

Capítulo 7

Caiaué

Sara de Almeida Rios

Raimundo Nonato Vieira da Cunha

Ricardo Lopes

Edson Barcelos

Wanderlei Antônio Alves de Lima

Maria do Rosário Lobato Rodrigues

Cristiane Krug

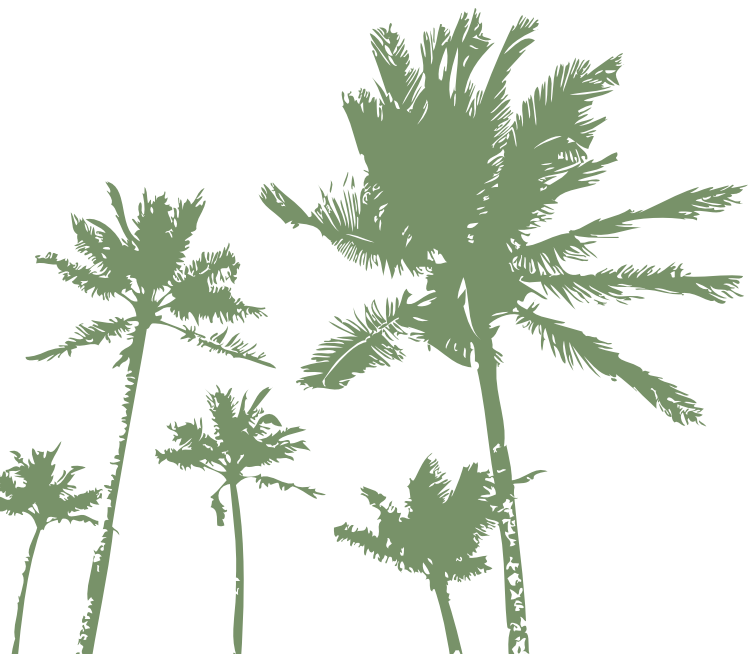
Daniela Matias de Carvalho Bittencourt

Regina Caetano Quisen

Rui Alberto Gomes Júnior

Raimundo Nonato Carvalho da Rocha





Introdução

O caiaué (*Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés) também conhecido como dendezeiro-americano ou palma-de-óleo-americana, é uma palmeira oleaginosa nativa da América Central e do Norte da América do Sul. Essa espécie pertence ao mesmo gênero da palma-de-óleo ou dendezeiro-africano (*E. guineensis* Jacq.), porém o cultivo comercial *per se* do caiaué não é explorado em razão de sua baixa produtividade em óleo, quando comparado ao seu parente africano.

Diversos povos tradicionais das Américas Central e do Sul têm utilizado o caiaué e contribuído para sua domesticação. Em Honduras, os povos *miskito* usam óleo de caiaué (o qual eles chamam de óleo de *ojon*) como fonte de óleo vegetal para consumo, tratamento de pele e de cabelo. Utilizam sua polpa para a produção de mingau e os resíduos como fonte de alimento para a criação de porcos (MUNGUIA; COLLINS, 2006). Há relatos de colonizadores de Honduras a Belém, PA, no Brasil, sobre o uso do óleo de caiaué no preparo de uma bebida conhecida como *achioc*, e como tônico capilar (PATIÑO, 2002). Na Amazônia Brasileira, algumas comunidades do Amazonas preparam “vinho do caiaué”, similar ao vinho de açaí (comunicação pessoal)¹

No Brasil, apesar de a indústria alimentícia usar o óleo-de-palma (que é mais saturado), a abertura de mercado para o óleo insaturado (com quase 70% de C_{18:1}), não parece ser difícil diante das inúmeras vantagens nutricionais contidas no óleo do caiaué, como o elevado teor de tocoferóis e de carotenoides, além das vantagens para a indústria cosmética, que, embora timidamente, já utiliza o óleo de caiaué em tratamento capilar, a exemplo dos produtos da indústria cosmética, comercializados no País.

A exploração do caiaué tem sido feita nos principais programas de melhoramento, por meio do cruzamento com a palma-de-óleo (LOPES et al., 2012), gerando-se híbridos interespecíficos (HIE's) com resistência a pragas e doenças, com destaque para o amarelamento-fatal (AF); com menor taxa de crescimento vertical do estipe e com óleo de qualidade diferenciada, características presentes nessa espécie. O cultivo desses híbridos tem se expandido em todos os países do continente americano que cultivam a palma-de-óleo. No Brasil, a expansão é feita como solução ao AF, problema de etiologia ainda desconhecida, que já dizimou milhares de hectares da palma-de-óleo-africana, assim como em outros países sul-americanos, como Colômbia e Equador, como alternativa para áreas com a Pudrición del Cogollo (PC). Em 2010, foi lançado oficialmente pela Embrapa, o primeiro HIE, denominado BRS Manicoré, material que já vinha sendo validado por essa Empresa e por empresas do Pará, desde a década de 1990 (CUNHA; LOPES, 2010).

¹ Correspondência do biólogo Dr. Charles Roland Clement, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), Manaus, AM, enviada à engenheira-agrônoma Dra. Sara Rios, em 29/8/2013.

O objetivo principal deste capítulo é apresentar ao leitor o perfil genético do caiaué, seu imenso potencial – com ênfase em como essa espécie vem sendo explorada pelo programa de melhoramento genético da palma de óleo na Embrapa – sustentado pela maior e mais diversificada coleção de germoplasma de caiaué do mundo.

Aspectos botânicos e de distribuição geográfica

A espécie *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés, conhecida, popularmente, na Amazônia Brasileira como caiaué (subtribo Elaeidae, tribo Cocoeae, subfamília Coccoideae, família Arecaceae, ordem Arecales), é uma planta nativa no Brasil, não endêmica, também encontrada em outros países da América Tropical úmida (América Central e América do Sul). Sua ocorrência alcança desde o Sul do México até o leste do Estado do Amazonas, no Brasil, incluindo alguns os países: Colômbia, Costa Rica, Equador, Guiana Francesa, Honduras, México, Nicarágua e Panamá, Peru, Suriname e Venezuela (CORLEY; TINKER, 2003; CUNHA et al., 2012; LEITMAN et al., 2013; MEUNIER, 1975). Acredita-se que o centro de origem dessa espécie esteja na América Central, em razão do baixo nível de variabilidade encontrada nas populações do Brasil, comparadas àquelas da Costa Rica, Panamá e Colômbia (OOI et al., 1981). Contudo, estudos com marcadores moleculares indicam a região da Alta Amazônia (Oeste do Brasil, Peru e Equador), como importante zona de diversidade genética da espécie (BARCELOS, 1998).

No Brasil, as populações de caiaué são encontradas, principalmente, na região central do Amazonas (Figura 1), sendo frequentemente localizadas em duas condições ambientais básicas (BARCELOS, 1986; CORLEY; TINKER, 2003; CUNHA et al., 2009): 1) Em locais úmidos (baixadas inundáveis e vales de igarapés) (Figura 2A), de solos com baixa fertilidade aparente, a pleno sol ou parcialmente sombreadas; 2) Em locais altos, de terra firme (Figura 2B), geralmente sobre manchas de solo antropogênico (terra preta do índio), de elevada fertilidade.

De acordo com Clement et al. (2005), a ocorrência de populações de caiaué também está associada a locais de anterior ocupação indígena. Sugerindo um fraco mecanismo de dispersão dessa espécie, Barcelos (1986) e Miranda et al. (2001) afirmam não ter sido encontrada a palmeira ocorrendo isoladamente nas florestas ou em clareiras, mas sempre em aglomerados de poucos indivíduos (menos de 15) até mais de 500 plantas em algumas populações.

O nome caiaué tem origem indígena e significa “planta que anda”, por causa da procumbência existente na região basal do caule, apresentando a região apical relativamente ereta (HENDERSON, 1995) (Figura 3). Provavelmente, o comportamento procumbente não

