

PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA (2007-2016) SOBRE *Acacia mangium* Willd.: ESTADO DA ARTE E REFLEXÕES

Fabiano de Carvalho Balieiro¹

Hélio Tonini²

Ricardo Arcanjo de Lima³

RESUMO

No Brasil, a *Acacia mangium* Willd. é cultivada em várias regiões e utilizada para diferentes finalidades. Pelo potencial de uso múltiplo da espécie, o presente trabalho reúne informações sobre a produção científica brasileira (2007-2016), identificando os principais temas estudados, as instituições envolvidas e interações acadêmicas com outros países nesses estudos, e finaliza com uma reflexão sobre o potencial e rumos para uma melhor utilização da espécie no país. A base de dados Scopus foi utilizada por sua robustez e método de indexação. Indicadores cientométricos e a experiência dos autores foram usados na discussão dos resultados. Dos 375 registros de artigos, recuperados na Scopus sobre o gênero *Acacia* com alguma contribuição brasileira naquele período, 30% focaram a espécie *Acacia mangium*. Dentre as instituições que mais publicaram sobre a espécie, destacam-se: a Embrapa, a Universidade Federal de Viçosa, a Universidade de São Paulo, a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e a Universidade Estadual Paulista. Quanto às contribuições, os pesquisadores brasileiros publicaram preferencialmente com pares da França, da Alemanha, dos Estados Unidos da América e da Austrália, porém, poucos foram os representantes de países asiáticos, que são os maiores produtores de matéria-prima do gênero. A seleção de material genético adequado, o desenvolvimento de técnicas e tratamentos silviculturais e as tecnologias de industrialização da madeira são fundamentais para a agregação de valor aos plantios e produtos de *A. mangium* no Brasil. Estudos de risco à biodiversidade local são também imprescindíveis ao país.

Termos para indexação: agronegócio florestal, biodiversidade, conservação, leguminosas de múltiplo uso.

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Ciências do Solo), pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. fabiano.balieiro@embrapa.br

² Engenheiro florestal, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Agrosilvipastoral, Sinop, MT. helio.tonini@embrapa.br

³ Bacharel em Biblioteconomia e Ciência da Informação, doutor em Política Científica e Tecnológica, analista da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. ricardo.arcanjo@embrapa.br

BRAZILIAN SCIENTIFIC PRODUCTION (2007-2016) ON *Acacia mangium* Willd.:
STATE OF THE ART AND REFLECTIONS

ABSTRACT

In Brazil, *Acacia mangium* Willd. is grown in several regions and used for different ends. Due to the potential for multiple-purpose uses of the species, this work gathers information on the Brazilian scientific production (2007-2016), identifying the main studied subjects, the institutions involved, and the academic interactions with other countries in these studies. This work ends with a reflection on the potential and directions for a better use of the species in the country. The Scopus database was used for its robustness and method of indexation. Scientometric indicators and the authors' experience were used to discuss the results. Out of the 375 records recovered in Scopus for articles on the genus *Acacia* with Brazilian authors contribution in that period, 30% concentrated on the species *A. mangium*. Among the institutions that published most on this species are Embrapa (Brazilian Agricultural Research Corporation), the Universidade Federal de Viçosa, the Universidade de São Paulo, the Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, and the Universidade Estadual de São Paulo. Regarding the collaborations, Brazilian researchers preferentially published with peers from France, Germany, USA, and Australia; however, there were few representatives of Asian countries, which are the largest producers of raw materials of the genus. The selection of suitable genetic material, the development of silvicultural techniques and managements, and the technologies for the wood industrialization of the species are essential for the aggregation of value to *A. mangium* plantations and products in Brazil. Studies on the risk to local biodiversity are also essential for the country.

Index terms: forestry agribusiness, biodiversity, conservation, multipurpose legume trees.

INTRODUÇÃO

O gênero *Acacia* é um dos mais numerosos da família *Fabaceae*, representando de 6% a 7% das 20.000 espécies de leguminosas descritas. Com essa representatividade e distribuição quase global, Brockwell et al. (2005) deduziram que a contribuição do gênero ao total de nitrogênio fixado pelas leguminosas (cerca de 70-100 milhões de toneladas anuais), nos ecossistemas terrestres, é significativa, justificando desta forma, os usos múltiplos com o gênero nas diversas regiões do trópico e subtropical. A título de exemplo, somente no Sudeste da Ásia, os plantios com o gênero (e, em especial, as espécies *A. mangium*, *A. auriculiformis*, *A. crassicarpa*, e o híbrido *A. mangium* x *A. auriculiformis*) ultrapassaram 2,6 milhões de hectares, suprimindo de matéria-prima as indústrias de celulose, papel e movelaria e, de lenha as propriedades rurais (Harwood & Nambiar, 2014).

