



Foto: Felipe Martini dos Santos

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

15 VIDA
TERRESTRE



COMUNICADO
TÉCNICO

78

Rio de Janeiro, RJ
Julho, 2021

Embrapa

Benefícios dos plantios mistos de eucalipto e acácia em solo arenoso

Fabiano de Carvalho Balieiro
Felipe Martini Santos
Guilherme Montandon Chaer
Caio Távora Rachid Coelho da Costa

Benefícios dos plantios mistos de eucalipto e acácia em solo arenoso¹

¹ Fabiano de Carvalho Balieiro, engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Felipe Martini Santos, engenheiro florestal, doutor em Ciências Ambientais e Florestais pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. Guilherme Montandon Chaer, engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência das Culturas e do Solo, pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ. Caio Távora Rachid Coelho da Costa, biólogo, doutor em Ciências (Microbiologia) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.

Florestas plantadas de *Eucalyptus* spp. (eucalipto), no Brasil, ocupam quase 6 milhões de hectares (Indústria..., 2019). Boa parte desses plantios estão em solos ácidos, de baixa fertilidade e com algum histórico de uso pretérito com outra cultura, especialmente pastagens (Lima et al., 2006; Gonçalves et al., 2013). Dentre os estados com maior área de plantio, destacam-se Minas Gerais (24%), São Paulo (17%) e Mato Grosso do Sul (16%). Este último em franca expansão em área, com taxa de 7,4% ao ano (Indústria..., 2019), e esta, ocorrendo preferencialmente em solos de textura média a arenosa.

A cultura do eucalipto tem uma importância econômica e social inquestionável no Brasil, alcançando receita de aproximadamente R\$ 86,6 bilhões em 2018. Foi o setor responsável por cerca de 1,3% do PIB nacional e 6,9% do PIB industrial (Indústria..., 2019), abarcando cerca de 513 mil empregos diretos e com aproximadamente 3,8 milhões de trabalhadores diretos e indiretos beneficiados pela atividade de base florestal. Na dimensão ambiental, o agronegócio florestal no País também é responsável por conservar quase 6 milhões de

hectares de florestas nativas em suas reservas legais, áreas de preservação permanente e reservas particulares, contribuindo para a conservação de inúmeros serviços ecossistêmicos (Indústria..., 2017; Ferraz et al., 2013; Balieiro et al., 2020).

Dentro do contexto da sustentabilidade, e tendo em vista as mudanças no clima de algumas regiões tradicionalmente produtoras de madeira (Gonçalves et al., 2017), as florestas plantadas mistas emergem como alternativa para a silvicultura brasileira frente a esse desafio. Plantios mistos de *Eucalyptus* spp. e leguminosas arbóreas que se associam às bactérias diazotróficas estão entre as opções silviculturais mais estudadas no Brasil, com resultados promissores, especialmente em se tratando de solos marginais, com baixa fertilidade e arenosos (Bouillet et al., 2013; Brandani et al., 2020).

No Brasil, os primeiros estudos com plantios mistos de eucalipto com leguminosas fixadoras de N₂ atmosférico datam da década de 1980-1990, mas foram intensificados a partir de 2012, quando foi estabelecida uma rede de experimentos no âmbito do Projeto Temático

da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), liderado pela ESALQ-USP, sendo a *Acacia mangium* (acácia) a leguminosa mais estudada (Balieiro et al., 2018). Entre os motivos que levaram a acácia a protagonizar os ensaios florestais no Brasil, estão: i) o rápido crescimento e a baixa exigência nutricional, que favorecem o desenvolvimento das plantas em solos de baixa fertilidade e ácidos; ii) a capacidade de se associar com bactérias eficientes para fixação biológica de N_2 em elevadas taxas e de se associar com fungos ecto e endomicorrízicos que melhoram a plasticidade das mudas e plantas adultas em relação à adaptação em condições edafoclimáticas críticas (seca e baixa disponibilidade em P e outros elementos de baixa mobilidade no solo); iii) ter múltiplos usos – tanto sua madeira, quanto suas flores melíferas proporcionam renda para diferentes empreendimentos (industrial ou familiar); iv) histórico de uso da espécie na recuperação de solos severamente degradados; v) o fato de vários países dominarem sua silvicultura com sucesso (Franco; Faria, 1997; Tonini et al., 2010; Hardwood; e Nambiar, 2014; Balieiro et al., 2018; Pereira et al., 2018; Faria et al., 2020).