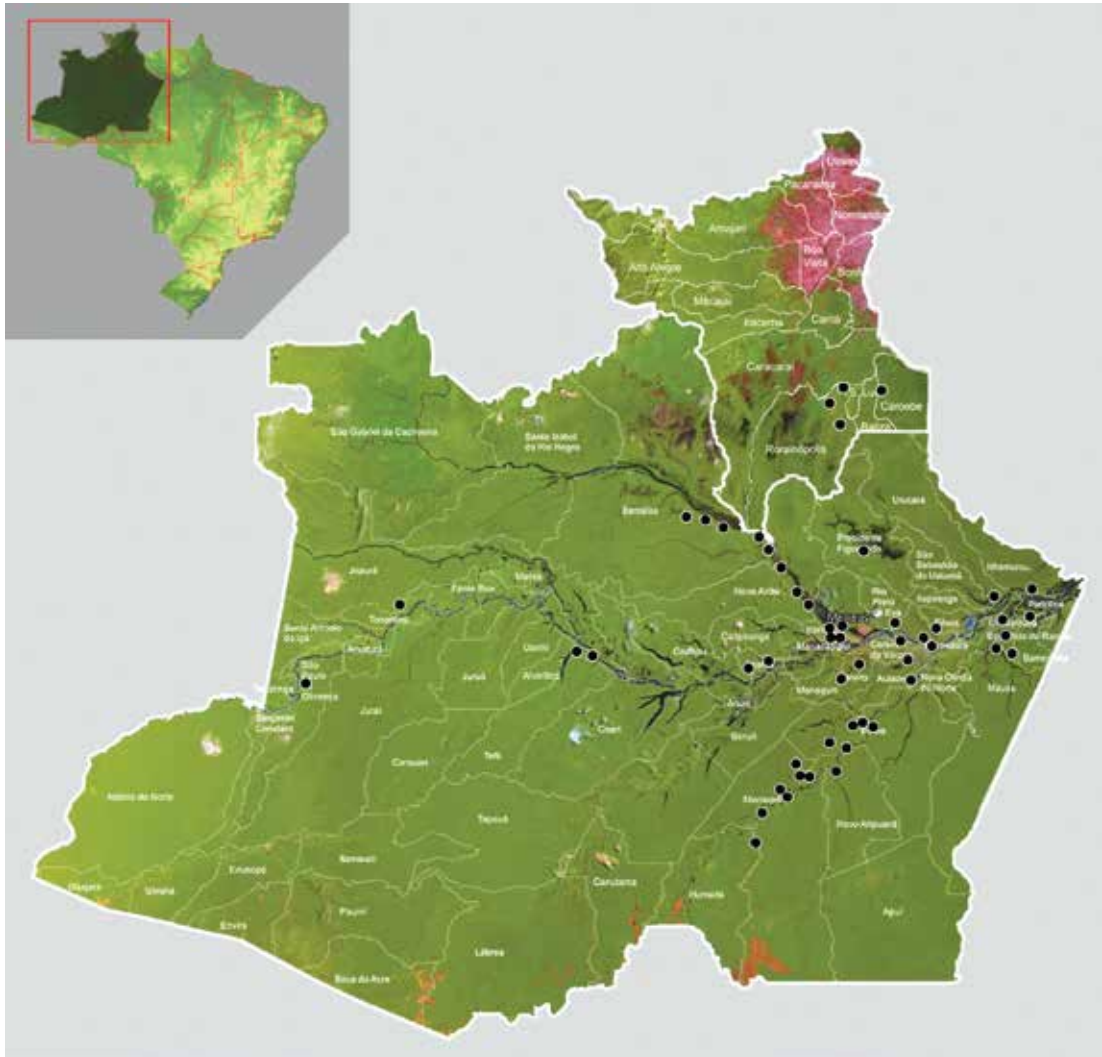


Figura 1. Locais aproximados de coleta do caiaué (*E. oleifera*) para formação do BAG da Embrapa Amazônia Ocidental.

Autor: Lúcio Rogério Bastos Cavalcanti

está relacionado a condições ecológicas específicas, pois ocorre em diferentes tipos de ambiente e de solo, estando relacionado ao tamanho e ao peso da coroa foliar em comparação com o limitado sistema radicular (BARCELOS, 1986; CUNHA et al., 2009).

O estipe do caiaué é cilíndrico e maciço, com crescimento anual em altura entre 5 cm e 10 cm, mantendo-se ereto por aproximadamente 15 anos ou até atingir altura de 5 m a 7 m, quando inicia o processo de procumbência (CUNHA et al. 2009; HENDERSON, 1995; MIRANDA et al. 2001; MIRANDA; RABELO 2006).



Foto: Wanderlei Antonio Alves de Lima



Foto: Ricardo Lopes

Figura 2. Planta de caiaué (*E. oleifera*) em ambiente natural na Amazônia Brasileira. Rio Preto da Eva, AM (baixadas inundáveis) (A); Manicoré, AM (em locais altos e em terra firme) (B).

As folhas são do tipo pinadas, com a ráquis foliar de comprimento variável, medindo de 1,88 m a 7 m, com mais de 42 folhas funcionais por planta, bainha com fibras junto à coroa foliar, pecíolo de coloração verde, com 46 a 100 folíolos (de cada lado) regularmente agrupados e dispostos no mesmo plano (BARCELOS, 1986; HENDERSON, 1995; MIRANDA et al., 2001; MIRANDA; RABELO, 2006; OOI et al., 1981).

Elaeis oleifera é monoica, com inflorescências masculinas e femininas interfoliares, produzidas em ciclos sexuais separados na mesma planta, necessitando de polinização cruzada para formar frutos (alogamia) (CUNHA et al., 2009; HENDERSON, 1995).

As inflorescências estão localizadas nas bainhas foliares, com pedúnculo, bráctea fibrosa e persistente, denominada espata, que recobre a inflorescência rompendo-se durante o desenvolvimento anterior à antese e raque de 18 cm a 25 cm de comprimento com até 100 ráquias (espiguetas) de 6 cm a 20 cm de comprimento (CUNHA et al., 2009; HENDERSON, 1995). As ráquias estaminadas medem cerca de 1 cm de diâmetro e flores de 5 mm de comprimento na antese; essas flores são pouco espaçadas e apresentam sépalas e pétalas oblanceoladas, com 3 mm de comprimento cada (HENDERSON, 1995). As ráquias pistiladas medem 1,5 cm de diâmetro e flores de 1,2 cm de comprimento (pós-antese) espaçadas; são dotadas de sépalas ovaladas, com 1,2 cm de comprimento e pétalas também ovaladas, medindo 1 cm de comprimento (HENDERSON, 1995).



Foto: Raimundo Nonato Carvalho da Rocha

Figura 3. Planta de caiaué (*E. oleifera*), do BAG da Embrapa Amazônia Ocidental, com aproximadamente 14 anos de idade, após procumbência.

As inflorescências masculinas e femininas (Figura 4) são visitadas por muitas espécies de insetos. Entretanto, os principais polinizadores são besouros nativos da família Curculionidae, dos gêneros *Celetes*, *Grasidius* e *Couturierius* (COUTURIER et al., 1999; LUCCHINI et al., 1984; O'BRIEN et al., 2004)

O fruto é elipsoide-oblongo liso, mede 2,5 a 3 cm de comprimento e 1,8 cm a 2 cm de diâmetro (HENDERSON, 1995; MIRANDA et al., 2001; MIRANDA; RABELO, 2006). Em populações naturais na Amazônia Brasileira, Barcelos (1986) observou frutos normais (não partenocárpico), com peso variando entre 1,4 g e 23,0 g. Em populações naturais, a coloração do fruto maduro é predominantemente alaranjada, sendo raramente encontrados frutos de coloração amarela. Na literatura, são encontrados valores entre 5 g a 13 g para peso do fruto fecundado (CORLEY; TINKER, 2003; CUNHA et al., 2009; OOI et al., 1981). O fruto normal apresenta entre 20% e 60% de mesocarpo em relação ao peso do fruto. Em populações naturais estudadas na Amazônia Brasileira, esses valores variaram entre 14,26%



Figura 4. Inflorescência masculina (A) e feminina (B) do caiaué (*E. oleifera*).

e 62,3% de mesocarpo no fruto (BARCELOS, 1986). O endocarpo é bastante uniforme e raramente excede 2 mm de espessura (CUNHA et al., 2009) (Figura 5).

O cacho (Figura 6) apresenta entre 8 kg e 12 kg, com grande quantidade de frutos partenocárpicos (até 90%) e de frutos abortados. Em populações naturais, origem da Coleção de Germoplasma da Embrapa, o peso de cachos variou entre 1,5 kg e 16,0 kg (BARCELOS, 1986). Em plantas de subamostras de caiaué, da origem Manicoré – usadas como genitores para produção de sementes comerciais do híbrido BRS Manicoré – o peso médio de cachos de polinização controlada, considerando a média de pelo menos 30 cachos por planta, variou de 5,5 kg a 18,9 kg.

O caiaué é uma espécie diploide, com $2n = 2x = 32$ cromossomos, divididos em três grupos com base no comprimento, onde o grupo I é representado somente pelo cromossomo 1, maior em tamanho; o grupo II, com os cromossomos 2 a 9, de tamanho médio; e o grupo III, com os cromossomos 10 a 16, de tamanho médio/curto (MADON et al., 1999, 2008). Apesar das espécies *E. oleifera* e *E. guineensis* apresentarem diferença no genoma, Madon et al. (1999) observaram que o pareamento dos cromossomos homólogos entre estas espécies foi normal, indicando a capacidade de troca gênica entre as espécies pela hibridação interespecífica.



Figura 5. Corte transversal de frutos normais (A) e partenocárpicos (B) de caiaué (*E. oleifera*). Fotos: Raimundo Nonato Carvalho da Rocha.



Figura 6. Cacho de caiaué (*E. oleifera*) recoberto pela espata (A). Fibras que recobrem os cachos fecundados, artificialmente, sem espata (B). Cacho maduro (C). Fotos: Raimundo Nonato Carvalho da Rocha.

A quantidade de DNA do gênero *Elaeis* foi estimada pela técnica de citometria de fluxo em células diploides, onde foram encontradas diferenças na quantidade de DNA da ordem de 10% entre as duas espécies, sendo que variações da mesma grandeza foram encontradas dentro da espécie americana (BARCELOS, 1998). A pequena variação entre as duas espécies não chega a ser suficiente para explicar os problemas de variação do nível de fertilidade apresentados pelos híbridos interespecíficos. A Tabela 1 mostra os valores de quantidades de DNA encontrados por Barcelos (1986) no estudo comparativo entre diversas origens geográficas das duas espécies.

Em estudos conduzidos por Madon et al., (2008), também por técnica de citometria de fluxo para estimação do conteúdo de DNA, observou-se para caiaué de origem surinamesa, um conteúdo 2C de DNA de $2,08 \pm 0,04$ (folha - 1) e $2,03 \pm 0,04$ (folha 0). Os autores verificaram que HIEs obtidos entre o caiaué de origem surinamesa e a palma-de-óleo pisífera da origem Avros, este último com conteúdo de 2C de DNA de $3,64 \pm 0,28$ (folha -1) e de $3,52 \pm 0,34$ (folha 0), apresentaram conteúdo 2C de DNA superior aos seus genitores, $4,16 \pm 0,32$ (folha -1) e $4,19 \pm 0,18$ (folha 0), o que poderia ser uma das explicações para o vigor vegetativo observado nesses materiais.