Dentro do gênero *Acacia*, as espécies *A. mangium* Willd. e *A. mearnsii* De Wild. são aquelas que ocupam maior área no território brasileiro. Segundo

Tonini et al. (2010), os primeiros plantios experimentais com *A. mangium* foram realizados em 1979, pela Embrapa Florestas; e plantios para teste de procedência foram estabelecidos em Minas Gerais, em 1985. Por volta de 1993, a Embrapa Agrobiologia (Seropédica, RJ) estabeleceu os primeiros plantios experimentais com a espécie, que culminaram posteriormente no pioneirismo daquele centro de pesquisa em estudos de recuperação de áreas degradadas, com espécies leguminosas de rápido crescimento (Franco & Faria, 1997; Macedo et al., 2008; Chaer et al., 2011). Em 1998, *A. mangium* foi introduzida de forma experimental em Roraima, mas em 1999, em razão dos resultados preliminares, novos investimentos foram feitos em florestamentos comerciais na região de Boa Vista (Tonini et al., 2010), chegando a região a possuir cerca de 30.000 ha da espécie. Porém, pesquisas recentes têm apontado que os plantios da espécie preocupam pelo caráter invasor (Attias et al., 2013), especialmente em áreas alteradas e abertas como a savana amazônica do estado de Roraima (Aguiar Jr. et al., 2014), além da ocorrência de doenças e pragas nos maciços do estado (Tonini et al., 2010), o que tem levado ao declínio do interesse pela espécie. Para Balieiro et al. (2010), tanto *A. auriculiformis* como o híbrido *A. mangium* x *A. auriculiformis* devem ser melhor estudados pelo seu rápido crescimento, mas especialmente pelo seu potencial invasivo, aparentemente superior ao de *A. mangium*. Vale aqui registrar que a similaridade fenotípica do híbrido de *A. mangium* x *A. auriculiformis* com suas espécies parentais pode levar a estatísticas erradas sobre a área ocupada por estes materiais genéticos no Brasil.

Entre as justificativas para a introdução dessas leguminosas nos sistemas brasileiros de produção agropecuária (monocultivos ou em sistemas integrados) ou mesmo para uso na recuperação de áreas degradadas, contenção de encostas e ornamentação, citam-se: o potencial de fixação biológica de N_2 quando em simbiose com rizóbios (Faria et al., 1999; Forrester et al., 2005; Coelho et al., 2007; Boiullet et al., 2008; Balieiro et al., 2010; Xavier et al., 2014; Paula et al., 2018); o elevado potencial de crescimento em condições adversas de solo (Franco & Faria, 1997; Parrota & Knowles, 1999; Laclau et al., 2008; Bouillet et al., 2013; Santos et al., 2016); a intensificação da ciclagem de nutrientes em favor do atendimento à demanda nutricional das espécies cultivadas (Paula et al., 2015; Santos et al., 2017); a melhoria induzida da qualidade e diversidade do solo, em comparação a sistemas de monocultivo (Kaye et al., 2000; Rachid et al., 2013; 2015); e o incremento dos estoques de C do solo (Kaye et al., 2000; Resh et al., 2002; Balieiro et al., 2008).

O potencial do gênero *Acacia* em ofertar inúmeras oportunidades para o país é imenso, porém pouco explorado, especialmente pela indústria de construção civil, movelaria e de compensados e laminados, a exemplo do que vem ocorrendo no Sudeste da Ásia (Harwood & Nambiar, 2014). Para o manejo sustentável de plantios de *A. mangium* no Brasil, questões relacionadas à variabilidade genética das populações hoje existentes no país, seus respectivos potenciais produtivos e de invasão aos ecossistemas e de transmissão de doenças e pragas ainda precisam ser melhor investigados, assim como em países asiáticos (Harwood et al., 2015; Nambiar et al., 2015).

Como *A. mangium* é uma espécie tipicamente pioneira, estratégias de longo prazo de melhoria da qualidade do solo para o cultivo da espécie devem ser entendidas, ou seja, sua capacidade de sequestrar carbono, de permitir o crescimento de espécies nativas (em áreas sob restauração) e seu potencial de utilização em sistemas integrados de produção ou rotacionados (Griffin, 2014).

Partindo dessa premissa, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de reunir informações quanto à produção científica brasileira sobre *A. mangium* nos últimos dez anos, identificando os principais temas estudados, as instituições envolvidas e as interações acadêmicas com outros países nesses estudos. O estudo finaliza com uma reflexão sobre o potencial e rumos para uma melhor utilização do gênero no país, abordando temas como cooperação internacional, conservação da biodiversidade, melhoramento, silvicultura e indústria.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a confecção dos indicadores, foram coletados registros da base de dados Scopus⁴. A escolha desta base se deve à sua robustez, por agregar grande parte da produção científica mundial, com 70 milhões de registros (Scopus, 2016), e pelo método de indexação que incorpora os dados completos de afiliação institucional de cada autor, dado essencial para a elaboração dos indicadores de ligação.

O procedimento adotado para a recuperação de dados de publicações científicas brasileiras sobre o gênero *Acacia* pode ser observado no Quadro 1.

⁴ Base de dados multidisciplinar da Editora Elsevier, que indexa resumos e citações da literatura científica e conta com aproximadamente 70 milhões de registros, 24.000 títulos de periódicos e 5.000 editoras. A Scopus dispõe de ferramentas para rastrear, analisar e visualizar pesquisas. Disponível em: www.scopus.com.

Tabela 1 – Expressões de busca adotadas para a recuperação de registros na base Scopus.

