceptibility of the plants to pests and diseases. In view of this, the Agricultural Defense Coordination State of São Paulo, through Resolution SAA - 23 of June 26, 2015, updated the standards for the formation of rubber tree seedlings in suspended nurseries and with pathogen - free supplies. In this context, this experiment aimed to evaluate the economic-financial viability of the production of rubber tree rootstocks in different substrates and irrigation blades, under conditions of risk and uncertainty, measured by the Monte Carlo Simulation. This simulation is performed on the forest investment cash flow, where the inputs and outputs are stochastic data, facilitating the reading of the behavior of the model in various situations, present in the desired horizon. The experiment was carried out in the experimental nursery of the Department of Forestry Science of the Faculty of Agronomic Sciences of Botucatu. The rootstocks of *Hevea brasiliensis*, produced in polyethylene tubes and automatic drip irrigation, were installed in suspended and segmented beds, using different substrates (fiber, pine and peat) and irrigation blades (10.7 and 16, 9 mm daily). These treatments were characterized as investment projects. The economic analysis verified the cost of the mill of plants produced by means of the absorptive costing method, which consisted in the appropriation of the components of fixed and variable costs. The evaluation of investment projects was based on the necessary assumptions for the preparation of cash flows, which will allow the incorporation of risk analysis into financial investment projects. The quantitative techniques of economic-financial analysis will consider the variation of money over time, since they are the most applied in investment analysis. A simulation of 100 thousand probabilistic scenarios of the feasibility indicators used for the analysis of investment projects was carried out, confirming the economic viability. In addition, it

presented an acceptable economic-financial risk ($\leq 25\%$). The labor force has significantly affected the cost of production. Among investment projects, the production of rootstocks with the use of peat-based substrates had the highest NPV and the lowest economic risk.

Keywords: forest nursery; irrigation blade; substrate; economic evaluation; monte carlo method, NPV.

2.1 INTRODUÇÃO

O gênero *Hevea* pertencente à família *Euphorbiaceae*, possui 11 espécies e é endêmica da região Amazônica. A espécie *H. brasiliensis* apresenta a maior importância econômica dentro do seu gênero devido a produção de látex, a qual, são produzidos em plantios comerciais homogêneos de larga escala, destacando-se o Estado de São Paulo como o maior produtor.

Quanto a produção de mudas de seringueira, o setor necessita realizar alterações no manejo do viveiro, segundo Resolução SAA – 23 de 26 de junho de 2015 (SÃO PAULO, 2015) do Estado de São Paulo, a qual impetra a obrigatoriedade na utilização de canteiros suspensos com 40 cm de altura e de recipientes com substratos ausentes de patógenos, conforme o artigo 8º, torna-se imperativa a produção de mudas de qualidade morfológica e ambiental, ademais, com viabilidade financeira.

Neste sentido, a escolha de um substrato adequado para a produção de mudas de seringueira é um dos fatores mais importantes quando se utiliza recipientes de volume restrito (DELARMELINA et al., 2014), uma vez que influencia na arquitetura do sistema radicular e nutrição das mudas (TRAZZI et al., 2014), e também, há a necessidade de se adequar os manejos de irrigação a fim de garantir a qualidade das mudas.

Como todo projeto florestal, apesar das grandes expectativas sobre este método de produção, o sucesso e a padronização de tal procedimento segundo Abadie (2009) e Sommerfeldt e Madani (2017) estão sujeitas às incertezas que obstruem o processo de tomada de decisão. Para Guedes et al. (2011) e Fernandes e Brandão (2016), as incertezas que envolvem os projetos florestais são ainda maiores porque combinam-se com o tempo de retorno do capital. E para o sucesso do projeto, é necessário minimizar as incertezas convertendo-as em riscos.

A Simulação de Monte Carlo é uma das análises mais utilizadas para evitar as incertezas dos projetos (GASPAR e SOARES, 2013; ACEBES et al., 2014), que avalia

um modelo determinista, com o uso de variáveis aleatórias como entradas e a execução de um grande número de iterações de simulação (SCHWABE et al., 2015).

A simulação valoriza a proposta de investimento, melhorando a compreensão e o gerenciamento dos riscos. A combinação de variáveis de entrada engloba o conjunto de cenários e riscos aos quais o investimento pode ser exposto (BATAN et al., 2016), e assim, simular os valores das variáveis e averiguar a sua influência nos indicadores de viabilidade (MOREIRA et al., 2007; LUBAN e HÎNCU, 2010).

Diante deste contexto, para a verificação do projeto de investimento para a produção de porta-enxertos de seringueira no sistema de bancada suspensa com o uso de tubetes e sistema de irrigação automático via gotejamento, nossa pesquisa consiste em verificar se há viabilidade econômica para a produção de porta-enxertos neste sistema. Assim, teve como objetivo avaliar a viabilidade econômico-financeira com base na incerteza dos elementos que compõem o fluxo de caixa, por meio da simulação de Monte Carlo e, permitir a escolha entre as alternativas analisadas.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Descrição do processo de produção

O experimento foi realizado no período de fevereiro de 2017 a fevereiro de 2018, em um viveiro suspenso e setorizado, localizado na região Centro-Oeste do Estado de São Paulo (48°25' O, 22°51' S), pertencente ao Departamento de Ciência Florestal da Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu.

As premissas utilizadas foram:

- Capacidade produtiva anual: 60.000 porta-enxertos;
- Taxa de germinação: 85%;
- Perda total durante a produção: 5%.

Para a produção dos porta-enxertos de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) utilizou-se sementes do Clone GT1, que foram semeadas em caixas de areia e mantidas em casa de sombra até emissão a parte aérea. Após a germinação, as plântulas foram repicadas para tubetes de polietileno de 800 cm³ e mantidas em bandejas plásticas planas com capacidade para 24 tubetes. O preenchimento utilizado foi de 50% entre os porta-enxertos, correspondendo 76 mudas por m². Para a aclimação após a repicagem, permaneceram em casa de sombra por 30 dias.

Em seguida, alocou-se os porta-enxertos para um ambiente protegido caracterizado por laterais com sombrite 50% e cobertura com filme plástico difusor de 150 micra, em bancadas suspensas a 40 cm do solo e com sistema de irrigação por gotejamento (programador de irrigação Galcon 7001D; botão gotejador NaanDanJain autocompensante de 2 L h⁻¹ – modelo Click Tif com derivação de 4 microtubos e pressão igual da mangueira principal; motobomba de 1 Cv). A partir da disposição dos porta-enxertos em ambiente protegido, foi aplicada as adubações via fertirrigação duas vezes por semana com uma lâmina média ponderada de 5,1 mm, com condutividade elétrica de 3,22 dS m⁻¹, composta pelos fertilizantes monoamoniofosfato purificado, nitrato de cálcio, sulfato de magnésio, ureia, ácido bórico, sulfato de manganês, sulfato de zinco, sulfato de cobre, molibdato de sódio e ferro quelatado (13%). A concentração dos nutrientes na solução nutritiva foi de: 591,0; 126,4; 342,0; 285,0; 105,0; 136,5 S, 6,0; 7,8; 2,4; 5,0; 0,6; 5,2 mg L⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg, B, Mn, Zn, Cu, Mo e Fe.

O controle de pragas e doenças foi realizado segundo Martins et al. (2017) nos períodos de maior ocorrência, aplicando-se o produto via pulverização uma vez por semana, até controlar a injúria. O ciclo de produção do porta-enxerto foi concluído quando as plantas atingiram 7 mm de diâmetro apto à enxertia, 5 cm acima do colo, conforme Rocha et al. (2018).

Os processos de produção de porta-enxerto foram caracterizados como projetos de investimentos em ativos biológicos, dimensionados para a produção de um milheiro de porta-enxertos, os quais tiveram 353 dias como período base para um ciclo produtivo, descritos como:

P1: utilização de substrato composto por fibra de coco granulada de textura fina, com lâmina de irrigação diária de 11 mm e, os porta-enxertos apresentavam 8,02 mm de diâmetro de enxertia a 5 cm do colo;

P2: utilização de substrato composto por fibra de coco granulada de textura fina, com lâmina de irrigação diária de 17 mm e, os porta-enxertos apresentavam 9,22 mm de diâmetro de enxertia a 5 cm do colo;

P3: utilização de substrato base de casca de pinus compostada + vermiculita; com lâmina de irrigação diária de 11 mm e, os porta-enxertos apresentavam 6,52 mm de diâmetro de enxertia a 5 cm do colo;

P4: utilização de substrato base de casca de pinus compostada + vermiculita, com lâmina de irrigação diária de 17 mm e, os porta-enxertos apresentavam 7,47 mm de diâmetro de enxertia a 5 cm do colo;

P5: utilização de substrato a base de turfa de *Sphagnum* + vermiculita + casca de arroz torrefada (2:1:1; base volume), com lâmina de irrigação diária de 11 mm e, os porta-enxertos apresentavam 7,54 mm de diâmetro de enxertia a 5 cm do colo;

P6: utilização de substrato a base de turfa de *Sphagnum* + vermiculita + casca de arroz torrefada (2:1:1; base volume), com lâmina de irrigação diária de 17 mm e, os porta-enxertos apresentavam 8,10 mm de diâmetro de enxertia a 5 cm do colo;

A atividade econômica do processo produtivo de porta-enxerto de seringueira está inserida na Classificação Nacional de Atividades Econômicas como Cultivo de mudas em viveiros florestais – Subclasse (0210-1/06). Nesta perspectiva, o viveiro de produção de mudas florestais, foi enquadrado no regime tributário diferenciado, portanto, o pagamento de imposto único foi pautado no Simples Nacional, considerando o faturamento anual de até US\$ 48,147.65, conseguinte, que estabelece deduzir a alíquota de 4,0% sobre a receita bruta.

2.2.2 Análise econômica

Devido ao dólar comercial americano ser uma divisa adotada como referência para o mercado financeiro internacional, os valores foram expressos em US\$, pautada no valor oficial da moeda a preço de venda em consonância ao Banco Central do Brasil (2019). Destarte, ponderou-se como taxa de câmbio o preço da moeda estrangeira mensurado em unidades e frações da moeda nacional, que era de R\$ 3,7385 em 28/02/2019.

Os cálculos das estimativas dos custos totais de produção (CTP) foram por meio do sistema de custeio *Activity Based Costing* (ABC) que consentiu contemplar todos os insumos econômicos aplicados no processo de produção de porta-enxertos, tendo como diretriz o *cost drivers*. Portanto, estabeleceu-se relações entre as atividades demandadas e o consumo de recursos, conseguinte, classificados em custos diretos e indiretos, delineados por elementos de custo, respectivamente por: custo direto (CD) que compreendeu os dispêndios monetários com água, energia elétrica, mão de obra direta, nutrientes, sementes e substratos; custo indireto (CI) que contemplou os valores monetários intrínsecos às despesas administrativas e a remuneração sobre o capital aplicado em ativos reais. Ressalta-se que, para a mão

de obra direta, foi estipulado o salário mensal para um trabalhador que exerce atividades no cultivo de mudas de US\$ 320.98, acrescido de 33,77% referente aos encargos sociais e trabalhistas.

