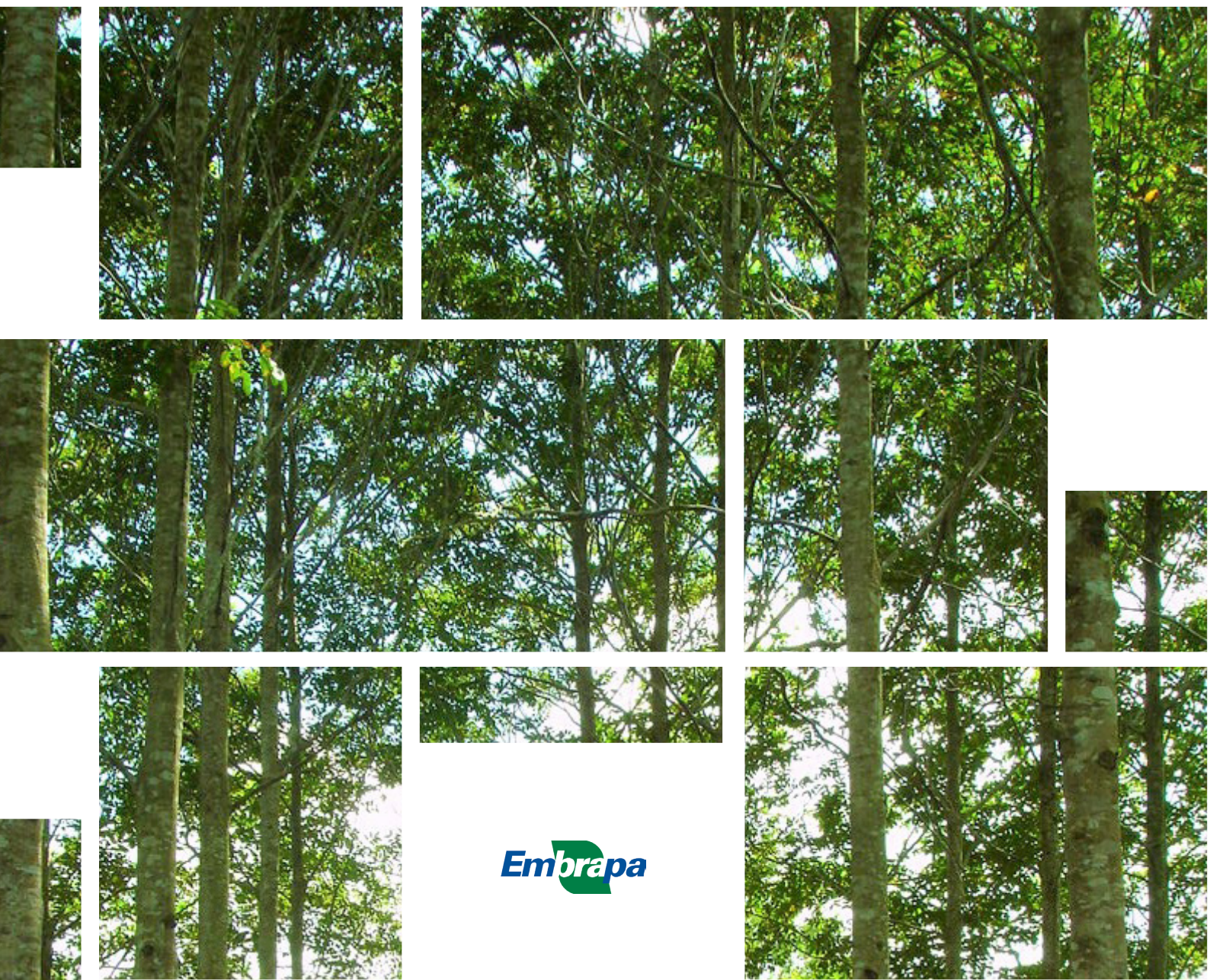




Anais do I Workshop Online Florestas de *Tachigali vulgaris*

5 e 6 de outubro de 2021



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

DOCUMENTOS 377

Anais do I Workshop Online Florestas de *Tachigali vulgaris*

5 e 6 de outubro de 2021

*Cristiane Aparecida Fioravante Reis
Delman de Almeida Gonçalves
Thiago de Paula Protásio*
Editores Técnicos

Manejo silvicultural de plantações de *Tachigali vulgaris*

Marciel José Ferreira
Roberval Monteiro Bezerra de Lima
Celso Paulo de Azevedo
Francisco Itamar Gonçalves Melgueiro
Zilza Thayane Matos Guimarães
Lariany Falcão de Lima Lopes
Isys Nathally de Lima Silva

Introdução

O acumulado de áreas desflorestadas ou degradadas tem aumentado na Amazônia Legal e já soma cerca de 82 milhões de ha (Inpe, 2022). Entretanto, uma extensão pouco representativa dessas áreas, cerca de 0,42%, está reflorestada com plantações de espécies nativas para produção industrial (Inpe, 2016). Dentre os principais fatores que dificultam a implementação de experiências silviculturais com espécies nativas na região Amazônica, destaca-se a carência de protocolos de implantação e manejo das plantações baseados em robusto conhecimento científico e a baixa disponibilidade de sementes e mudas de qualidade (Nunes et al., 2020; Rolim et al., 2020). Apesar dessas dificuldades, diferentes estudos têm demonstrado o uso preferencial de espécies nativas de grande interesse econômico para a produção de bens madeireiros e não madeireiros (Walters et al., 2005; Hoch et al., 2009).

Em plantações industriais, as espécies são selecionadas, dentre outros fatores, com base no potencial econômico, ritmo de crescimento e propriedades tecnológicas da madeira. *Tachigali vulgaris*, conhecida como tachi-branco, é uma espécie pioneira de alto potencial energético e tem sido indicada como apta para programas de reflorestamento na Amazônia (Salomão et al., 2014; Martorano et al., 2018). A alta produtividade de liteira (Mochiutti et al., 2006) somada às características de poder calorífico e rendimento no processo de carbonização da biomassa, justificam o uso da espécie em projetos de recuperação de áreas alteradas, pois, ao final do período de pousio, o agricultor poderá obter bons rendimentos econômicos com a venda de lenha ou carvão, além de ter recuperado a área para novos cultivos (Mochiutti et al., 1999).

No presente trabalho, foram discutidos diferentes aspectos decisivos para a implantação e manejo de plantações florestais, que permanecem como lacunas na silvicultura de espécies nativas. Ademais, são apresentados resultados de pesquisas científicas direcionadas à espécie *T. vulgaris*, com o objetivo de promover a expansão de plantações florestais de espécies nativas de alto valor econômico na região Amazônica.

Estabelecimento inicial de plantações florestais: efeitos de qualidade das mudas e do sítio de plantio

Antigamente, os silvicultores atribuíam o mau desempenho do plantio a fatores como estresse ambiental, pastoreio de animais ou a danos causados por doenças ou insetos (Grossnickle; Macdonald, 2018b). Somente a partir da década de 1930 foram iniciados estudos que relacionaram os atributos

medidos no final da etapa de viveiro com o desempenho no campo. Desde então, o uso de mudas de baixa qualidade começou a ser sugerido como causa para as falhas nos plantios (Grossnickle; Macdonald, 2018b). Atualmente, sabe-se que a qualidade da muda utilizada é fundamental para o sucesso dos plantios florestais (Budiman et al., 2015; Grossnickle; Macdonald, 2018a; Melo et al., 2018). O padrão de qualidade é definido pelos atributos necessários para que uma muda sobreviva e se desenvolva após o plantio no campo (Freitas et al., 2012). Dessa forma, em um programa de qualidade de mudas, é preciso definir características que assegurem o potencial tanto para sobreviver inicialmente quanto para crescer após o plantio no campo (Grossnickle; Macdonald, 2018b). Para a determinação da qualidade das mudas são utilizadas características morfológicas (aspectos fenotípicos) e fisiológicas (processos e estrutura interna) (Grossnickle; Macdonald, 2018b), embora as características morfológicas sejam mais utilizadas por serem mais aceitas pelos viveiristas (Eloy et al., 2013). Contudo, a relação entre as características de qualidade da muda (tais como altura e diâmetro do coleto) e o estabelecimento (crescimento e sobrevivência) pode variar tanto de acordo com a espécie (Tsakalidimi et al., 2013) quanto com o tempo (Ivétic et al., 2016).