Decorrente desse histórico, a rede de experimentos foi estabelecida, e os plantios mistos (PMs), comparados aos monocultivos de eucalipto em distintas regiões edafoclimáticas brasileiras. A Embrapa Solos, em parceria com a Embrapa Agrobiologia, implantou uma das unidades dessa rede no Rio de Janeiro, em ambiente com

características climáticas favoráveis ao desenvolvimento da *Acacia mangium* e com o solo mais arenoso entre os demais sítios. Nesse ambiente, era esperado que a acácia apresentasse sua melhor performance em termos de crescimento e do seu efeito facilitador, via fixação biológica de N_2 , ao crescimento do eucalipto e ao incremento de outros serviços ecossistêmicos do solo. Entende-se por serviços ecossistêmicos do solo todos os benefícios que o solo pode prover ao homem por meio das suas funções de regulação e suporte, como regulação do clima, mitigação das enchentes, purificação da água e degradação de contaminantes, ciclagem de nutrientes, entre outros (Dominati et al., 2010).

Assim, este documento visa contribuir com a disponibilização de informações úteis sobre a implantação de plantios mistos e de benefícios que esses plantios podem trazer para o produtor rural, tanto em termos de bens (madeira), como serviços, relativamente aos monocultivos de eucalipto.

Este trabalho atende ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 15 – Vida Terrestre estipulado pelas Nações Unidas (ONU), que visa proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.

Localização e condições ambientais do plantio misto

O estudo foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, em Seropédica, RJ. O município está localizado na região Oeste da Baixada

Fluminense, a 26 metros de altitude, na latitude 22°44'Sul e longitude 43°42'Oeste e cerca de 25 km do Oceano Atlântico. O clima, segundo Köppen, é do tipo Aw, com verões chuvosos e invernos secos, com média pluviométrica anual de 1.250 mm. As temperaturas médias mensais variam de 16 °C (junho a julho) a 32 °C (janeiro a março). A umidade relativa média anual é de 73%.



Figura 1. Localização do município de Seropédica, no Estado do Rio de Janeiro, e uma vista da área do local e do croqui do plantio lá estabelecido.

Fonte: Wikipedia (2019).

O solo da área corresponde a um Planossolo Háplico, com mais de 90% de areia na camada superficial e subsuperficial (horizonte A e E com espessura total em torno de 80 cm). O relevo é predominantemente suave ondulado (<5% de declividade). A camada superficial do solo da área experimental (0–20 cm) contém baixos teores de N ($0,3 \text{ g kg}^{-1}$), C ($3,2 \text{ g kg}^{-1}$) e de P ($7,0 \text{ mg kg}^{-1}$), com pH em torno de 5,0.

Etapas da implantação do plantio misto (PM)

O PM implantado em Seropédica seguiu todas as premissas da experimentação. Detalhes sobre o experimento e dos principais resultados de pesquisa do projeto, encontram-se no Anexo 1, que traz as referências às principais publicações técnicas e científicas do projeto EUCALEG, desenvolvido no Rio de Janeiro.

A seguir, encontram-se as atividades de implantação e de condução dos PM. A depender da região e do nível tecnológico do produtor, adaptações a elas poderão ocorrer, mas é interessante reforçar a necessidade de execução por pessoal treinado, munido de equipamentos de proteção individual (EPI). Para as atividades descritas a seguir, sugerem-se: botas e perneiras, camisas de manga longa, calça, capacete, protetor solar e óculos de proteção em perfeito estado de conservação. Para aplicação de agrotóxicos, seguir recomendação do fabricante. Na área de estudo, o combate de formigas e a capina química exigem uso de boné, máscara protetora, luvas, botas e avental impermeáveis para aplicação do glifosato.

1. Combate às formigas

O combate de formigas cortadeiras é uma etapa importante do processo agropecuário de estabelecimento dos plantios mistos. Quanto mais degradada for a área de plantio, maior serão as chances de ocorrência de pragas, como as formigas saúvas (*Atta* spp.) e quem-quem (*Acromyrmex* spp.). É recomendado que esta prática tenha início de 45–60 dias que antecedem o plantio das mudas no campo (na estação da seca). Normalmente são usadas iscas granuladas e, em alguns saúveiros, pós secos, sempre seguindo critérios técnicos e recomendações dos fabricantes. Outras técnicas podem ser usadas, mas essas duas foram usadas em Seropédica, em área que se encontrava sob pousio.

Na semana anterior e logo após o plantio, é interessante que os repasses sejam o mais frequentes possível. Após o 15º dia (pós-plantio), os repasses poderão ser quinzenais e posteriormente, após 4 meses, podem ser mensais. Formigas podem trazer prejuízos enormes a plantios florestais, mesmo adultos. Recomenda-se que o combate às formigas seja feito a uma distância da borda do plantio de pelo menos 200 m.

2. Preparo da área e coveamento para plantio

A primeira providência em relação ao preparo da área foi o seu cercamento. A presença de animais domésticos em áreas recém-implantadas, em especial bovinos, ovinos e caprinos, podem comprometer o desenvolvimento das mudas, uma vez que podem ser facilmente pastejadas.