O fluxo de caixa descontando dos projetos de investimentos em ativos biológicos, foram caracterizados como convencionais por apresentarem uma saída inicial, seguida de diversas entradas e, ainda, mutuamente excludentes. Além disto, foram analisados para um horizonte de 10 anos, por consentir prognoses plausíveis sobre as variáveis essenciais. Desta forma, os componentes do fluxo de caixa foram: receita bruta estabelecida em 30% sobre o CTP dos porta-enxerto de seringueira; dedução do imposto único; *operational expenditure* (OPEX); depreciação econômica; e o *capital expenditure* (CAPEX).

2.2.2.1 Taxa de desconto

A taxa de desconto dos projetos de investimentos em ativos biológicos, quer dizer, o custo de financiamento do capital ordinário foi determinado a partir do *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) por tratar-se de aferição complexa e ainda, por considerar que os projetos de investimentos não demandaram a participação de credores. À vista disso, adotou-se a metodologia proposta por Assaf Neto et al. (2008) por considerar o prêmio de risco do país (Equação 1).

$$k_s = r_f + \beta(r_m - r_f) + \alpha_{Br} \quad (1)$$

em que:

r_f é a taxa de retorno de um ativo livre de risco (10-year *Treasury Rate*);

β é o coeficiente sistemático do segmento de madeira, papel e celulose;

r_m é a taxa de retorno da carteira de mercado (*S&P Global Timber & Forestry Index*);

$(r_m - r_f)$ é o prêmio pelo risco de mercado;

α_{Br} é o prêmio de risco do país (EMBI+ Risco-Brasil).

Isto posto, a mensuração empírica do coeficiente sistemático, foi calculado por meio da análise de regressão pelo método de mínimos quadrados, a fim de obter o coeficiente da regressão da equação da reta linear (Equação 2), em consonância à Ross et al. (2015).

$$\beta = \frac{Cov(r_j, r_m)}{\sigma_m^2} \quad (2)$$

em que:

r_j são os retornos sobre o ativo para o qual se deseja calcular a rentabilidade esperada;

σ_m^2 é a variância da carteira de mercado.

Nesta acepção, para o cálculo do o risco econômico, faz-se necessário foi considerar que os projetos de investimentos em ativos biológicos possuíam passivos nos balanços patrimoniais, ou melhor, foi calculado o beta alavancado que é adotado para empresas que possuem dívidas (Equação 4).

$$\beta_L = \beta_U \left[1 + \left(\frac{P}{PL} \right) \times (1 - IR) \right] \quad (4)$$

em que:

β_L é o coeficiente beta alavancado;

β_U é o coeficiente beta de uma empresa sem dívidas;

P são os passivos onerosos;

PL é o patrimônio líquido.

com:

$$\beta_U = \frac{\beta_L}{\left[1 + \left(\frac{P}{PL} \right) \times (1 - IR) \right]} \quad (5)$$

2.2.3 Métodos quantitativos de análise de investimentos

A análise da aplicação de capital nos projetos de investimentos em ativos biológicos, essencialmente é pautada em métodos quantitativos que descrevem o comportamento dos fluxos de caixa, trazendo-os a valores correspondentes à data atual e, consecutivamente, indicando a rentabilidade destes projetos. Neste contexto, com vistas a selecionar o projeto de investimentos pautado no valor monetário equivalente na data focal, foi adotado o valor presente líquido exposto na Equação 6, conforme Giovanni et al. (2017).

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{CF_j}{(1+i)^j} - I_0 \quad (6)$$

em que:

VPL é o valor presente líquido (US\$ mil⁻¹);

n é o número de períodos do horizonte projetado;

j é o período em que os custos e as receitas ocorrem;

CF_j é o fluxo de caixa para cada período do horizonte projetado;

I_0 é o Capex processado na data focal.

Ao presumir-se que os fluxos de caixa serão reinvestidos a uma taxa de juros de renda fixa praticada no mercado financeiro, foi assumida como taxa de rentabilidade dos projetos de investimentos em ativos biológicos, a taxa interna de retorno modificada (TIRM) conforme Simões et al. (2018) determinada por meio da Equação 7.

$$TIRM = \left[\frac{\sum_{j=1}^n REV(1 + i_r)^{n-j}}{\sum_{j=1}^n \frac{|C_j|}{(1+i_f)^j}} \right]^{\frac{1}{n}} - 1 \quad (7)$$

$TIRM$ é a taxa interna de retorno modificada (%);

i_r é a taxa de reinvestimento;

i_f é a taxa de financiamento;

REV é a receita (valor líquido positivo, em cada período “ j ” do fluxo de caixa);

C_j é o custo (valor líquido negativo, em cada período “ j ” do fluxo de caixa).

Assim, para o cálculo da TIRM, utilizou-se a taxa de juros fixa, acrescida do fator de correção monetária, conforme o sistema financeiro brasileiro, vigente para o período de 28/01/2019 a 28/02/2019 para projetar a taxa de reinvestimentos, disponibilizada pelo Banco Central do Brasil (2018).

Com o propósito de classificar os projetos de investimentos em termos de valor econômico agregado, sobretudo, devido aos projetos de investimentos analisados serem mutuamente excludentes, foi assumido o índice de lucratividade (IL), conforme Baral e Kim (2016) exposto na Equação 8.

$$IL = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{CF_j}{(1+k_s)^j}}{I_0} \quad (8)$$

em que:

IL é o índice de lucratividade.

2.2.4 Análise de incerteza usando Monte Carlo

A execução da simulação pelo método de Monte Carlo propicia a obtenção de uma faixa de valores possíveis obtidos a partir das distribuições de probabilidades dos parâmetros de entrada sob condições de incerteza. Logo, foram associadas as

incertezas a cada parâmetro de entrada do modelo matemático (*input*), sendo estes: água; energia elétrica; mão de obra; nutrientes; sementes; substratos; despesas administrativas; remuneração do capital, consecutivamente, influenciam o CTP. Ademais, também foram considerados: o CAPEX; a receita bruta; a depreciação; e a quantidade de dias do ciclo de produção, por ação sob os parâmetros de saída do modelo matemático (*output*).

Assim, para estes parâmetros, foram atribuídas distribuições de probabilidade triangular em consonância à Simões et al. (2018), pautado nos cálculos dos valores-base, considerando uma variação de $\pm 15,0\%$. De modo consequente, com estes dados, foram gerados 100.000 valores pseudoaleatórios realizadas por meio do software @Risk Copyright © 2018 Palisade Corporation (2018), com o propósito de mensurar os riscos econômicos associados aos projetos de investimentos em ativos biológicos. O gerador de números randômicos empregado foi o *Mersenne Twister*, fixando-se o parâmetro inicial para os modelos matemáticos.

A partir dos dados amostrais contínuos obtidos nos resultados simulados, realizou-se a análise do processo de saída do CTP com vistas a obter a distribuição de probabilidade que melhor descreve este parâmetro de interesse, considerado neste estudo o parâmetro mais sensível que acomete os projetos de investimentos em ativos biológicos. Com a distribuição ajustada pelo critério clássico de seleção de modelos *Bayes Information Criterium* (BIC), utilizou-se o teste normalidade de *Kolmogorov-Smirnov* (KS) ao nível de 1% de significância, que segundo Fang e Chen (2019) é um teste estatístico que tem sido amplamente utilizado na prática.

Por fim, foram analisadas as distribuições de probabilidade cumulativa, o percentil 5 e percentil 95 e, o desvio-padrão do VPL, e ainda, as probabilidades de rentabilidade da TIRM e do IL dos projetos de investimentos em ativos biológicos, os quais são adotados como métricas usuais para julgamento de projetos de investimentos, sobretudo, ao consentir a mensuração dos riscos.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Análise de custo de produção de porta-enxertos

O custo de produção pode ser considerado a diretiva de um complexo de elementos indispensável para a gestão econômica de projetos de investimento em ativos biológicos. À vista disso, na Tabela 1 são apresentados os valores estatísticos

dos custos de produção dos projetos de investimentos, derivados dos *inputs* dos modelos matemáticos, logo, os melhores ajustes para os valores observados foi a distribuição Beta, conforme o critério BIC, que de acordo com Konishi e Kitagawa (2008) e Fabrizi e Lahiri (2013) é considerado como clássico para seleção de modelos.

Tabela 1 - Medidas estatísticas do custo de produção (US\$ mil⁻¹) para porta-enxerto de seringueira

Medidas estatísticas	P1	P2	P3	P4	P5	P6
KS	0,0126	0,0127	0,0133	0,0134	0,0111	0,0112
BIC	1,14853	1,147,829	1,147,501	1,147,580	1,148,566	1,148,638
Assimetria	0.0025	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0000
Curtose	2.33	2.33	2.32	2.32	2.36	2.36
α_1	2.97	2.97	2.90	2.91	3.15	3.15
α_2	2.98	2.98	2.90	2.91	3.18	3.17
Mínimo	1,315.23	1,333.38	1,289.09	1,307.17	1,364.10	1,382.28
Máximo	1,720.02	1,738.31	1,689.52	1,708.17	1,780.18	1,798.30
Média	1,517.25	1,535.63	1,489.24	1,507.65	1,571.19	1,589.58
D.P.	76.76	76.78	76.74	76.76	76.89	76.92

Nesta perspectiva, o projeto de investimento P6 foi o que resultou em maior custo médio de produção, sendo 6,31% superior ao projeto de investimento P4, o qual apresentou menor custo médio. Ressalta-se que para ambos os projetos de investimentos, o custo com mão de obra direta foi o elemento que mais exerceu influência sobre o CTP, respectivamente, 78,02% e 82,27%. Portanto, o custo com mão de obra direta representou em média 80,84%, corroborando estudos realizados por Simões e Silva (2010), Dias et al. (2011), Sanches et al. (2013) e Barreto et al. (2018). Segundo Oliveira et al. (2011), é o custo com mão de obra direta é o que mais impacta o custo total de produção de mudas florestais.

Em relação aos insumos demandados para a produção dos porta-enxertos, sobressaíram os custos intrínsecos aos substratos, que resultou em média 4,82% do CTP. Assim, para os porta-enxertos produzidos a partir da turfa (P5 e P6) o dispêndio monetário com este insumo foi de 7,45%, para o P1 e P2 que utilizaram a fibra de coco foi exigido em média 4,35% e para àqueles produzidos com pinus (P3 e P4) o percentual médio foi de 2,45%. Para Cruz et al. (2016) e Dutra et al. (2017) a escolha do substrato afeta diretamente o custo de produção de mudas. Segundo Simões et al. (2012), a redução do custo de produção das mudas é relacionada ao ciclo produtivo, onde os substratos podem propiciar o maior desenvolvimento das plantas em menor período.

