

O cenário da silvicultura de teca e perspectivas para o melhoramento genético

Guilherme Schnell e Schuhli¹, Estefano Paludzyszyn Filho¹

¹Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, Km 111, CP 319, CEP 83411-000, Colombo, PR, Brasil, schuhli@cnpf.embrapa.br; estefano@cnpf.embrapa.br

Resumo - As propriedades da madeira de teca (*Tectona grandis* L. f.) regem um intenso processo de domesticação e cultivo em regiões além de seu habitat natural. O interesse na espécie como alternativa aos plantios florestais tradicionais no Brasil vem crescendo. Esta revisão contribui com o processo de resgate da informação técnico-científica sobre a teca com vistas à elaboração de um programa de melhoramento. Neste documento, é apresentada uma breve revisão sobre os métodos silviculturais para a espécie no Brasil. Foram explorados aspectos positivos inerentes ao cultivo assim como os principais riscos. De forma geral, verificou-se que os programas recentes de melhoramento genético concentraram-se no desenvolvimento de clones. A ênfase inicial dos programas de melhoramento tem sido a taxa de crescimento e propriedades da madeira (geralmente densidade). Para a aplicação e escolha dos métodos de seleção em teca são importantes as variâncias genéticas aditivas e não aditivas, as herdabilidades no sentido restrito e amplo, e as correlações genéticas entre caracteres. Como em outros programas de melhoramento florestal, é comum a conversão de testes de progênie em pomares de sementes para a produção mais rápida de clones comerciais ou de pomares clonais de sementes.

Termos para indexação: Brasil, espécies exóticas, *Tectona grandis*, programa de melhoramento.

Overview of the teak silviculture in Brazil and perspectives for genetic improvement

Abstract - The teak (*Tectona grandis* L. f.) wood properties direct an intense process of domestication and plantation outside its original habitat. The interest in the species as an alternative for the traditional forest plantations in Brazil is growing. This review contributes with the recovery of technical and scientific information regarding teak aiming the subsequent proposition of a genetic breeding program. In this paper it is presented a brief review of the silvicultural methods for the species in Brazil. The positive perspectives and the main risks related to the teak plantation were explored. In general, in the most recent genetic improvement programs the employment of clones was a common strategy. The initial emphasis of the improvement programs were the growth rate and wood property (generally density). As for other species the proper choice of the selection methods resides in observing the genetic variances (additive and non-additive), heritability (broad and narrow), and the genetic correlations among characters. As in other forest breeding programs the conversion of progeny tests in seedling seed orchards is common for a faster seed production and development of commercial clones or clonal seed orchards.

Index terms: Brazil, exotic species, *Tectona grandis*, breeding program.

Introdução

Apesar de registros de sua introdução no Brasil em 1925 (Sampaio, 1930), a silvicultura da teca (*Tectona grandis* L. f.) em escala comercial é recente no país. Os primeiros testes com a espécie foram instalados no final dos anos 1960 (Figueiredo, 2001; Delgado et al., 2008).

O interesse na teca como espécie alternativa aos plantios florestais tradicionais vem crescendo. Os fatores

relacionados a este crescimento passam pela redução da oferta de madeira pelos países do sudeste asiático, aumento das medidas restritivas contra a atividade madeireira ilegal, restrições de importação e até reduções de cotas, principalmente na Indonésia. As condições de demanda de madeira também se tornaram restrições, por vezes maiores do que as condições de fornecimento (International Tropical Timber Organization, 2009).

Espécies florestais de maior demanda e que apresentassem valores elevados no mercado internacional rapidamente se sobressairam como alternativas ao pinus e ao eucalipto. A teca já era conhecida de longa data das relações comerciais Ásia-Europa. Sua exploração foi tradicional em área de distribuição nativa em reservas naturais do leste asiático em florestas decíduas da Índia, Mianmar (anteriormente Burma ou Birmânia), Laos, Tailândia e Indonésia (Troup, 1921).

O envolvimento do capital privado com os plantios florestais de teca foi progressivamente aumentando no Brasil e em outros países com clima tropical (Goh & Monteuis, 2005). Somente nos últimos três anos as áreas de plantio comercial de teca aumentaram em mais de 34,3%, contabilizando 65.240 ha (Anuário Estatístico da Abraf, 2010).

A produtividade destes plantios florestais apresenta números extremamente variáveis (Figueiredo, 2005). Com base em experiências internacionais e observações locais, sugerem-se como prováveis causas as diferenças de sítio (Kaufman, 1968; Drumond, 1974; Matricardi, 1989; Barroso et al., 2005), diferentes condições de manejo florestal (Srimathi & Emmanuel, 1986), diferenças entre procedências (Keiding et al., 1986; Kjaer et al., 1995), baixa qualidade de sementes ou de mudas (Kjaer & Foster, 1996), dentre outros fatores. No entanto, sabe-se que estes valores de produtividade podem ser substancialmente melhorados a partir de seleção cuidadosa de procedência e genótipos superiores (Goh & Monteuis, 2005). Por isto, existe uma grande concordância de que a estratégia de melhoramento é um caminho necessário para a teca (Kjaer et al., 1999).

Torna-se prioritário o desenvolvimento de programas de melhoramento genético e estratégias para aumento da produção de sementes e mudas em quantidade e qualidade suficientes para garantir a demanda do mercado crescente para a teca no Brasil. Novas procedências geográficas devem ser examinadas com relação ao território nacional.

Esta revisão estabelece uma contribuição ao necessário processo de resgate da informação técnico-científica sobre a teca produzida dentro e fora do país e a reflexão sobre estes dados sob a perspectiva do melhoramento. Estas informações constituem registros importantes no desenvolvimento de um plano em longo prazo de melhoramento genético.

Descrição e silvicultura

A Teca (*Tectona grandis* L.f.) é uma das cinco espécies do gênero *Tectona* (Schubert, 1974) (*T. australis* Hill 1862, *T. hamiltoniana* Wallich 1832, *T. philippinensis* Bentham e Hooker 1876, *T. ternifolia* Buchanan 1838). Classifica-se como uma espécie heliófita caducifolia com queda de folhas no período de menor precipitação pluviométrica (Carvalho, 2006).

O gênero foi posicionado na ordem Lamiales (Troup, 1921), família Lamiaceae, subfamília Chloanthoideae (Cantino & Sanders, 1992; Thorne, 1992; Wagstaff et al., 1998). O gênero *Tectona* forma, juntamente da subtribo Physopsidae, um grupamento monofilético (Cantino & Sanders, 1992).

Grupamentos geográficos intraespecíficos são notados através da forma do tronco e taxa de crescimento (Champion, 1933). Métodos mais sensíveis confirmaram a existência de grupamentos intraespecíficos apontando a existência de quatro centros de variabilidade genética (Fofana et al., 2008; 2009). Estudos citogenéticos caracterizam a teca como diplóide ($2n=36$) (Gill et al., 1983; Kertadikara & Prat, 1995), monóica e de polinização por insetos (Bryndum & Hedegart, 1969; Hedegart, 1973; Mathew et al., 1987).

A autogamia é provável na medida em que muitos dos insetos desenvolvem seus hábitos em uma única árvore (Hedegart, 1973). Um mecanismo faz com que sementes consanguíneas tenham taxa de germinação reduzida (Hedegart, 1973), o que é útil para os programas de melhoramento, evitando a produção de sementes provenientes de endogamia.

No Brasil, as inflorescências surgem entre os meses de junho e setembro. As sementes são pequenas e encontram-se envolvidas por um fruto tetra-locular que pode conter até quatro sementes (Schubert, 1974; Dabral, 1967; Caldeira et al., 2000). As sementes são pequenas (5 mm a 6 mm de comprimento), delicadas e oleaginosas (Betancourt Barroso, 1987). Encontram-se protegidas, envoltas em um fruto que apresenta endocarpo e mesocarpo duros (Keiding, 1985). A média de sementes por fruto apresentada na Índia foi de 1,7 (Schubert, 1974). A proteção do endocarpo e mesocarpo confere a propriedade de uma dormência exógena à semente. Por isto, em teca, a germinação é demorada e irregular (Lamprecht, 1990; Kaosa-ard, 1986b) ocorrendo de 10 a 50 dias em viveiros, com uma taxa de germinação de 10% a 70%, no Brasil (Teca..., 2004; Figueiredo et al.,

2005), e 30% a 50% para outros países (Gartner, 1956; Suangtho, 1980; Kaosa-ard, 1986b; Kumaravelu, 1993; Phengduang, 1993).

Os frutos aparecem no final da estação chuvosa, a partir do terceiro ano (Carvalho, 2006), e caem gradualmente no solo durante a estação seca (Schubert, 1974), germinando na faixa de temperatura entre 25 °C e 40 °C (Dabral, 1976). O plantio da teca emprega frequentemente as sementes contidas no fruto (diásporos), sem que seja necessária a remoção de pericarpo e endocarpo.