A premissa de que a qualidade da muda é definida no sítio de plantio e não no viveiro é um dos pilares do Conceito de Planta Modelo, em inglês, *Target Plant Concept*. Este é um modelo de estrutura projetado para unificar as ações de produção da muda e o estabelecimento no campo, a partir de um único processo holístico (Davis; Pinto, 2021). Planta modelo ou planta alvo é o termo utilizado para indicar características desejáveis das plantas, ou seja, aquelas que irão promover maior crescimento e sobrevivência no campo (Landis et al., 2011). Contudo, para se obter uma planta modelo, é preciso considerar diferentes aspectos, tais como: objetivo do plantio, caracterização do sítio e suas limitações, escolha da espécie, origem do material e época do plantio, sendo necessário o trabalho conjunto de viveiristas e silvicultores para definir a planta alvo em cada projeto (Landis, 2011; Davis; Pinto, 2021).

Um dos problemas dos viveiros florestais é determinar, durante a fase de viveiro, quais características morfológicas podem afetar o desempenho no campo (Aguiar et al., 2011). A determinação da qualidade da muda pode se basear tanto nos aspectos fenotípicos, que são os parâmetros morfológicos, como nos aspectos internos das mudas, os parâmetros fisiológicos (Gomes et al., 2002). Entretanto, na realidade, apenas um pequeno número de características é usado, porque uma “medida operacional ideal” precisa ser rápida, simples, barata, confiável, não destrutiva, quantitativa e de diagnóstico (Grossnickle; Macdonald, 2018b). A obtenção de mudas de qualidade pode ser alcançada por meio da medição de parâmetros morfológicos (Eloy et al., 2013). Podem ser destacadas características morfológicas tais como: altura (H), diâmetro (D), número de folhas, massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), volume de raiz (VR) e os índices ou indicadores de qualidade da muda como: razão H/D, razão MSPA/MSR e índice de qualidade de Dickson (IQD). As características morfológicas (e.g. altura e diâmetro) são mais fáceis de mensurar e têm sido amplamente utilizadas para avaliação da qualidade das mudas de espécies florestais (Wilson; Jacobs, 2006; Tsakalidimi et al., 2013; Grossnickle; Macdonald, 2018a; Melo et al., 2018). Essas características têm sido capazes de prever o desempenho no campo de diferentes espécies florestais (Mattson, 1997; Jacobs et al., 2005; Tsakalidimi et al., 2013).

Vários são os tratamentos que podem alterar as características morfológicas e os indicadores de qualidade das mudas pelo manejo no viveiro, para se alcançar uma resposta desejável no campo. Estudos sobre a qualidade de mudas vêm sendo preferencialmente realizados considerando a qualidade da muda em resposta aos tratamentos como substrato (características físico-químicas, tipo

de substrato, proporção utilizadas, substratos alternativos), nutrição e fertilização (diferentes dosagens de micronutrientes e suas fontes) e manejo da intensidade de luz (usando sombreamento e espectros específicos por meio de luzes LED) (Gallegos-Cedillo et al., 2021). No entanto, a maioria dos trabalhos tem sido realizada somente em casa de vegetação e não avaliam o desempenho posterior no campo. Estudos que avaliam os atributos de qualidade da muda e o seu estabelecimento no campo em espécies florestais nativas são escassos. O que se conhece sobre a relação desses atributos com o crescimento e sobrevivência é geralmente obtido a partir de espécies exóticas, especialmente dos gêneros *Pinus* (Tsakalimi; Ganatsas, 2006; Tsakalimi et al., 2013) e *Quercus* (Villar-Salvador et al., 2004; Jacobs et al., 2005; Tsakalimi et al., 2013).

A seleção das características indicadoras de um padrão de muda mais adequado para projetos de reflorestamento deve considerar a qualidade do sítio de plantio (South et al., 2001). Mudanças mais altas podem ter mais vantagem em ambientes florestais sombreados (Martinez-Garza et al., 2013) e em sítios que têm competição com gramíneas (Haase, 2007). Entretanto, mudas maiores podem ter desvantagem em sítios secos devido à maior área de superfície transpiratória (Haase, 2007; Zida et al., 2008). Martinez-Garza et al. (2013) encontraram efeito do sítio sobre a relação entre qualidade da muda e o desempenho no campo, onde mudas com menores diâmetros (< 4 mm) só apresentaram baixa sobrevivência em resposta à seca quando plantadas em solos rasos, sendo que, em solos mais profundos, não houve efeito do tamanho da muda. Dessa forma, estudos considerando a seleção dessas características em resposta ao sítio de plantio devem ser realizados.

Plantações florestais na Amazônia podem ser realizadas sobre uma grande variedade de sítios de plantio, mas a maioria é considerada área marginal, que se encontra desflorestada e, ou degradada e possui diferentes fatores limitantes à sobrevivência e ao crescimento das mudas. Neste sentido, o conhecimento das limitações do sítio de plantio possibilita adotar práticas de manejo com o objetivo de reverter tais limitações, na expectativa de alcançar a máxima produtividade econômica do povoamento (Rubilar et al., 2018). Alterações nas características físicas do solo (por exemplo, compactação) podem ser fatores limitantes para a máxima produtividade do sítio (Finger et al., 1996). Assim, as condições de aeração, infiltração, umidade e disponibilidade de nutrientes ao sistema radicular também podem afetar o crescimento das mudas no campo (Marcuzzo et al., 2014). Na ausência de alternativas para melhorar as condições do solo, o desempenho das mudas no campo poderá ser severamente comprometido (Löf et al., 2012).

O preparo do solo durante a etapa de implantação de povoamentos florestais intensamente manejados é prática comum no mundo (Rubilar et al., 2018). O preparo do solo pode ser adotado para melhorar as condições físicas que limitam o estabelecimento do plantio, pois diminui a resistência física ao desenvolvimento das raízes, aumentando o volume de solo que pode ser explorado e permitindo maior aquisição de recursos pelas plantas (Palacios et al., 2009; Löf et al., 2012; Marcuzzo et al., 2014). Além disso, o preparo adequado do solo tem por objetivo propiciar que o máximo potencial genético da planta seja expresso sem alguma limitação do sítio de plantio. Quando aplicado adequadamente, o preparo do solo pode manter ou aumentar a produtividade florestal no médio e longo prazo (Santos; Reichert, 2022). Dentre os métodos de preparo do solo convencionalmente utilizados (por exemplo, controle de vegetação invasora, fertilização etc.), convém destacar o preparo mecanizado do solo, o qual inclui métodos de preparação que, normalmente, envolvem o uso de grandes máquinas pesadas com certos implementos anexados para preparar uma área e seu solo, para o estabelecimento de árvores (Löf et al., 2012).

Os três principais tipos de preparo mecânico do sítio voltado ao manejo dos solos são a escarificação, o amontoamento e a subsolagem (Löff et al., 2012). O escarificador e o subsolador estão entre os implementos mais usados para o estabelecimento de plantios florestais (Cavichiolo et al., 2005; Dedeczek et al., 2007). A subsolagem é um método usado para aumentar a aeração, infiltração e drenagem da água do solo, além de reduzir a densidade do solo (Dedeczek et al., 2007; Löff et al., 2012; Marcuzzo et al., 2014). Este método é a prática mais comum em plantios de eucalipto (Santos; Reichert, 2022). A subsolagem fratura a estrutura do solo sem misturar os horizontes e é um método muito usado em solos secos, áreas degradadas por mineração ou para solos que possuem uma camada superficial compactada que restringe o crescimento das raízes e o desenvolvimento das plantas (Löff et al., 2012). Porém, a descompactação do solo pode alcançar camadas mais profundas dependendo do tamanho da haste (Finger et al., 1996; Akinci et al., 2004). De acordo com Querejeta et al. (2001), em reflorestamento de *Pinus halepensis* sob clima semiárido, tratamentos de preparo do solo com subsolagem aumentaram o conteúdo de água no solo e diminuíram a resistência à penetração. Dedeczek et al. (2007), ao avaliar diferentes tratamentos de preparo do solo (subsolagem com subsolador de diferentes hastes, abertura de covas manual e abertura mecânica – broca acoplada a um trator), encontraram modificações na estrutura do solo nos preparos com subsolador principalmente na camada superficial (solo menos denso, mais permeável e mais poroso). No entanto, deve-se destacar que os efeitos da subsolagem devem diminuir conforme o passar dos anos (Akinci et al., 2004).