O *draft* do genoma do caiaué foi publicado por Singh et al. (2013), os quais, comparando os genomas de palma-de-óleo e de caiaué, na análise da ordem de genes conservados, verificaram que as duplicações no genoma de palma-de-óleo são também verificadas em

Tabela 1. Quantidade de DNA em Caiaué (*E. oleifera*) e em palma de óleo (*E. Guineenses*).

Origens geográficas	Quantidade de DNA (Picogramas de DNA/2C – DNA total)
<i>Elaeis oleifera</i> (Kunth) Cortés	
Suriname	4,03
Peru	4,27
Colômbia	4,30
Nicarágua	4,35
Manicoré (Amazonas, Brasil)	4,33
Coari (Amazonas, Brasil)	4,34
Rod. BR 174 (Amazonas e Roraima, Brasil)	4,42
<i>Elaeis guineensis</i>, Jacq.	
La Mé (Costa do Marfim)	3,97
Deli (origem imprecisa)	3,99
Yamgambi (Zaire)	4,06

Fonte: Barcelos (1998).

caiaué, indicando que a duplicação desses segmentos é anterior à divergência das espécies africana e americana.

Para mapear genes envolvidos na biossíntese do óleo, Montoya et al. (2013) construíram um mapa genético com marcadores moleculares microsatélites (SSR) e polimorfismo de base única (SNP), além de uma população de pseudo-retrocruzamento ((*E. oleifera* x *E. guineensis*) x *E. guineensis*). Na presença de segregação de alelos das duas espécies, o mapa gerado manteve a ordem linear dos marcadores observada em estudos prévios, o que indica que provavelmente não existam rearranjos cromossômicos nos genomas das duas espécies. Esses resultados corroboram com as observações de Singh et al. (2013) quanto à sequência de genes conservados. O fato de não serem detectados arranjos cromossômicos e ser mantida a ordem de genes e de marcadores, quando comparados os genomas dessas espécies, é uma situação favorável para identificar, validar e usar marcadores de QTL entre as espécies, facilitando a introgressão de germoplasma do caiaué na palma-de-óleo.

Produção de sementes e mudas

Embora ainda não explorado em cultivos comerciais – tampouco elencado entre as principais oleaginosas brasileiras para uso na alimentação, indústria cosmética e biocombustível – o caiaué é uma das palmeiras nativas da Amazônia mais bem estudadas e de grande importância não só para o Brasil, mas para todas as regiões tropicais do mundo, notadamente aquelas que cultivam a palma-de-óleo.

A propagação natural do caiaué é feita por via sexuada, a qual se constitui em ferramenta indispensável para o melhoramento genético (recombinação, teste de progênie e multiplicação), regeneração de bancos de germoplasma, além de assegurar a preservação, o estoque genético e a formação de mudas dessa espécie. Independentemente da finalidade, plantios são feitos por meio de mudas obtidas pela germinação das sementes. Em condições naturais, é comum as sementes apresentarem baixas taxas de germinação, principalmente em decorrência da dormência manifestada após a maturação fisiológica. Sem a interrupção artificial dessa dormência, além de baixa, geralmente a germinação é desuniforme e pode demorar anos.

Geralmente, a germinação das sementes do caiaué é feita com base na metodologia de quebra de dormência da palma-de-óleo. As técnicas de germinação de sementes dessa espécie remontam à década de 1950 e, desde então, têm sido desenvolvidos vários protocolos, predominando o uso do tratamento térmico (aquecimento) para a quebra de dormência (LIMA et al., 2013). Na Embrapa Amazônia Ocidental, foi conduzido um estudo para aperfeiçoar o método de quebra de dormência das sementes de caiaué (LIMA et al., 2013). O método adotado consiste, basicamente no beneficiamento das sementes de

cachos maduros (remoção do mesocarpo); no ajuste de umidade entre 20% e 22% na entrada do termogerminador; e no tratamento térmico, por 75 dias a 39 °C, seguido de hidratação para retomada do crescimento e desenvolvimento do embrião. Com esses procedimentos, obtêm-se taxa de germinação superior a 70%.

Ainda não existem informações específicas sobre a formação de mudas de caiaué. Por isso, recomenda-se seguir as recomendações para formação de mudas de palma-de-óleo com relativo sucesso. Geralmente, a produção de mudas é obtida em duas etapas: pré-viveiro e viveiro, com duração total de, aproximadamente, 12 meses.

Etapas de pré-viveiro – Nessa etapa, utilizam-se sacos de polietileno, medindo 15 cm x 20 cm e espessura de 0,05 mm a 0,08 mm, contendo 1 kg de terriço, onde é semeada uma semente germinada (sistema aéreo e radicular diferenciados) por saco, em canteiros sombreados, usando-se cobertura natural (folhas de palmeira) ou sintética (sombrites).

Etapas de viveiro – Em torno de 4 meses após a semeadura, quando as plantas apresentam de 3 a 4 folhas lanceoladas, é feita a repicagem para sacos de polietileno pretos, com capacidade de 20 kg a 25 kg de solo (40 cm x 40 cm com espessura de 0,05 mm a 0,08 mm), que são mantidos em viveiros a céu aberto, onde permanecem por 8 meses. Recomenda-se que esses sacos sejam dispostos em triângulo equilátero com 0,80 cm de lado, para melhor aproveitamento da área e da luminosidade.

A produção de mudas pode ser também obtida numa única etapa, plantando-se as sementes germinadas diretamente nos sacos de 20 kg a 25 kg de solo. Nesse caso, deve-se optar pela produção de mudas com 6 meses de idade, as quais são levadas para campo menos desenvolvidas do que as mudas obtidas em duas fases. A antecipação do plantio requer maior atenção do manejo no campo. Recomendações técnicas para formação de mudas de palma-de-óleo são fornecidas por Barcelos et al. (2001).

Informações agronômicas

Atualmente, os plantios de caiaué são feitos para estabelecer bancos de germoplasma, campos de produção de sementes de HIE e, com o avanço dos programas de melhoramento genético, para estabelecer populações melhoradas obtidas por autofecundações ou por recombinações de indivíduos agronomicamente superiores.

Considerando a escassez de experimentação agronômica específica para implantação e manejo do caiaué, sugerem-se as mesmas recomendações referentes à palma-de-óleo. De fato, essas recomendações têm sido suficientes para manter os plantios de caiaué, mas ainda são necessárias pesquisas voltadas para o manejo específico dessa espécie, pois ela tem várias particularidades que determinam exigências diferentes da palma-de-óleo.

Condições pedoclimáticas

Na Amazônia Brasileira, nas áreas de ocorrências de populações de caiaué, predomina o clima Am_i, forma intermediária das classes Af_i e Aw_i da Classificação de Köppen (ANDRANDE, 1983; BARCELOS, 1986). Esse tipo de clima é caracterizado por apresentar temperatura média do mês mais frio sempre superior a 18 °C, com estação seca de pequena duração (mês mais seco < 60 mm) que é compensada pelos totais elevados de precipitação (superiores a 1.500 mm) da estação chuvosa.

As condições de relevo e de solos na Amazônia Brasileira, descritas conjuntamente pela Embrapa e o Cirad no *Relatório de Expedição para Coleta de Germoplasma de Caiaué*, (ANDRANDE, 1983), indicam a ocorrência da espécie nas proximidades de rios e de pequenos cursos d'água, em condições de relevo plano a ondulado, abrangendo as duas unidades geomorfológicas que formam a Região Amazônica: terra firme, de formação terciária, e várzea ou terreno quaternário recente, que refere-se às planícies que sofrem de inundação no período das cheias dos rios.

O caiaué ocorre nas áreas de terra firme, predominantemente em Latossolos Amarelos de textura média a muito argilosa, e em menor proporção em Argissolos. Geralmente, esses solos apresentam boas características físicas: são profundos, permeáveis e bem drenados, mas apresentam baixa fertilidade natural. Chama-se a atenção para a frequente ocorrência de *Elaeis oleifera* sobre as "terras pretas de índio", as quais possuem elevados teores de fósforo (P), cálcio (Ca) e de matéria orgânica (ANDRADE, 1983; BARCELOS, 1986; OOI et al., 1981).

Nas baixadas e nas planícies de inundação, predominam os Neossolos Flúvicos, derivados de sedimentos aluviais; os Gleissolos, e os Neossolos Quartzarênicos, associados à presença de lençol freático elevado. Associada aos rios de água barrenta como o Madeira, Amazonas e Solimões, a ocorrência de populações de caiaué foi observada, principalmente, em solos eutróficos.

Salienta-se que a ocorrência de populações de caiaué nas planícies de inundação (margens dos rios, lagos, igarapés e igapós) foi, significativamente, menor quando comparada às TPIs e aos Latossolos associados.

Plantio e adubação

Em decorrência da escassez de informação e da semelhança com a palma-de-óleo, todas as atividades relacionadas à escolha da área, plantio e manutenção do caiaué, com raras exceções, são baseadas na referida espécie, principalmente as desenvolvidas pela Embrapa, nas condições da Amazônia (BARCELOS et al. 2001, 2004; CUNHA et al., 1999, 2010; ROCHA et al., 2010; RODRIGUES et al., 1997, 1999, 2002).