A teca apresenta raiz pivotante e, por isso, indica-se a necessidade de solo profundo, bem drenado, arejado e razoavelmente fértil (a espécie é exigente para disponibilidade de oxigênio para a raiz; indica-se 65% a 80% nos primeiros 30 cm de solo) (Teca..., 2004; Figueiredo et al., 2005; Kiehl, 1979). Por esta razão, desaconselha-se solos com lençóis freáticos superficiais ou com impedimentos de drenagem (Kiehl, 1979). Os solos de textura média são os mais indicados e solos ácidos não são adequados (recomenda-se pH 6,5 – 7,5) (Teca..., 2004; Figueiredo et al., 2005). A teca é uma espécie exigente no que diz respeito ao sítio (Kiehl, 1979; Chaves & Fonseca, 1991; Zech & Kaupenjohann, 1990). Matricardi (1989) apresentou os efeitos dos fatores do solo sobre o desenvolvimento da teca. Deformidades e alterações de crescimento já haviam sido registradas em estudos em outros países (eg. Catinot, 1970). Barroso et al. (2005) confirmaram o grau de exigência da espécie especificamente quanto aos níveis de macronutrientes. Por isto a qualidade de rusticidade, comumente atribuída à teca, deve ser avaliada com parcimônia.

A temperatura parece exercer um controle fundamental sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas (Kaosa-ard, 1980). Para demonstrar a tolerância da espécie, Kaosa-ard (1980) relata sua ocorrência em lugares com máxima de 48 °C e mínima de 2 °C. Idealmente, aponta-se o intervalo de 13-40 °C de média mensal (Haig & Irvine, 1958).

O melhor desenvolvimento ocorre em regiões úmidas com precipitação anual variando de 1.250 mm a 3.800 mm (Kaosa-ard, 1980). Em condições ideais, aponta-se a necessidade de uma estação seca marcada de 3 a 5 meses, onde a planta sofra um déficit hídrico (Kretschek & Samonek, 1998).

Quanto à quebra de dormência, sabe-se que o processamento do fruto e semente pode repercutir em homogeneização e regulação da germinação (Denoga,

1939; Dabral, 1976; Lamprecht, 1990; Caldeira & Vieira, 2001). Com tratamento prévio para quebra de dormência, a germinação varia entre 10 e 20 dias (Teca..., 2004; Figueiredo et al., 2005). Várias técnicas de pré-tratamento da semente incluindo submersão em água, mistura de esterco e água, ciclos alternados de submersão em água e secagem ao sol, e tratamento por calor foram apresentados para a redução da baixa percentagem e esporadicidade de germinação (Gyi, 1972; Suangtho, 1980; Kaosa-ard, 1986b; Tewari, 1992).

No Brasil, métodos comuns são variações de técnicas de maceração em água, sendo frequente o emprego de seis ciclos de maceração dos frutos em água com secagem de três dias (Brasil, 1992). A remoção mecânica do exocarpo vêm sendo realizada no processamento em larga escala (Vieira et al., 2009).

Recentemente, Vieira et al. (2009) compararam métodos de quebra de dormência para teca. Estes autores recomendam o aquecimento em estufa (80 °C) por 12 h, seguido de imersão em água por 6 h, à temperatura ambiente, com base nos desempenhos dos diferentes tratamentos examinados e de sua respectiva praticidade.

A semeadura é realizada nos meses mais quentes, para auxiliar na quebra de dormência, e cerca de 5 a 8 meses antes do plantio definitivo. No Brasil, o plantio das mudas ocorre entre os meses de setembro a abril, objetivando o aproveitamento do período chuvoso (Delgado et al., 2008). As primeiras sementes germinam com cerca de cinco semanas e, no final do período de 60 dias depois da semeadura, já se encontram bem formadas, com raízes secundárias e terciárias (Mello, 1963). Quando atingem diâmetro de colo entre 1 cm e 3 cm, é indicação para a preparação de muda na forma de muda-toco para o plantio definitivo (Figueiredo, 2005).

O espaçamento adequado depende do tipo de produto que se espera obter da teca e da declividade do terreno (Bell, 1973; Bauer, 1982). Macedo et al. (2005) apontam uma variação que vai desde 1,5 m x 1,5 m até 3 m x 6 m, recomendando 3 m x 2 m (1.667 plantas por ha) para maior crescimento sem percepção de efeitos competitivos, visando à produção de madeira para serraria. Experiências de consórcio em sistema agroflorestal e desenvolvimento de atividade silvipastoril têm sido também aplicadas (Figueiredo, 2005). Até o fechamento do dossel, recomenda-se um cuidado redobrado para o controle de ervas daninhas (Delgado et al., 2008). A roçada será uma necessidade anual até o fechamento do dossel. Esta idade é variável

nas diferentes regiões de plantio e depende de fatores como espaçamento e desbaste. A estratégia de manejo para a formação de fustes limpos e sem nós contempla a operação de desrama e consiste na remoção dos ramos até a altura de 50% da árvore, ou fuste comercial.

Caldeira & Oliveira (2008) testaram duas idades de desbaste seletivo em intensidades de 20%, 30% e 40%, em povoamento de 4 anos, e de 30%, 40% e 50% em povoamentos de 5 anos. Não houve diferença significativa entre os desbastes em todas as intensidades testadas nem entre as diferentes idades considerando os valores de DAP, altura total, média de área transversal por árvore e volume. Por notarem uma nítida diferença entre os testes de desbaste e os povoamentos testemunhas, os autores recomendaram desbaste em qualquer uma das intensidades apresentadas aos 5 anos. O prazo coincide com a recomendação de Figueiredo (2005) (entre o quarto e sexto ano), porém, sempre com o respaldo de um inventário florestal que permita uma intervenção criteriosa.

Panorama global

Duas estimativas apresentam a área global entre 2 - 2,2 milhões de hectares (Dupuy & Verhaegem, 1993) e 3 milhões de hectares de reflorestamentos de teca no mundo todo (Ball et al., 1999; Pandey & Brown, 2000). Desta área, 2,7 mil ha representam a área de teca plantada na porção tropical da América do Sul (0,6% da área total de silvicultura nesta região) (Ball et al., 1999). Até o momento, não existem levantamentos globais de áreas de produção de teca. Por esta razão, ainda é válida a recomendação de Kjaer & Foster (1996) de cautela diante dessas estimativas. Autores apontam esta produção mundial como suprindo apenas 1% da demanda mundial de madeiras nobres (Goh & Monteuis, 2005).

O preço da madeira em tora e serrada subiu, atingindo valores sem precedentes em 2007. O principal fator associado a esta alta de preços foi a redução da oferta de madeira do sudeste asiático, agravada por aumento das medidas restritivas contra a atividade madeireira ilegal e restrições de importação e reduções de cotas, particularmente, na Indonésia. Os preços atingiram um platô entre a metade de 2007 e metade de 2008 na medida em que as limitações de fornecimento foram paulatinamente balanceadas pelas condições de demanda nos maiores mercados. Subsequentemente, os preços

caíram em resposta à piora das condições de demanda. Estas acabaram por se mostrar um determinante mais importante do que as limitações de fornecimento (International Tropical Timber Organization, 2009).

No início de 2009, o estoque sul-americano de madeiras nobres reduziu consideravelmente. A atividade florestal-madeireira foi severamente afetada por picos nos custos de produção e pelo empenho do governo em reduzir as atividades ilegais. Os exportadores sofreram desvantagens pelo enfraquecimento da moeda até o final de 2008, o que reduziu a sua capacidade competitiva. No momento em que a moeda brasileira se enfraqueceu diante do dólar, no final de 2008, a demanda americana já havia sido reduzida. Em 2009, a demanda caiu abruptamente e os preços de toras declinaram (International Tropical Timber Organization, 2009).

Neste momento, é necessária uma reflexão cuidadosa do panorama da teca no Brasil com vistas à avaliação e planejamento de futuros empreendimentos. Esta reflexão deve ser precisa para avaliar a oportunidade do empreendimento e as complexas relações econômicas que o circunscrevem, contrapondo os riscos como a falta de informação e suporte técnico. Assim, pode-se estabelecer prioridades como a avaliação das melhores procedências para diferentes situações edafo-climáticas; desenvolvimento de protocolos silviculturais adequados e um zoneamento que norteie a expansão consciente da atividade.

Projetos de melhoramento estão disponíveis para a Tailândia (Kaosa-ard, 1993a; Wellendorf & Kaosa-ard, 1988; Kaosa-ard et al., 1998), Malásia (Goh & Monteuis, 2005), Tanzânia (Madoffé & Chamshama, 1989), Índia (Kumaravelu, 1993; Chandha & Patnik, 1990), Indonésia (Harahap & Soerinegara, 1978; Suhaendi, 1990), Myanmar (Gyi, 1993; Kjaer & Foster, 1996), Bangladesh (Banik, 1993) e Costa Rica (Gamboa & Montoya, 1992).