Expressão de busca	Registros
TITLE-ABS-KEY (“Acacia”) AND AFFILCOUNTRY (brazil) AND PUBYEAR > 2006 AND PUBYEAR < 2017	375
TITLE-ABS-KEY (“Acacia mangium”) AND AFFILCOUNTRY (brazil) AND PUBYEAR > 2006 AND PUBYEAR < 2017	113
TITLE-ABS-KEY (“Acacia mearnsii”) AND AFFILCOUNTRY (brazil) AND PUBYEAR > 2006 AND PUBYEAR < 2017	78
TITLE-ABS-KEY (“Acacia auriculiformis”) AND AFFILCOUNTRY (brazil) AND PUBYEAR > 2006 AND PUBYEAR < 2017	14

Para a elaboração do estudo, restringiu-se o intervalo de tempo a 10 anos. Os registros recuperados sofreram tratamento bibliométrico pelo programa VantagePoint, que permitiu trabalhar automaticamente com cada um dos campos da base, por listar, agrupar e permitir a confecção de matrizes de ligação. Embora outros registros tenham sido recuperados com as expressões “*Acacia mearnsii*” (78) e “*Acacia auriculiformis*” (14), os resultados e a discussão dos artigos se concentraram na espécie “*Acacia mangium*” por seu maior número de registros (113) e maior amplitude de cultivo no território nacional.

A representação dos indicadores de ligação foi realizada no programa de análise de redes sociais (ARS) Gephi 0.9.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudando a *Acacia mangium*

Dos 375 artigos recuperados da base Scopus, que contemplam o gênero *Acacia* com a participação de brasileiros nos últimos 10 anos, 113 artigos (ou 30%) foram publicados sobre a espécie *A. mangium*, e 78 (~20%) foram publicados sobre *A. mearnsii*. Apenas 14 (~4%) citações foram resgatadas com o termo indexado/espécie *A. auriculiformis*. Independentemente da espécie, a produção científica brasileira se intensificou nos últimos anos, e cerca de 50% dos artigos foi publicado sobre ambas as espécies (*A. mangium* e *A. mearnsii*) após 2013. Cabe ressaltar que o aparente declínio do número de publicações

em 2016 pode ser atribuído ao período necessário para a indexação completa de todos os registros na base e não a uma queda real.

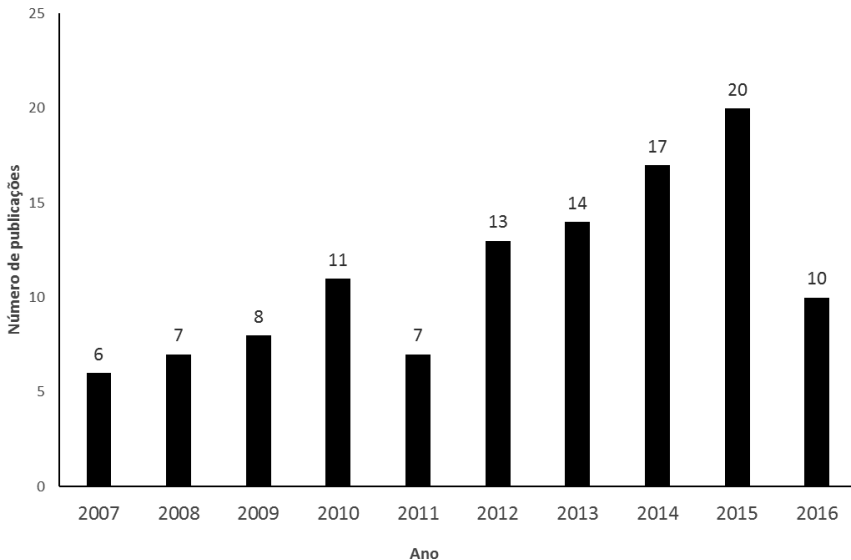


Figura 1. Número de artigos com contribuição de brasileiros, publicados nos últimos 10 anos sobre a espécie *Acacia mangium* e incluídos na base Scopus.

Embora os autores reconheçam que a produção científica com as espécies tenha-se iniciado antes de 2007, o período de 10 anos é considerado suficiente para permitir análises relativas ao comportamento e às regularidades de determinada área de pesquisa (Fausto et al., 2014) e apresenta o cenário mais recente dos temas estudados.

O que foi publicado sobre o gênero *Acacia* pelos brasileiros

Os 20 termos para indexação, associados à busca da produção científica brasileira das duas espécies (*A. mangium* e *A. mearnsii*), identificaram padrões de pesquisa diferenciados. Com *A. mangium*, a pesquisa brasileira se concentrou nos aspectos silviculturais e de ciclagem de nutrientes em plantios mistos de eucalipto com a leguminosa. Por isso, palavras como “*Eucalyptus*”,

“competição”, “facilitação” e “ciclagem de nutrientes” predominaram nas buscas. Estudos de ecologia microbiana do solo e sobre a dinâmica da matéria orgânica do solo foram também fortemente associados à espécie.