A área de plantio deve ser plana, com declividade inferior a 5%, o que facilitará as operações de preparo de área, tratos culturais, colheita e transporte. Deve-se dar preferência aos solos profundos, bem drenados e férteis, condições estas predominantes nas áreas de ocorrência do caiaué, na Amazônia Brasileira.

O plantio no campo é feito no início do período chuvoso, em covas de 40 cm x 40 cm x 40 cm, na disposição de triângulo equilátero com 9 m de lado, resultando num estande de 143 plantas por hectare e espaçamento de 7,8 m entre linhas e 9 m entre plantas na linha. Embora o caiaué apresente crescimento mais lento em altura, o desenvolvimento mais vigoroso de algumas origens – associado ao seu comportamento procumbente – indica a necessidade de se avaliar seu plantio em densidades menores (BARCELOS, 1986; CUNHA et al., 2009).

Para evitar a exposição direta às chuvas e ao sol, principalmente nos primeiros anos do plantio da palma-de-óleo ou do caiaué, em geral, faz-se uso de cobertura do solo com leguminosas, sendo a puerária (*Pueraria phaseoloides*) a mais utilizada. Esta, além de proteger o solo do impacto direto das águas da chuva, evitando erosão, mantém maior umidade do solo – o que é importante nos períodos de seca –, incorpora matéria orgânica, evita o crescimento de espécies indesejadas e fixar nitrogênio atmosférico.

Essa leguminosa pode ser semeada, simultaneamente, ou algum tempo depois da implantação da cultura. Antes da semeadura, recomenda-se quebrar a dormência e inocular as sementes com *Rhizobium*. Por sua vez, a semeadura é feita a lanço em toda a área, usando-se de 1 kg a 2 kg de sementes por hectare. Para permitir o estabelecimento mais rápido e vigoroso de *P. phaseoloides* e evitar possível competição com o caiaué, recomenda-se fazer uma adubação fosfatada no plantio, em torno de 150 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e, nos anos subsequentes, de 86 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, nas entrelinhas de plantio (RODRIGUES et al., 2002). É importante salientar que o manejo com a puerária deve ser feito de forma a manter essa leguminosa sempre rebaixada, uma vez que no momento da procumbência do caiaué, essa espécie pode recobrir todo o estipe e a coroa da planta, que pode morrer.

Num plantio de palma-de-óleo, a adubação é uma das práticas mais onerosas e de enorme relevância durante todo o ciclo da cultura. A nutrição mineral tem forte impacto no desenvolvimento vegetativo, na precocidade e na produção de cachos, sendo um dos aspectos mais críticos quanto à falta de informações específicas do caiaué.

Em condições ambientais do Campo Experimental do Rio Urubu/Ceru, em decorrência da pobreza química do solo, nos primeiros anos de plantio da palma-de-óleo, tem-se verificado uma relação estreita entre o crescimento, a produção e o conteúdo de fósforo (P) nos solos, bem como um efeito significativo do nitrogênio (N) sobre o crescimento. A partir do terceiro ano de plantio, com a entrada das plantas em colheita, atenção especial deve ser dada às mudanças do equilíbrio iônico, pois é comum observar-se uma sensibilidade à

deficiência em potássio (K) e em magnésio (Mg), associada à ocorrência de relações antagônicas entre os cátions potássio (K), magnésio (Mg) e cálcio (Ca). O K é um dos elementos mais exportados pela produção dos cachos (RODRIGUES, 1993; RODRIGUES et al., 1997).

No BAG de Caiaué do Ceru, as aplicações de fertilizantes são feitas a partir da análise de solo e da recomendação de adubação adotada para a palma-de-óleo (Tabela 2). Ajustes e adaptações nas doses são feitas em função de observações no campo, relativas, por exemplo, à ocorrência de deficiência em boro (B), que tem se manifestado quando o crescimento da planta é favorecido pela aplicação de adubação NPK ou ainda durante períodos mais secos.

Tabela 2. Recomendação de adubação⁽¹⁾ para palma-de-óleo (*E. guineensis*) jovem no Amazonas.

Idade	N	P	K	Mg	B	Cu	Zn
Primeiro ano	180	200	100	21	2	1,5	1,5
Segundo ano	225	250	200	32	4	3	3
Terceiro ano	270	300	400	43	8	6	6

⁽¹⁾ O fósforo (P) deve ser aplicado na cova, parte no fundo e parte misturada à terra de enchimento das covas, bem como o composto orgânico, quando utilizado. Os demais adubos são distribuídos ao redor das plantas, sob a projeção da copa, sendo que no primeiro ano as doses de nitrogênio (N) são parceladas em três vezes (janeiro/fevereiro – plantio; maio e novembro), e as de potássio (K) em duas vezes (maio e novembro) e, a partir do segundo ano, os adubos são parcelados em duas vezes (maio e novembro), principalmente N e K.

Toda a atenção deve ser dada à composição dos adubos, para que o fornecimento de elementos importantes para a planta seja garantido, como cloro (Cl), enxofre (S) e cálcio (Ca). As características e quantidades de adubos a serem aplicadas dependerão das necessidades nutricionais, da fertilidade do solo, da forma de reação dos adubos com o solo, da eficiência dos adubos e de fatores de ordem econômica.

Tratos culturais

Tanto na fase vegetativa quanto na produtiva, as atividades de manutenção do caiaué consistem, basicamente, na eliminação da vegetação de cobertura ao redor das palmeiras (coroamento), evitando-se a competição e favorecendo seu desenvolvimento. Pelo menos nos 3 primeiros anos, deve-se fazer o coroamento manualmente, pois as plantas jovens são suscetíveis a danos causados por herbicidas. A frequência dos coroamentos é determinada pelo nível de infestação das plantas invasoras e pela rapidez do crescimento da planta de cobertura. O raio aproximado das coroas é de 1,5 m nos primeiros anos, devendo ser aumentado na época de colheita.

A operação de poda também é uma prática de rotina para o caiaué e deve ser aplicada com critério, pois a diminuição da área foliar e da capacidade de assimilação de fotossintéticos provoca queda na produtividade. Até o início da colheita, não haverá necessidade de se fazer nenhuma poda, mas do início da colheita em diante, recomenda-se uma poda por ano, principalmente se as folhas estiverem secas, deixando-se 2 ou 3 folhas abaixo do cacho maduro. Caso não haja folhas secas, deve-se deixar pelo menos 5 folhas em cada espiral.

Como o estipe do caiaué mantém-se ereto – geralmente curvando-se sobre o solo, sem direção definida, a partir de 15 anos de idade – pode-se optar pelo alinhamento da palmeira na linha de plantio, após a procumbência, mas essa prática pode provocar a morte da planta se esta ficar sem raízes suficientes para sua nutrição. Após o tombamento da planta, as raízes adventícias – emitidas da parte em contato com o solo – garantem sua sustentação e nutrição, permitindo assim, a retomada do crescimento do estipe no sentido vertical. Alguns anos são necessários para a planta retomar à produção normal de cachos. Caso seja possível, pode-se optar por eliminar a planta tombada, providenciando-se o plantio imediato de outra muda.

Colheita, produção e produtividade

Os cachos do caiaué devem ser colhidos no estado ótimo de maturação, quando apresentam maior teor e melhor qualidade de óleo. A maturação do cacho ocorre entre 5 e 6 meses após a fecundação e é caracterizada pelas colorações alaranjada ou amarela dos frutos. Quando os primeiros frutos se destacam, o cacho é considerado maduro, podendo ser colhido. A queda dos frutos nem sempre é facilmente observada, por causa da persistência da espata ao redor do cacho que pode segurar os frutos soltos, impedindo que eles caiam. Um toque nos frutos do cacho, usando a ferramenta de colheita, pode auxiliar na verificação do desprendimento dos frutos. A colheita pode ser realizada com o auxílio de cinzel ou ferro de cova e/ou foice malasiana.

Os cachos de caiaué são menores que os cachos da palma-de-óleo e apresentam grande proporção de frutos partenocárpicos. Plantas adultas, crescendo em condições favoráveis, raramente produzem cachos com mais de 20 kg. A produção de cachos de 30 subamostras (com 13, 14 e 15 anos de idade) de caiaué, coletadas em seis diferentes regiões da Amazônia brasileira, foi avaliada por Cunha et al. (2007), com pesos médio e total de cachos de 7,6 kg e 62,1 kg, respectivamente. Considerando taxa de extração média de 7% e 143 plantas por hectare, a produtividade do material avaliado foi de aproximadamente 620 kg de óleo por hectare ao ano, valor bem abaixo da produtividade média obtida nos plantios comerciais de palma-de-óleo, em torno de 4.000 kg de óleo por hectare ao ano.

Pragas e doenças

Mundialmente, o caiaué vem despertando interesse por parte dos centros de pesquisa que se dedicam à cultura da palma-de-óleo, por seu valor na hibridização com *E. guineensis* e por sua ampla variabilidade genética (BARCELOS et al., 1986, 2002; ESCOBAR, 1982). Além disso, apresenta resistência ou tolerância a doenças que atacam a palma-de-óleo, com destaque para o anel-vermelho, doença causada pelo nematoide *Rhadinaphelencus cocophilus*, que é transmitido pelo inseto-praga *Rhynchophorus palmarum*, e para o amarelamento-fatal, de etiologia desconhecida (CORLEY; TINKER, 2003, CUNHA et al., 2009, MOURA et al., 2013).

Segundo Arnaud e Rabechault (1972), certas diferenças anatômicas como maior lignificação da hipoderme e do parênquima cortical externo, e a presença de taninos na endoderme e no floema, dão ao caiaué e aos HIEs maior resistência às doenças causadas pelos patógenos que penetram através das raízes. O caiaué também não é afetado pela Marchitez, doença que afeta a palma-de-óleo com perdas economicamente significativas em diversas regiões produtoras (MEUNIER; BOUTIN, 1975).