Como dito anteriormente, a área do plantio estava sob pousio por anos e por isso estava infestada por gramíneas espontâneas, como capim-gordura (*Melinis minutiflora*), capim-colônião (*Panicum maximum*) e sapê (*Imperata brasiliensis*). Anteriormente ao plantio, o controle mais eficiente dessas plantas se deu com uso do dessecante glifosato, seguido de roçagem da área após senescência das plantas. Após o plantio, a área foi roçada mensalmente, até o sexto mês. Nesse período, não foi usado o dessecante, embora o repasse do glifosato seja prática comum no

setor, tomando-se todo cuidado com deriva do defensivo sobre as mudas.

O coveamento foi feito com moto-coveadora a gasolina, modelo perfurador, com broca de aço de 120 mm até a profundidade de 30 cm. Outras ferramentas como enxadas, enxadões e cavadeiras poderiam ser usadas facilmente para essa operação uma vez que esses solos, quando úmidos, são fáceis de trabalhar.

Dois plantios mistos foram testados no âmbito do projeto (doravante identificados pelas siglas E50:A50 e E100:A100) e foram comparados com os monocultivos de eucalipto adubados com N e sem essa adubação e de

acácia (sem adubação com N, pois se trata de espécie que forma simbiose eficiente com bactérias diazotróficas do solo). O PM E50:A50 possuía densidade de plantio equivalente aos plantios puros (A100, E100 e E100+N), contando com 50% de plantas de acácia e 50% de plantas de eucalipto, ao passo que PM E100:A100 diferencia-se do anterior pela densidade de plantas, ou seja, com o dobro de indivíduos dos plantios puros e do PM E50:A50. A Tabela 1 apresenta as siglas dos tratamentos, sua composição, densidade de cada espécie no tratamento e o espaçamento entre plantas nos respectivos tratamentos. A Figura 2 ilustra a distribuição espacial das mudas nos plantios.

Tabela 1. Composição, densidade de árvores de *Eucalyptus urograndis* (E) e *Acacia mangium* (A) e espaçamentos utilizados nos arranjos alocados nas subparcelas.

Arranjo	Composição	Densidade	Espaçamento (m)
E100	Eucalipto em monocultivo	100% E	3 x 3
E100+N ⁽¹⁾	Eucalipto com adubação nitrogenada	100% E	3 x 3
A100	Acácia em monocultivo	100% A	3 x 3
E50:A50 ⁽²⁾	<i>A. mangium</i> x eucalipto	50% A x 50% E	3 x 3
E100:A100 ⁽³⁾	<i>A. mangium</i> x eucalipto	100% A x 100% E	3 x 1,5

⁽¹⁾ Ver item Adubação, a seguir.

⁽²⁾ Número de plantas equivalente aos plantios puros por hectare, sendo 50% de plantas de eucalipto e 50% de plantas de acácia.

⁽³⁾ Número de plantas por hectare equivalente ao dobro de plantas dos plantios puros. Nesse tratamento, ambas as espécies alternam-se nas linhas de plantios, porém maior, sob maior densidade.

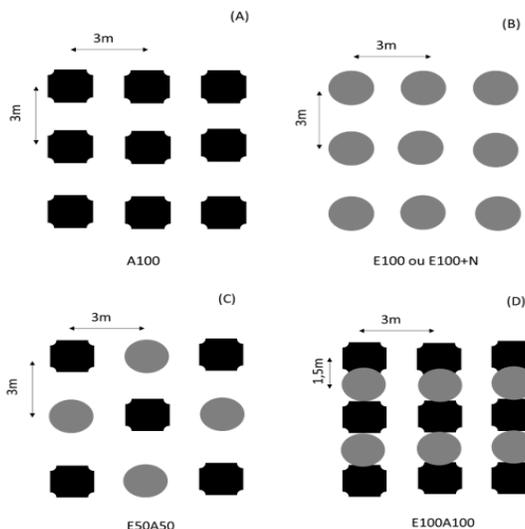


Figura 2. Ilustração da distribuição espacial das mudas, no campo, em plantios puros (monocultivos) de acácia (A) e eucalipto (B) e nos respectivos plantios mistos E50:A50 (C) e E100:A100 (D) estabelecidos em Seropédica, RJ.

3. Adubação e plantio das mudas

A fertilização de plantio (base) consistiu em uma mistura contendo 100 g de P_2O_5 na forma de superfosfato triplo, 40 g de K_2O (cloreto de potássio) e 25 g de um coquetel de micronutrientes (fritas oligoelementos - FTE BR12), com aplicação localizada em duas laterais da muda por meio de microcovetas. Além disto, 20 g de sulfato de amônio foram aplicados às mudas das parcelas de tratamento E100+N.