Os porta-enxertos de seringueira produzidos com o substrato fibra de coco (P1 e P2) tiveram o maior desenvolvimento do diâmetro de enxertia, e, seu custo de produção foi apenas 2% superior aos produzidos com o substrato a base de casca de pinus (P3 e P4), que apresentaram menor CTP, porém com os menores diâmetros de enxertia. Em relação aos porta-enxertos produzidos com o substrato a base de turfa (P5 e P6), o CTP com o uso de fibra de coco foi 4% menor.

2.3.2 Abordagem do fluxo de caixa descontado

Para a construção do fluxo de caixa descontado, uma das premissas de suma importância é a estimativa do CAPEX, a qual demanda uma tarefa complexa para a obtenção de dados consistentes, condição corroborada por Akhtar et al. (2018) e Ellabban e Alassi (2019) os quais salientam que o CAPEX é um dos fatores críticos levados em consideração para a tomada de decisão do projeto de investimento. Isto posto, o capital aplicado em ativos imobilizados em um viveiro florestal com capacidade produtiva de 150 mil mudas ao ano foi de 437.73 US\$ mil⁻¹.

Implicitamente, as receitas brutas obtidas durante a vida útil do projeto de investimento devem ser explicitadas, portanto, devido ao percentual assumido, o projeto de investimentos que propiciou o maior valor monetário relacionado à receita bruta foi o P6 (2,066.23 US\$ mil⁻¹) e a menor receita foi gerada pelo P4 (1,959.68 US\$ mil⁻¹). Destarte a receita bruta média foi de US\$ 1,995.37 por milheiro de porta-enxertos produzidos. Dias et al. (2011) salientam que o nível da tecnologia empregada para a produção de mudas florestais influencia no custo total, consequentemente, no lucro final. Assim, a viabilidade econômica de um viveiro depende das previsões da receita e despesas do investimento (SANTOS et al., 2013).

Outro objeto extremamente relevante na abordagem do fluxo de caixa descontado é a determinação da taxa de desconto do projeto de investimentos, a qual influencia diretamente o processo de tomada de decisões. Assim, pautado no CAPM, que de acordo com Zabarankin et al. (2014) o CAPM é um dos conceitos fundamentais e mais influentes nas finanças modernas, a taxa de desconto requerida para os projetos de investimentos foi de 11,50%, portanto, custo que representou o capital ordinário. A estimativa deste custo foi estabelecida a partir da taxa de juros livre de risco 5,51%, do beta realavancado de 0,33, da taxa de 11,21% de retorno prevista para a carteira de mercado e do prêmio de risco do país (Brasil) que foi de 4,11%.

Neste sentido, no entendimento de Krishnan e Largay (2000) e Akbar et al. (2011) a previsão dos fluxos de caixa futuros a partir destas informações, são consideradas essenciais para a avaliação e análise de projetos de investimentos em ativos reais. Ademais, ao consentirem a incorporação das incertezas associadas à aplicação do capital, provém resultados com maior nível de acurácia.

2.3.3 Análise de sensibilidade

Indubitavelmente o valor presente líquido pode ser considerado a melhor regra para a tomada de decisão, sobretudo, quando adotado intervalos para a aceitação ou rejeição de um projeto de investimento sob condições de incerteza, isto é, a partir de valores estatísticos. Diante do exposto, Sommerfeldt e Madani (2017) salientam que a simulação pelo método de Monte Carlo pode ser executada com vistas a auxiliar na análise de incerteza do projeto de investimentos.

Portanto, na Tabela 2 observa-se que o P6 foi o projeto de investimento que permitiu agregar mais valor ao investidor florestal, ademais, foi o projeto que apresentou a menor probabilidade do valor presente líquido ser menor do que zero, quer dizer, o projeto tem um risco associado de 23,41%, por outra forma, não ser viável economicamente. Outrossim, a probabilidade de inviabilidade econômica do P5 foi 23,54%, desta forma, ambos os projetos à base de turfa foram àqueles que apresentam menores riscos econômicos ao investidor florestal. Platon e Constantinescu (2014) mencionam que o risco representa a incerteza na obtenção dos resultados desejados e, que pode gerar oportunidades ou ameaças ao investimento. Com isso, gerenciar os riscos do investimento pode ajudar na mitigação e tomada de decisão (BATRA e VERMA, 2017).

Sob esta perspectiva, o P3 e o P4 que tiveram como base de insumo a casca de pinus, foram os projetos de investimentos que apresentaram maiores riscos econômicos, em outras palavras, de insucesso econômico por apresentarem respectivamente, 24,69% e 24,43% do valor presente líquido apresentar valor monetário negativo. Em relação aos projetos de investimentos P1 e P2 que propiciaram o desenvolvimento dos porta-enxertos a partir da fibra, derivaram risco econômico de 24,33% e 24,07%.

Tabela 2 - Medidas estatísticas do valor presente líquido (US\$ mil⁻¹) para porta-enxerto de seringueira

Medidas estatísticas	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Mínimo	(1,801.95)	(1,812.02)	(1,785.43)	(1,795.47)	(1,833.82)	(1,843.89)
Máximo	4,753.31	4,818.48	4,648.57	4,713.85	4,954.95	5,020.12
Média	901.59	923.34	868.14	889.95	965.97	987.71
D.P.	1,129.18	1,142.14	1,108.29	1,121.27	1,169.40	1,182.36
Percentis						
5%	(1,018.75)	(1,019.16)	(1,016.69)	(1,017.05)	(1,022.76)	(1,023.18)
95%	2,626.97	2,668.98	2,561.64	2,603.72	2,752.79	2,794.78

Em análise a taxa interna de retorno modificada, evidencia-se que a tomada de decisão pautada neste critério não produz proposições contraditórias, ou melhor, a taxa obtida refere-se unicamente ao retorno do projeto de investimento, não implicando na necessidade de reinvestimentos dos fluxos à taxas excepcionais, mas em taxas razoáveis do mercado financeiro. Em conformidade a Mackevičius e Tomaševič (2010) e Ivanović et al. (2015) a TIRM é caracterizada como o melhor indicador da taxa de retorno real dos ativos investidos.

Perante este contexto, o valor médio da TIRM para os projetos de investimento direcionado aos porta-enxertos produzidos com fibra de coco foi de 20,65% (P1) e 25,89% (P2), portanto, 27,17% e 27,08%, respectivamente, superiores a CAPM, ou seja, à taxa de desconto dos projetos de investimentos em ativos biológicos. Já os projetos de investimento com substrato a base de casa pinus foram 27,31% (P3) e 27,20% (P4) superiores a CAPM, com TIRM média de 20,47% e 20,59%, na devida ordem.

Em consonância, os projetos P5 e P6 foram superiores a CAPM em 26,94% e 26,85%, respectivamente. Com isso, foi proporcionado uma taxa de juros dos projetos de investimentos em ativos biológicos de 20,99% para o projeto P5 e de 21,10% para o projeto P6.

Tabela 3 - Medidas estatísticas da taxa interna de retorno modificada para porta-enxerto de seringueira

Medidas estatísticas	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Mínimo	-6,20%	-6,15%	-6,24%	-6,20%	-6,12%	-6,08%
Máximo	39,18%	39,34%	38,92%	39,08%	39,66%	39,82%
Média	20,65%	25,89%	20,47%	20,59%	20,99%	21,10%
D.P.	9,85%	9,90%	9,77%	9,82%	10,00%	10,05%
Percentis						
5%	3,59%	3,63%	3,55%	3,58%	3,68%	3,72%
95%	32,47%	32,62%	32,22%	32,38%	32,93%	33,08%

A escolha dos projetos de investimento quanto a lucratividade obtida na produção de porta-enxerto de seringueira em canteiros suspensos, no qual, Ellaban e Alassi (2019), mencionam que o índice de lucratividade (IL) é uma técnica para avaliar a eficiência do capital investido. E, segundo Rangel et al. (2016) e Entler et al. (2018), o IL relaciona o lucro econômico do projeto e o investimento inicial, assim, o projeto P2 obteve o valor médio do IL de 4.87 com probabilidade de ocorrência de 100%, permitindo agregar o maior valor à aplicação de capital, ou seja, a cada US\$ 1.00 investido, o investidor florestal conseguirá US\$3.87 de retorno. Da mesma maneira, a probabilidade de agregar valor ao investimento do P1 foi de 85,37%, possibilitando reverter US\$ 3.00, a cada dólar investido.

Para os projetos de investimento P3 e P4, que tiveram a menor agregação de valor do investimento, respectivamente 3.92 e 3.97, propiciaram a probabilidade do IL ser superior a 1 de 85,19% e 85,33%. Logo, os projetos de investimento P5 e P6 demonstraram a probabilidade de ocorrência do retorno de capital de 85,70% (4.14) e 85,83% (4.19), respectivamente.

O cultivo de seringueira no país apresenta alto potencial devido a sua baixa participação mundial (1%) e com isso necessita de importação de borracha natural, principalmente dos principais concorrentes (países asiáticos) que são os maiores produtores mundiais. Em contrapartida, favorável a produção nacional de borracha natural, o Brasil possui condições edafoclimáticas favoráveis e uma extensa área apta ao plantio comparada ao demais países produtores.

A necessidade de expansão do cultivo de seringueira no país irá favorecer os produtores de mudas, que também necessitaram aumentar sua capacidade produtiva, e aos viveiros comerciais instalados no Estado de São Paulo, precisaram atender a Resolução SAA – 23/2015 que estabelece as normas para formação de mudas em viveiros suspensos e com insumos isentos de patógenos, e como verificado nesta pesquisa os projetos de investimento para produção de porta-enxertos de seringueira apresentaram-se viáveis economicamente.

2.4 CONCLUSÃO

Em síntese, dos itens que compõem o custo total dos projetos de investimento, a mão de obra foi a variável que mais onerou a produção de porta-enxerto de seringueira.

As receitas brutas e rentabilidades dos projetos de investimento de um viveiro florestal destinado a produção de porta-enxertos de seringueira em canteiros suspensos foram proporcionais aos dispêndios econômicos para sua implantação.

Os indicadores econômicos VPL, TIRM E IL mostraram que o projeto de investimento de produção de porta-enxerto de seringueira em canteiros suspensos e com uso de tubetes é economicamente viável para todas as condições de investimento e com risco aceitável ($\leq 25\%$).

Com base na análise de risco dos projetos de investimento pela Simulação de Monte Carlo, a implementação dos projetos é recomendada. O projeto de investimento P6 mostrou a melhor possibilidade de obter resultados positivos de VPL, assumindo 21,1% de TIRM, 85,83% de ocorrência do IL e a menor probabilidade de ser inviável economicamente.

O menor custo de produção dos porta-enxertos de seringueira foi obtido com o uso do substrato a base de casca de pinus, seguidos pelo substrato a base de fibra de coco e de turfa.

A menor rentabilidade da produção de porta-enxerto de seringueira ocorrerá se o tomador de decisão optar pelo uso do substrato a base de casca de pinus (P3 e P4). Com o substrato a base de fibra de coco e de turfa o VPL foi superior em 4% e 11%, respectivamente.