A subsolagem pode favorecer a sobrevivência e o crescimento das mudas, uma vez que possibilita o alcance de maiores profundidades pelas raízes (Cavichiolo et al., 2005; Dedeczek et al., 2007) e pode aumentar a absorção de água em locais mais secos. Entretanto, o desempenho de mudas após o preparo mecanizado da área é muito dependente, tanto das espécies como das condições de sítio (Löff et al., 2012) e deve ser mais bem compreendido. Barbosa et al. (2003), ao avaliar o estabelecimento inicial de *Ochroma lagopus* e *Jacaranda copaia* em resposta ao preparo da área, encontraram efeito positivo da gradagem nas taxas de sobrevivência apenas para *O. lagopus*. Os resultados também mostraram que a gradagem beneficiou o crescimento de *O. lagopus* após o primeiro ano de plantio; enquanto para *J. copaia*, o crescimento em área gradeada foi maior somente a partir do segundo ano de plantio. Dedeczek et al. (2007), ao comparar o estabelecimento de *Acacia mearnsii* em diferentes tratamentos de preparo do solo (subsolagem com subsolador de diferentes hastes, abertura manual e abertura mecânica de covas), encontraram menor sobrevivência de mudas no tratamento de abertura manual de covas, enquanto o crescimento não foi afetado pelo método de preparo do solo. Finger et al. (1996) verificaram o efeito de dois tratamentos de preparo de solo (subsolagem a 60 cm e abertura manual de covas de 13 cm de profundidade) na sobrevivência e crescimento de *Eucalyptus saligna* em uma área abandonada após uso com agricultura e pastoreio. Esses autores destacaram crescimento 50% superior das plantas de *E. saligna* no tratamento com subsolagem, enquanto a sobrevivência teve aumento de apenas 6% em comparação ao tratamento de abertura manual. Marcuzzo et al. (2014), buscando identificar espécies potenciais para a recuperação de áreas degradadas em diferentes métodos de preparo do solo (cova e subsolagem), encontraram que a subsolagem na linha de plantio proporcionou melhor crescimento no diâmetro do coleto das espécies plantadas, enquanto para altura não houve efeito do preparo do solo.

O fato de o desempenho dos plantios no campo também ser afetado pela qualidade da muda, indica a necessidade de melhor compreender os efeitos da interação qualidade da muda e sítio de plantio sobre o estabelecimento das espécies (Palacios et al., 2009). Neste contexto, o Grupo de Pesquisa em Silvicultura de Florestas Plantadas na Amazônia iniciou, em 2018, o projeto de pesquisa intitulado “Introduzindo conhecimento científico na definição do padrão de mudas de espécies florestais de

importância econômica em resposta à qualidade do sítio”. O objetivo principal do estudo é investigar se o padrão de qualidade das mudas influencia o estabelecimento inicial de espécies florestais de importância econômica em resposta à qualidade do sítio.

O experimento está instalado na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas (Faexp-Ufam), localizada no km 38 da Rodovia BR-174 (02°38'57"S e 60°03'11"W), Manaus, AM. O ensaio experimental de campo foi implementado no delineamento de blocos casualizados (DBC), em ensaio de parcelas subdivididas com três repetições (blocos). Dois fatores principais e a interação entre eles estão sendo avaliados: 1) Porte da muda (quatro classes de tamanho): variação no diâmetro do coleto e 2) Qualidade do sítio (dois métodos de preparo do solo): preparo mecanizado (subsolagem + gradagem) e abertura manual das covas. As espécies utilizadas no experimento foram selecionadas em função da alta importância econômica na região e por comporem diferentes experiências silviculturais já realizadas, sendo elas: *Bertholletia excelsa* Bonpl. (castanheira da Amazônia), *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. (cumaru) e *Tachigali vulgaris* (tachi-branco).

Ao final da fase de produção em viveiro, as mudas de cada espécie foram agrupadas em quatro classes de tamanho ou classes de diâmetro (CD) conforme a variação do diâmetro do coleto (dc): *B. excelsa* e *D. odorata*: CD1: $3 \leq dc < 4$ mm; CD2: $4 \leq dc < 5$ mm; CD3: $5 \leq dc < 6$ mm e CD4: $6 \leq dc < 7$ mm e *T. vulgaris*: CD1: $2,5 \leq dc < 3,5$ mm; CD2: $3,5 \leq dc < 4,5$ mm; CD3: $4,5 \leq dc < 5,5$ mm e CD4: $5,5 \leq dc < 6,5$ mm. A seleção foi baseada no diâmetro da região do coleto, pois esta característica se correlaciona com a massa seca total da planta e o tamanho do sistema radicular (Coll et al., 2008; Bayala et al., 2009). Esse agrupamento inicial teve como objetivo implantar no campo um número semelhante de mudas em cada classe. O tratamento de preparo do sítio foi realizado seis meses antes do plantio (outubro de 2018). A operação de subsolagem foi realizada por um trator de rodas com potência de 85 cv. O trator tracionou um arado subsolador (com capacidade para cinco hastes) com duas hastes colocadas lado a lado, haste reta regulável medindo 70 cm. O uso das duas hastes teve como objetivo aumentar a largura da subsolagem (30-40 cm). Foi realizada a subsolagem somente na linha de plantio (método do cultivo mínimo) até a profundidade média de 40 cm. Foi também realizada a gradagem na linha de plantio com o objetivo de promover a quebra de torrões remanescentes após a subsolagem. A abertura manual das covas (30 cm x 30 cm x 30 cm) foi realizada em ambos os tratamentos (com e sem subsolagem). Em abril de 2019, foram plantadas 726 mudas (432 em parcela útil e 294 formando as bordas) no espaçamento de 3 m x 2 m. Cada espécie possui 24 mudas por tratamento de preparo do solo distribuídas em quatro classes de tamanho.

No “I Workshop Online Florestas de *Tachigali vulgaris*” foram apresentados os resultados preliminares da pesquisa na palestra intitulada “Manejo silvicultural das plantações de *Tachigali vulgaris*”. Foram destacados os resultados obtidos após 32 meses de experimentação para a espécie tema do evento. Durante este período, em todo o experimento, somente 10,2% das mudas morreram (44 mudas mortas das 432 plantadas) (Figura 1A). *T. vulgaris* apresentou mortalidade em todas as classes de tamanho em ambos os sítios de plantio (preparo manual e mecanizado). Ao longo dos 32 meses, ocorreu maior redução na sobrevivência de *T. vulgaris* no sítio manual (Figura 1B). A maior redução (-4%) ocorreu durante o terceiro ano de estabelecimento, aos 28 meses após o plantio. A mortalidade das mudas foi causada principalmente por tombamento em decorrência de ventos fortes durante eventos de chuva. Para o crescimento em altura, somente a CD1 parece ser superior as demais classes, sendo 23% e 15% superior à CD4 nos respectivos sítios, manual e mecanizado (Figura 1C). Para o crescimento em diâmetro, essa tendência é mais evidente no sítio com preparo manual (onde a CD1 teve valores 21% superiores à CD4) do que no sítio com preparo mecanizado (onde a CD1 é 12% superior à CD4) (Figura 1D). Destaca-se também que as taxas de crescimento

na CD1 em ambos os sítios obtiveram valores similares, havendo uma pequena variação entre os sítios de 0,7% para TCR-a e 2% para TCR-d. *T. vulgaris*, no decorrer dos três anos, obteve elevados valores de altura, especialmente no primeiro ano, em que aumentou 5,4 e 4,3 vezes a altura no sítio mecanizado e manual, respetivamente (Figura 1E).