A fertilização complementar (de cobertura) consistiu em quatro aplicações de 20 g por planta de K_2O , aos 3, 6, 9 e 12 meses após o plantio. Nas mesmas ocasiões, fertilização complementar de

nitrogênio foi fornecida apenas para as plantas nas parcelas E100+N na forma de ureia, na dose de 20 g por planta. Além disso, 2,0 Mg ha^{-1} (Mg: megagrama, equivale a 10^6 g ou a 1 tonelada) de calcário foi aplicado em toda a área 12 meses após o plantio, para aumentar os teores de Ca e Mg no solo. É recomendado que essa prática seja feita com no mínimo 30 dias de antecedência ao plantio, mas a chegada do insumo atrasou, e as mudas não poderiam esperar no viveiro.

As mudas de eucalipto foram doadas pela empresa Suzano Papel e Celulose, enquanto as mudas de *Acacia mangium* foram produzidas pela equipe. As sementes da acácia foram inoculadas com estirpes selecionadas de *Rhizobium* spp.

(BR3609 e BR6009). A Figura 3 representa as mudas de eucalipto e de acácia utilizadas nos plantios.

O plantio ocorreu de forma manual, com auxílio de “sachos” (cabos de vassouras com tubete na ponta). Como essa ferramenta tem o tamanho aproximado do tubete, fica facilitado o plantio do eucalipto em solo já afrouxado pela motocoveadora. Para o plantio de acácia, cujas mudas estavam em

sacos plásticos, os sachos foram movimentados circularmente de forma a ampliar as covetas. Foi tomado cuidado na hora da retirada das mudas dos recipientes, para que não houvesse danificação das raízes e também da parte aérea das mudas. Na hora do plantio, outro cuidado importante foi o nivelamento da muda à superfície do solo, para que ela não fique “enterrada”, ou com raízes expostas.

Fotos: Fabiano de Carvalho Balleiro



Figura 3. Mudas de *Eucalyptus urograndis* e de *Acacia mangium* utilizadas nos plantios puros e mistos, em Seropédica.

Vale reforçar que a inoculação com fungos micorrízicos em mudas de eucalipto e acácia e com bactérias fixadoras de N_2 atmosférico em mudas de acácia traz benefícios ao desenvolvimento inicial das plantas em campo (Franco; Faria, 1997; Galiana et al., 2002). Por isso, produtores rurais devem exigir, ao encomendar suas mudas, que tais inoculações sejam realizadas. Vale acrescentar, porém, que ambas as espécies têm capacidade de formarem simbiose eficiente com fungos e bactérias nativas do solo. No caso das mudas usadas em Seropédica, não foi realizada a inoculação com fungos micorrízicos para o eucalipto nem para a acácia.

Irrigação

O plantio de mudas florestais em campo deve ser feito, preferencialmente, na estação das águas e nos dias que foram precedidos de chuvas, ou seja, com solo apresentando-se úmido. Dias muito quentes devem também ser evitados.

Quando se tratar de solos de textura média a arenosa, na ausência de chuvas após o plantio, recomenda-se a irrigação com pelo menos 3 litros de água por muda, por pelo menos 5 dias subsequentes ao plantio.

Resultados alcançados

Em pouco mais de uma década, muitos resultados e desdobramentos foram obtidos com a condução deste plantio, em solo arenoso. No Anexo 1, encontra-se o detalhamento dessas pesquisas, comprovadas pelos trabalhos técnicos e científicos, dissertações e teses desenvolvidas multidisciplinarmente. Assim, as metodologias de coleta de amostras (solo e planta) e de análises químicas, físicas e biológicas podem ser consultadas nos trabalhos citados no Anexo 1.

Abaixo estão os resultados mais relevantes:

- O plantio misto (PM) mais adensado, E100A100, apresentou maior produtividade em comparação com o monocultivo de eucalipto sem adubo nitrogenado (E100) e produtividade semelhante em relação ao monocultivo com tal adubação (E100+N). Ou seja, a produtividade de madeira deste PM equivaliu à do eucalipto puro que recebeu 120 kg ha^{-1} de N no primeiro ano. O arranjo E50A50 produziu árvores de eucalipto mais altas e com diâmetro maior do que a monocultura, embora a população menor de árvores de eucalipto nesse povoamento misto tenha resulta-

do em uma produção de biomassa total igual ou inferior (estatisticamente, $p < 0,05$) à das monoculturas E100 e E100+N, respectivamente. No entanto, a taxa de crescimento em DAP das árvores de eucalipto em E50A50 não mostrou sinais de estagnação até 60 meses, o que é diferente dos outros tratamentos. Consequentemente, a idade de colheita desses talhões pode ser ampliada, o que permite a produção de toras de eucalipto com maior valor para o mercado madeireiro. Acrescenta-se que as árvores de eucalipto desse PM (E50A50) exportariam menos N, P, K e Mg em relação ao E100, aos 60 meses.

A performance dos plantios mistos estudados na rede de experimentação citada na introdução desse documento (incluindo o sítio de Seropédica e outro sítio implantado no Congo em solo bem parecido com o de Seropédica) é apresentada na Figura 4. Em Seropédica e no Congo, com solos mais pobres e arenosos, mas com condições mais favoráveis ao desenvolvimento da acácia, os plantios mistos apresentaram os melhores desempenhos.