A simulação de Monte Carlo demonstra quais as variáveis mais importantes dos projetos de investimentos para a produção de porta-enxerto de seringueira e permite ao tomador de decisões a escolha adequada ao investimento.

REFERÊNCIAS

- ABADIE, L.M. Valuation of long-term investments in energy assets under uncertainty. **Energies**, v.2, n.3 p. 738-768, 2009.
- ACEBES, F.; PAJARES, J.; GALÁN, J.M.; LÓPEZ-PAREDES, A. Exploring the influence of seasonal uncertainty in project risk management. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v.119, p. 329-338, 2014.
- AKBAR, S.; SHAH, S.Z.A.; STARK, A.W. The value relevance of cash flows, current accruals, and non-current accruals in the UK. **International Review of Financial Analysis**, v. 20, n. 5, p. 311–319, 2011.
- AKHTAR, M.S.; BISWAS, P.; ADHYA, A. An ILP-based CapEx and OpEx efficient multi-stage TDM/TWDM PON design methodology. **Optical Fiber Technology**, v. 46, p.205-214, 2018.
- ASSAF NETO, A.; LIMA, F. G.; ARAÚJO, A. M. P. Uma proposta metodológica para o cálculo do custo de capital no Brasil. **Revista de Administração**, v.43, n.1, p.72-83, 2008. Disponível em: http://bdpi.usp.br/single.php?_id=001680989&locale=en_US.
- BANCO CENTRAL do BRASIL. **Conversão de moedas**. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/conversao/conversao.asp>> Acesso em: 01 de mar 2019.
- BANCO CENTRAL do BRASIL. **“Estatísticas Econômico-Financeiras”**. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/sgspub/pefi300/telaCtjSelecao.paint>>. Acesso em: 01 de mar 2019.
- BARAL, S.; KIM, K.C. Stand-alone solar organic rankine cycle water pumping system and its economic viability in Nepal. **Sustainability**, n. 8, v.1, p. 1-18, 2016.
- BARRETO, V.C.S.; OLIVEIRA, P.A.de; SIMÕES, D. Modelo de apuração de custo de industrialização do leite pasteurizado tipo C. **Tekhne e Logos**, v.9, n.1, p. 68-77, 2018.
- BATAN, L. Y., GRAFF, G. D., BRADLEY, T. H. Techno-economic and Monte Carlo probabilistic analysis of microalgae biofuel production system. **Bioresource Technology**, v. 219, p. 45-52, 2016.
- BATRA, R.; VERMA, S. Capital budgeting practices in Indian companies. **IIMB Management Review**, v. 29, n.1, p.29-44, 2017.
- CRUZ, F.R.S.; ANDRADE, L.A.de; FEITOSA, R.C. Produção de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) em diferentes substratos e tamanho de recipientes. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 69-80, 2016.

DELARMELINA, W. M.; CALDEIRA, M. V. W.; FARIA, J. C. T.; GONÇALVES, E. O.; ROCHA, R. L. F. Diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 224-233, 2014.

DIAS, B.A.S.; MARQUES, G.M.; da SILVA, M.L.; COSTA, J.M.F.N. Análise econômica de dois sistemas de produção de mudas de eucalipto. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n.2, p.171-177, 2011.

DUTRA, A.F.; ARAUJO, M.M.; ZIMMERMANN, A.P.L.; RORATO, D.G.; AIMI, S.C. Qualidade morfológica de mudas de *Prunus sellowii* submetidas a diferentes substratos. **Pesq. flor. bras.**, v. 37, n. 92, p. 619-624, 2017.

ELLABAN, O.; ALASSI, E. Integrated economic adoption model for residential grid-connected photovoltaic systems: An Australian case study. **Energy Reports**, v. 5, p.310–326, 2019.

ENTLER, S.; HORACEK, J.; DLOUBHY, T.; DOSTAL, V. Approximation of the economy of fusion energy. **Energy**, v.152, p.489-497, 2018.

FABRIZI, E.; LAHIRI, P. A design-based approximation to the bayes information criterion in finite population sampling. **Statistica**, v.73, n.3, p. 289-301, 2013.

FANG, F.; CHEN, Y. A new approach for credit scoring by directly maximizing the Kolomorov-Smirnov Statistic. **Computational Statistics and Data Analysis**, v. 133, p. 180-194, 2018. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.csda.2018.10.004>.

FERNANDES, G.; BRANDÃO, L.E.T. Grenciamento das incertezas de produtos de inovação a partir das estratégias de marketing. **Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 13, n. 2, p. 219-240, 2016.

GASPAR, B.; SOARES, C.G. Hull girder reliability using a Monte Carlo based simulation method. **Probabilistic Engineering Mechanics**, v. 31, p. 65-75, 2013.

GUEDES, I.C.L.; COELHO JÚNIOR, L.M.; OLIVEIRA, A.D.de; MELLO, J.M.de; REZENDE, J. L; P.de; SILVA, C.P.C. Economic analysis of replacement regeneration and coppice regeneration in eucalyptus stands under risk condicions. **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 393-401, 2011.

IVANOVIĆ, S.; NASTIĆ, L.; BEKIĆ, B. Possibilities of mirr method application for evaluation of investments in agriculture: an example of pigs fattening. **Economics of Agriculture**, v. 62, n.2, p.325-333, 2013.

KONISHI, S.; KITAGAWA, G. **Information criteria and statistical modeling**. New York: Springer, 2008, 321p.

KRISHNAN, G.V.; LARGAY, J.A. The predictive ability of direct methodcash flow information. **Journal of Business Finance & Accounting**, v. 27, n. 1-2, p. 215–245, 2000.

LUBAN, F.; HÎNCU, D. Project cost analysis under risk. **Economia Seria Management**, v. 13, n. 2, p. 495-503, 2010.

MACKEVIČIUS, J.; TOMAŠEVIČ, V. Evalution of investment projects in case of conflit between the internal rate of return and the net value presente methods. **Ekonomika**, v.89, n.4, p.116-130, 2010.

MARTINS, A.L.M.; LUCA, A.C.de; GONÇALVES, E.C.P.; BRITO, P.F.de. **Produção de mudas de seringueira em bancada suspensa e substrato (viveiro suspenso)**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), 2017 (Boletim Técnico, 46p.).

MOREIRA, R. C.; REIS, B. S.; SOUZA, V. F.; FIALHO, R.; RIGUEIRA, C. V. L. Viabilidade econômica da agroindústria familiar rural de frutas na zona da mata mineira. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 5, n. 2, 2007.

OLIVEIRA, A.C.S.; RUBIM, R.F.; FERNANDES, P.G.; PRELLWITZ, W.P.V.; AZEVEDO, P.H.A.M. Avaliação econômica de cana-de-açúcar em sistema de plantio direto em comparação ao convencional em Campos dos Goytacazes-RJ. **Vértices**, v.13, n.1, p. 105-114, 2011.

PALISADE CORPORATION. *@Risk*. V. 7.6.0. **Newfield**: Palisade Corporation, 2018.

PLATON, V.; CONSTANTINESCU, A. Monte Carlo Method in risk analysis for investment projects. **Procedia Economics and Finance**, v.15, p.393-400, 2014.

RANGEL, A.S.; SANTOS, J.C.S.; SAVOIA, J.R.F. Modified probability index and internal rate of return. **Journal of Internacional Business and Economics**, v.4, n.2, p.13-18, 2016.

ROCHA, K.B.; ROCHA, J.H.T.; GONÇALVES, A.N. Métodos de enxertia para a produção de mudas de seringueira em viveiro suspenso. **Scientia Forestalis**, v. 46, n.120, p.13, 2018.

ROSS, S.A.; WESTERFIELD, R.W.; JAFFE, J.; LAMB, R. **Administração Financeira**. 10. ed. Porto Alegre: AMGH, 2015.

SANCHES, E.G.; TOSTA, G.A.M.; SOUZA-FILHO, J.J. Viabilidade econômica da produção de formas jovens de bijupirá (*Rachycentron canadum*). **Bol. Inst. Pesca**, v. 39, n.1, p. 15-26, 2013.

SANTOS, E. O.; BIDLER, J. V.; GREYCE, K.; LAYARA, B.; CORDEIRO, S.A.; Análise econômica de produção de mudas do cerrado em Bom Jesus– PI. **Revista Agrogeoambiental**, v.5, n.3, p.29-35, 2013.

SÃO PAULO (Estado). **Resolução SAA - 23**, de 26 de junho de 2015. Estabelece exigências para cadastramento de viveiros, jardins clonais, plantas matrizes produtoras de sementes e normas técnicas de defesa sanitária vegetal, para a produção, comércio e o transporte de mudas, borbulhas e sementes de seringueira (*Hevea spp.*) no estado de São Paulo. Disponível em:

< <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/resolucao-saa-23-de-26-06-2015,1035.html> > Acesso em: 10 maio de 2017.

SCHWABE, O.; SHEHAB, E.; ERKOYUNCU, J. Geometric quantification of cost uncertainty propagation: A case study. **Procedia CIRP**, v.37, p. 158-163, 2015.

SIMÕES, D.; CERVI, R.G.; BATISTELA, G.C. Quantitative analysis of the economic risk of sugarcane cultivation for the bioethanol production: A case study in Brazil. **BioResources**, v. 13, n. 3, p. 6497-6509, 2018.

SIMÕES, D.; DINARDI, A.J.; SILVA, M.R.da. Investment uncertainty analysis in Eucalyptus bole biomass production in Brazil. **Forests**, v. 9, n.7, p. 384, 2018.

SIMÕES, D.; SILVA, M.R.da. Análise técnica e econômica das etapas de produção de mudas de eucalipto. **Cerne**, v. 16, n.3, p.359-366, 2010.

TRAZZI, P. A., CALDEIRA, M. V. W., COLETOMBI, R. Produção de mudas de *Tectona grandis* em substratos formulados com biossólido. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 2, p. 293-302, 2014.

ZABARANKIN, M.; PAVLIKOV, K.; URYASEV, S. Capital asset pricing model (CAPM) with drawdown measure. **European Journal of Operational Research**, v. 234, n .2, p. 508-517, 2014.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os substratos e as lâminas de irrigação via gotejamento influenciaram no desenvolvimento, na avaliação nutricional e na viabilidade econômico-financeira da produção de porta-enxertos de seringueira, em canteiros suspensos e com a utilização de tubetes de polietileno.

Os substratos a base de casca de fibra de coco e de turfa *Sphagnum* apresentaram características físicas similares, as quais, contribuíram para a produção de porta-enxerto com qualidade superior comparado ao substrato a base de casa de pinus, na maioria das variáveis analisadas.