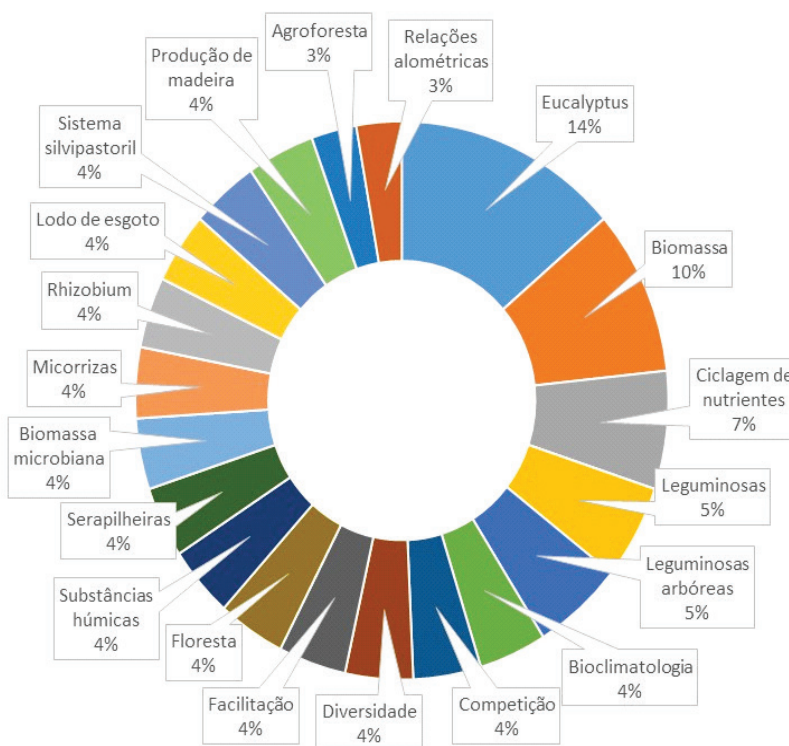


Figura 2. Termos para indexação associados à produção científica brasileira sobre o gênero *Acacia*, nos últimos 10 anos. Os termos foram buscados em língua inglesa.

Além disso, em adição a vários desses temas (como crescimento, nutrição e ciclagem de nutrientes), os pesquisadores brasileiros se dedicaram a um número maior de áreas do conhecimento ao estudarem a espécie *A. mearnsii*. Parte significativa da produção científica com a participação de brasileiros esteve relacionada aos efeitos de extratos da planta sobre o controle de nematódeos gastrointestinais em pequenos animais, de taninos sobre a digestibilidade e nutrição animal e o tratamento de água. Pesquisas relacionadas à tecnologia

da madeira e adesivos para painéis também foram objetos de estudos dos pesquisadores.

Instituições e colaborações nas publicações

As instituições que mais publicaram nos últimos 10 anos sobre *A. mangium* foram a Embrapa, a Universidade Federal de Viçosa, a Universidade de São Paulo, a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e a Universidade Estadual Paulista (Figura 3).

A capilaridade da Embrapa no território brasileiro e sua *expertise* em diversas áreas do conhecimento florestal, de profissionais em diferentes instituições, e a existência de cursos de pós-graduação sedimentados em temas-chaves da ciência florestal justificam a posição dessas instituições no *ranking* das 10 mais importantes. O histórico de colaboração em projetos – entre a Embrapa e a Universidade Federal de Viçosa (nas décadas de 90 e anos 2000) e com a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (mais recentemente) – pode ser citado também como importante *driver* dessa ordenação.

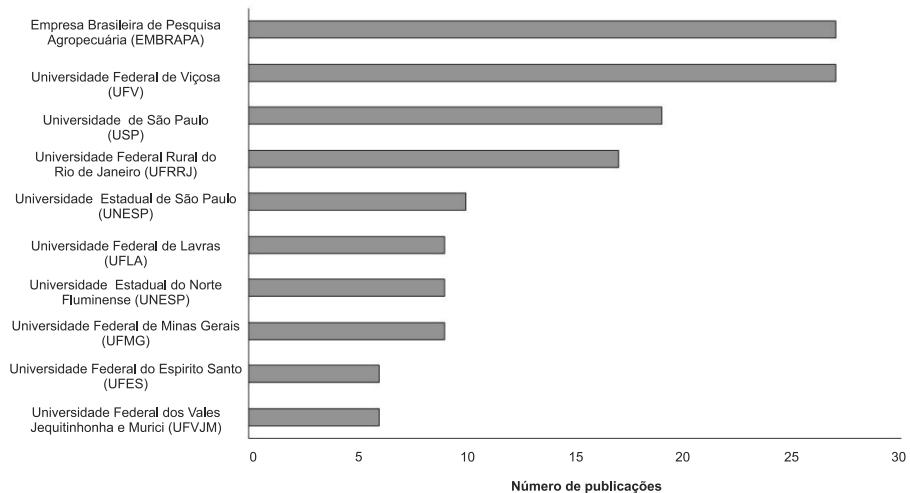


Figura 3. As dez instituições que mais publicaram sobre *Acacia mangium* no Brasil, nos últimos dez anos.