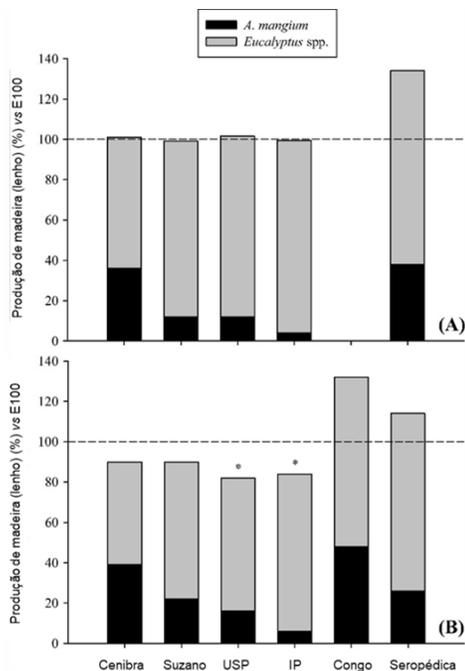


Figura 4. Produção de madeira (lenho) das espécies *Eucalyptus sp.* e *A. mangium* nos plantios mistos E100:A100 (A) e E50:A50 (B) em relação ao monocultivo de *Eucalyptus*, sem fertilização com nitrogênio (E100) em diferentes regiões tropicais. Dados compilados dos sítios avaliados por Bouillet et al. (2013) e Santos et al. (2016).

* Indica diferença estatística significativa na produção de lenho em relação ao controle (E100).

Fonte: Santos et al. (2016).

- A fixação biológica de N_2 (FBN) pela acácia, em Seropédica, contribuiu com mais de 75% do N absorvido pela espécie no primeiro ano de plantio, sendo que essa contribuição decresceu com o tempo, em função do enriquecimento em N. Em decorrência dessa contribuição biológica, a entrada de N via deposição de serapilheira foi significativamente superior em plantios puros e mistos com acácia, relativamente aos

monocultivos de eucalipto, mesmo o adubado. Comparando os tratamentos da Tabela 1, observou-se retorno (entre os 30 e 60 meses de plantio), via deposição de serapilheira de cerca de 225 kg ha⁻¹ de N ao plantio puro de acácia e misto com maior densidade de plantas (E100:A100); seguido do plantio misto E50:A50, com entrada de 200 kg ha⁻¹ de N e o plantio E100+N, com aportes de apenas 115 kg ha⁻¹.

- Por outro lado, a deposição de P foi incrementada em parcelas onde o eucalipto crescia. Deposição similar de P em E100+N e E50A50 atingiram valores de 2,1 kg ha⁻¹ ano⁻¹, ao passo que esta foi de apenas 0,9 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para o plantio da leguminosa, em monocultivo (A100).
- Desta sinergia de deposição de N (advindo preferencialmente da acácia) e P (advindo mais do eucalipto) aos PMs emerge a intensificação da decomposição da serapilheira no plantio misto. Ou seja, os resíduos depositados pelas plantas ao solo passam a se decompor mais rápido quando são depositados conjuntamente, atendendo às demandas nutricionais das espécies e também permitindo a construção de biomassa microbiana, precursora da matéria orgânica do solo.
- Foi constatado em Seropédica também o compartilhamento de comunidades de fungos e bactérias do solo em plantios mistos de acácia e eucalipto, o que

permitiu maior redundância funcional e maior estabilidade desses sistemas aos estresses ambientais. Parte da sinergia descrita acima, ao processo de decomposição, se deve a essa microbiota pois foi encontrada evidência de enriquecimento em N da liteira do eucalipto durante o processo de decomposição.

- Em avaliações realizadas até a profundidade de 40 cm do solo, o N mineral (ureia) aplicado ao tratamento E100+N e o biologicamente fixado aos tratamentos A100 e E50:A50 permitiram aumento nos estoques de C do solo (0-40cm) da ordem de 0,4 Mg/ha/ano, comparativamente ao monocultivo de eucalipto sem adubação nitrogenada. As maiores mudanças ocorrem no plantio misto E100:A100, com taxa anual de aumento dos estoques de C equivalente a 1,4 Mg/ha/ano. Mesmo que as diferenças estatísticas tenham sido constatadas apenas para a camada mais superficial do solo (0-5cm), essas alterações em perfil denotam a importância que o N biologicamente tem na construção de solos com maiores teores de matéria orgânica.
- As emissões de N_2O em solo arenoso de Seropédica foram reduzidas, independentemente do plantio avaliado (puro ou misto de *Acacia mangium* e *Eucalyptus urograndis*). Esses achados se devem à rápida movimentação da água

e baixa capacidade de retenção desse solo, que desfavorece a desnitrificação e estimula a movimentação do nutriente no perfil, e pelo fato das plantas estarem demandando constantemente tal nutriente (dreno). Apesar de baixa (as emissões), o plantio de acácia puro, apresentou emissões significativamente maiores que os plantios puros de eucalipto e misto estudado (E50:A50). Ou seja, após se estabelecerem, os plantios mistos são responsáveis por manter o status nutricional em N do solo em níveis mais elevados, sem que isso se reverta em maiores emissões de N_2O .