Nos anos seguintes, o crescimento diminuiu em ambos os sítios, com valores médios de 2,4 vezes para o segundo e 1,4 vezes para o terceiro ano de estabelecimento. Vale destacar que, no crescimento em diâmetro, a espécie *T. vulgaris* obteve valores ainda maiores para o primeiro ano, onde o sítio mecanizado e manual teve, respetivamente, aumento de 14 vezes e 10,9 vezes nos valores de diâmetro (Figura 1F). No segundo e terceiro anos, os aumentos em diâmetro foram menos expressivos (em média 2 vezes para o segundo ano e 1,2 vezes para o terceiro ano em ambos os sítios). *T. vulgaris* apresentou alto percentual de indivíduos com ocorrência de forquilhamento, com maiores valores para o sítio com preparo mecanizado (65%) em comparação ao sítio com preparo manual (26%) (Figura 1G). A espécie também exibiu alta produtividade de liteira, sendo que neste experimento a produtividade foi 62,9 g m⁻² mês⁻¹ no sítio com preparo mecanizado e 49,9 g m⁻² mês⁻¹ no sítio com preparo manual (Figura 1H).

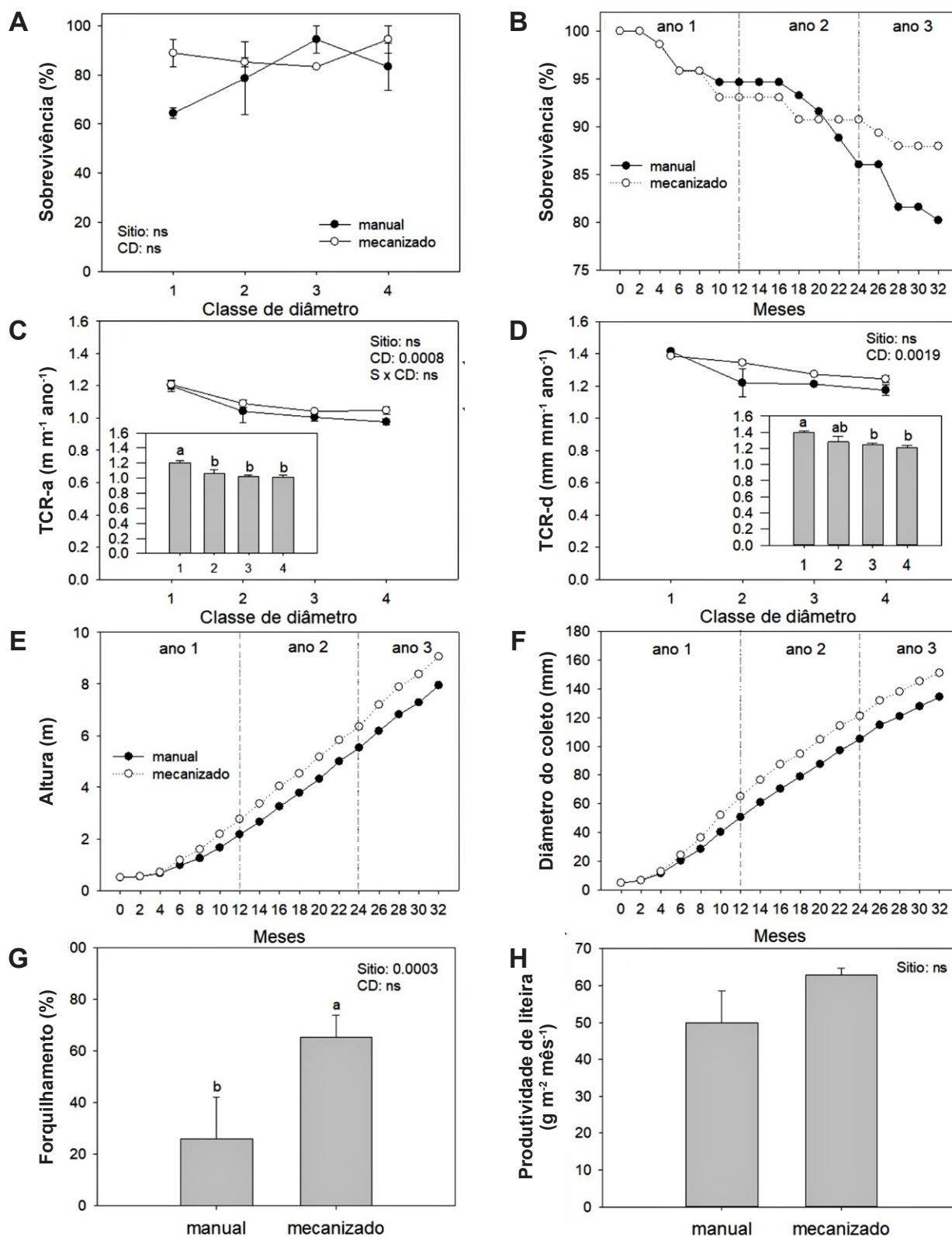


Figura 1. Média $\pm$ erro padrão da sobrevivência acumulada (A) e das variações mensais de sobrevivência (B); taxas de crescimento relativo em altura (TCR-a) (C) e diâmetro do coleto (TCR-d) (D); crescimento acumulado em altura (E) e diâmetro (F); padrão do forquilhamento (G) e produtividade de liteira (H), ao longo de 32 meses após o plantio, para as quatro classes de diâmetro (CD) de *Tachigali vulgaris* em sítios submetidos ao preparo manual e mecanizado ($n = 3$).

Legenda: ns = não significativo, $P > 0,05$; letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas para os efeitos principais de acordo com Teste Tukey ou Test T não pareado, $P < 0,05$.

Manejo de plantações florestais: efeitos de tratamentos silviculturais no crescimento de *Tachigali vulgaris*

Um dos principais elementos na tomada de decisão para a implantação de plantios florestais é a análise do espaçamento ótimo de plantio. Isso decorre de a variação na densidade de árvores de um povoamento florestal influenciar na taxa de crescimento, qualidade da madeira, idade de corte e aspectos econômicos do investimento (Magalhães, et al., 2012).

De acordo com Oliveira Neto et al. (2003), nos espaçamentos amplos, a produção de matéria seca da parte aérea e, em especial, da madeira, por árvore, é elevada em razão de seu maior crescimento em diâmetro. Enquanto, nos espaçamentos reduzidos, ocorre maior produção de biomassa por unidade de área, em razão de se ter um maior número de indivíduos.

O crescimento em diâmetro é uma característica altamente dependente dos espaçamentos (Coelho et al., 1970). Existe alguma controvérsia sobre o crescimento em altura das árvores quanto aos reflexos do espaçamento. No plantio de *E. grandis* com a redução do espaçamento de 3 m x 2 m para 3 m x 1 m, Pereira et al. (2006) verificaram uma tendência de maior crescimento em altura, justificando o resultado em razão da competição por luz, o que estimularia o crescimento em altura das plantas.

Em estudos realizados no município de Manaus, AM, Souza et al. (2008) testando 25 espécies florestais nativas e exóticas em plantios puros, no espaçamento 3 m x 2 m, em Latossolo amarelo com baixos pH e CTC, constataram que *T. vulgaris* se destacou entre as espécies com melhor desempenho, atingindo valores médios de 22,4 cm para DAP, 16,5 m de altura e 42,3 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ para incremento médio anual de volume de madeira, valores estes comparáveis aos obtidos pelas espécies de melhor desempenho no experimento, tais como clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* e pelo paricá (*Schizolobium amazonicum*), que foi a espécie nativa que apresentou o maior crescimento, aos quatro anos de idade.