Com relação aos insetos-praga, o caiaué sofre danos mecânicos por brocadores das espécies *Rhynchophorus palmarum* L. e *Metamasius hemipterus* L., mas não há registros de danos de insetos desfolhadores. Quanto ao manejo dos insetos brocadores de caule, seguem as mesmas recomendações indicadas para a palma-de-óleo, ou seja, reduzir a população do inseto vetor com feromônios de agregação (DUARTE; LIMA, 2001; MÜLLER et al., 2002; MOURA et al., 1997; TIGLIA et al., 1998).

Caracterização e aproveitamento alimentar

Quando comparado com a palma-de-óleo-africana, o óleo do mesocarpo do caiaué apresenta elevado teor de ácidos graxos insaturados e de carotenos. Atualmente, tem-se suscitado o uso do óleo-de-palma como um dos alimentos mais ricos em carotenos e em outros compostos importantes para a saúde humana (MONDE et al., 2009; SUNDRAM et al., 2013).

Embora *E. guineensis* e *E. oleifera* possuam óleos ricos em ácidos graxos, em tocoferóis e em carotenoides (BURRI, 2012; MONDE et al., 2009), o caiaué contém até 68,6% de ácido oleico (C_{18:1}), quase o dobro em comparação à palma-de-óleo (BHORE et al., 2010). No caiaué, o índice de iodo – medida de parâmetros múltiplos do grau de insaturação global dos ácidos graxos presentes no óleo vegetal – situa-se entre 70% e 89%, enquanto para as variedades de palma-de-óleo tenera essa variação é de 53% a 60% (MEUNIER, 1975; MOHD DIN et al., 2000; NOH et al., 2002; SAMBANTHAMURTHI et al., 2000a). O teor de carotenos encontrado

no óleo-de-caiaué pode chegar até 6.527 ppm, quase dez vezes superior ao encontrado no óleo da palma-de-óleo-africana, em torno de 700 ppm (REY et al., 2004; SUNDRAM et al., 2013). Tais características conferem ao óleo-do-caiaué qualidade nutricional superior, quando comparado ao óleo produzido pela palma-de-óleo, fazendo dessa espécie um componente importante para os programas de melhoramento genético da espécie africana.

Outra característica favorável do óleo-de-caiaué é a baixa atividade da enzima lipase, responsável pela liberação de ácidos graxos por hidrólise de lipídeos, e que está presente tanto no mesocarpo da palma-de-óleo quanto no do caiaué (NGANDO et al., 2006; SAMBANTHAMURTHI et al., 2000b). A presença de ácidos graxos livres (AGLs) leva à rancificação do óleo e por isso é o principal parâmetro para medir sua qualidade e determinar seu preço de mercado. Os AGLs podem ser removidos por refinamento do óleo, o que significa um aumento significativo no custo de produção.

A atividade da lipase é genótipo dependente e os valores observados em palma-de-óleo são superiores àqueles encontrados no caiaué (SAMBANTHAMURTHI et al., 2000b; SAMBANTHAMURTHI; KUSHAIRI, 2002). A baixa atividade da lipase do caiaué é transmitida aos HIEs, que apresentam médias de AGLs de 1,29% a 2,10% (MOZZON et al., 2013; ZAMBRANO 2004), inferiores aos valores observados em palma-de-óleo, de 3,4% a 5% (GONZALEZ et al., 2008; MOZZON et al., 2013). Já Cadena et al. (2013) apresentaram média de 0,6% de AGLs, avaliando cinco diferentes famílias de caiaué, na Colômbia.

No Brasil, nas condições de processamento das usinas de extração do óleo do HIE, BRS Manicoré, cultivar desenvolvida pela Embrapa, têm sido verificados valores inferiores a 1% de ácidos graxos livres. Essa menor atividade da lipase tem permitido, também, aumentar o intervalo dos ciclos de colheita, reduzindo custos. É importante salientar que o manuseio, o transporte e o armazenamento inadequados durante as etapas de colheita e processamento do óleo contribuem para aumentar a atividade da lipase e consequente rancidez do óleo.

Em comunidades tradicionais, o óleo do caiaué é extraído artesanalmente, a partir do mesocarpo (polpa) e da amêndoa dos frutos. Nesse processo manual, para facilitar a retirada dos frutos, os cachos devem estar bem maduros. Geralmente, espera-se de 1 a 2 dias após a colheita, quando os frutos se soltam com mais facilidade. Depois, os frutos são macerados no pilão e a massa obtida é colocada em recipiente com água e levada ao fogo, para cozimento. O óleo liberado da massa permanece na superfície da água, sendo então coletado. Após o cozimento, a massa pode ser submetida a prensagem, para extração do óleo restante, obtendo-se melhor rendimento do processo de extração. Após ferver e prensar a massa, o óleo coletado é novamente submetido a fervura, para eliminar a água restante por evaporação. Após eliminar a água, o óleo é mantido em descanso para resfriamento. Depois, é embalado e armazenado para consumo.

Para se extrair o óleo das nozes, deve-se colocá-las ao sol, para secar, facilitando-se assim a retirada do endocarpo. Posteriormente, com o auxílio de objeto pesado (pilão, pedra, etc.), as nozes são partidas, para extração das amêndoas. Para se extrair o óleo, as amêndoas são cozidas em água e prensadas até a completa extração de seu óleo que, ainda quente, é envasado em garrafas de vidro previamente esterilizadas e secas, onde ao esfriar forma uma pasta consistente.

O processo industrial para se extrair o óleo de palma e o palmiste da palma-de-óleo se aplica, também, ao caiaué. Trata-se de um processo físico, sem o uso de solventes. Contudo, para melhor eficiência do processo de extração dos óleos do caiaué, é preciso se fazer alguns ajustes nos equipamentos, pelo fato desse fruto ser menor e não conter endocarpo, isto é, por se tratar de um fruto partenocárpico.

Com o intuito de desativar as enzimas relacionadas à acidez do óleo para facilitar o desprendimento dos frutos, os cachos de caiaué são inseridos em esterilizadores e submetidos a uma temperatura em torno de 137° C por 1 hora, sob pressão de 2 Kg/cm² a 3 Kg/cm². Em seguida, por meio de um tambor giratório com hastes de ferro e chamado de debulhador, os frutos são separados dos cachos. Na sequência, eles são macerados e prensados, para extração do óleo do mesocarpo, propriamente dita.

Detalhes de uma planta extratora são apresentados por Kaltner e Júnior (2000). O óleo obtido inicialmente é denominado óleo cru ou bruto. Esse óleo pode ser separado fisicamente em duas frações: estearina, fração pastosa do óleo na temperatura ambiente e oleína, fração líquida. Do processamento dos cachos de caiaué resultam óleos brutos do mesocarpo e de palmiste, cachos vazios (engaços), fibras, cascas, torta de palmiste e efluente líquido.

Germoplasma disponível e melhoramento genético

Germoplasma disponível

Historicamente, o interesse dos melhoristas de palma-de-óleo pelo caiaué surgiu nas primeiras décadas do século 20. Conforme relatam Le Guen et al. (1991), em 1927, o caiaué foi introduzido em Eala, no Zaire e, posteriormente, por volta de 1940 a 1941, descendentes desse material foram introduzidos em Yangambi, também no Zaire; em 1952 e em 1956, materiais do Suriname e do Brasil foram introduzidos em Marihat, na Indonésia; em 1950, materiais do Brasil foram introduzidos na Nigéria; e em 1960, em La Mé, na Costa do

Marfim, respectivamente. Prospecções sistemáticas foram realizadas nas principais áreas de ocorrência da espécie na Costa Rica (ESCOBAR, 1982), Colômbia, Panamá e Suriname (MEUNIER, 1975; RAJANAIDU, 1983).

As coletas iniciais mostraram-se promissoras pelos atributos encontrados no caiaué, os quais poderiam ser usados para melhoramento da palma-de-óleo, como o reduzido crescimento vertical do estipe e a qualidade do óleo e, posteriormente, a identificação da resistência a pragas e doenças.

No Brasil, a Embrapa Amazônia Ocidental mantém o maior e mais diversificado Banco de Germoplasma de Caiaué do mundo (FAO, 2013), o qual detém 45,4% de todos os recursos genéticos conservados na forma *ex situ*. Por apresentar sementes intermediárias ou recalcitrantes, a espécie é necessariamente conservada em campo. Esse tipo de conservação também se justifica pelo longo ciclo juvenil dessa espécie, pois para serem exploradas pelos programas de melhoramento genético, as plantas precisam estar em condições reprodutivas – e da fase de sementes até estarem aptas para cruzamentos – seriam necessários de 4 a 5 anos.

O Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de caiaué da Embrapa foi criado no início da década de 1980, após expedição conjunta da Embrapa e do IRHO, atual Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad), em áreas de ocorrência dessa espécie no Brasil, no Amazonas e em Roraima. O local de conservação é o Campo Experimental do Rio Urubu (Ceru), mantido pela Embrapa Amazônia Ocidental. Esse campo está localizado numa área rural no Município de Rio Preto da Eva, AM, a aproximadamente 150 km de Manaus, latitude 2°35' S, longitude 59°28' W. O solo é predominantemente um Latossolo Amarelo e de textura argilosa. De acordo com a Classificação Climática de Köppen, o clima é do tipo Am_γ, quente e úmido, tropical chuvoso, com variação anual de temperatura inferior a 5 °C. A temperatura média anual varia em torno de 27 °C, com umidade relativa do ar em torno de 85%. A média de insolação total anual é de 1.940 horas, com pluviosidade anual média de aproximadamente 2.100 mm.