Considerações finais

Desafios silviculturais, relacionados à estrutura do plantio, com consequências sobre a colheita e manejo de resíduos, assim como materiais genéticos da acácia mais adaptados às condições climáticas onde o eucalipto se desenvolve bem são chaves para o avanço dos plantios mistos no setor florestal brasileiro.

Experimento de longo prazo, com mais de 10 arranjos entre acácia e eucalipto, variando também a densidade de plantas, está em condução no estado de São Paulo. Ele auxiliará no entendimento sobre o efeito do arranjo espacial das plantas sobre o desenvolvimento e produtividade dos plantios mistos, assim como recomendações técnicas de manejo essenciais para a adoção em larga escala dos PMs.

É premente também que se ampliem as redes de experimentação para outras regiões de solos arenosos e onde o negócio florestal esteja expandindo, e em especial com espécies nativas.

Apesar de promissores, os resultados desta pesquisa necessitam ainda de corroboração em ambiente relevante de produção, para que todos os desafios silviculturais e de mercados sejam transpostos.

Referências

- BALIEIRO, F. C.; MORAES, L. F. D.; MOURA, C. J. R.; SANTOS, F. M.; PRUDÊNCIO, A. Ecosystem services in planted eucalyptus forest and mixed and multifunctional planted forests. In: CARDOSO, E.; GONÇALVES, J. L. M.; BALIEIRO, F. C.; FRANCO, A. A. (ed.). **Mixed Plantations of Eucalyptus and Leguminous Trees - Soil, microbiology and ecosystem services**. New York: Springer, 2020. p: 193-219.
- BALIEIRO, F. C.; TONINI, H.; LIMA, R. A. Produção científica brasileira (2007-2016) sobre *Acacia mangium* Willd: estado da arte e reflexões. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 35, p. 37-52, 2018.
- BOUILLET, J-P.; LACLAU, J-P.; GONÇALVES, J. L. M.; VOIGTLAENDER, M.; GAVA, J. L.; LEITE, F. P.; HAKAMADA, R.; MARESCAL, L.; MABIALA, A.; TARDY, F.; LEVILLAIN, J.; DELEPORTE, P.; EPRON, D.; NOUVELLON, Y. 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, p. 89-101, 2013.
- BRANDANI, C. B.; SANTOS, F. M.; OLIVEIRA, I. R.; BORDRON, B.; BHELING, M.; SILVA, E. V.; GONÇALVES, J. L. M. Growth patterns at different sites and forest management systems. In: CARDOSO, E.; GONÇALVES, J. L. M.; BALIEIRO, F. C.; FRANCO, A. A. (ed.). **Mixed Plantations of Eucalyptus and Leguminous Trees - Soil, microbiology and ecosystem services**. New York: Springer, 2020. p. 15-43.
- Dominati, E.; Patterson, M.; Mackay, A. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. **Ecological Economics**, v. 69, p. 1858–1868, 2010. DOI:10.1016/j.ecolecon.2010.05.002.
- FARIA, S. M.; BALIEIRO, F. C.; PAULA, R. R.; SANTOS, F. M.; ZILLI, J. E. Biological Nitrogen Fixation (BNF) in Mixed Forest Plantations. In: CARDOSO, E.; GONÇALVES, J. L. M.; BALIEIRO, F. C.; FRANCO, A. A. (ed.). **Mixed Plantations of Eucalyptus and Leguminous Trees - Soil, microbiology and ecosystem services**. New York: Springer, 2020. p: 103-135.
- FERRAZ, S. F. B.; LIMA, W. de P.; RODRIGUES, C. B. Managing forest plantation landscapes for water conservation. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 58–66, 2013. DOI: 10.1016/j.foreco.2012.10.015.
- FRANCO, A. A.; FARIA, S. M. The contribution of N₂-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 29, p. 897-903, 1997.
- GALIANA, A.; BALLE, P.; N'GUESSAN KANG, A.; DOMENACH, A. M. Nitrogen fixation estimated by the ¹⁵N natural abundance method in *Acacia mangium* Willd. Inoculated with *Bradyrhizobium* sp. And grown insilvicultural conditions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 34, p. 251-262, 2002.
- GONÇALVES, J. L. M.; ALVARES, C. A.; HIGA, A. H.; SILVA, L. D.; ALFENAS, A. C.; STAHL, J.; FERRAZ, S. F. B.; LIMA, W. P.; BRANCALION, P. H. S.; HUBNER, A.; BOUILLET, J. P.; LACLAU, J. P.; NOUVELLON, Y.; EPRON, D. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 6–27, 2013. DOI: 10.1016/j.foreco.2012.12.030.
- GONÇALVES, J. L. M.; ALVARES, C. A.; ROCHA, J. H. T.; BRANDANI, C. B.; HAKAMADA, R. Eucalypt plantation management in regions with water stress. **Southern Forests**, v. 1, p. 1-15, 2017.
- Harwood, C. E.; Nambiar, E. K. S. Productivity of *acacia* and eucalypt plantations in Southeast Asia. 2. Trends and variations. **International Forestry Review**, v. 16, p. 249–260, 2014.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório 2017 = Report 2017**. Brasília, DF, [2017]. 80 p. Disponível em: <<https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/pdf/iba-relatorioanual2017.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2021
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório 2019 = Report 2019**. Brasília, DF, [2019]. 80 p. Disponível em: <<https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2021