Em termos de colaborações, especificamente sobre *A. mangium*, o Brasil manteve cooperação científica com 34 países nos últimos 10 anos, abrangendo os cinco continentes. Os dez países de maior interação foram: França, Estados Unidos da América, Alemanha, Austrália, Congo, Holanda, África do Sul, China, Colômbia e Cuba (Figura 2). A forte interação com a França, Estados Unidos da América e Alemanha ocorreu principalmente em razão de projetos colaborativos e vultosos, capitaneados por instituições de ensino com cursos de pós-graduação bem sedimentados. Entre eles, cita-se o projeto temático “Intensificação ecológica de plantações de eucaliptos, pela associação com espécies leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio”, aprovado pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo, nos anos de 2012-2016, e sua contraparte francesa “Intensification écologique des écosystèmes de plantations forestières. Modélisation biophysique et évaluation socio-économique de l’association d’espèces fixatrices d’azote” (Intens&Fix) financiada por L’Agence Nationale de la Recherche da França. Essa interação teve abrangência predominante na região Sudeste, onde uma rede de experimentos buscou: (i) avaliar se a *A. mangium* poderia melhorar o status nutricional (especialmente em N) do *Eucalyptus* e determinar os efeitos desta mudança potencial sobre o crescimento das árvores de *Eucalyptus*, sobre a produtividade conjunta do povoamento misto e sobre a fertilidade do solo; (ii) avaliar se a *A. mangium* afeta o funcionamento biológico do solo, a decomposição da matéria orgânica, a dinâmica de nutrientes no solo (especialmente N e P) e a nutrição das plantas; e (iii) definir as bases técnicas da intensificação ecológica dos povoamentos mistos. Com a Alemanha, a interação brasileira se deu a partir de 1989, sob a influência do projeto “SHIFT - Studies on Human Impact on Forests and Floodplains in the Tropics”, que se iniciou em 1989 e teve duração de 11 anos, tendo-se concentrado especialmente na região Norte do Brasil. As publicações decorrentes da interação com os Estados Unidos da América se deram mais recentemente como fruto de treinamentos de pós-doutoramento e publicações.

De acordo com Aguiar et al. (2014), parte do avanço dos plantios para a região Norte decorreram de informações obtidas em plantios experimentais (em Roraima, Amapá e Rondônia) da Embrapa, a partir de 1995, no projeto denominado “Zoneamento edafoclimático para plantação de espécies de árvores de crescimento rápido na Amazônia” (Lima et al., 1999). Este projeto foi financiado pelo G7, Países Baixos, União Europeia

e Brasil, no âmbito do “Programa Piloto para Conservar a Floresta Tropical Brasileira” (PPG7), que procurou contribuir para a redução das taxas de desmatamento na região, fornecendo ao mercado madeira de áreas com menores restrições legais (reflorestamentos e florestamentos em áreas desmatadas e abandonadas e savanas), em vez de florestas nativas. Clones de *Eucalyptus* spp., *A. mangium* Willd. e diversas espécies nativas foram testadas em monocultivos.

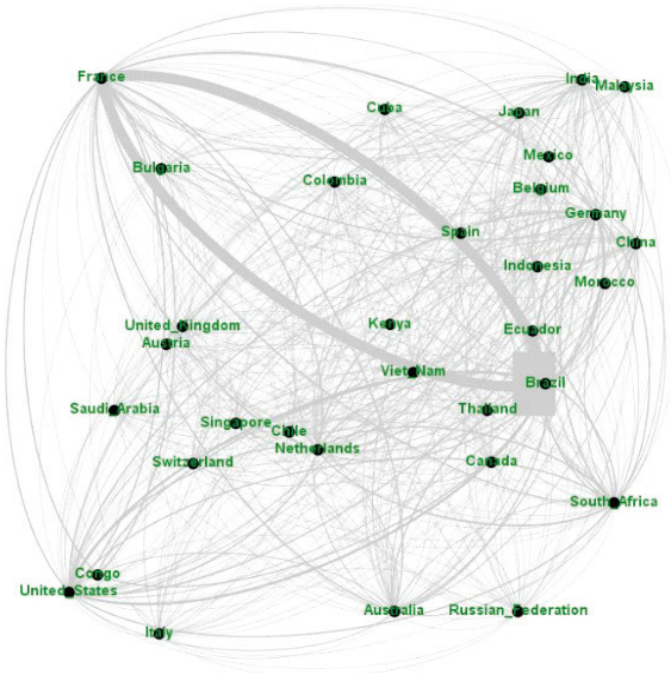


Figura 4. Países relacionados à produção científica brasileira quanto ao tema *Acacia mangium*, nos últimos 10 anos.

Entre as dez instituições que mais publicaram sobre a espécie *A. mearnsii*, quatro se concentram na região Sul: Universidade Federal de Santa Maria, Universidade Federal do Paraná, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a empresa Tanac S.A., o que se deve à concentração dos plantios comerciais nessa região, especialmente no Rio Grande do Sul.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, *A. mangium* é cultivada para rotações curtas (5-8 anos), destinada predominantemente à produção de biomassa e, como florestas (sem ciclo definido), é utilizada ativação do processo de recuperação/restauração florestal. Considerada a produção científica dos últimos dez anos analisada neste trabalho, a ciência florestal ainda tem um longo caminho para tornar realidade o agronegócio com *A. mangium*. As ações de pesquisa devem abranger as dimensões ambiental, silvicultural, econômica e humana. Abaixo estão pontuados temas que merecem atenção, no sentido de maximizar oportunidades e minimizar os riscos do uso do gênero no Brasil.