Atualmente, o acervo do Banco Ativo de Germoplasma de Caiaué (BAG – Caiaué) é de 237 subamostras (Tabela 3), as quais representam 53 diferentes locais de coleta na Amazônia Brasileira, num total de 17 populações distintas (RIOS et al., 2012). As coletas foram realizadas ao longo dos rios Solimões, Negro e Madeira, na região de Manaus, AM, e ao longo do eixo rodoviário Manaus – Boa Vista, RR (Figura 1).

As subamostras do rio Madeira, de origem Manicoré, é a melhor representada, pela qualidade das plantas e dos bons índices de germinação. No campo, cada subamostra é representada por número variável de plantas, somando-se aproximadamente 4 mil plantas, as quais estão conservadas em 30 hectares de plantio, no espaçamento 9 m x 9 m x 9 m, em triângulo equilátero, com 143 plantas por hectare.

Tabela 3. Subamostras (acessos) do Banco Ativo de Germoplasma de Caiaué (*E. oleifera*), pertencente à Embrapa Amazônia Ocidental.

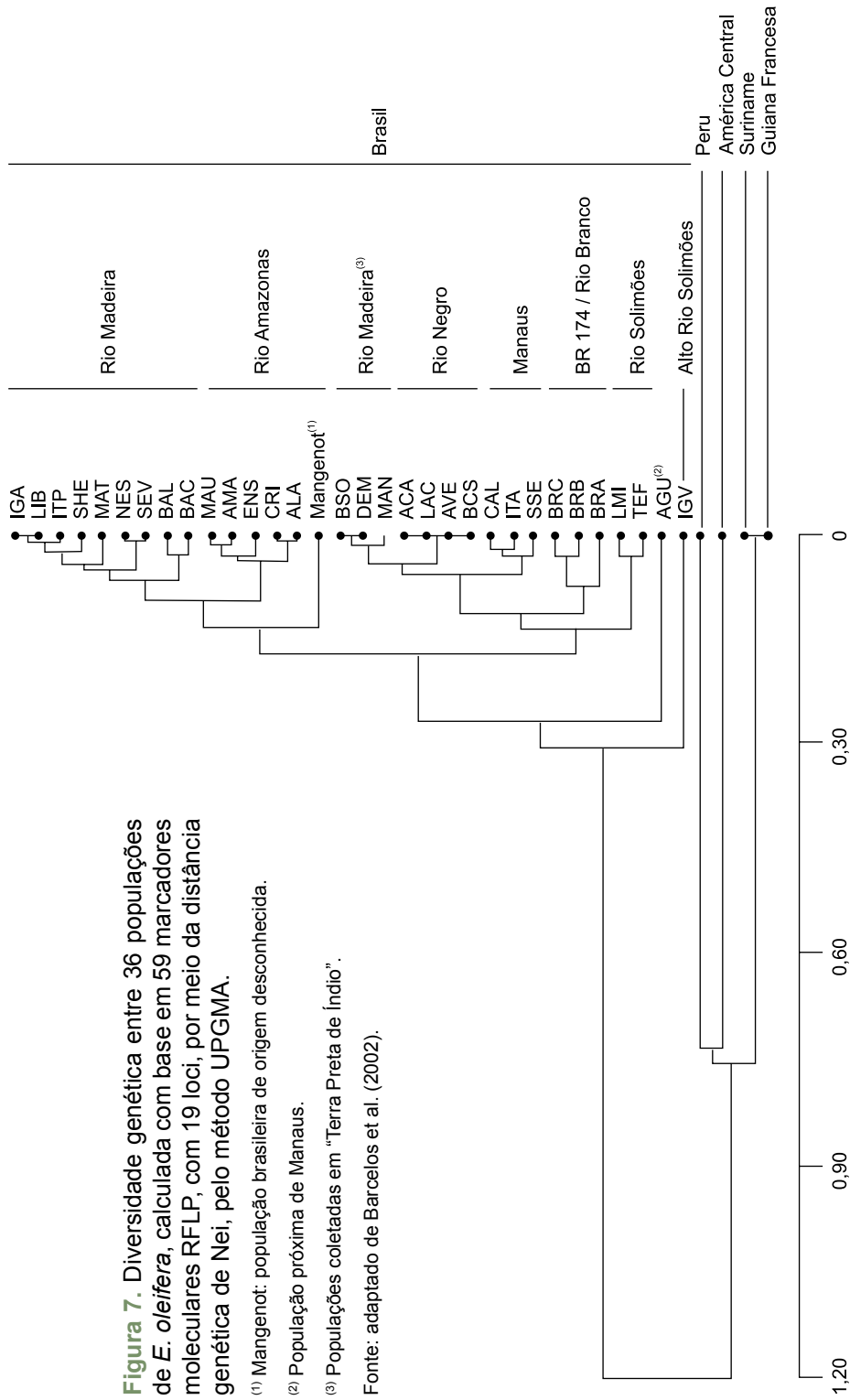
Região	Origem	Número de subamostras	Área ⁽¹⁾ (ha)
Rio Solimões	Anori	5	0,77
	Coari	20	3,55
	Manacapuru	1	0,03
	Tefé	6	0,88
	Tonantins	5	0,72
Rio Negro	Acajatuba	9	1,24
	Barcelos	2	0,02
	Moura	11	1,72
Manaus	Careiro	37	3,11
Rio Madeira	Manicoré	65	7,46
	Novo Aripuanã	12	1,41
Rio Amazonas	Amatari	13	1,57
	Autazes	12	1,62
	Maués	16	2,10
Caracaráí	BR 174	15	1,67
	Perimetral Norte	08	0,73
Total		237	28,60

⁽¹⁾ Densidade de plantio de 143 plantas/hectare.

Fonte: Rios et al. (2012).

O BAG – Caiaué apresenta alta diversidade genética, avaliada por meio de estudos *in situ* (BARCELOS, 1986), incluindo caracterizações bioquímicas (GHESQUIÈRE et al., 1987), estruturação do genoma e divergência genética por meio de marcadores moleculares RAPDs (MORETZSOHN et al., 2000), AFLPs e RFLPs (BARCELOS et al., 2002) (Figura 7), SNPs e DARTs (SOUZA JUNIOR et al., 2012) e análise, quantificação e descrição dos principais dados vegetativos, de produção e de composição de cachos de amostras representativas da área de ocorrência da espécie na Amazônia Brasileira (CUNHA et al., 1999; RIOS et al., 2011).

Barcelos et al. (2002), avaliando a estruturação genômica do caiaué e da palma de óleo (Figura 7), apresentaram duas hipóteses válidas não exclusivas: a) com a fragmentação da Pangeia e da Gondwana leste, com conseqüente separação do continente sul americano do africano, o gênero *Elaeis* divergiu em *E. oleifera* (americano) e *E. guineensis* (africano); b) *E. oleifera* foi originada e dispersa da Alta Amazônia até estabelecer-se nos outros grupos (populações de caiaué da Guiana Francesa, Suriname e América Central), incluindo também



a palma de óleo africana. Os estudos realizados indicam que a diversidade genética dentro da espécie é de magnitude semelhante ou superior à diversidade entre as espécies *E. oleifera* e *E. guineensis*.

Apesar das semelhanças com a espécie africana, não há exploração comercial do caiaué, principalmente pela produtividade de óleo inferior à das cultivares comerciais de palma-de-óleo. Isso se justifica pelo fato de que a palma-de-óleo vem sendo submetida ao processo sistemático de melhoramento há aproximadamente 1 século e o caiaué é uma espécie de domesticação ainda incipiente (CLEMENT, 1999).

Observações feitas em alguns acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Caiaué indicam produtividade média inferior a 1 t de óleo por hectare ao ano, enquanto a média das sete cultivares tenera de palma-de-óleo – produzidas pela Embrapa – situa-se entre 4 t e 6 t de óleo por hectare ao ano. No entanto, o caiaué possui características extremamente importantes para programas de melhoramento genético:

- Resistência a pragas e doenças, especialmente ao amarelecimento-fatal (AF), que dizimou milhares de hectares de plantio de palma-de-óleo no Pará. Atualmente o HIE entre o caiaué e a palma-de-óleo é a única opção viável para plantio em áreas com incidência dessa doença, uma vez que são resistentes.
- Baixo crescimento do estipe, o que confere maior vida útil de exploração dos plantios comerciais.
- Óleo de alta qualidade, uma vez que o óleo extraído da polpa do caiaué é mais rico em ácido oleico, em tocoferóis e em carotenoides, em relação à palma-de-óleo (SUNDRAM et al., 2013) e, parece ser a espécie cujo óleo é o mais próximo do azeite de oliva (RAJANAIDU et al., 1985 citados por MAIZURA et al., 2011).

Melhoramento genético

Atualmente, o melhoramento genético do caiaué é direcionado para sua capacidade de combinação com a palma-de-óleo, com foco principalmente no desenvolvimento de HIEs com maior produtividade de óleo, resultado da produção de cacho e da proporção de óleo no peso do cacho, porque todos os híbridos já testados são resistentes ao AF e geralmente apresentam reduzido crescimento vertical do estipe, que é de 25 cm ao ano. Isso se justifica pelo fato de os híbridos terem potencial de produção semelhante às cultivares de palma-de-óleo e apresentarem resistência ao AF (CUNHA; LOPES, 2010; LOPES et al., 2012). No entanto, avaliações do desempenho *per se* também estão sendo conduzidas, principalmente relacionadas à qualidade de cacho (peso médio e rendimento de óleo) e da qualidade do óleo. Assim, futuramente, devem ser desenvolvidas populações de caiaué com características específicas e que poderão ser exploradas *per se* ou na hibridação

interespecífica. O melhoramento *per se* do caiaué dependerá do surgimento de demandas de mercado específicas para seu óleo, em quantidade e preço, que justifiquem seu plantio.