Panorama histórico

O Jardim botânico do Rio de Janeiro parece ter sido o primeiro a estabelecer a teca em território nacional, em 1930. Sampaio (1930) aponta também exemplares nos hortos da Gávea, RJ, e de Rio Claro, SP. A introdução comercial da teca é atribuída à empresa Silvicultura Cáceres S.A. (Cáceres Florestal S.A., 2005) que a introduziu no Estado do Mato Grosso, no final da década de 1960, no Município de Cáceres (Matricardi, 1989;

Tsakamoto Filho et al., 2003; Drescher, 2004; Delgado et al., 2008). As sementes utilizadas para o primeiro plantio florestal intensivo de teca pela Cáceres vieram de Trinidad e Tobago. A introdução destas sementes foi feita por recomendação do Dr. Frank Wadsworth (USDA *Department of Agriculture*, em Porto Rico). A origem geográfica das sementes é conhecida por “Tenasserim, Burma”, apreciada pela qualidade das árvores e por sua madeira de cor clara. A empresa Cáceres S.A. foi fundada em 1991 para receber o aporte de recursos financeiros de investidores do exterior, necessários à continuação de suas atividades florestais. Em 2005, a empresa possuía plantações de teca que se estendiam por 1.444 ha, estabelecidas em sua maior parte entre 1971 e 1992 (Cáceres Florestal S.A., 2005).

Em 1969, o Painel de Especialistas em Recursos Genéticos Florestais da FAO atribuiu máxima prioridade para testes de procedência de teca (FAO, 1969). Keiding et al. (1986) foram os primeiros a disponibilizar um teste inicial para o Brasil. Seguiu-se uma segunda avaliação incluindo novos caracteres avaliados por Kjaer et al. (1995) para duas regiões no Brasil localizadas no Estado do Espírito Santo (ambas referenciadas originalmente em 19°46'S; 40°16'O; precipitação de 1.400 mm por ano; elevação de 50 m). Aqui eles consideraram seis procedências em ambas as regiões. Baseados em critérios de adaptação e taxa de crescimento, entre as seis procedências, os autores apontaram as árvores procedentes da Índia “úmida” (precipitação entre 1.600 mm e 2.500 mm anuais) como exemplar de melhor desempenho. A dureza da madeira desta procedência mostrou-se acima da média e encontra-se associada à adaptação e taxa de crescimento. Outros critérios analisados foram diâmetro, persistência do eixo, forma do tronco e características do tronco (ramo epicórmico, brotos protuberantes e canelamento).

O reflorestamento com teca em outros países tem, quando bem conduzido, importante função ambiental em seu potencial de recuperação de áreas degradadas e no alívio da exploração extrativista. Saha (2001) em um estudo ecológico de áreas abandonadas de plantação de teca aponta a capacidade das árvores nativas de crescer e se regenerar sob o reflorestamento de teca. Este crescimento não demonstrou efeito negativo nas espécies nativas (como alelopatia) quando comparado com outras composições. Ainda assim, reforça que muitos dos reflorestamentos falidos podem levar à depleção de espécies e recursos do solo se um conjunto adequado

de espécies para colonização não estiver disponível. O reflorestamento de teca pode ser uma importante ferramenta de recuperação se estabelecido com este propósito e em área contígua com remanescentes florestais nativos, se cumpridas as condições edafo-climáticas.

Principais riscos relacionados ao cultivo

As análises diante da perspectiva de produção de teca no Brasil devem considerar de riscos financeiros relativo ao investimento e de riscos ambientais inerentes, geralmente não computados. A despeito do reconhecido valor de sua madeira e crescente demanda, o pleno potencial da teca para oferecer recuperação, receita rural, oportunidades de emprego e desenvolvimento de valor agregado no processo produtivo e contribuição para o Produto Interno Bruto para os países produtores não se encontra plenamente compreendido (Kerala Forest Research Institute, 2003).

O fornecimento de sementes ou seu intercâmbio, especialmente de fontes naturais, é limitado para propósitos de pesquisa e desenvolvimento (Kaosa-ard, 1998). A maior parte dos empreendimentos de plantio depende de sua própria capacidade de produção de sementes. Estratégias de propagação em curto prazo associadas a programas de melhoramento de longo prazo são propostas para que se aumente este fornecimento de material genético melhorado em escala suficientemente grande para suprir os programas de florestamento.

Os custos do melhoramento florestal em teca são, infelizmente, elevados pela baixa capacidade de frutificação, pela baixa taxa de germinação das sementes (Kjaer & Foster, 1996; Kaosa-ard et al., 1998) e conseqüente insuficiência de fornecedores comerciais de sementes (Kaosa-ard, 1998). Este empecilho é pior na medida em que a perda de sementes em viveiros é aumentada por manejo inadequado frente ao emprego de mão de obra não qualificada. Para os estados onde a vocação de silvicultura é recente e a mão de obra consiste em trabalhadores captados da atividade agrícola ou pastoril, este é um problema a ser considerado. O custo envolvido com a propagação em massa de material genético melhorado em teca é consideravelmente alto (Kjaer & Foster, 1996; Kaosa-ard et al., 1998).

A teca é uma espécie de crescimento lento, e programas de melhoramento genético constituem um investimento em longo prazo (Kjaer & Foster, 1996; Kaosa-ard et al., 1998). Behaghel & Monteuuis (1999),

Ball et al. (1999) e Goh & Monteuuis (2005) indicaram, para a tendência emergente de um período de rotação curto, a seleção cuidadosa e bem conduzida de árvores superiores combinada com práticas intensivas de cultivo tanto para plantações monoespecíficas em larga escala quanto para diversos sistemas agroflorestais. A tendência apontada por Ball et al. (1999) e Goh & Montehuuís (2005) de redução do tempo de rotação é válida para o cenário nacional (Kjaer & Foster, 1996).

A qualidade da madeira proveniente dos plantios de rotação curta necessita de comparação com os plantios tradicionais de longa rotação (Ball et al., 1999). A demanda mundial pela madeira da teca gira em torno do comércio de madeiras ou toras de excepcional qualidade e as madeiras de qualidade inferior apresentam nítidas dificuldades de comercialização, pois, a maioria absoluta dos importadores exige madeira sem nenhum alburno. Isso somente é possível em povoamentos mais maduros, portanto, os preços mais altos praticados a partir dos 20 anos de idade não estão somente vinculados ao diâmetro das toras comercializadas, mas também ao menor percentual de madeira juvenil e peças livre de nós (Galdino, 2001; Figueiredo et al., 2005).

Um valor relevante na determinação de custos relativos ao investimento em teca é a qualificação da mão de obra nos estados onde o plantio florestal pode ser realizado. Esta falta de qualificação pode implicar em um rendimento diferenciado do produto final. A desrama dos plantios florestais de teca é uma tarefa anual e laboriosa, assim como a condução dos desbastes de forma apropriada e criteriosa. Comparações entre rendimentos de plantios de teca que realizaram o desbaste (Tsukamoto Filho et al., 2003) com dois plantios não desbastados (comparação apresentada por Figueiredo et al., 2005) indicaram um incremento de 93,44% a 176,14% para os florestamentos desbastados.

A erosão e intemperismo de matéria orgânica são também problemas relacionados com o plantio florestal da teca (Ball et al., 1999). Suas causas relacionam-se com a ausência de um sub-bosque, com a exploração em densidades relativamente altas de uma mesma espécie em mesma idade de desenvolvimento e, principalmente, com eventuais incêndios. O fogo queima esta manta orgânica deixando a superfície do solo desprotegida diante das chuvas fortes no início da estação chuvosa. Reúnem-se nesta situação um déficit hídrico, nutricional e de oxigênio, no caso especial de solos muito argilosos.

A manutenção da diversidade genética será reduzida se os plantios florestais forem estabelecidos com um ou com poucos clones vegetativamente propagados. Este fator será especialmente representativo se todo o programa de melhoramento for baseado em um pequeno número de árvores selecionadas (Kjaer et al., 1999). A manutenção da diversidade genética é um recurso de proteção diante das flutuações ambientais e, se baixa, torna os plantios vulneráveis a pequenas alterações. A incidência de doenças e efeitos de cruzamentos entre meio-irmãs são maiores em programas com menor diversidade genética. Esta diversidade é mais necessária na medida em que o tempo de rotação dos programas for maior e a intensidade dos testes menor (Graudal et al., 1999).

Na Índia, o aumento da demanda por teca cresceu de forma acelerada durante as últimas cinco décadas, resultando em extração de árvores de plantações antigas e de populações florestais naturais (Fofana et al., 2009). A maior parte das florestas naturais foi convertida em monoculturas de teca, causando, dentre outros problemas, a perda dos genótipos superiores, a drástica redução da diversidade genética (com a propagação vegetativa baseada nas árvores existentes nos plantios ou com sementes provenientes destas), deterioração dos sítios por incêndios consecutivos, erosão e intemperismo de matéria orgânica, deterioração da qualidade da madeira, ataque de pragas e maior vulnerabilidade a estes ataques (Fofana et al., 2009). Esta é a razão para as propostas de bancos genéticos de teca em reservas naturais *in situ* e até mesmo *ex situ* nos países onde foi introduzida (Kjaer & Graudal, 1998).