LIMA, A. M. N.; SILVA, I. R.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; MENDONÇA, E. S.; SMYTH, T. J.; MOREIRA, M. S.; LEITE, F. P. Soil organic carbon dynamics following afforestation of degraded pastures with eucalyptus in southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 235, p. 219-231, 2006.

PEREIRA, A. P. A.; ZAGATTO, M. R. G.; BRANDANI, C. B.; MESCOLOTTI, D. de L.; COTA, S. R.; GONÇALVES, J. L. M.; CARDOSO, E. J. B. N.. Acacia Changes Microbial Indicators and Increases C and N in Soil Organic Fractions in Intercropped Eucalyptus Plantations. **Frontiers Microbiol**, v. 9, p. 655, 2018. DOI: 10.3389/fmicb.2018.00655.

SANTOS, F. M.; BALIEIRO, F. C.; ATAÍDE, D. H. S.; DINIZ, A. R.; CHAER, G. M. Dynamics of aboveground biomass accumulation in monospecific and mixed-species plantations of Eucalyptus and Acacia on a Brazilian sandy soil. **Forest Ecology and Management**, v. 363, p. 86–97, 2016.

TONINI, H.; HALFELD-VIEIRA, B. A.; SILVA, S. J. R. da (org.). **Acacia mangium**: características e seu cultivo em Roraima. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Boa Vista: Embrapa Roraima, 2010. v. 1800. 145 p.

WIKIPEDIA. **Localização de Seropédica no Rio de Janeiro**. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Serop%C3%A9dica#/media/Ficheiro:RiodeJaneiro_Municip_Seropedica.svg>. Acesso em: 13 jan. 2019.

Anexo

Principais publicações do Projeto EUCALEG, unidade fluminense da rede de plantios mistos conduzido em Seropédica, pela Embrapa.

Tese

COSTA, C. T. R. C. da. **Biodisponibilidade de nutrientes e estrutura microbiana do sistema solo-serapilheira em floresta plantada mista de Eucalyptus urograndis e Acacia mangium**. 2013. 105 f. Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Ciências da Saúde, Instituto de Microbiologia, Rio de Janeiro.

Dissertação

SANTOS, F. M. **Produção de biomassa e eficiência de uso dos nutrientes em plantios puros e mistos de Eucalyptus urograndis e Acacia mangium Willd.** 2015. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

Livro

CARDOSO, E.; GONÇALVES, J. L. M.; BALIEIRO, F. C.; FRANCO, A. A. **Mixed Plantations of Eucalyptus and Leguminous Trees - Soil, microbiology and ecosystem services**. New York: Springer, 2020. 280 p.

Capítulo de livro

BALIEIRO, F. C.; CESÁRIO, F. V.; SANTOS, F. M.; CHAER, G. M. Litter decomposition and soil carbon stocks in mixed plantations of Eucalyptus and nitrogen fixing trees. In: CARDOSO, E.; GONÇALVES, J. L. M.; BALIEIRO, F. C.; FRANCO, A. A. (ed.). **Mixed Plantations of Eucalyptus and Leguminous Trees - Soil, microbiology and ecosystem services**. New York: Springer, 2020. p. 57-90.

BRANDANI, C. B.; SANTOS, F. M.; BEHLING, M.; SILVA, E. V.; SCHUMACHER, M. V.; TONINI, H. Growth patterns at different sites and forest management systems. In: CARDOSO, E. J.; GONÇALVES, J. L. M.; BALIEIRO, F. C.; FRANCO, A.A. (org.). **Mixed Plantations of Eucalyptus and Leguminous Trees - Soil, microbiology and ecosystem services**. 1. ed. New York: Springer, 2020. p. 15-43.