Nas avaliações já feitas no BAG da Embrapa, foi observada produtividade de cacho de caiaué de até 135 kg por planta ao ano, para subamostras de origem Manicoré, mais de 1,5 vez, os maiores valores reportados por Rao et al. (1989) (60 kg por planta ao ano), e média de 7% para taxa de extração de óleo (percentual de óleo no cacho), em laboratório. O percentual de óleo de frutos normais para as subamostras de caiaué avaliadas variou de 30,2% a 43,9% (polpa seca) e de 18,9% a 29,1% (polpa fresca). No entanto, a variabilidade genética apresentada na literatura, referente a essa variável, é grande, com percentuais de óleo por polpa fresca de 16,7% a 54,6% (HARDON, 1969; MEUNIER; HARDON, 1976; VALLEJO et al., 1974, citados por ESCOBAR, 1982; REY et al., 2004).

O Programa de Melhoramento Genético do HIE visa obter materiais que aliem a elevada produtividade em óleo de *E. guineensis* às características desejáveis do caiaué. A hibridação controlada entre o caiaué e a palma-de-óleo, usando-se diferentes origens tanto materna quanto paternas, tem sido feita com sucesso, o que permite gerar populações com grande variabilidade genética, possibilitando a seleção de HIEs que reúnam características favoráveis das duas espécies. A título comparativo, a Tabela 4 mostra características agrônômicas de *E. guineensis*, de *E. oleifera* e do HIE F₁.

Num programa de melhoramento para elevar a produção de óleo do HIE, Meunier et al. (1976) sugerem:

- Testes de capacidade geral de combinação (CGC): *E. oleifera* cruzados com as diversas origens de *E. guineensis* em uso, para determinar as melhores combinações.
- Testes de capacidade específica de combinação (CEC): cruzamentos entre indivíduos de populações *E. oleifera* e *E. guineensis*, os quais se destaquem pela CEC de combinação.
- Estabelecimento de Campos Genealógicos compostos de autofecundações e de cruzamentos intra e interpopulacionais dentro de cada espécie.

Essas descendências, nas quais se usam os mesmos genitores dos HIEs, em avaliação, permitem reproduzir os melhores cruzamentos para se produzir sementes comerciais e constituem a base dos ciclos sucessivos de seleção. Na Embrapa, o Programa de Melhoramento Genético de HIEs busca, prioritariamente, genótipos com: elevada produtividade; melhor eficiência da polinização natural; porte reduzido; adaptação a ambientes marginais; elevada qualidade de óleo para fins alimentício e/ou energético e maior tolerância a pragas, doenças e outros estresses, incorporando tais características desejáveis do caiaué na palma-de-óleo.

Assim como no Programa de Melhoramento da Palma de Óleo, a metodologia adotada para conduzir as populações segregantes é a Seleção Recorrente Recíproca (SRR) (Figura 8), fundamentada na seleção de genitores de ambas as espécies com base em

Tabela 4. Características agrônômicas de palma de óleo (*E. guineensis*), caiaué (*E. oleifera*) e do híbrido interespecífico (HIE) (*E. oleifera* x *E. guineensis*).

Características	<i>E. guineensis</i>	<i>E. oleifera</i>	HIE ⁽¹⁾
Crescimento em altura do estipe (cm/ano)	30,0 - 75,0	5	15 - 25
Resistência ao AF (% de mortalidade)	75	0	≤ 1
Resistência à fusariose (índice)	58 - 141	0 - 400	0 - 150
Resistência ao Ganoderma (% de mortalidade)	10 - 70	-	≤ 3
Grau de insaturação do óleo (%)	40 - 60	60 - 83	62 - 69
Óleo/polpa seca (%)	67 - 76	35 - 49	59 - 68
Óleo/cacho (%)	18,3 - 25,5	1,7 - 4,4	3,8 - 17,0
Taxa de extração industrial (%)	20 - 24	≤ 9	8,9 - 18,8

⁽¹⁾ Os valores na tabela representam a variação observada nos cruzamentos híbridos.

Fonte: (HARDON, 1969; HARDON; TAN, 1969; MACFARLANE et al., 1975; MEUNIER, 1975.; VALLEJO; CASSALET, 1975; MEUNIER et al., 1976, 1979; MEUNIER; HARDON, 1976; RAJANAIDU et al., 1979; RENARD et al., 1980; OOI et al., 1981; HARTLEY, 1988; RAJANAIDU, 1983; BARCELOS et al., 1985; LE GUEN et al., 1991 e AMBLARD et al., 1995 citados por BARCELOS, 1998).

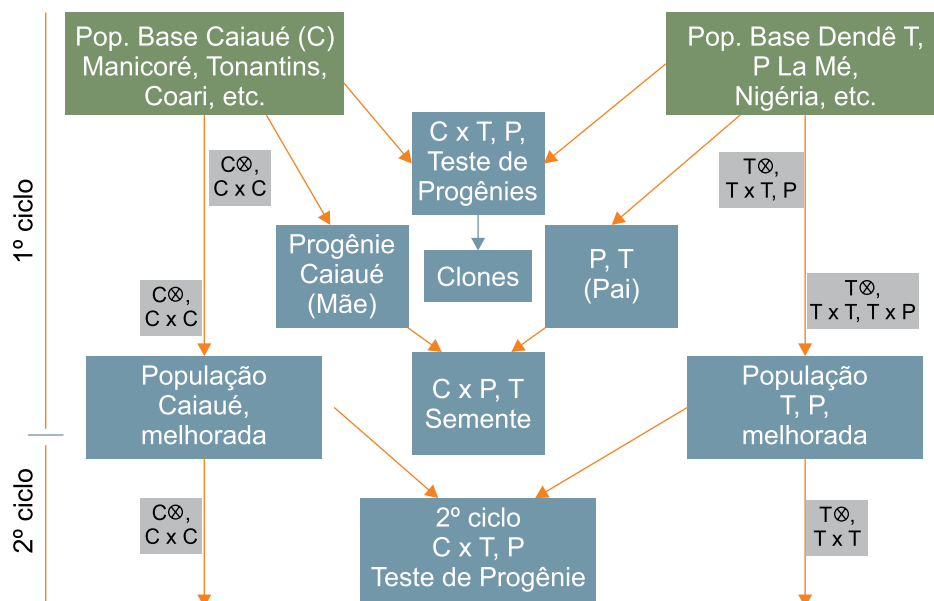


Figura 8. Seleção Recorrente Recíproca (SRR) para melhoramento do híbrido interespecífico (*E. oleifera* x *E. guineensis*). C = caiaué, T = tenera, P = pisífera, AF = amarelecimento fatal.

testes de progênies híbridas e na recombinação dos próprios genitores para gerar nova população.

A formação da população-base é sustentada pelos BAGs de caiaué e de palma-de-óleo, com intercruzamento entre os indivíduos, segundo um delineamento de cruzamento específico, em que cada genitor de uma população é cruzado com pelo menos três genitores da outra população. Tais combinações híbridas são avaliadas em testes de progênies instalados em dois ou mais locais, prioritariamente em áreas de parceiros no Pará, especialmente em áreas de ocorrência do AF. Aos 3 anos após o plantio das progênies, iniciam-se as avaliações das características de produção. Para se obter dados conclusivos na seleção de melhores famílias, são necessários 4 anos de avaliação consecutiva no período adulto, a partir do quinto ou do sexto ano de cultivo.

Quando as avaliações produtivas se iniciam no terceiro ano de cultivo, devem ser continuadas sem interrupção, até o oitavo ou nono ano de cultivo, para que se possa selecionar as melhores famílias. Em decorrência do modelo do programa de melhoramento e da heterozigose no caiaué, são observados altos valores de variabilidade genética dentro das famílias, viabilizando a seleção dos melhores indivíduos que podem ser selecionados para multiplicação por clonagem ou para utilização em programas de retrocruzamentos. Para se selecionar os melhores indivíduos são necessários 6 anos ininterruptos de avaliação produtiva, durante a fase adulta.

As sementes para comercialização são obtidas refazendo-se os melhores cruzamentos, com base nas informações dos melhores genitores. Paralelamente à seleção dos melhores cruzamentos híbridos, os genitores devem ter sua CGC estimada. Os melhores genitores *E. oleifera* devem ser intercruzados entre si, ao mesmo tempo em que, separadamente, são intercruzados os melhores genitores *E. guineensis*. Testes de progênies puras devem então ser estabelecidos, e a partir de 4 anos, avaliados quanto às características de interesse. Após esse período, as melhores plantas são selecionadas para formar populações que darão início ao segundo ciclo de melhoramento.

Cada ciclo leva, em média, entre 16 e 20 anos para ser completado. Para se manter uma adequada base genética das populações e obter ganhos possíveis por gerações indeterminadas, deve-se também manter o tamanho efetivo populacional adequado nas populações de referência. A relação entre a população de plantas e o tamanho efetivo depende do tamanho efetivo da população anterior, da estrutura genética da espécie e da maneira como são conduzidas as recombinações.