Diante destes problemas, diversas iniciativas documentam o interesse crescente em desenvolvimento de tecnologia para o plantio florestal e manejo da teca em diferentes zonas agroecológicas e sob florestas naturais e plantadas, sistemas silvipastoris, e em diferentes intensidades e misturas (Kerala Forest Research Institute, 2003).

Patógenos nativos e introduzidos podem acometer a teca. O fungo *Olivea tectonae*, um parasita obrigatório da teca, causa o aparecimento de manchas marrons e amarelas em plantas pequenas. O fungo já foi documentado no continente americano, no Panamá (2003), na Costa Rica (2004), Equador (2004), México (2004) e Colômbia (2005). No Brasil, o fungo encontra-se na lista de alerta (quarentenária A1). Outras ferrugens já foram apontadas para a teca (Bonaldo et al., 2009).

Uma espécie do fungo *Alternaria* sp. foi documentada (Carrer Filho et al., 2009) para Goiás.

O lepidóptero desfolhador *Hyblaea puera* foi registrado (Mato Grosso, Goiânia, Mato Grosso do Sul e Rio de Janeiro) atacando a teca com maior intensidade no período chuvoso (Peres-Filho et al., 2002). No Pará, ataques por gafanhotos (Orthoptera, Acrididae, Leptysminae) em plantios acompanhados pela Embrapa (Lunz et al., 2008) resultaram na quebra das folhas. Peres-Filho et al. (2006) notificaram o ataque de um Bostríquideo (*Sinoxylon conigerum*) a troncos e madeira cortada de teca. O relato encontra respaldo em Irvine (1961), que preconiza que o alburno da teca é susceptível ao ataque de coleópteros. Formigas também foram responsáveis por danos consideráveis em plantios florestais de teca em Cáceres, MT. Em especial, a espécie *Atta sexdens rubropilosa* (saúva limão) se mostrou extremamente danosa, produzindo desfolhamentos que podem atingir o nível de 100%, além de danos no meristema apical e cortes na casca (Peres-Filho et al., 2000). Também no Mato Grosso, ataques do nematóide *Meloidogyne javanica* já foram registrados (Silva et al., 2003; Oliveira et al., 2009).

Outro problema ainda pouco discutido na literatura é a invasão de reservas naturais por sementes de teca. O plano de manejo da empresa Cáceres S.A. (Cáceres Florestal S/A, 2005) aponta a necessidade de controle do crescimento de exemplares de teca em suas reservas naturais. Nesta perspectiva, a espécie representa risco como espécie invasora.

Métodos de seleção disponíveis para o melhoramento de teca

A produtividade da teca pode ser substancialmente melhorada a partir de seleção cuidadosa de procedência e genótipos superiores (Goh & Monteuis, 2005). Para a maioria das espécies que têm a madeira como produto de interesse principal, o melhoramento considera o genótipo superior como aquele associado às características como incremento volumétrico, forma de fuste, produção de sementes e resistência ou tolerância às adversidades do meio (Carson & Carson, 1989; Shimizu, 2001).

A forma mais simples de melhoramento é a seleção de fontes de sementes baseada em sua aparência, localização específica, e aplicando-as em áreas de ambiente similar às respectivas fontes de sementes (Barner & Willian, 1983).

Para a *T. grandis*, variações de forma e crescimento são conhecidas em diferentes procedências (Kjaer et al., 1995; Jayasankar et al., 1999), e programas recentes de melhoramento genético têm se concentrado no desenvolvimento de clones das árvores de genótipo superior (Kaosa-ard, 1998; Nicodemus et al., 2000; Murillo & Badilla, 2004).

O estado de domesticação da teca, com programas de melhoramento já em andamento e a existência de extensas regiões de plantios comerciais, reforça a necessidade de melhoramento de características relacionadas com a exploração comercial da madeira. A ênfase inicial dos programas de melhoramento tem sido a taxa de crescimento e propriedades da madeira (geralmente densidade) (Carson & Carson, 1989).

A partir da avaliação dos caracteres, vários parâmetros genéticos podem ser estimados, tais como as variâncias genéticas aditivas e não aditivas, as herdabilidade no sentido restrito e amplo, e as correlações genéticas entre caracteres. Estes possibilitarão a aplicação e escolha dos métodos de seleção. Entre os parâmetros genéticos, a magnitude da herdabilidade e da acurácia é importante no discernimento do método de seleção que conduzirá as maiores possibilidades de ganhos genéticos (Resende et al., 1991; Resende et al., 1995a).

A seleção das árvores com genótipo superior depende, dentre outros critérios, do custo das técnicas de avaliação. Esta pode ocorrer através de seleção direta, que consiste no teste em campo de candidatos em um reflorestamento comercial operacional ou através de outras alternativas, o que se denomina seleção indireta (Carson & Carson, 1989). Para a avaliação de candidatos em uma população de cruzamento, onde a heterogeneidade das características é mais evidente, os esforços podem ser menores do que quando a mesma tarefa deve ser executada em um plantio extensivo.

Para espécies madeireiras, são diversos os métodos de seleção empregados no decorrer de um programa de melhoramento. Os mais utilizados são a seleção individual ou massal e a seleção entre e dentro de progênies (polinização aberta) (Resende et al., 1991). Se objetivado o emprego dos desvios encontrados dentro da seleção de entre e dentro de progênies, tem-se a seleção combinada. Se levado em conta a correção dos efeitos ambientais, tem-se a seleção multiefeito (Resende, 2002). Alguns aspectos intrínsecos a estes métodos podem restringir a sua eficiência. Na seleção dentro de progênies, apesar de escolhidos apenas os

melhores indivíduos de todas as famílias, algumas árvores de baixa performance podem ser selecionadas (Resende & Higa, 1994). No método entre progênies, indivíduos excepcionais podem ser descartados. A seleção combinada, entre e dentro de famílias, é uma tentativa de amenizar as restrições dos dois métodos mencionados (seleção entre e dentro de progênies) (Resende & Bertolucci, 1995; Resende et al., 1995b).

A seleção assistida por marcadores moleculares (MAS – Marker [Assisted or] Aided Selection) é uma ferramenta de refinamento na seleção de indivíduos em que o reconhecimento do genótipo pode ser acessado de forma objetiva. Isto pode ser extremamente útil para a seleção de características de difícil mensuração para aquelas que exibem baixa herdabilidade e/ou para aquelas que aparecem tardiamente no desenvolvimento (Ribaut & Hoisington, 1998).

Estratégias e perspectivas do melhoramento genético

Especificamente para a teca, Kjaer & Foster (1996) estimam que o ganho de um ciclo de melhoramento convencional não será menor que 10%, comparado com o uso das melhores fontes de sementes (assumindo que estas já estejam disponíveis e que, portanto, sejam uma alternativa realística). A duração de um ciclo de melhoramento para a teca tomaria cerca de 10-20 anos (a variação se dá pelo intervalo de floração que é diferente em cada país). Como uma estimativa inicial, Kjaer et al. (1999) sugerem um modelo que antecipa a predição do melhoramento da produção como 0,5-1% por cada ciclo de melhoramento. Quanto maior a intensidade de seleção, maior o ganho, apesar do risco de estreitamento da base genética.

Os testes de progênies geralmente são transformados em pomares de sementes por mudas (PSM). Árvores superiores dentro dos testes de progênies podem ser clonadas para uso direto na formação dos plantios ou para a constituição de pomares clonais de sementes (PCS). Como é comum em outras espécies madeireiras, para a teca, a opção mais prática em um programa de melhoramento para o fornecimento imediato de sementes é a obtenção de uma área de produção de sementes (APS). A APS pode ser composta a partir da conversão de florestamentos antigos ou talhões florestais naturais e pode fornecer dentro do prazo de um ano sementes de qualidade e em abundância. Outras estratégias como o

pomar clonal de sementes (PCS) inicia sua produção depois de 10-15 anos. Além da vantagem de tempo, os ganhos genéticos obtidos através do APS (em termos de crescimento ou produção de volume), em estimativas próprias para a espécie, são bastante altos, chegando a valores de 15% quando comparada com áreas plantadas a partir de sementes não melhoradas (Wellendorf & Kaosa-ard, 1988; Kaosa-ard, 1993a; Kaosa-ard, 1998). O custo do estabelecimento e manutenção de uma APS também é baixo, quando comparado com as demais alternativas. Na APS, a densidade de árvores é menor. Assim como o horizonte de copas, a idade das árvores é maior e mantém-se uma proporção menor de insetos polinizadores por flores individuais, o que representa um quadro de contraponto com baixa produção de sementes.