A turfa *Sphagnum* é uma das matérias-primas de substratos para produção de mudas mais utilizadas no mundo, e tem causado uma grande preocupação ambiental devido a sua extração. É importante encontrar materiais alternativos que possam apresentar características físicas semelhantes e que promovam o desenvolvimento de qualidade e custo acessível. Conforme os resultados obtidos neste experimento com o uso do substrato a base de fibra de coco, mostrou que, além da importância de como suas características podem afetar positivamente na qualidade das plantas, possui também uma importante visão ambiental, que é o reaproveitamento deste resíduo agroindustrial como substratos para mudas. Ademais, tem-se outro fator importante, que é o custo de aquisição dos materiais, onde o menor custo é obtido com os substratos a base de fibra de coco.

O menor custo absoluto na produção de porta-enxertos de seringueira GT1 foi com o uso do substrato a base de casca de pinus, porém, apresentou menor rentabilidade e desenvolvimento das plantas.

O manejo de irrigação em viveiros comerciais de seringueira ainda é pouco utilizado ou até mesmo inexistente, sendo praticada na experiência dos viveiristas, o que usualmente leva a uma irrigação excessiva. Neste contexto, observamos que o porta-enxerto de seringueira (Clone GT1) é responsivo ao aumento do volume de água de irrigação, e também o volume lixiviado foi proporcional a este aumento, e como mencionado no capítulo 1, uma das alternativas que podem ser aplicadas para o uso consciente da água de irrigação é a utilização de controladores que permitem o fracionamento da irrigação.

Em relação as taxas de sucesso de enxertia obtidos nas condições em que a pesquisa foi desenvolvida, são necessários novos estudos com o objetivo de

incrementar os atuais valores obtidos na propagação vegetativa via borbulhia, de maneira a aumentar a viabilidade do sistema de produção de mudas de seringueira em viveiro suspenso.

Conforme as mudanças na produção de mudas de seringueira preconizadas pela Resolução SAA – 23 de 26 de junho de 2015 do Estado de São Paulo, o projeto de implantação de viveiro suspenso apresenta um moderado risco de investimento, o que torna viável economicamente.

Para a tomada de decisão no projeto de investimento, é importante analisar a liquidez (mede a capacidade de transformar o investimento em dinheiro), a rentabilidade e a segurança. Como o investimento não contempla estes três fatores, o tomador de decisão deve escolher o fator que mais lhe interessa, e que esta sua decisão terá um impacto nos lucros futuros. Desta forma, conhecendo os riscos, os insumos para produção e o impacto do projeto, podem ser tomadas medidas para reduzir o risco e tornar o investimento a um nível aceitável.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A.T.E.; BRANCALÃO, S.R.; ROSSI, C.E. Avaliação do desempenho inicial de progênies de seringueira, **Nucleus**, v.9, n.1, p.115-122, 2012.
- ALEM, H.M.; GOUVÊA, L.R.L.; SILVA, G.A.P.; OLIVEIRA, A.L.B.de; GONÇALVES, P.G. Avaliação de clones de seringueira para a região noroeste do Estado de São Paulo. **Rev. Ceres**, v. 62, n.5, p. 430-437, 2015.
- ATAÍDE, G.M.; CASTRO, R.V.O.; SANTANA, R.C.; DIAS, B.A.S.; CORREIA, A.C.G.; MENDES, A.F.N. Efeito da densidade na bandeja sobre o crescimento de mudas de eucalipto. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 2, p.21-26, 2010.
- ARANTES, F.C.; GONÇALVES, P.S.; SCALOPPI JUNIOR, E.J.; MORAES, M.L.T.de; RESENDE, M.D.V.de. Ganho genético com base no tamanho efetivo populacional de progênies de seringueira. **Pesq. agropec. bras.**, v.45, n.12, p.1419-1424, 2010.
- ASSIS, G.A.A.; SCALCO, M.S.; GUIMARÃES, R.J.; COLOMBO, A.; DOMIGHETTI, A.W.; NAGLA, M.S.M. Drip irrigation in coffee crop under different planting densities: Growth and yield in southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 11, p. 116-1123, 2014.
- BARRETO, R.F.; MARUYAMA, W.I.; BARDIVIESSO, D.M.; RODRIGUES, T.S.; SERAGUZI, E.F.; BARBOSA, A.V. Adubação de porta-enxertos de seringueira em viveiro suspenso. **Floresta**, v. 46, n.1, p. 1-9, 2016.
- BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. In: CONFERÊNCIA SOBRE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE, 1992, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Núcleo de Estudos e Pesquisas em Meio Ambiente, 1994. p.93-100.
- BILDERBACK, T.E.; WARREN, S.L.; OWEN Jr., J.S.; ALBANO, J.P. Healthy substrates need physicals too! **HortTechnology**, v.15, n.4, p. 747-751, 2005.
- BIZARI, D.R.; GRECCO, K.L.; SOUZA, C.F. Bulbo molhado estimado pela técnica da TDR na irrigação por gotejamento subsuperficial. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, n.2, p. 477 - 485, 2016.
- CALDEIRA, M. V. W.; GOMES, D. R.; GONÇALVES, E. O.; DELARMELINA, W. M.; SPERANDIO, H. V.; TRAZZI, P. A. Biossólido como substrato para produção de mudas de *Toona ciliata* var. *australis*. **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, p. 1009-1017, 2012.
- CARDINAL, A.B.B.; GONÇALVES, P.S.; MARTINS, A.L.M. Influência de seis porta-enxertos sobre a produção de clones superiores de seringueira. **Bragantia**, v. 66, n.2, p. 277-284, 2007a.

CARDINAL, A.B.B.; GONÇALVES, P.S.; MARTINS, A.L.M. Stock-scion interactions of growth and rubber of *Hevea brasiliensis*. **Sci. Agric.**, v. 64, n.3, p. 235-240, 2007b.

CARNEIRO, P.A.P.; LOPES, P.S.N.; OLIVEIRA, N.C.C.de; FERNANDES, L.A.; MELO, B.de. Produção de porta-enxerto de limão cravo, em resposta à adubação organomineral. **Biosci. J.**, v. 27, n.3, p.427-432, 2011.

CARVALHO, F. M.; FIUZA, M. A.; LOPES, M. A.; Determinação de custos como ação de competitividade: estudo de um caso na avicultura de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n.3, 2008.

CECÍLIO, R.A.; MEDEIROS, S.S.; JÚNIO, J.L.C.; SOUZA, J.A.; Zoneamento agroclimático para a heveicultura na parte Leste do estado da Bahia. **Bahia agrícola**, v.7, n. 2, p. 14-17,2006.

CEGLIE, F.G. et al. The challenge of peat substitution in organic seedling production: optimization of growing media formulation through mixture design and response surface analysis. **Plos One**, v. 10, n. 6, p. 1-14, 2015.

CHIRINO, E.; VILAGROSA, A.; HERNÁNDEZ, E.I.; MATOS, A.; VALLEJO, V.R. Effects of a deep container on morpho-functional characteristics and root colonization in *Quercus suber* L. seedlings for reforestation in Mediterranean climate. **Forest Ecology and Management**, v.256, n.4, p.779-785, 2008.

CONFORTO, E.C. Respostas fisiológicas de cinco porta-enxertos e seringueira ao déficit hídrico natural. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, 5p. 2007.

CORNISH, K. Alternative natural rubber crops: why should we care? **Technology and Innovation**, v. 18, n. 4, p. 246 – 255, 2017.

CORREIA, A.C.G.; SANTANA, R.C.; OLIVEIRA, M.L.R.; TITON, M.; ATAÍDE, G.M.; LEITE, F.P. Volume de substrato e idade: influência no desempenho de mudas clonais de eucalipto após replantio. **Revista Cerne**, v. 19, n. 2, p. 185-191, 2013.

DALANHOL, S. J.; NOGUEIRA, A. C.; GAIAD, S.; KRATZ, D. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares e da adubação no crescimento de mudas de *Eugenia uniflora* L., produzidas em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 38, n. 1, p. 117-128, 2016.

DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R. Viveiros florestais. In: DAVIDE, A.C.; SILVA, E.A.A. (Eds). **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. 1. ed. Lavras: MG, UFLA, 2008, cap.2, p.83-94.

DEGRANDE, A.; TADJO, P.; TAKOUTSING, B.; ASAAH, E.; TSOBENG, A.; TCHOUNDJEU, Z. Getting trees into farmers' fields: success of rural nurseries in distributing high quality planting material in Cameroon. **Small-scale Forestry**, v. 12, n. 3, p. 403-420, 2012.

DELARMELINA, W. M.; CALDEIRA, M. V. W.; FARIA, J. C. T.; GONÇALVES, E. O.; ROCHA, R. L. F. Diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 224-233, 2014.

- DUMROESE, R.K.; PINTO, J.R.; HEISKANEN, J.; TERVAHAUTA, A.; MCBURNEY K..G; PAGE-DUMROESE, D.S.; ENGLUND, K. Biochar can be a suitable replacement for sphagnum peat in nursery production of *Pinus ponderosa* seedlings. **Forests**, v. 9, n. 5, p. 232-253, 2018.
- DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; SANTANA, R. C. Parâmetros fisiológicos de mudas de copaíba sob diferentes substratos e condições de sombreamento. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, p. 1212-1218, 2012.
- FAGUNDES, N.B.; FIALHO, A.A. Problemática de produção de mudas em essências florestais. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.4, n.13, p 25-27, 1987.
- FAIN, G. B.; TILT, K. M.; GILLIAM, C. H.; PONDER, H. G.; SIBLEY, J. F. Effects of cyclic micro-irrigation and substrate in pot-in-pot production. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 16, n. 4, p. 215-218, 1998.
- FERMINO, M.H.; KÄMPF, A.N. Densidade de substratos dependendo dos métodos de análise e níveis de umidade. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.1, p.75-79, 2012.
- FIGUEIREDO, F. A. M. M; CARNEIRO, J. G. A.; PENCHEL, R. M.; BARROSO, D. G.; DAHER, R. F. Efeito das variações biométricas de mudas clonais de eucalipto sobre o crescimento no campo. **Revista Árvore**, v.35, n. 1, p.1-11, 2011.
- FRIZZONE, J.A.; de FREITAS, P.S.L.; REZENDE, R.; de FARIA, M.A. Necessidade de irrigação. In: **Microirrigação: gotejamento e microaspersão**. Maringá: Eduem, 2012, capítulo 4, p.141-195.
- GAMEIRO, A. H.; GAMEIRO, M. B. P. Perspectivas para o mercado internacional de borracha natural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HEVEICULTURA, 1., 2007, Guarapari. **Anais...** Guarapari: INCAPER, 2007. 1 CD-ROM.
- GHEHSAREH, A.M. Effect of date palm wastes and rice hull mixed with soil on growth and yield of cucumber in greenhouse culture. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 2, n. 17, p. 2-17, 2013.
- GILMAN, E.F.; HARCHICK, C.; PAZ, M. Effect of Container Type on Root Form and Growth of Red Maple. **J. Environ. Hort.**, v.28, n.1, p.1-7, 2010.
- GONÇALVES, E.C.P.; PRADO, R.M.; CORREIA, M.A.R. Fontes de fósforo no crescimento de porta-enxerto de seringueira sob condições de viveiro. **Floresta**, v.40, n. 4, p.813 – 818, 2010.
- GONÇALVES, E.O.; PETRI, G.M.; CALDEIRA, M.V.W.; DALMASO, T.T.; SILVA, A.G. Crescimento de mudas de *Ateleia glazioviana* em substratos contendo diferentes materiais orgânicos. **Floresta e Ambiente**, v.21, n.3, p. 339-348, 2014.
- GONÇALVES, J.L.M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000, cap. 11, p. 309-350.