Reflexões e desafios sobre o uso da *Acacia mangium* no Brasil

- As instituições e os pesquisadores brasileiros devem estreitar relações com países da Ásia e da Oceania que estão na vanguarda dos estudos de melhoramento genético, controle de pragas e doenças, e as interações de *A. mangium* com outras culturas. É necessário buscar experiências e formas de prevenir eventuais problemas relacionados à perda de biodiversidade, causada pela invasão dessas espécies em áreas protegidas ou antropizadas ou, ainda, pela entrada de pragas e doenças (Zenni & Dechoum, 2013; Wilson et al., 2014).
- Não resta dúvida de que a indústria moveleira poderia se beneficiar da introdução de novas espécies ou plantios, especialmente em áreas marginais com solos degradados; porém, a integração de conhecimento com outros países sobre estratégias de controle, manejo e alocação de recursos, em prioridades de controle de espécies com potencial invasor, devem ser incentivados (Kaplan et al., 2014).
- Produtores/agricultores, empresários e políticos brasileiros devem fazer uma discussão ampla sobre o potencial de uso do gênero *Acacia* e sobre os riscos da introdução de novos plantios ou espécies do gênero em território brasileiro.
- Embora os resultados com a *A. mangium* em plantio consorciado com eucalipto sejam promissores, especialmente em condições de solos mais pobres, outras espécies e híbridos mais produtivos plantadas no SE da Ásia poderiam também ser testados no Brasil (Harwood et al., 2015).

Independentemente do material genético, estudos sobre o processamento de seus produtos, mercado potencial, manejo da cultura e difusão desse conhecimento e avaliação de riscos devem nortear esses programas de introdução de novas espécies (Nambiar et al., 2015).

- A espécie *A. mangium* foi plantada por anos no Brasil, em diferentes regiões e para múltiplos usos (Attias et al., 2013; Aguiar Jr. et al., 2014). Porém, em algumas regiões, constatou-se seu potencial invasor. Esses ambientes, normalmente abertos e alterados, com pouca ou nenhuma cobertura florestal, favorecem a dispersão e germinação de propágulos da espécie. Poucos estudos foram feitos quanto à mensuração dos benefícios ou prejuízos dessa introdução. É urgente que se faça o inventário dos locais e dos padrões de colonização dessa espécie nas diferentes regiões brasileiras, para que se programem ações de controle, se necessário. Na Amazônia brasileira, as plantações comerciais de espécies exóticas raramente são associadas a invasões biológicas, uma vez que essas plantações ocupam uma área relativamente pequena e são relativamente recentes; porém, no estado de Roraima, seu caráter invasor já foi constatado (Aguiar Jr. et al., 2014) e, em outros estados das regiões Sudeste e Nordeste, relataram-se invasões também em paisagens antropizadas (Balieiro et al., 2010; Zenni & Dechoum, 2013). Particular importância deve ser dada ao norte dos estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo, regiões em que a espécie encontra-se dispersa amplamente, junto com *A. auriculiformis* e o híbrido das espécies.
- Estimular profissionais brasileiros a participar das reuniões da *International Union of Forest Research Organizations (IUFRO)*⁵, destinadas exclusivamente ao gênero *Acacia*. A título de exemplo, a segunda reunião da IUFRO, sobre *Acacia*, que ocorreu em julho de 2017, centralizou boa parte da reunião para a solução de problemas fitossanitários e fitopatológicos dos plantios asiáticos. Por sua rusticidade, *A. mangium* tem sido cultivada em uma grande variedade de sítios, em áreas de boa fertilidade e alta precipitação pluvial, até em solos degradados pela mineração, o que faz com que o seu desempenho varie amplamente, e com que se tenha dificuldade de avaliar o real potencial da espécie como fornecedora de matéria-prima para a indústria. A grande

⁵ <https://www.iufro.org/>

maioria dos plantios com fins comerciais é conduzida para a produção de lenha, mercado dominado por plantios de eucalipto, de amplo domínio tecnológico pela indústria nacional e grande disponibilidade de material geneticamente melhorado para as diferentes condições edafoclimáticas brasileiras.

- Apesar de apresentar madeira com características desejáveis para a utilização em produtos serrados, a má formação do fuste e doenças como a podridão-do-lenho dificultam a expansão de plantios manejados com este fim. A seleção de material genético adequado, o desenvolvimento de técnicas e tratos silviculturais e tecnologias de industrialização são fundamentais para a agregação de valor aos plantios de *A. mangium* no Brasil.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de produtividade concedida ao primeiro autor; e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), pelo apoio aos estudos com plantios mistos “Dinâmica de C e N em solos de plantios florestais mistos, integrados de produção e áreas sob restauração florestal” (Projeto n.º 01.16.05.001.04.00)

REFERÊNCIAS

AGUIAR JR., A.; BARBOSA, R.I.; BARBOSA, J.B.F.; MOURÃO JR., M.. Invasion of *Acacia mangium* in Amazonian savannas following planting for forestry. **Plant Ecology & Diversity**, v.7, p.359-369, 2014.