Devemos entender ambas as alternativas como ferramentas eficientes para cenários diferentes. O PCS pode ser vantajoso na medida em que traz ganhos genéticos maiores. Através da opção inicial não testada por um PCS, o ganho estimado para a teca pode ser tão alto quanto 25% (Wellendorf & Kaosa-ard, 1988; Kaosa-ard, 1993a). Estas diferenças de ganho genético entre a APS e o PCS se devem primeiramente à intensidade de seleção envolvida de sementes ou de árvores superiores. A capacidade de produção de sementes também é significativamente maior no PCS do que na APS, o que deve ser considerado em uma espécie de baixos índices de produção e germinação de sementes.

Apesar da eficiência custo-benefício da APS e do volume de produção e ganho genéticos associados aos PCS, os pomares de sementes testados (PSt) são componentes centrais essenciais no melhoramento de teca. Estes são oriundos de mudas formadas por sementes (PSMt) ou por clonagem (PSCt), cujas matrizes remanescentes foram selecionadas com base em testes de progênie para uma região bioclimática específica. Em populações de melhoramento, os PCS/PSt criam sucessivas populações de melhoramento com um maior ganho genético cumulativo.

Pouco é conhecido sobre a capacidade de produção de sementes nos pomares de sementes nos programas de reflorestamento de teca. Na Tailândia, a capacidade de produção de sementes em um PCS em desenvolvimento foi estimada em 250 kg ha⁻¹ (Hedegart, 1976). Quando a produção deste PCS chegou em seu ponto máximo (depois de 20 anos), a capacidade de produção de sementes provou ter sido superestimada, sendo em média 70 kg ha⁻¹, variando de 20-150 kg ha⁻¹, durante

um período de 5 anos de observação (Meekaew, 1992). Baixa capacidade de produção de sementes também foi reportada na Índia (eg. 193-387 kg ha⁻¹) (Tewari, 1992). Em outras regiões, paradoxalmente, temos uma produção representativa (eg. Nigéria, com 244-734 kg ha⁻¹) (Egenti, 1981).

Um problema correlato à reprodução vegetativa de PCS é a baixa taxa de germinação de sementes quando comparada, com a de talhões naturais. Prasad & Jalil (1986) observaram que a germinação de sementes de PCS variou de 4,2% a 37,8% enquanto a de talhões naturais variou de 13,9% a 54,5%. Indira & Basha (1999) indicam também baixos índices de germinação de sementes procedentes de PCS (10% a 16,4%). O mesmo fato foi apresentado por Mathew & Vasudeva (2003), que relacionam a baixa produção à hipótese de avançada idade fisiológica das plantas mães de onde os clones foram gerados. Geralmente, as árvores superiores selecionadas para o estabelecimento de pomares são de idade mais avançada e, desta forma, tendem a carregar uma carga genética maior. Esta carga relaciona-se com o acúmulo de erros de cópia do DNA em meristemas em crescimento que seriam passados para a geração clonal através de propagação vegetativa (Mathew & Vasudeva, 2003).

O cruzamento convencional consiste na seleção de indivíduos em populações ou em testes de progênes. A produção de sementes é feita em um pomar clonal de sementes. Os resultados dos testes de progênie habilitam a remoção de indivíduos inferiores e possibilitam a seleção de árvores candidatas a se tornarem clones para o próximo ciclo de cruzamentos. As combinações de testes de progênes que resultam em PSM e indivíduos candidatos a clones (ICC) (eg. Barner et al., 1991) propiciam diferentes expectativas de ganho e prazos (Foster et al., 1995).

Uma outra alternativa para reduzir o tempo e recursos empregados combina o teste de progênes com a produção comercial de sementes no Pomar de Sementes por Mudanças (PSM ou BSO – *Breeding Seedling Orchards*) (Barnes, 1995). Existem diferentes tipos de PSM: os complexos, que mantêm a identidade das famílias no pomar, e aqueles onde a identidade não é mantida. As maiores vantagens do PSM são a produção de sementes melhoradas em um prazo menor; menor demanda de recursos e fácil gerenciamento (as desvantagens associadas são a menor diversidade genética e a utilização limitada pela seleção de famílias superiores em sítios similares).

Para o melhoramento genético, no caso específico da teca, a baixa taxa de produção de sementes por árvore desqualifica o PSM como uma alternativa adequada. O número viável de progênes a serem inclusas no PSM, assim como o número de repetições, torna-se menor quando comparado à outras alternativas de pomar de sementes.

Para mitigar este problema, Kjaer et al. (1999) recomendam uma abordagem modificada pelo emprego de pomares extensivos de sementes (PES EBSO – *extensive breeding orchards*). Nesta estratégia, as sementes para a multiplicação podem ser colhidas de um grande número de árvores superiores baseado em um levantamento de tecas maduras em uma grande área. Estabelecem-se assim os chamados pomares de sementes estendidos a partir do lote de sementes selecionadas (eg. sem controle de famílias). A propagação das mudas nos viveiros deve ser cuidadosa, objetivando a formação uniforme de mudas. Estas mudas devem ser multiplicadas a partir de rebrotas do fuste. Operações de desbaste devem ser cuidadosamente feitas, baseadas em seleção fenotípica entre árvores vizinhas nos PES.

Diferenças de procedências foram investigadas em uma rede internacional de testes de procedências (Keiding et al., 1986; Bingchao et al., 1986; Kjaer et al., 1995). Estes testes revelaram importantes variações genéticas entre as procedências testadas em locais dentro e fora da área de distribuição natural. Podem ser grandes os valores perdidos por não utilização das melhores fontes de sementes, especialmente quando a teca é plantada fora de sua distribuição natural (Kjaer et al., 1999).

Wellendorf & Kaosa-ard (1988) estimaram os ganhos para o emprego de melhores fontes de sementes (APS) como sendo 5-12% no volume de produção. Baseados nestes dados, Kjaer & Suangtho (1997) assumem que mudas de sementes de talhões classificados têm uma produção pelo menos 8% maior do que mudas de sementes de talhões não classificados. Espera-se uma performance 4% melhor de mudas provenientes de PCS do que sementes de fontes classificadas. Cruzando estes dois dados, espera-se que pelo menos 12% de ganho de valor de produção possa ser ganho de progênes de PCS quando comparadas com mudas de fontes de sementes não classificadas. Sobre este valor, mais 5-10% pode ser ganho com o desbaste genético em PCS quando os resultados dos testes de progênie se tornarem disponíveis, o que representa um ganho total de 15-25% em valor de produção (Kjaer et al., 1999).

Kjaer & Foster (1996) estimam 36 mil US \$ por ha de ganho (em uma rotação de 50 anos), assumindo uma melhora de 10%. Para a maioria dos países tropicais, os mesmos autores estimam um custo de 340 US \$ por ha por porcentagem de melhoramento.

Os efeitos socioeconômicos do melhoramento dependem do volume de madeira produzida em cada país, e o incremento do valor representa ganho em toda a cadeia produtiva e não somente ao proprietário do reflorestamento (Kjaer et al., 1999).

Considerações finais

A teca, em sua recente história na silvicultura brasileira, apresenta sua importância nas dimensões de seus plantios comerciais e na sua representatividade no mercado de madeira. As referências apresentadas indicam a expansão deste agronegócio e reforçam a necessidade de atenção para a espécie. Esta dimensão econômica que a espécie encerra ainda não reflete a incipiente produção técnico-científica nacional. Diante deste desequilíbrio, percebe-se a necessidade de novas políticas institucionais que promovam a investigação da silvicultura da teca. São de especial interesse para o Brasil o potencial de recuperação de áreas degradadas, a produtividade em sistemas de integração silvicultura, pecuária e floresta, a participação na constituição de áreas de reserva legal e a viabilidade da teca para pequenos produtores. O mercado também carece de investigação pormenorizada para subsidiar análises de viabilidade do negócio.

É necessária uma avaliação pormenorizada da variabilidade de genótipos de teca em território nacional. Este conhecimento é um passo fundamental para a consideração da viabilidade ao estabelecimento de um programa de melhoramento genético da espécie. O emprego de novas tecnologias permite esta avaliação (por exemplo, o emprego de marcadores moleculares pode estimar origens e diversidade de genótipos) e orientando a escolha de resgate de genótipos conforme testes de procedência já avaliados.

Técnicas recentes de redução do tempo de execução de programas de melhoramento e de aumento de precisão na seleção de genótipos (ig.: seleção orientada por marcadores moleculares e mapeamento de locos que governam características quantitativas para emprego em seleção genômica ampla; projetos de transgenia) podem garantir a viabilidade do melhoramento assim como aumentar substancialmente a produtividade dos plantios.

A produção científica nacional sobre teca, ainda que carecendo de programas formais de incentivo e subsídio, revela a aptidão técnica de nossos pesquisadores para o desenvolvimento destas atividades. Parcerias entre o setor privado, público e terceiro setor podem favorecer positivamente o número e a qualidade da produção técnico-científica sobre a espécie.