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

GONÇALVES, P.S.; et al. Desempenho de clones de seringueira da série IAC 300 na região do planalto de São Paulo. **Pesq. agropec. bras.**, v. 37, n. 2, p. 131-138, 2002.

GONÇALVES, P. S.; MARTINS, A. L. M.; GORGULHO, E. P.; BORTOLETTO, N.; BERMOND, G. Influência de seis porta-enxertos no crescimento de clones de seringueira - avaliação preliminar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 553-560, 1994.

GUIDUCCI, E.P. **Sistema de produção de porta-enxertos de seringueira**. 2014. 48p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.

GROSSNICKLE, S. C. Why seedlings survive: influence of plant attributes. **New Forests**, v. 43, n. 5, p. 711-738, 2012.

HARTMAN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIES JR, F.T. **Plant propagation: principles and practices**. 7.ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002. 880p.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR., F. T.; GENEVE, R. **Plant propagation: principles and practices**. 8 ed. Boston: Prentice-Hall, 2011. 915 p.

IRSG, International Rubber Study Group. IRSG Report. Singapore: IRSG; 6 Jan 2016.

JOSÉ, A.C.; DAVIDE, A.C.; OLIVEIRA, S.L. de. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Revista Cerne**, v.11, n.2, p.187-196, 2005.

KOSTOPOULOU, P.; RADOGLU, K.; DINI PAPANASTASI, O.; ADAMIDOU, C. Effect of mini-plug container depth on root and shoot growth of four forest tree species during early development stages. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v.35, p.379-390, 2011.

KRATZ, D.; et al. Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 4, p. 607-621, 2013.

LAPERUTA NETO, et al. Perda de carga em mangueiras gotejadoras novas e usadas. **Irriga**, v. 16, n. 3, p. 329-338, 2011.

LEA-COX, J. D.; ROSS, D. S.; TEFFEAU, K. M. A water and nutrient management planning process for container nursery and greenhouse production systems in Maryland. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 19, n. 4, p. 226-229, 2001.

LISBOA, C. A.; SANTOS, S. P.; OLIVEIRA NETO, N. S.; CASTRO, N. D.; ABREU, M. H. A. Efeito do volume de tubetes na produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* e *Toona ciliata*. **Revista Árvore**, v. 36, n. 4, p. 603-609, 2012.

LOPES, J.L.W.; GUERRINI, I.A.; SAAD, J.C.C.; SILVA, M.R. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia forestalis**, n.68, p.97-106, 2005.

LOPES, L.N.; MARTINS, E.; SANTORO, B.L.; SOUZA, C.F. Caracterização da distribuição da água no solo para irrigação por gotejamento. **Irriga**, v.14, n.4, p. 564-577, 2009.

MACEDO, R.L.G.; OLIVEIRA, T.K.de; VENTURIN, N.; GOMES, J.E. Introdução de clones de seringueira no noroeste do Estado de Minas Gerais. **Cerne**, v.8, n.1, p.124-133, 2002.

MAJSZTRIK, J.C. et al. Water Use and Treatment in Container-Grown Specialty Crop Production: A Review. **Water Air and Soil Pollution**, v. 228, n.151, p. 1-27, 2017.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. Frequência de irrigação por gotejamento durante o estágio vegetativo do tomateiro para processamento industrial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.7, p.661-666, 2005.

MARTINS, A.L.M.; RAMOS, N.P.; GONÇALVES, P.S.; DO VAL, K.S. Influência de porta-enxertos no crescimento de clones de seringueira no estado de São Paulo. **Pesq. agropec. bras.**, v.35, n.9, p.1743-1750, 2000.

MEENAKUMARI, T. et al. Yield of modern hevea clones and their response to weather parameters across diverse environments. **Natural Rubber Research**, v. 24, n. 1, p. 44 – 53, 2011.

MONTAGUE, T.; KJELGREN, R. Use of thermal dissipation probes to estimate water loss of containerized landscape trees. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 24, n. 2, p. 95- 104, 2006.

MOTA, L.H.S.; SCALON, S.P.Q.; HEINZ, R.; DRESCH, D.M. Substrates and water availability on the emergence and initial growth of *Alibertia sessilis* Schum. Seedlings. **Floresta**, v. 47, n. 4, p. 513 - 522, 2017.

NABAYI, A.; TEH, C.B.S.; HUSNI, M.H.A; JAAFAR, A.H.; ISNAR, M.S. Comparison of three irrigation systems for the BX-1 system for nursery seedlings. **Malaysian Journal of Soil Science**, v. 20, n. 19, p.19-36, 2016.

NEVES, W. S.; OLIVEIRA, P. M.; PARREIRA, D. F.; GIARETTA, R. D.; COSTA, E. L. Importância do manejo da irrigação sobre a ocorrência de doenças de plantas. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 249, p. 110–115, 2010.

NOGUEIRA, R.F.; CORDEIRO, S.A.; LEITE, A.M.P.; BINOTI, M.L.M.S. Mercado de borracha natural e viabilidade econômica do cultivo da seringueira no Brasil. **Nativa**, v.3, n.2, p. 143-149, 2015.

PINTO, J.R.; McNASSAR, B.A.; KILDISHOVA, O.A.; DAVIS, A.S. Stocktype and vegetative competition influences on *Pseudotsuga menziesii* and *Larix occidentalis* seedling establishment. **Forests**, v. 9, n.5, p.228, 2018.

POORTER, H.; BÜHLER, J.; van DUSSCHOTEN, D.; CLIMENT, J.; POSTMA, J.A. Pot size matters: a meta-analysis of the effects of rooting volume on plant growth. **Functional Plant Biology**, v. 39, n. 10-11, p. 839-850, 2012.

PRIYADARSHAN, P.M.; CLEMENT-DEMANGE, A. Breeding Hevea Rubber: Formal and molecular genetics. **Advances in Genetics**, v. 52, p.51-115, 2004.

REZENDE, J.L.P.; OLIVEIRA, A.D. **Avaliação econômica e social de projetos florestais**. 2. ed. Viçosa: UFV; 2008.

RIVANO, F. et al. Performance of 10 *Hevea brasiliensis* clone in Ecuador, under South America Leaf Blight escape conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 94, p.762-773, 2016.

ROSSMANN, H. Panorama nacional da heveicultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HEVEICULTURA, 1., 2007, Guarapari. **Anais...** Guarapari: INCAPER, 2007. 1 CD-ROM.

SÃO PAULO (Estado). **Resolução SAA - 23**, de 26 de junho de 2015. Estabelece exigências para cadastramento de viveiros, jardins clonais, plantas matrizes produtoras de sementes e normas técnicas de defesa sanitária vegetal, para a produção, comércio e o transporte de mudas, borbulhas e sementes de seringueira (*Hevea* spp.) no estado de São Paulo. Disponível em: < <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/resolucao-saa-23-de-26-06-2015,1035.html> > Acesso em: 10 maio de 2017.

SAMPAIO FILHO, J.A.; PEREIRA, A.V.; VALE, A.A.Q.do; CORTEZ, J.V.; PEREIRA, J.P.; TEGANI, W.; ROSSMANN, H. Câmara Setorial da Cadeia Produtiva da Borracha Natural. In: VILELA, D.; ARAUJO, P.M.M. **Contribuições das câmaras setoriais e temáticas à formulação de políticas públicas e privadas para o agronegócio**. Brasília: MAPA/SE/CGAC, 2006, p.330-353.

SALISU, M.A.; SULAIMAN, Z.; SAMAD, M.Y.A.; KOLAPO, O.K. Effect Of Various Types And Size Of Container On Growth And Root Morphology Of Rubber (*Hevea Brasiliensis* Mull. Arg.). **International Journal of Scientific & Technology Research**, v.7, n. 6, p. 21-27, 2018.

SCALOPPI JÚNIOR, E.J.; FREITAS, R.S. de; GONÇALVES, P.S. de. Da Amazônia para as terras paulistas: o papel do Instituto Agrônomo para o desenvolvimento da heveicultura. In: Blain, G.C.; CIA, P. (Ed.). **O Agrônomo**: Boletim Técnico-Informativo do Instituto Agrônomo. Campinas: IAC 2017, v. 69, p. 1-12.

SCALOPPI JÚNIOR, E.J.; FREITAS, R.S. de; GONÇALVES, P.S. de. Qualidade de mudas de seringueira: Relação com a pesquisa e transferência de tecnologia no contexto de bioeconomia. In: Blain, G.C.; CIA, P. (Ed.). **O Agrônomo**: Boletim Técnico-Informativo do Instituto Agrônomo. Campinas: IAC, 2018, v. 70, p. 58-63.

SCALOPPI JÚNIOR, E.J.; GONÇALVES, P.S. Seringueira: panorama, pesquisa e perspectivas de clones. **Pesquisa e Tecnologia**, v.8, n.2, 2011.

SIMÕES, D.; SILVA, R.B.G.; SILVA, M.R. Composição do substrato sobre o desenvolvimento, qualidade e custo de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Ciência Florestal**, v.22, n.1, p.91-100, 2012.

SKAGGS, T.H.; TROUT, T.J.; ROTHFUSS, Y. Drip irrigation water distribution patterns: effects of emitter rate, pulsing, and antecedent water. **Soil Science Society of America Journal**, v. 74, n.6, p. 1886-1896, 2010.

STEFFEN, G.P.K.; ANTONIOLLI, Z.I.; STEFFEN, R.B.; BELLÉ, R. Húmus de esterco bovino e casca de arroz carbonizada como substrato para a produção de mudas de boca-de-leão. **Acta Zoologia mexicana**, v.26, n.2, p.345-357, 2010.

THEBALDI, M.S.; LIMA, L.A.; COLARES, M.F.B.; SILVA, A.C.da; LIMA, P.L.T. Uniformidade de aplicação de água na irrigação de mudas de espécies florestais nativas produzidas em tubetes. **Biosci. J.**, v. 30, n. 4, p. 978-987, 2014.

TRAZZI, P.A.; CALDEIRA, M.V.W.; PASSOS, R. R.; GONÇALVES, E. O. Substratos de origem orgânica para produção de mudas de teca (*Tectona grandis* Linn. F.). **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 401-409, 2013.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Utilização de lodo de esgoto na produção de mudas de aroeira-pimenteira. **Revista Árvore**, v. 38, n. 4, p. 657-665, 2014.