A maioria das espécies florestais é considerada pouco exigente em fósforo quando comparada com culturas anuais. Esse fato tem sido atribuído ao extenso sistema radicular das árvores, que exploram grandes volumes de solo e à possível habilidade dessas plantas em utilizarem formas menos solúveis de fósforo. Contudo, em solos tropicais, o nível de fósforo é tão baixo que a planta é incapaz de manter uma taxa elevada de crescimento ao longo da rotação, se o nutriente não for aplicado ao solo (Barros; Novais, 1990).

Lima (2004), estudando a influência dos fatores de sítio no crescimento do *T. vulgaris*, concluiu que o maior crescimento em altura da espécie está relacionado com o aumento dos teores de fósforo e sódio. Os menores valores da relação ferro/fósforo estão associados com os sítios que apresentaram maior crescimento em altura.

A seguir são apresentados os resultados de um experimento onde se procurou identificar o efeito do espaçamento e dos níveis de adubação com fósforo no crescimento em altura, DAP, volume, biomassa e taxa de mortalidade.

A área de estudo se situa no município de Itacoatiara, AM, km 201 da Rodovia Estadual AM-010, entre as coordenadas 2° 56'20" S e 58° 55'42" W, no imóvel denominado Fazenda Nova Esperança II, de propriedade da Empresa Amaggi Exportação e Importação Ltda.

O solo da região está classificado no grupo dos Latossolos Amarelos Distróficos de textura média argilosa. O solo predominante na propriedade é o Distrófico, principalmente solos do tipo Oxissolos (Latosolo Amarelo/Argiloso), que apresenta potencialidade química natural reduzida, evidenciada pela baixa soma de bases trocáveis, baixa capacidade de troca catiônica (CTC) e elevada saturação de alumínio em cerca de 70% e baixos teores de cálcio (Ca)+ magnésio (Mg).

Foi instalado um total de 45 parcelas, com área unitária variando conforme o espaçamento adotado: 2 m x 2 m (112 m²), 3 m x 2 m (168 m²) e 4 m x 2 m (224 m²). O experimento ocupou uma área total de 0,9 ha. A adubação com superfosfato triplo, foi aplicada a lanço após 21 dias de plantio em cinco tratamentos, na forma de superfosfato triplo (P₂O₅) com 45% de P nas dosagens (D) de D1 - 0 kg ha⁻¹, D2 - 30 kg ha⁻¹, D3 - 60 kg ha⁻¹, D4 - 90 kg ha⁻¹ e D5 - 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Para estimativa do volume de madeira, foram abatidas 180 árvores, quatro árvores por parcela das dez árvores úteis, aplicando-se o método de Smalian, o diâmetro da ponta mais fina foi 3 cm (Scolforo, 1998). Após a cubagem, as árvores de *T. vulgaris* foram compartimentadas em troncos, galhos e folhas e depois pesadas para a determinação do peso fresco total. Dos compartimentos folhas e galhos, retirou-se amostras de 400 g; do fuste, as amostras foram compostas por discos seccionados a 0% (base), 50% (meio do fuste) e 100% de altura (ápice). As amostras foram secas em estufa com temperatura entre 100-105 °C, por um período mínimo de 72 horas, até atingir peso constante. Calculou-se o teor de água e a biomassa seca. Foram ajustadas as seguintes equações alométricas, conforme apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Equações alométricas para ajuste de biomassa da espécie *Tachigali vulgaris* acima do solo.

Número	Equação	Autor
1	$Ps = \beta_0 + \beta_1 d^2$	Kopecky - Gehrhardt
2	$Ps = \beta_1 d + \beta_2 d^2$	Dissescu - Meyer
3	$Ps = \beta_0 d^{\beta_1}$	Berkhout
4	$\ln Ps = \beta_0 + \beta_1 \ln d$	Husch
5	$Ps = \beta_0 + \beta_1 d^2 h$	Spurr
6	$Ps = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2}$	Schumacher e Hall
7	$\ln Ps = \beta_0 + \beta_1 \ln (d^2 h)$	Spurr
8	$Ps = d^2 (\beta_0 + \beta_1 h)$	Ogaya

Legenda: d (cm) = Diâmetro a 1,30 m de altura do solo; h (m) = Altura comercial; Ps (kg) = Biomassa seca; Ln = Logaritmo neperiano; β_0 , β_1 , β_2 = Coeficientes de regressão.

Na seleção dos melhores modelos para estimativa da biomassa, adotaram-se os seguintes critérios:

- Análise das medidas de precisão (R^2_{ajust} e Syx%).
- Análise da significância dos coeficientes das equações.
- Distribuição gráfica dos resíduos.

No estudo da regressão dos níveis da dosagem de fósforo para os espaçamentos 2 m x 2 m, 3 m x 2 m e 4 m x 2 m, verificou-se que houve regressão ($P < 0,05$) somente das dosagens no espaçamento 2 m x 2 m, cujo efeito é explicado pelo modelo de regressão quadrática, como mostra a Figura 2. Ao derivar a equação de regressão, observou-se que a melhor dosagem a ser aplicada é 60,07 g de fósforo, o que resultará em uma produção máxima de 149,72 m³ ha⁻¹ para o espaçamento 2 m x 2 m.

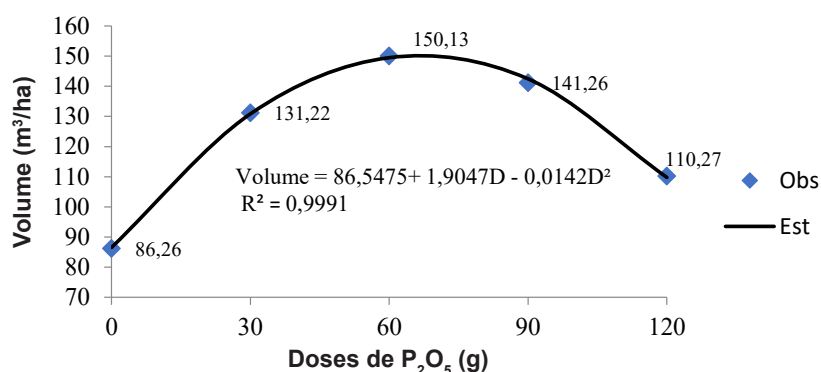


Figura 2. Regressão do volume de madeira de *Tachigali vulgaris* em função das doses de fósforo (D) para o espaçamento 2 m x 2 m.

Ao analisar os valores de biomassa dos compartimentos do plantio de *T. vulgaris*, observou-se que o fuste concentra mais biomassa com o valor de 25,64 kg árvore⁻¹, galho com 12,32 kg árvore⁻¹ e folha com apenas 2,13 kg árvore⁻¹. O maior percentual de água se encontra armazenado nas folhas com média de 50,59%, fuste com 43,65% e o menor percentual se encontra no galho com 43,55% (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão de biomassa seca e teor de água, obtidos para cada compartimento do plantio de *T. vulgaris*, aos cinco anos de idade.

Compartimento	Biomassa (kg)	Teor de água (%)
Folhas	2,13 ± 1,38	50,59 ± 8,61
Galhos	12,32 ± 8,03	43,55 ± 6,75
Fuste	25,64 ± 14,74	43,65 ± 4,46

Esses resultados concordam com aqueles apresentados por Souza e Lima (2012), onde as análises feitas com o tachi-branco para produção de energia, no espaçamento de 3 m x 2 m (13 anos) e 3 m x 4 m (11 anos), indicaram que o fuste foi o que mais armazenou biomassa (188,34 kg com teor de água de 41%), folha (8,13 kg com 43,1% de teor de água) e galho (22,69 kg com 43,1% de teor de água).

Na produção de biomassa, observou-se que a média ficou em 40,09 kg árvore⁻¹ para *T. vulgaris* (Tabela 3). Higa et al. (2012) observaram o valor de 145,14 kg de biomassa em plantios de tachi-branco aos 9 anos. Xaud et al. (2006) estudando a mesma espécie, reportaram valores médios de 33,3 kg de biomassa árvore⁻¹, aos seis anos de idade, no espaçamento de 3 m x 4 m. Os maiores valores de biomassa por árvore foram observados nos espaçamentos maiores (3 m x 2 m e 4 m x 2 m), quando comparados com os espaçamentos menores (2 m x 2 m), em razão da maior competição entre plantas em densidades populacionais mais baixas.