Referências

- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABRAF: ano base 2009. Brasília, DF: ABRAF, 2010. 140 p. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF10-BR.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2010.
- BALL, J. B.; PANDEY, D.; HIRAI, S. **Global overview of teak plantations**. Paper presented to the Regional Seminar "Site, technology and productivity of teak plantations", Chiang Mai, Thailand, Jan. 1999. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/4602-06dd4a3ffc3583aae26be6c4cc5ef851a.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2009.
- BANIK, R. L. Teak in Bangladesh. In: WOOD, H. (Ed.) **Teak in Asia**. FORSPA publication 4, GCP/RAS/I34/ASB. Bangkok. Thailand. 1993. p. 1-10.
- BARNER, H.; WILLAN, D. **Seed collection units: 1. Seed zones**. Humlebaek, Denmark. Danida Forest Seed Centre, 1983, 36 p. (Danida Forest Seed Centre. Technical note, 16).
- BARNER, H.; DITLEVSEN, B.; OLESEN, K. **Introduction to Tree Improvement**. Humlebaek, Denmark. Danida Forest Seed Centre, 1991. 116 p. (Danida Forest Seed Centre. Lecture Note, D1).
- BARNES, R. D. The breeding seedling orchard in the multiple population breeding strategy. **Silvae Genetica**, v. 44, n. 2-3, p. 81-88, 1995. Disponível em: <http://www.bfafh.de/inst2/sg-pdf/44_2-3_81.pdf>. Acesso em 07 jun. 2009.
- BARROSO, D. G.; FIGUEIREDO, F. A. M. A.; PEREIRA, R. C.; MENDONÇA, A. V. R.; SILVA, L. C. Diagnóstico de deficiência de macronutrientes em mudas de teca. **Revista Árvore** v.29, n.5, p.671-679, 2005.
- BAUER, J. **Especies con potencial para la reforestación en Honduras: resúmenes**. Corporacion Hondureña de Desarrollo Forestal: Tegucigalpa, Honduras. 1982. 42p.
- BEHAGHEL, I.; MONTEUUIS, O. À propos du séminaire: Site, technology and productivity of teak plantations. Chiang Mai, Tailândia, 26-29 janeiro 1999. **Bois et Forêts des Tropiques**, n. 261, p.70-79, 1999.
- BELL, T. L.W. Erosion in the Trinidad teak plantations. **Commonwealth Forestry Review**, v. 52, n. 3, p. 223-233, 1973.
- BETANCOURT BARROSO, A. **Silvicultura especial de arboles maderables tropicales**. La Habana: Editorial Científico-Técnica, 1987. 427p. il.
- BINGCHAO, K.; JIAYU, Z. S. B.; SHULAN, N. **Provenance tests in China over a decade**. Longdong, Guangzhou. Chinese Academy of Forest Science, 1986. (Chinese Academy of Forest Science. Teak in China, 3.)

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para a análise de sementes**. Brasília: Coordenação de Laboratório Vegetal, 1992. 365 p.
- BRYNDUM, K.; HEDEGART, T. Pollination of teak (*Tectona grandis* Linn. f.). **Silvae Genetica**, v. 18, p.77-80, 1969.
- CÁCERES FLORESTAL S/A. **Plano de manejo florestal sustentável**. Cáceres, Brasil. 2005. 11 p. Disponível em < http://www.caceresflorestal.com.br/assets/plano_manejo_resumo.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2009.
- CALDEIRA, S. F.; OLIVEIRA, D. L. C. Desbaste seletivo em povoamentos de *Tectona grandis* com diferentes idades. **Acta Amazônica**, v. 38, n. 2, p.223-228, 2008. doi: 10.1590/S004459672008000200005
- CALDEIRA, S. F.; VIEIRA, E. P. Emergência de plântulas de teca, *Tectona grandis* L.f., com tratamentos pré-germinativos, em diferentes substratos. **Revista Agricultura Tropical**, v. 5, n. 1, p. 81-90, 2001.
- CANTINO, P. D.; SANDERS, R. W. Toward a phylogenetic classification of the Labiatae. In: HARLEY, R. M.; REYNOLDS, T. (Eds.). *Advances in labiate science*. Kew: Royal Botanic Gardens, 1992. p. 27-37.
- CARRER FILHO, R.; FERREIRA, A. A.; MELO, G. C.; SILVA, H. R.; SANTOS, M. V. A.; OTONI, R. F.; SILVA, S. I. Ocorrência de mancha foliar em teca (*Tectonae grandis*) causado por *Alternaria* sp. no estado de Goiás, Brasil. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, supl., p. S209, ago. 2009. Edição dos resumos 42º Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 2009, Rio de Janeiro. Resumo 720.
- CARSON, S. D.; CARSON, M. J. Clonal forestry and durability of disease resistance. In: FRI-NZFP FORESTS LTD CLONAL FORESTRY WORKSHOP, 1989. Roturua. **Proceedings**. New Zealand: Forest Research Institute FRI, 1989. P. 134-138. (FRI Bulletin, 160)
- CARVALHO, M. dos S. **Manual de reflorestamento**. Belém, PA: 2006. 115 p. il.
- CATINOT, R. Les déformations des futs du teck au Dahomey hypothèse générale d'explication des bosses et déformations des futs du teck. **Bois et Forêts des Tropiques**, v. 132, n. 1, p.3-22, 1970.
- CHAMPION, H. G. The importance of the origin of seed used in forestry. **Indian Forestry Records**, v. 17, n. 5, p.1-76, 1933.
- CHANDHA, K. M.; PATNIK, S. S. Country report, India. In: REGIONAL WORKSHOP ON TREE BREEDING AND PROPAGATION, 1990, Bangkok. **Part I – workshop proceedings and technical papers**. Bangkok: UNDO/FAO, Tailândia, 1990. p. 1-130.
- CHAVES, E.; FONSECA, W. **Teca; *Tectona grandis* L.f. especie de arbol de uso multiple en America Central**. Turrialba: CATIE, 1991. 45p. (CATIE: Serie Técnica. Informe Técnico, 179).
- DABRAL, S. L. Extraction of teak seeds from fruits, their storage and germination. **Indian Forester**, v. 102, n. 10, p. 650-658, 1967.
- DELGADO, L. G. M.; GOMES, J. E.; ARAUJO, H. B. Análise do sistema de produção de teca (*Tectona grandis* L.f.) no Brasil. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 11, n. 1, p. 1-6, 2008.
- DENOGA, N. Germination of teak. **The Phillipine Journal of Forestry**, v. 2, n. 2, p. 173-183, 1939.
- DRESCHER, R. **Crescimento e produção de *Tectona grandis* linn f., em povoamentos jovens de duas regiões do estado de Mato Grosso**. 2004. 133 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- DRUMOND, O. A. **Considerações sobre as covas para o plantio das essências florestais**. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 2., 1973, Curitiba. Anais. Curitiba: FIEP, 1974. p. 133-135
- DUPUY, B.; VERHAEGEM, D. Le teck de plantation *Tectona grandis* em Cted'Ivoire. **Bois et Forêts des Tropiques**, v. 235, n. 1, p. 9-24, 1993.
- EGENTI, L. C. Aspect of pollination ecology of teak (*Tectona grandis* Linn. f.) in Nigeria: pollinators and fruit production. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 17., 1981, Kyoto. **Proceedings of the Symposium on Flowering Physiology**. Kyoto, Japan, 1981 / [Edited by Stanley L. Krugman and Masaki Katsuta]. Publication: [S.l. : s.n., 1981?].
- FAO (Roma, Italia). **Report of the First Session of the FAO Panel of experts on Forest Gene Resources**. Rome, 1969. Disponível em: < <http://www.fao.org/docrep/006/85704E/85704E00.HTM>>. Acesso em: 4 ago. 2009.
- FIGUEIREDO, E. O. **Teca (*Tectona grandis* L. f.): produção de mudas tipo toco**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005. 22 p. il. (Embrapa Acre. documentos, 101)
- FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, A. D. de; SCOLFORO, J. R. S. Análise econômica de povoamento não desbastados de *Tectona grandis* L. F., na migroregião do Baixo Rio Acre. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 342-353, out./dez. 2005.
- FIGUEIREDO, E. O. **Reflorestamento com teca (*Tectona grandis* L. F.) no Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2001. 28 p. (Embrapa Acre. Documentos, 65).
- FOFANA, I. J.; LIDAH, Y. J.; DIARRASSOUBA, N.; SANGARE, A.; VERHAEGEN, D. Genetic structure and conservation of Teak (*Tectona grandis*) plantations in Côte d'Ivoire, revealed by site specific recombinase (SSR). **Science**, v. 1, n. 3, p. 279-292, 2008.
- FOFANA, I. J.; OFORI, D.; POITEL, M.; VERHAEGEN, D. Diversity and genetic structure of teak (*Tectona grandis* L. f) in its natural range using DNA microsatellite markers. **New forests**, v. 37, n. 1, p. 175-195, 2009.
- FOSTER, G. S.; JONES, N.; KJAER, E. D. Economics of tree improvement in development projects in the tropics. In: SHEN, S.; CONTRERAS-HERMOSILLA, A. (Eds.) **Environmental & economic issues in forestry: Selected case studies in Asia**. Washington: The World Bank, 1995. p. 95-128.
- GALDINO, P. **Mercado de productos florestales: posibilidades de exportación de melina y teca de Costa Rica**. Genova: FAO, 2001. 50 p.