VALOIS, A.C.C.; PINHEIRO, E.; CONCEIÇÃO, H.E.O.; SILVA, M.N.C. Competição de porta-enxertos de seringueira (*Hevea* spp.) e estimativas de parâmetros genéticos. **Pesq. agrop. bras.**, v. 13, n.2, p. 49-54, 1978.

VEKARIYA, P.B.; SUBBAIAH, R.; MASHRU. Hydraulics of microtube emitters: a dimensional analysis Approach. **Irrigation Science**, v.29, n.4, p.341-350, 2011.

VERARDI, C.K.; RESENDE, M.D.V.; COSTA, R.B. Estimation of genetic parameters in rubber progenies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.12, p.185-190, 2012.

VERARDI, C.K.; SCALOPPI JÚNIOR, E.J.; SILVA, G.A.P.; GOUVÊA, L.R.L.; GONÇAVES, P.S. Genetic parameters and estimated genetic gains in young rubber tree progenies. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 48, n.4, p. 411-416, 2013.

VILAS BOAS, R.C.; PEREIRA, G.M.; REIS, R.P.; LIMA JUNIOR, J.A.de; CONSONI, R. Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 4, p. 781-788, 2011.

WARREN-THOMAS, E.; DOLMAN, P.M.; EDWARDS, D.P. Increasing demand for natural rubber necessitates a robust sustainability initiative to mitigate impacts on tropical biodiversity. **Conservation Letters**, v 8, n. 4, p.230 – 241, 2015.

WARSAW, A.L.; Fernandez, R.T.; Cregg, B.M.; Andresen, J.A. Container-grown ornamental plant growth and water runoff nutrient content and volume under four irrigation treatments. **HortScience**, v. 44, n.6, p.1573-1580. 2009.

ZAMUNÉR FILHO, A.N. **Doses de adubo de liberação lenta para produção de porta-enxertos de seringueira**. 2009. 33f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG, 2009.

ZORZETO, T.Q.; DECHEN, S.C.F.; ABREU, M..de; FERNANDES JÚNIOR, F. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, v. 73, n. 3, p. 300-311, 2014.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Correlação de Pearson entre as variáveis de desenvolvimento morfológico e fisiológico dos porta-enxertos de seringueira em função da lâmina de 8 mm diários

	H	D	D5	MST	gs	Ci	E	A	A/Ci	EUA	Ψ_w	TS
H	1,00											
D	1,00*	1,00										
D5	1,00*	1,00*	1,00									
MST	0,97*	0,96*	0,95*	1,00								
gs	-0,79*	-0,82*	-0,84*	-0,63 ^{ns}	1,00							
Ci	-0,63 ^{ns}	-0,67 ^{ns}	-0,69 ^{ns}	-0,43 ^{ns}	0,97*	1,00						
E	-0,72*	-0,75*	-0,77*	-0,54 ^{ns}	0,99*	0,99*	1,00					
A	0,41 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,34 ^{ns}	1,00				
A/Ci	1,00*	1,00*	1,00*	0,96*	-0,81*	-0,66 ^{ns}	-0,74*	0,38 ^{ns}	1,00			
EUA	0,60 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,40 ^{ns}	-0,96*	-1,00*	-0,99*	-0,48 ^{ns}	0,63 ^{ns}	1,00		
Ψ_w	-1,00*	-1,00*	-1,00*	-0,97*	0,79*	0,63 ^{ns}	0,71*	-0,42 ^{ns}	-1,00*	-0,59 ^{ns}	1,00	
TS	0,42 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,33 ^{ns}	1,00*	0,39 ^{ns}	-0,47 ^{ns}	-0,43 ^{ns}	1,00

* = significativo ao nível de 5% ($p < 0,05$) de probabilidade e ^{ns} = não significativo. H = altura da parte aérea; D = diâmetro do colo; D5 = diâmetro de enxertia a 5 cm do colo; MST = massa seca total; gs = condutância estomática; Ci = concentração interna de CO₂ na folha; E = taxa de transpiração; A = taxa de assimilação de CO₂; A/Ci = eficiência de carboxilação; EUA = eficiência do uso de água (EUA); Ψ_w = potencial hídrico foliar; TS = taxa de sobrevivência da enxertia.

APÊNDICE B - Correlação de Pearson entre as variáveis de desenvolvimento morfológico e fisiológico dos porta-enxertos de seringueira em função da lâmina de 11 mm diários

	H	D	D5	MST	gs	Ci	E	A	A/Ci	EUA	Ψ_w	TS
H	1,00											
D	1,00*	1,00										
D5	0,88*	0,90*	1,00									
MST	0,95*	0,97*	0,98*	1,00								
gs	-0,23 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	-0,67 ^{ns}	-0,52 ^{ns}	1,00							
Ci	-0,70*	-0,75*	-0,96*	-0,89*	0,85*	1,00						
E	-0,13 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	-0,59 ^{ns}	-0,43 ^{ns}	0,99*	0,79*	1,00					
A	0,24 ^{ns}	0,18 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,89*	0,52 ^{ns}	0,93*	1,00				
A/Ci	0,57 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,74*	0,93*	1,00			
EUA	0,87*	0,90*	1,00*	0,98*	-0,68 ^{ns}	-0,96*	-0,60 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,00		
Ψ_w	-0,59 ^{ns}	-0,63 ^{ns}	-0,90*	-0,81*	0,92*	0,99*	0,88*	0,65 ^{ns}	0,33 ^{ns}	-0,91*	1,00	
TS	-0,09 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,56 ^{ns}	-0,40 ^{ns}	0,99*	0,77*	1,00 ^{ns}	0,95*	0,77*	-0,57 ^{ns}	0,86*	1,00

* = significativo ao nível de 5% ($p < 0,05$) de probabilidade e ^{ns} = não significativo. H = altura da parte aérea; D = diâmetro do colo; D5 = diâmetro de enxertia a 5 cm do colo; MST = massa seca total; gs = condutância estomática; Ci = concentração interna de CO₂ na folha; E = taxa de transpiração; A = taxa de assimilação de CO₂; A/Ci = eficiência de carboxilação; EUA = eficiência do uso de água (EUA); Ψ_w = potencial hídrico foliar; TS = taxa de sobrevivência da enxertia.

APÊNDICE C - Correlação de Pearson entre as variáveis de desenvolvimento morfológico e fisiológico dos porta-enxertos de seringueira em função da lâmina de 14 mm diários

	H	D	D5	MST	gs	Ci	E	A	A/Ci	EUA	Ψ_w	TS
H	1,00											
D	0,43 ^{ns}	1,00										
D5	1,00*	0,49 ^{ns}	1,00									
MST	0,99*	0,33 ^{ns}	0,98*	1,00								
gs	-0,45 ^{ns}	-1,00*	-0,52 ^{ns}	-0,36 ^{ns}	1,00							
Ci	-0,80*	-0,89*	-0,84*	-0,73*	0,90*	1,00						
E	-0,53 ^{ns}	-0,99*	-0,59 ^{ns}	-0,44 ^{ns}	1,00*	0,93*	1,00					
A	-0,40 ^{ns}	-1,00*	-0,47 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	1,00*	0,87*	0,99*	1,00				
A/Ci	-0,17 ^{ns}	-0,96*	-0,24 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,96*	0,73*	0,93*	0,97*	1,00			
EUA	0,78*	0,90*	0,83*	0,71*	-0,91*	-1,00*	-0,94*	-0,89*	-0,75*	1,00		
Ψ_w	-0,47 ^{ns}	0,60 ^{ns}	-0,40 ^{ns}	-0,56 ^{ns}	-0,58 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,50 ^{ns}	-0,62 ^{ns}	-0,79*	0,19 ^{ns}	1,00	
TS	0,30 ^{ns}	-0,73*	0,23 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,71*	0,34 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,75*	0,89*	-0,36 ^{ns}	-0,98*	1,00

* = significativo ao nível de 5% ($p < 0,05$) de probabilidade e ^{ns} = não significativo. H = altura da parte aérea; D = diâmetro do colo; D5 = diâmetro de enxertia a 5 cm do colo; MST = massa seca total; gs = condutância estomática; Ci = concentração interna de CO₂ na folha; E = taxa de transpiração; A = taxa de assimilação de CO₂; A/Ci = eficiência de carboxilação; EUA = eficiência do uso de água (EUA); Ψ_w = potencial hídrico foliar; TS = taxa de sobrevivência da enxertia.

APÊNDICE D - Correlação de Pearson entre as variáveis de desenvolvimento morfológico e fisiológico dos porta-enxertos de seringueira em função da lâmina de 17 mm diários

	H	D	D5	MST	gs	Ci	E	A	A/Ci	EUA	Ψ_w	TS
H	1,00											
D	0,99*	1,00										
D5	1,00*	0,97*	1,00									
MST	1,00*	0,98*	1,00*	1,00								
gs	-0,79*	-0,87*	-0,73*	-0,75*	1,00							
Ci	-0,50 ^{ns}	-0,61 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	-0,44 ^{ns}	0,92*	1,00						
E	-0,80*	-0,87*	-0,74*	-0,76*	1,00*	0,92*	1,00					
A	-0,97*	-0,99*	-0,94*	-0,95*	0,92*	0,69 ^{ns}	0,92	1,00				
A/Ci	-0,83*	-0,75*	-0,88*	-0,86*	0,32 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,67 ^{ns}	1,00			
EUA	0,39 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,33 ^{ns}	-0,87*	-0,99*	-0,86*	-0,60 ^{ns}	0,19 ^{ns}	1,00		
Ψ_w	-0,83*	-0,74*	-0,88*	-0,86*	0,31 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,67 ^{ns}	1,00*	0,19 ^{ns}	1,00	
TS	0,94*	0,89*	0,97*	0,96*	-0,55 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,56 ^{ns}	-0,84*	-0,97*	0,07 ^{ns}	-0,97*	1,00

* = significativo ao nível de 5% ($p < 0,05$) de probabilidade e ^{ns} = não significativo. H = altura da parte aérea; D = diâmetro do colo; D5 = diâmetro de enxertia a 5 cm do colo; MST = massa seca total; gs = condutância estomática; Ci = concentração interna de CO₂ na folha; E = taxa de transpiração; A = taxa de assimilação de CO₂; A/Ci = eficiência de carboxilação; EUA = eficiência do uso de água (EUA); Ψ_w = potencial hídrico foliar; TS = taxa de sobrevivência da enxertia.