A distribuição de biomassa nos componentes da árvore foi alterada com a adubação e o espaçamento. A biomassa média de madeira, nos níveis 0 g, 30 g, 60g, 90 g e 120 g de adubação com fósforo, correspondeu a 11%, 22%, 27%, 23% e 17% da biomassa total, respectivamente no espaçamento 2 m x 2 m; a 15%, 19%, 22%, 23% e 21% no espaçamento 3 m x 2 m e de 16%, 14%, 20%, 28% e 22% da biomassa total no espaçamento 4 m x 2 m, para *T. vulgaris*.

Tabela 3. Valores de média, mediana, máxima, mínima e desvio padrão de biomassa do plantio de *Tachigali vulgaris*, aos cinco anos de idade, no município de Itacoatiara, AM.

Parâmetros	Biomassa total (kg árvore ⁻¹)
Média	40,09
Mediana	36,95
Máxima	132,58
Mínima	2,20
Desvio padrão	23,12

O efeito principal do espaçamento não foi significativo ($P > 0,05$), entretanto houve diferença para os níveis de dosagem de fósforo ($p = 0,0022$). Constatou-se que a maior produção de biomassa foi obtida ao adubar o plantio com 90 g (85,56 Mg ha⁻¹) e 60 g (81,96 Mg ha⁻¹) de fósforo, não diferindo estatisticamente das doses de 120 g e 30 g de fósforo pelo teste de Tukey.

No estudo da regressão dos níveis de dosagem de fósforo para os espaçamentos 2 m x 2 m, 3 m x 2 m e 4 m x 2 m, verificou-se que houve regressão ($p < 0,05$) das dosagens somente com o espaçamento 2 m x 2 m, explicado pela regressão quadrática (Figura 3). Ao se derivar a equação de regressão, observou-se que a melhor dosagem a ser aplicada é 66,45 g de fósforo, o que resultará em uma produção máxima de 110,16 Mg ha⁻¹ para o espaçamento 2 m x 2 m. Observa-se que as dosagens de fósforo apresentam a produção de biomassa mais elevada após a aplicação de 30 g de fósforo, tendendo a estabilizar a partir da aplicação de 60 g de fósforo, apresentando uma tendência de decréscimo após este valor.

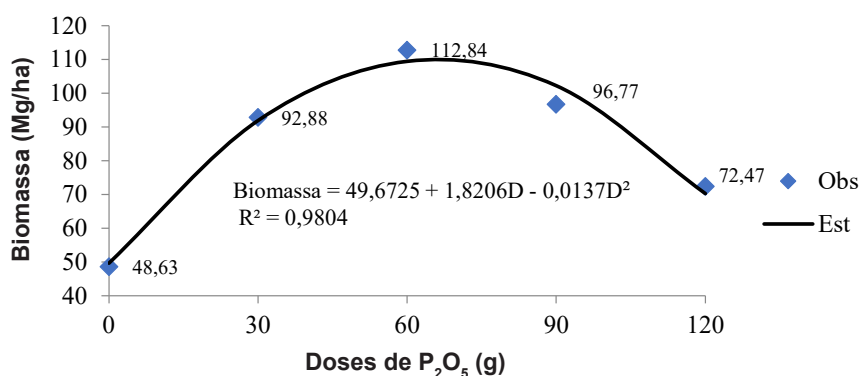


Figura 3. Regressão de biomassa de *Tachigali vulgaris* em função das doses de fósforo, no espaçamento 2 m x 2 m.

Legenda: Mg = megagrama (1Mg = 10⁶g) e D = Doses de P₂O₅ (g).

Entre os modelos avaliados para estimar a biomassa de *T. vulgaris*, o modelo de Dissescu-Meyer (Modelo 2) foi o que melhor se ajustou aos resultados e, também, apresentou a melhor distribuição dos resíduos, com apenas uma variável independente. Os resíduos do modelo de Dissescu e Meyer ficaram mais homogeneamente distribuídos e com menor amplitude que os demais modelos, apresentado R²ajustado de 94,28% e Syx de 11,13% (Tabela 4).

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros dos modelos polinomiais ajustados e medidas de precisão para estimar biomassa acima do solo de *Tachigali vulgaris*, aos cinco anos de idade, Itacoatiara, AM.

Número	Equação	Coeficientes			F	R ² ajustado (%)	Syx (%)
		β_0	β_1	β_2			
1	$Ps = \beta_0 + \beta_1 d^2$	-39,543800	8,363400	-	512,10*	75,37	11,54
2	$Ps = \beta_0 d + \beta_1 d^2$	-0,091850	0,424990	-	1.385,02*	94,28	11,13
3	$Ps = \beta_0 d^{\beta_1}$	0,401930	2,014900	-	2.229,00*	77,23	11,13
4	$\ln Ps = \beta_0 + \beta_1 \ln d$	-0,969210	2,024420	-	697,10*	80,65	0,26
5	$Ps = \beta_0 + \beta_1 d^2 h$	7,656690	0,026922	-	586,31*	77,80	10,96
6	$Ps = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2}$	0,144630	1,661320	0,73513	6.522,07*	78,57	10,83
7	$\ln Ps = \beta_0 + \beta_1 \ln(d^2 h)$	-1,984800	0,799100	-	677,51*	80,20	0,26
8	$Ps = d^2 (\beta_0 + \beta_1 h)$	0,286945	0,009914	-	2.586,07*	77,84	10,98

Legenda: Ps = biomassa seca; β_0 , β_1 e β_2 = parâmetros do modelo; Ln = logaritmo neperiano; d = diâmetro à altura do peito; h = altura total; R²ajustado = coeficiente de determinação ajustado e Syx = erro padrão da estimativa e * = significativo a 5% pelo teste F.

Os resultados experimentais indicaram que a produção de biomassa para *T. vulgaris* nas dosagens 0 g, 30 g, 60 g, 90 g e 120 g de P₂O₅ foram iguais sob os espaçamentos 2 m x 2 m e 3 m x 2 m. Para as dosagens 90 g e 120 g, a produção de biomassa foi superior às demais quando cultivada sob espaçamento 4 m x 2 m. Para a dosagem 60 g, a biomassa produzida sob os espaçamentos 3 m x 3 m e 4 m x 2 m não diferiram entre si pelo teste de Tukey, considerando o valor nominal de 5% de significância. Para os espaçamentos 2 m x 2 m e 3 m x 2 m, a dosagem 60 g superou às demais em produção de biomassa. A espécie apresenta alto potencial para estocagem de biomassa, onde pode ser indicada para plantios em áreas degradadas.

Ao se considerar todos os espaçamentos, o modelo que melhor se ajustou aos dados de biomassa, em função da dosagem, foi “Biomassa = 46,6273 + 0,9839DAP - 0,0065DAP²” R² = 0,9676, com ponto de máxima P = (75,68 g, 86,83 Mg ha⁻¹). Só houve regressão para biomassa no espaçamento 2 m x 2 m, “Biomassa = 49,6725 + 1,8226DAP - 0,0137DAP²” R² = 0,9804, com ponto de máxima produção de biomassa P = (66,45 g, 110,16 Mg ha⁻¹).

Considerações finais

Diante da necessidade iminente de promover a geração de fontes alternativas de energia limpa e renovável, a expansão de plantações florestais de *Tachigali vulgaris* para a produção de bioenergia deverá ganhar significativo impulso nos próximos anos. Neste contexto, a produtividade e a qualidade dos projetos de reflorestamento desta espécie dependerão sobremaneira da aplicação de protocolos silviculturais baseados em ciência. Essas iniciativas serão importantes para ampliar as áreas de plantações industriais com espécies florestais nativas e estimular a geração de renda a partir do melhor aproveitamento das paisagens alteradas e degradadas da região Amazônica.