- GAMBOA, O. M.; MONTOYA, A. M. A forest breeding program as part of a rural development strategy. In: IUFRO conference: Resolving tropical forest resource concerns through tree improvement, gene conservation and domestication of new species. S2, p.02-08, 1992.
- GARTNER, I. C. Indonesia in country reports on teak forestry. FAO: Rome. 1956. p. 49-105.
- GILL, B. S.; BEDI, Y. S.; BIR, S. S. Cytological studies in woody members of family Verbenaceae from north-west and central India. **Journal of the Indian Botanical Society**, v. 62, v. 1, p. 235-244, 1983.
- GOH, D.; MONTEUUIS, O. Rationale for developing intensive teak clonal plantations, with special reference to Sabah. **Bois et Forêts des Tropiques**, v. 28, n. 3, p. 5-15, 2005.
- GRAUDAL, L. E. D.; KJAER, E. D.; SUANGTHO, V.; KAOSA-ARD, A.; SA-ARDARVUT, P.; PONOY, B. **Conservation of forest genetic resources of teak (*Tectona grandis* L.f.) in Thailand**. Humlebaek, Denmark. Danida Forest Seed Centre, 1999. (Danida Forest Seed Centre. Technical note, 52).
- GYI, M. K. K. **An investigation of factors relevant to development of teak plantations in South-East Asia with particular reference to Burma**. 1972. ? p. Dissertation (Master of Science) - Australian National University, Canberra.
- GYI, M. K. K. Teak in Myanmar. Bangkok. In: WOOD, H. (Ed). **Teak in Asia**. Thailand: FORSPA, 1993. p. 51-62. (FORSPA publication, 4)
- HAIG, I. T.; IRVINE T. Tropical silviculture. **Unasylva**, v. 12, n. 1, p. 158-163, 1958.
- HARAHAP, R. M. S.; SOERIANEGARA, I. Heritability of some characters in teak (*Tectona grandis* L.f.). In: WORLD CONSULTATION ON FOREST TREE BREEDING, 3., 1977, Canberra. **Third world consultation on forest tree breeding**. Canberra: CSIRO, 1978. p. 649-657
- HEDEGART, T. Pollination of teak (*Tectona grandis* Linn. f.). **Silvae Genetica**, v. 22, n. 4, p. 124-128, 1973.
- HEDEGART, T. Breeding systems, variation and genetic improvement of teak (*Tectona grandis* L.f.). In: BURLEY, J.; STYLES, B. T. (Eds.) **Tropical trees: variation, breeding and conservation**. London: Academic Press, 1976, p.109-122.
- INDIRA, E. P.; BASHA, C. S. Effect of seeds from different sources on germination and growth in teak (*Tectona grandis* L.F.) nursery. **Annals of Forestry**, v. 7, n. 1, p.39-44, 1999.
- IRVINE, F. R. **Wood plants of Ghana with special reference to their use**. Londres: Oxford University Press, 1961. 868 p.
- INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION. **Annual review and assessment of the world timber situation 2008**. Yokohama. 2009. 216 p. (ITTO. Document GI-7/08) Disponível em: < http://www.itto.int/annual_review/>. Acesso em: 22 nov. 2009.
- JAYASANKAR, S.; BABU, L.C.; SUDHAKARA, K.; KUMAR, P.D. Evaluation of provenances for seedling attributes in teak (*Tectona grandis* Linn.F.). **Silvae Genetica** v. 48, n. 1, p. 115-122, 1999.
- KAOSA-ARD, A. **Teak (*Tectona grandis* Linn f.) natural distribution and related factors**. Água de São Pedro, IUFRO, 1980. 20 p.
- KAOSA-ARD, A. **Teak (*Tectona grandis* Linn. f.) nursery with special reference to Thailand**. Humlebaek: Danida Forest Seed Centre, 1986b. 42p. (Seed Leaflet, 4A).
- KAOSA-ARD, A.; SUANGTHO, V.; KJAER, E. D. **Experience from tree improvement of teak in Thailand**. Dinamarca: Danida Forest Seed Centre, 1998. 14 p.
- KAOSA-ARD, A. Teak breeding and improvement strategies In: TEAK FOR THE FUTURE. Proceedings of the Second Regional Seminar on Teak, Yangon, Myanmar, 29 May - 3 June 1995. 1998. p. 61-81. Bangkok, Thailand, FAO Regional Office for Asia and the Pacific. Disponível em: < <http://www.fao.org/docrep/005/ac773e/ac773e08.htm#bm08.2>> . Acesso em: 02 de dezembro de 2010.
- KAOSA-ARD, A. **Teak breeding and propagation strategy in Thailand**. Regional workshop of genetically improved plant propagules for planting programmes, Coimbatore, Índia: Junho 18-20, 1993a.
- KAUFMAN, C. M. Teak production and culture in Thailand. **Journal of Forestry**, v. 66, n. 5, p. 396-399, 1968.
- KEIDING, H. **Teak (*Tectona grandis* Linn.f.)**. Humlebaek: Danida Forest Seed Centre, 1985. 21 p.
- KEIDING, H.; WELLENDORF, H.; LAURIDSEN, E.B. **Evaluation of an international series of teak provenance trials**. Humlebaek: Danida Forest Seed Centre, 1986. 81 p.
- KERALA FOREST RESEARCH INSTITUTE. Resolutions of the International Conference on Quality Timber Products of Teak from Sustainable Forest Management, Peechi, India, 2-5 December 2003. Kerala Forest Research Institute, Peechi; ITTO, Japan; Ministry of Environment and Forests, New Delhi; IUFRO. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/6173-1-0.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2009.
- KERTADIKARA, A. W. S.; PRAT, D. Genetic structure and mating system in Teak (*Tectona grandis* L.f.) provenances. **Silvae Genetica**, v. 44, n. 1, p. 2-3, 1995.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262 p. il.
- KJAER, E. D.; FOSTER, G. S. **The economics of tree improvement of teak**. Humlebaek: Danida Forest Seed Centre. 1996. 17 p.
- KJAER, E. D.; SUANGTHO, V. **A review of the tree improvement plan for teak in Thailand**. Thailand: Report, Royal Forest Department; Humlebaek: Danida Forest Seed Centre, 1997.
- KJAER, E. D.; LAURIDSEN, E. B.; WELLENDORF, H. **Second evaluation of an international series of teak provenance trials**. Humlebaek: Danida Forest Seed Centre, 1995. 117 p.
- KJAER, E. D.; KAOSA-ARD, A.; SUANGTHO, V. Domestication of teak through tree improvement. Options, possible gains and critical factors. Chiang Mai University, Thailand: Proceedings from 'Teak productivity, site selection and genetic improvement' TeakNet meeting, Jan. 1999. Disponível em: < <http://www.fao.org/docrep/005/ac773e/ac773e00.htm> >. Acesso em: 2 de dezembro de 2010.