APÊNDICE E - Correlação de Pearson entre as variáveis fisiológicas e quantidades de nutrientes dos porta-enxertos de seringueira em função da lâmina de 8 mm diários

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
gs	-0,50 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	0,22 ^{ns}	1,00*	-0,41 ^{ns}	0,76*	-0,73*	-0,98*	0,64 ^{ns}	0,99*	0,89*
Ci	-0,30 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,97*	-0,61 ^{ns}	0,89*	-0,56 ^{ns}	-0,90*	0,45 ^{ns}	0,94*	0,97*
E	-0,41 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,99*	-0,51 ^{ns}	0,83*	-0,66 ^{ns}	-0,95*	0,56 ^{ns}	0,97*	0,94*
A	0,72*	0,89*	1,00*	0,20 ^{ns}	-0,98*	0,81*	0,49 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,59 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,65 ^{ns}
A/Ci	0,91*	0,75*	0,39 ^{ns}	-0,83*	-0,20 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	0,99*	0,92*	-0,97*	-0,88*	-0,46 ^{ns}
EUA	0,26 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,47 ^{ns}	-0,95*	0,64 ^{ns}	-0,90*	0,53 ^{ns}	0,88*	-0,42 ^{ns}	-0,92*	-0,98*
Ψw	-0,93*	-0,78*	-0,43 ^{ns}	0,81*	0,24 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-1,00*	-0,90*	0,98*	0,86*	0,42 ^{ns}
TS	0,73*	0,90*	1,00*	0,19 ^{ns}	-0,98*	0,80*	0,50 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,60 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,64 ^{ns}

* = significativo ao nível de 5% ($p < 0,05$) de probabilidade e ^{ns} = não significativo. gs = condutância estomática; Ci = concentração interna de CO₂ na folha; E = taxa de transpiração; A = taxa de assimilação de CO₂; A/Ci = eficiência de carboxilação; EUA = eficiência do uso de água (EUA); Ψw = potencial hídrico foliar; TS = taxa de sobrevivência da enxertia.

APÊNDICE F - Correlação de Pearson entre as variáveis fisiológicas e quantidades de nutrientes dos porta-enxertos de seringueira em função da lâmina de 11 mm diários

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
gs	-0,49 ^{ns}	-0,62 ^{ns}	-0,87*	-0,25 ^{ns}	1,00*	0,49 ^{ns}	0,71*	0,54 ^{ns}	0,97*	0,99*	-0,48 ^{ns}
Ci	-0,88*	-0,94*	-1,00*	0,30 ^{ns}	0,81*	-0,04 ^{ns}	0,98*	0,02 ^{ns}	0,95*	0,78*	-0,87*
E	-0,40 ^{ns}	-0,54 ^{ns}	-0,81*	-0,34 ^{ns}	1,00*	0,57 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,94*	1,00*	-0,39 ^{ns}
A	-0,05 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	-0,55 ^{ns}	-0,66 ^{ns}	0,93*	0,83*	0,32 ^{ns}	0,86*	0,76*	0,94*	-0,03 ^{ns}
A/Ci	0,31 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-0,88	0,73*	0,97*	-0,04 ^{ns}	0,99*	0,48	0,76*	0,33 ^{ns}
EUA	0,97*	1,00*	0,95*	-0,54 ^{ns}	-0,62 ^{ns}	0,31 ^{ns}	-1,00*	0,25 ^{ns}	-0,83	-0,59 ^{ns}	0,97*
Ψw	-0,79*	-0,88*	-0,99*	0,15 ^{ns}	0,89*	0,11 ^{ns}	0,93*	0,17 ^{ns}	0,99*	0,87*	-0,78*
TS	-0,37 ^{ns}	-0,51 ^{ns}	-0,79*	-0,38 ^{ns}	1,00*	0,60 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,93*	1,00*	-0,35 ^{ns}

* = significativo ao nível de 5% ($p < 0,05$) de probabilidade e ^{ns} = não significativo. gs = condutância estomática; Ci = concentração interna de CO₂ na folha; E = taxa de transpiração; A = taxa de assimilação de CO₂; A/Ci = eficiência de carboxilação; EUA = eficiência do uso de água (EUA); Ψw = potencial hídrico foliar; TS = taxa de sobrevivência da enxertia.

APÊNDICE G - Correlação de Pearson entre as variáveis fisiológicas e quantidade de nutrientes dos porta-enxertos de seringueira em função da lâmina de 14 mm diários

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
gs	-0,91*	-0,86*	-0,91*	0,91*	-0,11 ^{ns}	-0,72*	-0,95*	-0,93*	0,50 ^{ns}	-0,99*	-0,72*
Ci	-0,64 ^{ns}	-1,00*	-1,00*	1,00*	0,33 ^{ns}	-0,95*	-0,99*	-0,67 ^{ns}	0,83	-0,83*	-0,34 ^{ns}
E	-0,87*	-0,90*	-0,94*	0,94*	-0,02 ^{ns}	-0,78*	-0,97*	-0,89*	0,57 ^{ns}	-0,97*	-0,66 ^{ns}
A	-0,93*	-0,83*	-0,88*	0,88*	-0,17 ^{ns}	-0,68 ^{ns}	-0,93*	-0,95*	0,45 ^{ns}	-1,00*	-0,76*
A/Ci	-0,99*	-0,67 ^{ns}	-0,74*	0,74*	-0,40 ^{ns}	-0,48 ^{ns}	-0,81*	-1,00*	0,22 ^{ns}	-0,99*	-0,89*
EUA	0,66 ^{ns}	0,99*	1,00*	-1,00*	-0,31 ^{ns}	0,94*	1,00*	0,69 ^{ns}	-0,81*	0,84*	0,37 ^{ns}
Ψw	0,86*	0,08 ^{ns}	0,18 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	0,88	-0,15 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,84*	0,42 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,98*
TS	-0,94*	-0,26 ^{ns}	-0,35 ^{ns}	0,35 ^{ns}	-0,78*	-0,03 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	-0,92*	-0,25 ^{ns}	-0,81*	-1,00*

* = significativo ao nível de 5% ($p < 0,05$) de probabilidade e ^{ns} = não significativo. gs = condutância estomática; Ci = concentração interna de CO₂ na folha; E = taxa de transpiração; A = taxa de

assimilação de CO₂; A/Ci = eficiência de carboxilação; EUA = eficiência do uso de água (EUA); Ψ_w = potencial hídrico foliar; TS = taxa de sobrevivência da enxertia.

APÊNDICE H - Correlação de Pearson entre as variáveis fisiológicas e quantidade de nutrientes dos porta-enxertos de seringueira em função da lâmina de 17 mm diários

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
gs	-0,96*	-0,94*	0,24 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,39 ^{ns}	-1,00*	-0,78	-0,39 ^{ns}	0,78*	0,87*	-0,05 ^{ns}
Ci	-1,00*	-0,73*	-0,15 ^{ns}	0,76*	0,01 ^{ns}	-0,91*	-0,96*	-0,71*	0,48 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,33 ^{ns}
E	-0,95*	-0,94*	0,26 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,40 ^{ns}	-1,00*	-0,77*	-0,38 ^{ns}	0,79*	0,88*	-0,07 ^{ns}
A	-0,76*	-1,00*	0,61 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,73*	-0,93*	-0,46 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,97*	1,00*	-0,45 ^{ns}
A/Ci	-0,03 ^{ns}	-0,63 ^{ns}	1,00*	-0,70*	1,00*	-0,34 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,75*	0,84*	0,74*	-0,96*
EUA	0,98*	0,65 ^{ns}	0,26 ^{ns}	-0,83*	0,11 ^{ns}	0,86*	0,99*	0,79*	-0,37 ^{ns}	-0,53 ^{ns}	-0,44 ^{ns}
Ψ_w	-0,02 ^{ns}	-0,62 ^{ns}	1,00*	-0,71*	1,00*	-0,34 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,75*	0,84*	0,73 ^{ns}	-0,97*
TS	0,28 ^{ns}	0,80*	-0,94*	0,50 ^{ns}	-0,98*	0,57 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,56 ^{ns}	-0,95*	-0,88*	0,87*

* = significativo ao nível de 5% ($p < 0,05$) de probabilidade e ^{ns} = não significativo. gs = condutância estomática; Ci = concentração interna de CO₂ na folha; E = taxa de transpiração; A = taxa de assimilação de CO₂; A/Ci = eficiência de carboxilação; EUA = eficiência do uso de água (EUA); Ψ_w = potencial hídrico foliar; TS = taxa de sobrevivência da enxertia.

APÊNDICE I - Teor de nutrientes dos porta-enxertos de seringueira em função das lâminas de irrigação e substratos

Lâmina de água diária (mm)	P			K			Mg		
	Fibra	Pinus	Turfa	Fibra	Pinus	Turfa	Fibra	Pinus	Turfa
	----- g Kg ⁻¹ -----								
8	6,13 Aa	3,77 Ac	4,80 Ab	18,33 Aa	17,00 Aa	17,00 Aa	3,07 Ab	4,30 Aa	4,63 Ba
11	4,80 Ba	3,37 Ab	4,23 Aa	18,00 Aa	14,33 Bb	15,33 Bb	2,73 Ac	4,47 Ab	5,33 Aa
14	3,40 Ca	2,47 Bb	3,30 Ba	14,33 Ba	13,00 Ba	14,33 Ba	2,80 Ab	3,80 Ba	4,07 Ca
17	3,43 Ca	2,43 Bb	3,03 Ba	12,67 Ca	13,33 Ba	13,67 Ba	2,37 Bb	3,67 Ba	3,97 Ca
Lâmina de água diária (mm)	Fe			Mn			Zn		
	----- mg Kg ⁻¹ -----								
8	122,67 Ab	750,00 Aa	207,33 Bb	240,00 Aa	277,00 Aa	187,33 Ab	61,00 Aa	58,00 Aa	44,00 Ab
11	82,00 Ab	675,67 Aa	688,33 Aa	173,67 Ba	194,33 Ba	206,33 Aa	52,33 Aa	42,33 Ba	50,00 Aa
14	68,00 Ab	378,67 Ba	247,33 Ba	153,00 Ba	139,67 Ba	169,33 Aa	41,00 Ba	41,67 Ba	45,00 Aa
17	81,33 Ab	433,33 Ba	322,33 Ba	147,67 Ba	163,33 Ba	156,00 Aa	40,00 Ba	38,00 Ba	36,00 Aa

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e de letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), em cada nutriente.

APÊNDICE J - Teor de nutrientes dos porta-enxertos de seringueira em função das lâminas de irrigação

Lâmina de água diária (mm)	N	Ca	S	B	Cu
	----- g Kg ⁻¹ -----			----- mg Kg ⁻¹ -----	
8	31,2 a	6,5 a	2,4 a	111,1 a	13,3 b
11	25,3 b	5,7 b	2,4 a	84,0 b	19,9 a
14	22,0 c	6,1 b	2,0 b	76,2 b	12,0 b
17	20,2 d	6,0 b	1,9 b	78,7 b	9,9 b

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), em cada nutriente.

APÊNDICE K - Teor de nutrientes dos porta-enxertos de seringueira em função dos substratos

Substratos	N	Ca	S	B	Cu
	-----	g Kg ⁻¹ -----	-----	-----	mg Kg ⁻¹ -----
Fibra	25,5 a	6,2 a	2,3 a	90,2 a	12,0 b
Pinus	23,1 b	6,5 a	2,0 b	77,7 b	10,0 b
Turfa	25,5 a	5,6 b	2,3 a	94,7 a	19,3 a

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), em cada nutriente.