Agradecimentos e fontes de financiamento

Agradecimentos à Universidade Federal do Amazonas (Ufam) e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Amazônia Ocidental) pela infraestrutura, serviços e logística que suportaram as pesquisas laboratoriais e de campo. À equipe do Laboratório de Silvicultura da Ufam pelo apoio nas atividades experimentais. Ao Dr. Raymundo Leite da Silva Júnior pelo auxílio na implantação do experimento. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (Fapeam) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão das bolsas de doutorado e iniciação científica aos estudantes. Marciel José Ferreira agradece à bolsa de produtividade concedida pelo CNPq (processo 309870/2020-8).

Referências

- AGUIAR, F. F. A.; KANASHIRO, S.; TAVARES, A. R.; NASCIMENTO, T. D. R. do; ROCCO, F. M. Crescimento de mudas de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), submetidas a cinco níveis de sombreamento. **Revista Ceres**, v. 58, n. 6, p. 729-734, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000600008>.
- AKINCI, I.; ÇAKIR, E.; TOPAKCI, M.; CANAKCI, M.; ONALINAN. The effect of subsoiling on soil resistance and cotton yield. **Soil and Tillage Research**, v. 77, n. 2, p. 203-210, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2003.12.006>.
- BARBOSA, A. P.; CAMPOS, M. A. A.; SAMPAIO, P. de T. B.; NAKAMURA, S.; GONÇALVES, C. de Q. B. O Crescimento de duas espécies florestais pioneiras, pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* Sw.) e caroba (*Jacaranda copaia* D. Don), usadas para recuperação de áreas degradadas pela agricultura na Amazônia Central, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 33, p. 447-482, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672003000300012>.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação solo – eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990.
- BAYALA, J.; DIANDA, M.; WILSON, J.; OUÉDRAOGO, S. J.; SANON, K. Predicting field performance of five irrigated tree species using seedling quality assessment in Burkina Faso, West Africa. **New Forests**, v. 38, n. 3, p. 309-322, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-009-9149-4>.
- BUDIMAN, D.; SUDRAJAT, D. J.; LEE, D. K.; KIM, Y. S. Effect of initial morphology on field performance in white jabor seedlings at Bogor, Indonesia. **Forest Science and Technology**, v. 11, n. 4, p. 206-211, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1080/21580103.2015.1007897>.
- CAVICHIOLO, S. R.; DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. Modificações nos atributos físicos de solos submetidos a dois sistemas de preparo em rebrota de *Eucalyptus saligna*. **Revista Árvore**, v. 29, n. 4, p. 571-577, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000400009>.
- COELHO, A. S. R.; MELLO, H. A.; SIMÕES, J. W. Comportamento de espécies de eucaliptos face ao espaçamento. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, v. 2, n. 50, p. 129-149, 1970.
- COLL, L.; POTVIN, C.; MESSIER, C.; DELAGRANGE, S. Root architecture and allocation patterns of eight native tropical species with different successional status used in open-grown mixed plantations in Panama. **Trees**, v. 22, n. 4, p. 585-596, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00468-008-0219-6>.
- DAVIS, A. S.; PINTO, J. R. The scientific basis of the target plant concept: An overview. **Forests**, v. 12, n. 9, p. 1293, 2021. DOI: https://www.fs.fed.us/rm/pubs_journals/2021/rmrs_2021_davis_a001.pdf.
- DEDECEK, R. A.; CURCIO, G. R.; RACHWAL, M. F. G.; SIMON, A. A. Efeitos de sistemas de preparo do solo na erosão e na produtividade da acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Ciência Florestal**, v. 17, n. 3, p. 205-215, 2007. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050981952>.
- ELOY, E.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; BEHLING, A.; SCHWERS, L. ELLI, E. F. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **Floresta**, v. 43, n. 3, p. 373-384, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rev.v43i3.26809>.

FINGER, C. A. G.; SCHUMACHER, M. V.; SCHNEIDER, P. R.; HOPPE, J. M. Influência da camada de impedimento no solo sobre o crescimento de *Eucalyptus grandis* (Hill) ex Maiden. **Ciência Florestal**, v. 6, n. 1, p. 137-145, 1996. DOI: <https://doi.org/10.5902/19805098332>.

FREITAS, G. A. de; MELO, A. V. de; PEREIRA, M. A. B.; ANDRADE, C. A. O. de; LUCENA, G. N.; SILVA, R. R. da. Influência do sombreamento na qualidade de mudas de *Sclerolobium paniculatum* Vogel para recuperação de área degradada. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 3, p. 5-12, 2012. DOI: <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v3n3.freitas>.

GALLEGOS-CEDILLO, V. M.; DIANÉZ, F.; NAJÉRA, C.; SANTOS, M. Plant agronomic features can predict quality and field performance: A bibliometric analysis. **Agronomy**, v. 11, n. 11, 2305, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11112305>.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 26, p. 655-664, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000600002>.

GROSSNICKLE, S. C.; MACDONALD, J. E. Why seedlings grow: influence of plant attributes. **New forests**, v. 49, n. 1, p. 1-34, 2018a. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-017-9606-4>

GROSSNICKLE, S. C.; MACDONALD, J. E. Seedling quality: history, application, and plant attributes. **Forests**, v. 9, n. 5, p. 283, 2018b. DOI: <https://doi.org/10.3390/f9050283>.

HAASE, D. L. Morphological and physiological evaluations of seedling quality. In: RILEY, L. E.; DUMROESE, R. K.; LANDIS, T. D. **National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations-2006**. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 2007, v. 50. p. 3-8. Disponível em: https://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_p050/rmrs_p050_003_008.pdf. Acesso em: 20 out. 2022.

HIGA, R. C. V.; XAUD, H. A. M.; LIMA, R.; ACCIOLY, L. O. Estoque de biomassa em florestas plantadas, sistemas agroflorestais, florestas secundárias e Caatinga. In: LIMA, M. A.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; MACHADO, P. L. O. de A.; URQUIAGA, S. (ed.). **Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira**. Brasília, DF: Embrapa; Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012. p.105-158.

HOCH, L.; POKORNY, B.; JONG, W. de. How successful is tree growing for smallholders in the Amazon? **International Forestry Review**, v. 11, n. 3, p. 299-310, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1505/for.11.3.299>.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Projeto Terra Class 2014**. 2016. Disponível em: http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2014.php. Acesso em: 20 out. 2022.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **TerraBrasilis**, PRODES, 2022. Disponível em: http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates. Acesso em: 20 out. 2022.

IVETIĆ, V.; GROSSNICKLE, S.; ŠKORIĆ, M. Forecasting the field performance of Austrian pine seedlings using morphological attributes. **iForest-Biogeosciences and Forestry**, v. 10, n. 1, 99, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3832/for1722-009>.

JACOBS, D. F.; SALIFU, K. F.; SEIFERT, J. R. Relative contribution of initial root and shoot morphology in predicting field performance of hardwood seedlings. **New Forests**, v. 30, n. 2, p. 235-251, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-005-5419-y>.

LANDIS, T. D. The target plant concept-a history and brief overview. In: RILEY, L. E.; HAASE, D. L.; PINTO, J. R. (ed.). **National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations-2010**. Fort Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 2011, v. 65. p. 61-66. Disponível em: https://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_p065/rmrs_p065_061_066.pdf. Acesso em: 20 out. 2022.

LIMA, R. M. B. de. **Crescimento do *Sclerolobium paniculatum* Vogel na Amazônia, em função de fatores de clima e solo**. 2004. 194 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

LÖF, M.; DEY, D. C.; NAVARRO, R. M.; JACOBS, D. F. Mechanical site preparation for forest restoration. **New Forests**, v. 43, n. 5, p. 825-848, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9332-x>.

MAGALHÃES, W. M.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIM, N.; HIGASHIKAWA, E. M.; YOSHITANI JUNIOR, M. Desempenho silvicultural de espécies de *Eucalyptus* spp. em quatro espaçamentos de plantio na região noroeste de Minas Gerais. **Floresta e Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 1-7, 2012. Disponível em: <https://www.floram.org/article/588e220ee710ab87018b4625/pdf/floram-12-2-1.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.