- KJAER, E. D.; GRAUDAL, L. **Planning national programmes for conservation of forest genetic resources**. Humlebaek: Danida Forest Seed Centre. 1998. 11 p.
- KRETSCHKE, O. E.; SAMONEK, E. C. “O potencial da teca (*Tectona grandis*) para plantios nos países. Uma abordagem prática”. In: GALVAO, A. P. M. (Coord.). **Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais**. Colombo: Embrapa Florestas, 1998. p. 33-39. Seminário realizado em Curitiba, de 6 a 8 de outubro de 1998.
- KUMARAVELU, G. Teak in India. Bangkok, Thailand. In: WOOD, H. (Ed.) **Teak in Asia**. FORSPA publication 4, GCP/RAS/I34/ASB. Bangkok. Thailand. 1993. p. 27-36
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Rossdorf, Verlags, 1990. 343 p.
- LUNZ, A. M.; COSTA, M. K. M. da; AGUIAR, T. da S.; CARDOSO, A. S. **Danos de gafanhotos (Orthoptera, Acrididae, Leptysminae) em reflorestamentos no Estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 4 p. il. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 206).
- MACEDO, R. L. G.; GOMES, J. E.; VENTURINI, N.; SALGADO, B. G. Desenvolvimento inicial de *Tectona grandis* L. f. (Teca) em diferentes espaçamentos no município de Paracatu, MG. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 61-69, jan./mar. 2005.
- MADOFFÉ, S. S.; CHAMSHAMA, S. Tree improvement in Tanzania. **Commonwealth Forestry Review**, v. 68, n. 2, p. 101-107, 1989.
- MATHEW, G.; MATHEW, P. K.; MOHANADAS, K. Preliminary studies on insects visitors to teak (*Tectona grandis* L.f.) inflorescence in Kerala, India. **Indian Forest**, v. 113, n. 1, p. 61-64, 1987.
- MATHEW, J.; VASUDEVA, R. Clonal variation for seed germination in teak (*Tectona grandis* Linn. f.). **Current Science**, v. 84, n. 8, p. 1133-1136, 2003.
- MATRICARDI, W. A. T. **Efeitos dos fatores do solo sobre o desenvolvimento da teca (*Tectona grandis* L. F.) cultivada na Grande Caceres - Mato Grosso**. 1989. 135 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, SP, Piracicaba.
- MEEKAWE, P. **Genetic variation in growth, seed production and foliar nutrients of teak**. 1992. 75 p. Dissertation (Master of Science) - Kasetsart University, Bangkok, Tailândia.
- MELLO, H. A. Alguns aspectos da introdução da teca no Brasil. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**. Rio de Janeiro, v. 15, n. 15, p. 113-119, 1963.
- MURILLO, O.; BADILLA, Y. Breeding teak in Costa Rica. In: LI, B.; MCKEAN, S. (Eds.) **Forest genetics and tree breeding in the age of genomics – progress and future**. Raleigh: North Carolina State University, 2004. p. 105-110.
- NICODEMUS, A.; NAGARAJAN, B.; MANDAL, A. K.; SUBRAMANIAN, K. Genetic improvement of teak in India Potentials and Opportunities in Marketing and Trade of Plantation Teak: Challenge for the New Millennium. In: Proceedings of Third Regional Seminar on Teak July 31–August 4, 2000. Yogyakarta, Indonesia: Faculty of Forestry Gadjah Mada University, 2000. p. 277-294
- OLIVEIRA, A. S.; SILVA, R. A.; SENA, A. Efeito de densidades populacionais de meloidogyne javanica sobre plantas de *Tectona grandis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 28., CONGRESSO INTERNACIONAL DE NEMATOLOGIA TROPICAL, 2., 2009. **Anais**. Maceió: Sociedade Brasileira de Nematologia, 4 a 9 de outubro, 2009.
- PANDEY, D.; BROWN, C. Teak: a global overview. **Unasylyva**, v. 51, n. 1, p. 3-13, 2000.
- PERES-FILHO, O.; DORVAL, A.; BERTI FILHO, E. A **Entomofauna associada à Teca, *Tectona grandis* L.f. (Verbenaceae), no Estado de Mato Grosso**. 1. ed. Piracicaba/SP: Elbergráfica Artes Gráficas Ltda, 2006. 58p.
- PERES-FILHO, O.; DORVAL, A.; BERTI-FILHO, E. Ocorrência de *Hyblaea puera* (Cramer, 1777) (Lepidoptera: Hyblaeidae) em teca no Brasil. **Bragantia**, v. 61, n. 1, 59-60, 2002.
- PERES FILHO, O.; SILVA, M. A. R.; PASSOS, C. A.; GONÇALVES, M. R. Abundância de ninhos, espécies daninhas e tipos de danos de formigas cortadeiras em plantio experimental de Teca, *Tectona grandis* L. F. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 6., 2000, Porto Seguro. **Resumos técnicos**. Rio de Janeiro: Instituto Ambiental Biosfera, 2000. p. 437-439.
- PHENGDUANG, V. Teak in Laos PDR. In: “Teak in Asia” Technical Document GCP/RAS/I34/ASB, FORSPA Publication 4, FAO-RAPA 1993. 41-50 p.
- PRASAD, R.; JALIL, P. Emptiness in teak fruits from different areas of Madhya Pradesh. **Journal of Tropical Forestry**, v. 2, n. 3, p. 207-212, 1986.
- RESENDE, M. D. V. de; BERTOLUCCI, F. L. G. Maximization of genetic gain with restriction on effective population size and inbreeding in *Eucalyptus grandis*. In: IUFRO CONGRESS ON EUCALYPT PLANTATIONS, 1995, Hobart. **Proceedings**. Hobart : CRCTHF-IUFRO, 1995. p. 167-170.
- RESENDE, M. D. V. de; SOUZA, S. M. ; HIGA, A. R.; STEIN, P. P. Estudos de variação genética e métodos de seleção em testes de progênies de acácia-negra (*Acacia mearnsii*) no Rio Grande do Sul. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 22/23, p. 45-59, 1991.
- RESENDE, M.D.V.; STURION, J.A.; MENDES, S. **Genética e Melhoramento da Erva-Mate (*Ilex Paraguariensis* St. Hil.)**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1995a. 33 p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 25)
- RESENDE, M. D.V. de, ARAÚJO, A. J.; SAMPAIO, P. T. B.; WIECHETECH, M. S. S. Acurácia seletiva, intervalos de confiança e variâncias de ganhos genéticos associados a 22 métodos de seleção em *P. caribaea* var. *hondurensis*. **Revista Floresta**, Curitiba, v.24, n.1/2, p.35-45, 1995b.

- RESENDE, M. D. V. de. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 975 p.
- RESENDE, M. D. V. de, HIGA, A. R. Maximização da eficiência da seleção em testes de progênies de *Eucalyptus* através da utilização de todos os efeitos do modelo matemático. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 28/29, p. 37-55, 1994.
- RIBAUT, J. M.; HOISINGTON, D. A. Markerassisted selection: new tools and strategies. **Trends in Plant Sciences**, v. 3, n. 6, p. 236-239, 1998.
- SAHA, S. Vegetation composition and structure of *Tectona grandis* (teak family Verbenaceae) plantations and dry deciduous forests in central India. **Forest Ecology and Management**, v. 148, n. 1, p. 159-167, 2001.
- SAMPAIO, A. J. Teca da Índia e a do Brasil. **Revista Floresta**, v. 1, n. 9, p. 7-10, 1930.
- SCHUBERT, T. H. *Tectona grandis*, teak. Washington, DC. In: SCHOPMEYER, C.S. (tech. Coord) **Seeds of woody plants in the United States**. Agric. Handbk. 450.: USDA Forest Service: 803B804. 1974.
- SHIMIZU, J. Y. Melhoramento de espécies florestais na Embrapa. In: WORKSHOP SOBRE MELHORAMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS E PALMÁCEAS NO BRASIL, 2001, Curitiba. [Anais.]. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. p. 75-84. (Embrapa Florestas. Documentos, 62).
- SILVA, R. A.; FOLONI, J. M.; SOUZA, L. G.; BELUTI, D. G. Ocorrência de *Meloidogyne javanica* em teca (*Tectona grandis*) no estado do Mato Grosso. **Nematologia Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 261-262, 2003.
- SRIMATHI, R. A.; EMMANUEL, C. J. S. K. Improved teak seeds-management and economics. **Journal of Tropical Forestry**, v. 2, n. 4, p. 256-268, 1986.
- SUANGTHO, V. **Factors Controlling teak (*Tectona grandis* Linn. f.) seed germination and their importance to Thailand**. Australian National University, Canberra. 1980.
- SUHAENDI, H. Country Report, Indonesia. In: Proceedings of Asia Pacific regional workshop on tree breeding and propagation. Bangkok: UNDO/FAO, 1990.
- TECA *Tectona grandis*. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 1 folder.
- TEWARI, D. N. **A monograph on teak (*Tectona grandis* Linn. f.)**. Dehradun: International Book Distributors, 1992. 479 p.
- THORNE, R. F. Classification and geography of the flowering plants. **Botanical Review**, v. 58, n. 1, p. 225-348, 1992.
- TROUP, R. S. Order XLVI Verbenaceae: 1. *Tectona*. In: **The silviculture of Indian trees**. v. 2. Oxford: Clarendon Press, 1921. p. 697-769.
- TSUKAMOTO FILHO, A. A.; SILVA, M. L.; COUTO, L.; MÜLLER, M. D. Análise econômica de um plantio de teca submetido a desbastes. **Revista Árvore**, v. 27, n. 4, p. 487-494, 2003.
- VIEIRA, A. H.; ROCHA, R. B.; REBELO, A. M. Avaliação de métodos para a superação de dormência de diásporos de teca (*Tectona grandis* L.f.). **Floresta**, v. 39, n. 2, p. 273-278, 2009.
- WAGSTAFF, S. J.; HICKERSON, L.; REEVES, P. A.; OLMSTEAD, R. G. Phylogeny in Labiatae s. l., inferred from cpDNA sequences. **Plant Systematics and Evolution**, v. 209, n. 1, p. 265-274, 1998.
- WELLENDORF, H.; KAOSA-ARD, A. Teak improvement strategy in Thailand. **Forest Tree Improvement**, v. 21, n. 1 p. 1-43, 1988.
- ZECH, W.; KAUPENJOHANN, M. Carences en potassium et en phosphore chez *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus* sp., *Acacia auriculiformis* et *Tectona grandis* au Sud-Bénin (Afrique occidentale). **Bois et Forêts des Tropiques**, v. 226, n. 1, p. 29-36, 1990.

Recebido em 12 de abril de 2010 e aprovado em 22 de novembro de 2010