ATTIAS, N.; SIQUEIRA, M.F.; BERGALLO, H. de G. Acácias australianas no Brasil: histórico, formas de uso e potencial de invasão. **Biodiversidade Brasileira**, v.3, p.74-96, 2013.

BALIEIRO, F.C.; PEREIRA M.G.; ALVES, B.J.R.; RESENDE, A.S.; FRANCO, A.A. Soil carbon and nitrogen in pasture soil reforested with eucalyptus and guachapele. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1253-1260, 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000300033.

BALIEIRO, F.C.; ZILLI, J.E.; PRIN, Y.; FARIA, S.M. Nodulação e fixação biológica de nitrogênio (FBN) em *Acacia mangium* Willd. In: TONINI, H.; HALFELD-VIEIRA, B. de A.; SILVA, S.J.R. da (Ed.). **Acacia mangium: características e seu cultivo em Roraima**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Boa Vista: Embrapa Roraima, 2010. p.31-61.

BOUILLET, J.-P.; LACLAU, J.-P.; GONÇALVES, J.L. de M.; VOIGTLAENDER, M.; GAVA, J.L.; LEITE, F.P.; HAKAMADA, R.; MARESCHAL, 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. DOI: 10.1016/j.foreco.2012.09.019.

BOUILLET, J.P.; LACLAU, J.P.; GONÇALVES, J.L.M.; MOREIRA, M.Z.; TRIVELIN, P.C.O.; JOURDAN, C.; SILVA, E.V.; PICCOLO, M.C.; TSAI, S.M.; GALIANA, A. Mixed-species plantations of *Acacia mangium* and *Eucalyptus grandis* in Brazil: 2: Nitrogen accumulation in the stands and biological N₂ fixation. **Forest Ecology and Management**, v.255, p.3918-3930, 2008. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.10.050.

BROCKWELL, J.; SEARLE, S.D.; JEAVONS, A.C.; WAAYERS, M. **Nitrogen fixation in acacias: an untapped resource for sustainable plantations, farm forestry and land reclamation.** Camberra: **ACIAR**, 2005. 132p. (ACIAR Monograph, 115).

CHAER, G.M.; RESENDE, A.S.; CAMPELLO, E.F.C.; FARIA, S.M. de; BODDEY, R.M. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. **Tree Physiology**, v.31, p.139-149, 2011. DOI: 10.1093/treephys/tpq116.

COELHO, S.R. de F.; GONÇALVES, J.L. de M.; MELLO, S.L. de M.; SILVA, E.V. da; LACLAU, J.-P. Crescimento, nutrição e fixação biológica de nitrogênio em plantios mistos de eucalipto e leguminosas arbóreas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.759-768, 2007. DOI: 10.1590/S0100-204X2007000600001.

FARIA, S.M. de; LIMA, H.C. de; OLIVARES, F.L.; MELO, R.B.; XAVIER, R. Nodulação em espécies florestais, especificidade hospedeira e implicações na sistemática de Leguminosae. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (Ed.). Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Viçosa: SBCS; Lavras: UFLA/DCS, 1999. p.667-686.

FAUSTO, S.; AVENTURIER, P.M.; LIMA, R.A. de. A colaboração Brasil-França na pesquisa em ciências agrárias (2004-2013). **Em Questão**, v.20, p.207-228, 2014. Edição especial.

FORRESTER, D.I.; BAUHUS, J.; COWIE, A.L. On the success and failure of mixed-species tree plantations: lessons learned from a model system of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. **Forest Ecology and Management**, v.209, p.147-155, 2005. DOI: 10.1016/j.foreco.2005.01.012.

FRANCO, A.A.; FARIA, S.M. de. 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. DOI: 10.1016/S0038-0717(96)00229-5.

GRIFFIN, R. Acacia 2014 – Sustaining the future of Acacia plantation forestry. **IUFRO News**, v.43, p.1-2, 2014.

HARWOOD, C.E.; HARDIYANTO; E.B.; YONG, W.C. Genetic improvement of tropical acacias: achievements and challenges. **Southern Forest: a Journal of Forest Science**, v.77, p.11-18, 2015. DOI: 10.2989/20702620.2014.999302.

HARWOOD, C.E.; NAMBIAR, E.K.S. **Sustainable plantation forestry in South-East Asia**. Camberra: ACIAR, 2014. 100p. (ACIAR Technical Reports, 84).

KAYE, J.P.; RESH, S.C.; KAYE, M.W.; CHIMNER, R.A., Nutrient and carbon dynamics in a replacement series of *Eucalyptus* and *Albizia* trees. **Ecology**, v.81, p.3267-3273, 2000. DOI: 10.2307/177491.

LACLAU, J.-P.; BOUILLET, J.-P.; GONÇALVES, J.L.M.; SILVA, E.V.; JOURDAN, C.; CUNHA, M.C.S.; MOREIRA, M.R.; SAINT-ANDRÉ, L.; MAQUÈRE, V.; NOUVELLON, Y.; RANGER, J. Mixed-species plantations of *Acacia mangium* and *Eucalyptus grandis* in Brazil: 1. Growth dynamics and aboveground net primary production. **Forest Ecology and Management**, v.255, p.3905-3917, 2008. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.10.049.