MARCUZZO, S. B.; ARAÚJO, M. M.; GASPARIN, E. Plantio de espécies nativas para restauração de áreas em unidades de conservação: um estudo de caso no sul do Brasil. **Floresta**, v. 45, n. 1, p. 129-140, 2014. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/download/32763/24815>. Acesso em: 20 out. 2022.

MARTÍNEZ-GARZA, C.; TOBON, W.; CAMPO, H.; HOWE, H. F. Drought mortality of tree seedlings in an eroded tropical pasture. **Land Degradation & Development**, v. 24, n. 3, p. 287-295, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.1127>.

MARTORANO, L. G.; TOURNE, D. C. M.; LISBOA, L. S.; SOUSA, V. G. de; SANTOS, L. S. dos; BRIENZA JÚNIOR, S. **Zoneamento topoclimático do Taxi-branco (*Tachigali vulgaris*) na Amazônia Legal: estratégias de planejamento com metas de desenvolvimento sustentável**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2018. 70 p. (Embrapa Amazônia Oriental, Documentos, 435). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/170212/1/DOCUMENTOS-435-OnLine.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.

MATTSON, A. Predicting field performance using seedling quality assessment. **New Forests**, v. 13, n. 1, p. 227-252, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1006590409595>.

MELO, L. A.; ABREU, A. H. M. de; LELES, P. S. dos S.; OLIVEIRA, R. R. de; SILVA, D. T. da. Qualidade e crescimento inicial de mudas de *Mimosa caesalpinhiifolia* Benth. produzidas em diferentes volumes de recipientes. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 47-55, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509831574>.

MOCHIUTTI, S.; MELÉM JÚNIOR, N. J.; FARIAS NETO, J. T. de; QUEIROZ, J. A. L. de. **Taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum*)**: leguminosa arbórea para a recuperação de áreas degradadas pela agricultura migratória. Macapá: Embrapa Amapá, 1999. 5 p. (Embrapa Amapá. Comunicado técnico, 28). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35266/1/taxi-branco-CT.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.

MOCHIUTTI, S.; QUEIROZ, J. A. L. de; MELÉM JÚNIOR, N. J. Produção de serrapilheira e retorno de nutrientes de um povoamento de taxi-branco e de uma floresta secundária no Amapá. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 52, p. 3-20, 2006. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAF-AP/11333/1/BPF_52_p3-20.pdf. Acesso em: 20 out. 2022.

NUNES, S.; GASTAUER, M.; CAVALCANTE, R. B. L.; RAMOS, S. J.; CALDEIRA JÚNIOR, C. F.; SILVA, D.; RODRIGUES, R. R.; SALOMÃO, R.; OLIVEIRA, M.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; SIQUEIRA, J. O. Challenges and opportunities for large-scale reforestation in the Eastern Amazon using native species. **Forest Ecology and Management**, v. 466, 118120, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118120>.

OLIVEIRA NETO, S. N. de; REIS, M. das G. F.; NEVES, J. C. L. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 15-23, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000100003>.

PALACIOS, G.; CERRILLO, R. M. N.; CAMPO, A. del.; TORAL, M. Site preparation, stock quality and planting date effect on early establishment of Holm oak (*Quercus ilex* L.) seedlings. **Ecological engineering**, v. 35, n. 1, p. 38-46, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.09.006>.

PEREIRA, M. R. R.; KLAR, A. E.; SILVA, M. R. da; SOUZA, R. A. de; FONSECA, N. R. Comportamento fisiológico e morfológico de clones de *Eucalyptus urograndis* submetidos a diferentes níveis de água no solo. **Irriga**, v. 11, n. 4, p. 518-531, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2006v11n4p518-531>.

QUEREJETA, J. I.; ROLDÁN, A.; ALBADEJO, J.; CASTILLO, V. Soil water availability improved by site preparation in a *Pinus halepensis* afforestation under semiarid climate. **Forest Ecology and Management**, v. 149, n. 1-3, p. 115-128, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00549-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00549-1).

ROLIM, S. G.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; PIOTTO, D.; BATISTA, A.; FREITAS, M. L. M.; BRIENZA JÚNIOR, S.; ZAKIA, M. J. B.; CALMON, M. **Prioridades e lacunas de pesquisa e desenvolvimento em silvicultura de espécies nativas no Brasil**. Working Paper. São Paulo, Brasil: WRI Brasil, 2020. 44 p. Disponível em: https://wribrasil.org.br/sites/default/files/af_wri_workingpaper_researchgapsinsilviculture_portugues_web.pdf. Acesso em: 20 out. 2022.

RUBILAR, R. A.; ALLEN, H. L.; FOX, T. R.; COOK, R. L.; ALBAUGH, T. J.; CAMPOE, O. C. Advances in silviculture of intensively managed plantations. **Current Forestry Reports**, v. 4, n. 1, p. 23-34, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40725-018-0072-9>

SALOMÃO, R. de P.; BRIENZA JÚNIOR, S.; ROSA, N. A. Dinâmica de reflorestamento em áreas de restauração após mineração em unidade de conservação na Amazônia. **Revista Árvore**, v. 38, n. 1, p. 1-24, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000100001>.

SANTOS, K. F. dos; REICHERT, J. M. Best tillage practices for eucalyptus growth and productivity: A review on the Brazilian experience. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, e0210091, 2022. DOI: <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20210091>.

SCOLFORO, J. R. **Biometria florestal 1**: medição e volumetria de árvores. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 310 p.

SOUTH, D. B.; ROSE, R. W.; MCNABB, K. L. Nursery and site preparation interaction research in the United States. **New Forests**, v. 22, n. 1, p. 43-58, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1012079014625>.

SOUZA, C. R.; LIMA, R. M. B. de; AZEVEDO, C. P.; ROSSI, L. M. B. Desempenho de espécies florestais para uso múltiplo na Amazônia. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 77, p. 7-14, 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/176297/1/cap01.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.

SOUZA, L. A.; LIMA, R. M. B. de. Avaliação da adaptabilidade e produtividade de plantios de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum*) na região de Manaus e Iranduba, Amazonas. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL, 9., 2012, Manaus. **Anais [...]**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2012. p. 69-77. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 100). Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/949645/1/IXJornadataxi.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.

TSAKALDIMI, M. N.; GANATSAS, P. P. Effect of chemical root pruning on stem growth, root morphology and field performance of the Mediterranean pine *Pinus halepensis* Mill. **Scientia Horticulturae**, v. 109, n. 2, p. 183-189, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.04.007>.

TSAKALDIMI, M.; GANATSAS, P.; JACOBS, D. F. Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology. **New Forests**, v. 44, n. 3, p. 327-339, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9339-3>.

VILLAR-SALVADOR, P.; PLANELLES, R.; ENRÍQUEZ, E.; RUBIRA, J. P. Nursery cultivation regimes, plant functional attributes, and field performance relationships in the Mediterranean oak *Quercus ilex* L. **Forest Ecology and Management**, v. 196, n. 2-3, p. 257-266, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.02.061>.

WALTERS, B. B.; SABOGAL, C.; SNOOK, L. K.; ALMEIDA, E. de. Constraints and opportunities for better silvicultural practice in tropical forestry: an interdisciplinary approach. **Forest Ecology and Management**, v. 209, n. 1-2, p. 3-18, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.01.003>.

WILSON, B. C.; JACOBS, D. F. Quality assessment of temperate zone deciduous hardwood seedlings. **New Forests**, v. 31, n. 3, p. 417-433, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-005-0878-8>.

XAUD, H. A. M.; TONINI, H.; LOUREIRO, E. B.; PAOLINETI, V. W.; RAMALHO, M. **Biomassa aérea de espécies arbóreas em plantios experimentais em área de floresta de Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2006. 8 p. (Embrapa Roraima. Comunicado técnico, 24). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/691050/1/cot242006biomassaharon.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.

ZIDA, D.; TIGABU, M.; SAWADOGO, L.; ODÉN, P. C. Initial seedling morphological characteristics and field performance of two Sudanian savanna species in relation to nursery production period and watering regimes. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 7, p. 2151-2162, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.12.029>.