FARIA, S. M.; BALIEIRO, F. C.; PAULA, R. R.; SANTOS, F. M.; ZILLI, J. E. Biological Nitrogen Fixation (BNF) in Mixed Forest Plantations. In: CARDOSO, E.; GONÇALVES, J. L. M.; BALIEIRO, F. C.; FRANCO, A. A. (ed.). **Mixed Plantations of Eucalyptus and Leguminous Trees - Soil, microbiology and ecosystem services**. New York: Springer, 2020. p. 103-135.

BALIEIRO, F. C.; MORAES, L. F. D.; MOURA, C. J. R.; SANTOS, F. M.; PRUDÊNCIO, A. Ecosystem services in planted eucalyptus forest and mixed and multifunctional planted forests. In: CARDOSO, E.; GONÇALVES, J. L. M.; BALIEIRO, F. C.; FRANCO, A. A. (ed.). **Mixed Plantations of Eucalyptus and Leguminous Trees - Soil, microbiology and ecosystem services**. New York: Springer, 2020. p. 193-219.

Artigos em periódicos

BALIEIRO, F. C.; TONINI, H.; LIMA, R. A. Produção científica brasileira (2007-2016) sobre *Acacia mangium* Willd: estado da arte e reflexões. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 35, p. 37-52, 2018.

RACHID, C. T. C. C.; BALIEIRO, F. C.; PEIXOTO, R. S.; PINHEIRO, Y. A. S.; PICCOLO, M. C.; CHAER, G. M.; ROSADO, A. S. Mixed plantations can promote microbial integration and soil nitrate increases with changes in the N cycling genes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 66, p. 146–153, 2013. DOI: 10.1016/j.soilbio.2013.07.005.

RACHID, C. T. C. C.; BALIEIRO, F. C.; FONSECA, E. S.; PEIXOTO, R. S.; CHAER, G. M.; TIEDJE, J. M.; ROSADO, A. S. Intercropped silviculture systems, a key to achieving soil fungal community management in *Eucalyptus* plantations. **PLoS One**, v. 10, n. 2, p. 1-13, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118515>. Acesso em: 5 jan. 2021.

SANTOS, F. M.; BALIEIRO, F. C.; ATAÍDE, D. H. S.; DINIZ, A. R.; CHAER, G. M. Dynamics of aboveground biomass accumulation in monospecific and mixed-species plantations of *Eucalyptus* and *Acacia* on a Brazilian sandy soil. **Forest Ecology and Management**, v. 363, p. 86–97, 2016.

SANTOS, F. M.; CHAER, G. M.; DINIZ, A. R.; BALIEIRO, F. C. Nutrient cycling over five years of mixed-species plantations of *Eucalyptus* and *Acacia* on a sandy tropical soil. **Forest Ecology and Management**, v. 384, p. 110–121, 2017.

SANTOS, F. M.; BALIEIRO, F. C.; FONTES, M. A.; CHAER, G. M. Understanding the enhanced litter decomposition of mixed-species plantations of *Eucalyptus* and *Acacia mangium*. **Plant and Soil**, v. 423, n. 1-2, p. 141-155, 2018.

Comunicações Técnicas e outros

ROCHA, P. V.; ATAÍDE, D. H. S.; LIMA, I. S. S.; SANTOS, F. M.; CHAER, G. M.; BALIEIRO, F. C. Preparo de solo e leguminosa fixadora de N2 afetam os estoques de carbono e nitrogênio em solo arenoso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SOLOS ARENOSOS, 3., 2019, Campo Grande, MS. **Intensificação sustentável agropecuária em solos arenosos**: anais. Brasília: Embrapa, 2019. v. 1. p. 362-366.

SANTOS, A. B.; SANTOS, F. M.; SILVA, R. B.; CHAER, G. M.; BALIEIRO, F. C. **Biomassa e atividade microbiana do solo em plantios puros e mistos de eucalipto e *Acacia mangium* submetidos ao preparo mínimo e intensivo do solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 18 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 156).

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Solos
Rua Jardim Botânico, 1024.
Jardim Botânico, Rio de Janeiro, RJ - CEP:
22460-000
Fone: + 55 (21) 2179-4500
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição
E-book (2021)

Comitê Local de Publicações da Embrapa Solos

Presidente:
Gustavo de Mattos Vasques

Secretário-Executivo:
Marcos Antônio Nakayama

Membros:
Bernadete da Conceição Carvalho Gomes Pedreira, David Vilas Boas de Campos, Evaldo de Paiva Lima, José Francisco Lumbereras, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Lucia Raquel Queiroz Pereira da Luz, Maurício Rizzato Coelho, Wenceslau Geraldes Teixeira

Supervisão editorial:
Marcos Antônio Nakayama

Revisão de texto:
Marcos Antônio Nakayama

Normalização bibliográfica:
Luciana Sampaio de Araujo (CRB 7/5165)

Editoração eletrônica:
Alexandre Abrantes Cotta de Mello

Imagem da capa:
Felipe Martini dos Santos

Embrapa

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