LIMA, R.M.B. de; HIGA, A.R.; AZEVEDO, C.P. de; ROSSI, L.M.B.; MOUCHIUTTI, S.; SANTOS, S.H.M.; VIEIRA, A.H.; SCHWENGBER, D.R.; ARCO-VERDE, M.F. Zoneamento edafo-climático para plantio de espécies florestais de rápido crescimento na Amazônia. In: PROGRAMA PILOTO PARA A PROTEÇÃO DAS FLORESTAS TROPICAIS DO BRASIL: Subprograma de Ciência e Tecnologia: Resultados (Fase Emergencial e Fase 1). Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 1999. p.309-331.

MACEDO, M.O.; RESENDE, A.S.; GARCIA, P.C.; BODDEY, R.M.; JANTALIA, C.P.; URQUIAGA, S.; CAMPELLO, E.F.C.; FRANCO, A.A. Changes in soil C and N stocks and nutrient dynamics 13 years after recovery of degraded land using leguminous nitrogen-fixing trees. **Forest Ecology and Management**, v.255, p.1516-1524, 2008. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.11.007.

NAMBIAR, E.S.; HARWOOD, C.E.; KIEN, N.D. *Acacia* plantations in Vietnam: research and knowledge application to secure a sustainable future. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v.77, p.1-10, 2015. DOI: 10.2989/20702620.2014.999301.

PARROTTA, J.A.; KNOWLES, O.H. Restoration of tropical moist forest on bauxite-mined lands in the Brazilian Amazon. **Restoration Ecology**, v.7, p.103-116, 1999. DOI: 10.1046/j.1526-100X.1999.72001.x.

PAULA, R.R.; BOUILLET, J.-P.; GONÇALVES, J.L. de M.; TRIVELIN, P.C.O.; BALIEIRO, F. de C.; NOUVELLON, Y.; OLIVEIRA, J. de C.; DEUS JÚNIOR, J.C. de; BORDRON, B.; LACLAU, J.-P. Nitrogen fixation rate of *Acacia mangium* Wild at mid rotation in Brazil is higher in mixed plantations with *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden than in monocultures. **Annals of Forest Science**, v.75, art.14, 2018. DOI: 10.1007/s13595-018-0695-9.

PAULA, R.R.; BOUILLET, J.-P.; TRIVELIN, P.C.O.; ZELLER, B.; GONÇALVES, J.L. de M.; NOUVELLON, Y.; BOUVET, J.-M.; PLASSARD, C.; LACLAU, J.-P. Evidence of short-term belowground transfer of nitrogen from *Acacia mangium* to *Eucalyptus grandis* trees in a tropical planted forest. **Soil Biology & Biochemistry**, v.91, p.99-108, 2015. DOI: 10.1016/j.soilbio.2015.08.017.

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, e0118515, 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0118515.

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 & Biochemistry**, v.66, p.146-153, 2013. DOI: 10.1016/j.soilbio.2013.07.005.

RESH, S.C.; BINKLEY, D.; PARROTTA, J.A. Greater soil carbon sequestration under nitrogen-fixing trees compared with *Eucalyptus* species. **Ecosystems**, v.5, p.217- 231, 2002. DOI: 10.1007/s10021-001-0067-3.

SANTOS, F.; CHAER, G.M.; DINIZ, A.R.; BALIEIRO, F. de 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. DOI: 10.1016/j.foreco.2016.10.041.

SANTOS, F.M.; BALIEIRO, F. de C.; ATAÍDE, D.H. dos 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. DOI: 10.1016/j.foreco.2015.12.028.

SCOPUS: content coverage guide. [Elsevier, 2006]. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/solutions/scopus/content>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

TONINI, H.; ANGELO, D.H.; CONCEICAO, J.S.; HERZOG, F. A silvicultura da *Acacia mangium* em Roraima. In: TONINI, H.; HALFELD-VIEIRA, B. de A.; SILVA, S.J.R. da (Ed.). *Acacia mangium*: características e seu cultivo em Roraima. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Boa Vista: Embrapa Roraima, 2010. p.76-99.

WILSON, J.R.U.; CAPLAT, P.; DICKIE, I.A.; HUI, C.; MAXWELL, B.D.; NUÑEZ, M.A.; PAUCHARD, A.; REJMÁNEK, M.; RICHARDSON, D.M.; ROBERTSON, M.P.; SPEAR, D.; WEBBER, B.L.; VAN WILGEN, B.W.; ZENNI, R.D. A standardized set of metrics to assess and monitor tree invasions. **Biological Invasions**, v.16, p.535-551, 2014. DOI: 10.1007/s10530-013-0605-x.

XAVIER, D.F.; SILVA LÉDO, F.J. da; PACIULLO, D.S. de C.; URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. Nitrogen cycling in a Brachiaria-based silvopastoral system in the Atlantic forest region of Minas Gerais, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.99, p.45-62, 2014.

ZENNI, R.D.; DECHOUM, M.S. Paisagens antropizadas e invasão por plantas exóticas. In: PERES, C.A.; BARLOW, J.; GARDNER, T.A.; VIEIRA, I.C.G. (Org.) **Conservação da biodiversidade em paisagens antropizadas do Brasil**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2013. p.549-563.

Recebido em 29 de março de 2018 e aceito em 31 de julho de 2018.