No caso do caiaué, existe certa dificuldade de se trabalhar com tamanho efetivo muito grande, principalmente pela grande demanda de área (densidade de plantio igual ou menor que 143 plantas por hectare) e custos de implantação, de manutenção e de

avaliação das populações e dos testes de progênie associados. Assim, trabalha-se com o maior tamanho efetivo que seja compatível com a estrutura operacional demandada.

Para selecionar híbridos de alta produtividade, atualmente, em parceria com a Marborges Agroindústria S. A, de Moju, PA, a Embrapa conduz ensaios de competição de HIEs F1, em área de incidência de AF. Análises preliminares de parâmetros genéticos da população do ensaio implantado em 2007 indicaram ótimos parâmetros para melhoramento, média alta e variabilidade genética alta, tanto entre progênie quanto dentro de progênies. Para produzir cachos, a média dos experimentos por ano de cultivo foi a seguinte (SOUSA et al., 2013):

- Terceiro ano – Média de 7,29 T CFF ha⁻¹.ano⁻¹.
- Quarto ano – Média de 21,22 T CFF ha⁻¹.ano⁻¹.
- Quinto ano – Média de 24,83 T CFF ha⁻¹.ano⁻¹.

Esses valores de produção de cachos são competitivos com os melhores plantios de palma-de-óleo-africana. Contudo, ainda não foram feitas análises físicas de composição de cacho para avaliar a produtividade em óleo. Análises conduzidas por Peixoto et al. (2013) revelaram, também, alta variabilidade genética entre as famílias nos ensaios de HIEs, indicando condições favoráveis para ganhos com a seleção e a reprodução dessas famílias como cultivares.

Embora a produtividade dos HIEs seja competitiva com as cultivares de palma-de-óleo, existem ainda problemas a serem superados, principalmente com relação à necessidade de polinização assistida, a qual onera a produção e torna o sistema mais complexo, com necessidade de se produzir ou de se comprar pólen e manter equipe permanente para efetuar a polinização assistida. A necessidade de polinização está associada à baixa produção de pólen, à baixa viabilidade do pólen produzido e à baixa atratividade das inflorescências para insetos polinizadores.

Em avaliações feitas com HIEs, as melhores taxas de extração de óleo, sem polinização assistida, situam-se entre 17% e 18%, inferiores aos valores geralmente verificados nas cultivares de palma-de-óleo do tipo tenera, 22% e 3% (CORLEY; TINKER, 2003). Valores similares a esses também foram encontrados no Ceru, num ensaio de avaliação de HIEs, cuja porcentagem óleo por cacho, na média de 28 cruzamentos, foi de 18%.

Amblard et al. (1995) analisaram 429 progênies híbridas obtidas do inter cruzamento de três diferentes origens de *E. oleifera* e *E. guineensis*, sendo a primeira representada por populações do Brasil, da Colômbia e da América Central, e a segunda, por populações de La Mé, na Costa do Marfim, Yangambi, no Zaire, e da Nigéria (*Nigerian Institute for Oil Palm Research – Nifor*). Quanto à produção de cachos na idade adulta (de 6 a 9 anos), os autores constataram que a melhor combinação interorigens alcançou valor médio de 85% da cultivar

comercial de palma-de-óleo (LM 2 T x DA 10 D) usado como testemunha, enquanto para a produção de óleo, o valor médio da melhor combinação foi de 78% do valor da testemunha.

No Equador, foi observada produção de cachos de HIEs superando à da palma-de-óleo-africana, tanto em período juvenil quanto em período adulto, com produção superior a 32 t CFF.ha⁻¹.ano⁻¹ (ZAMBRANO; BARÓN, 2011). Os autores também destacam vantagens do HIE como: reduzido crescimento vertical do estipe; facilidade da colheita (menor desprendimento de frutos, menos turnos de colheita, plantas mais baixas, maior facilidade de corte do pedúnculo); resistência a pragas e doenças e qualidade do óleo. Como desvantagem, os autores apontam: menor extração industrial; necessidade de polinização assistida e ocorrência de flores andrógenas.

Na Colômbia, em áreas onde as produções de palma-de-óleo-africana oscilam em níveis entre 15 t e 25 t CFF ha⁻¹ ano⁻¹, os HIEs apresentaram produções superiores, atingindo de 28 t a 30 t CFF ha⁻¹ ano⁻¹ (GENTY, 2013). Rosero e Amblard (2007), estudando diferentes cruzamentos de HIEs, identificaram cruzamentos altamente produtivos com potencial de 6,1 t óleo ha⁻¹ ano⁻¹ e recomendam esses materiais para cultivo em área de Pudrición del Cogollo (PC), problema similar ao AF, que ocorre no Brasil.

Para contornar os problemas ainda apresentados pelos HIEs F1, como a necessidade de polinização assistida, estão sendo estudados insetos polinizadores adaptados a esse material. Por sua vez, também estão sendo testadas combinações de várias origens caiaué com palma-de-óleo, na busca de um híbrido que não demande a polinização assistida.

A estratégia que parece ser a mais promissora em curto e em médio prazos é o retrocruzamento dos HIEs F1 usando-se *E. guineensis* como genitor recorrente. O objetivo é recuperar a maior parte do genoma da palma-africana ao mesmo tempo em que se mantêm as características de interesse provenientes do caiaué. Indivíduos superiores das populações de retrocruzamentos podem ser clonados para exploração comercial ou então, as características de interesse devem ser fixadas em linhagens dura (D) ou pisífera (P) para exploração comercial de cultivares tenera (D x P). Estudos de mapeamento genético estão sendo desenvolvidos para que se possa fazer a seleção assistida por marcadores SAM, acelerando o processo de introgressão das características do caiaué, na palma-de-óleo.

No âmbito do Programa de Melhoramento Genético da Palma-de-Óleo, além da estratégia de clonagem – já em uso – pretende-se aplicar a seleção genômica ampla. Progênieis híbridas em avaliação serão usadas como população de descoberta e no treinamento de modelos preditivos do valor genético genômico de indivíduos das populações de origem dos híbridos.

Na primeira fase, os modelos preditivos serão usados para pré-seleção de genitores nas populações de origem dos híbridos da população de descoberta e validação. Essa

seleção permitirá a escolha de indivíduos por seu valor genético genômico estimado mesmo sem a disponibilidade de avaliação fenotípica *per se* ou em cruzamentos híbridos. A partir desses genitores, serão feitos testes de progênies e uma vez comprovada a eficiência desses modelos preditivos para se fazer a seleção genômica propriamente dita, com a seleção e a recombinação de indivíduos durante 3 ou 4 ciclos de seleção genômica, sem uso de avaliações fenotípicas. A estratégia deve aumentar o ganho genético por unidade de tempo em relação ao método clássico e reduzir a necessidade de áreas experimentais e avaliações fenotípicas.

Apesar de o caiaué não ser explorado *per se* em cultivo comercial, principalmente por sua baixa produtividade em óleo, é visível e mensurável seu potencial dentro do programa de melhoramento genético da palma-de-óleo, pelas inúmeras vantagens já apresentadas neste capítulo. O cultivo dos híbridos tem se expandido em todos os países do continente americano que cultivam a palma-de-óleo, e no Brasil. A princípio, sua expansão se dá, principalmente, nas áreas onde há ocorrência do AF. Alguns resultados preliminares abrem novas expectativas em relação à produtividade de óleo deste material, especialmente pelas novas taxas de extração de óleo na usina, que, segundo alguns produtores, chegam a 25%.

A ampla variabilidade genética existente no caiaué, após a caracterização, avaliação e recombinação, permitirá a obtenção de híbridos interespecíficos ainda mais produtivos. Para o cultivo comercial da espécie, a análise da viabilidade econômica deve ter como referência os patamares de produtividade dos cultivares de palma de óleo. Neste sentido, a perspectiva de ampliação do uso do caiaué para além da exploração em cruzamentos híbridos, ou seja, uso da espécie *per se*, depende da abertura de nichos de mercado diferenciados, em que haja a agregação de valor compatível com a riqueza do óleo desta espécie.

A ampla variabilidade genética existente no caiaué, após caracterização, avaliação e recombinação, permitirá que se obtenham híbridos interespecíficos ainda mais produtivos. Para o cultivo comercial da espécie, a análise da viabilidade econômica deve ter, como referência, os patamares de produtividade das cultivares de palma de óleo. Por isso, a perspectiva de ampliação do uso do caiaué para além da exploração em cruzamentos híbridos, ou seja, uso da espécie *per se*, depende da abertura de nichos de mercado diferenciados, em que haja agregação de valor compatível com a riqueza do óleo dessa espécie.

Considerações finais

Apesar de o caiaué não ser explorado *per se* em cultivo comercial, principalmente por sua baixa produtividade em óleo, é visível e mensurável seu potencial no programa de melhoramento genético da palma-de-óleo, pelas inúmeras vantagens já apresentadas neste capítulo. O cultivo dos híbridos tem se expandido em todos os países do continente

americano que cultivam a palma-de-óleo e, no Brasil, a princípio sua expansão se dá, principalmente, nas áreas onde há ocorrência do AF. Alguns resultados preliminares abrem novas expectativas em relação à produtividade de óleo desse material, especialmente pelas novas taxas de extração de óleo na usina, que, segundo alguns produtores, chegam a 25%.

A ampla variabilidade genética existente no caiaué – após a caracterização, a avaliação e a recombinação – permitirá que se obtenham híbridos interespecíficos ainda mais produtivos. Para o cultivo comercial dessa espécie, a análise da viabilidade econômica deve ter como referência os patamares de produtividade das cultivares de palma-de-óleo. Assim, a perspectiva de ampliação do uso do caiaué para além da exploração em cruzamentos híbridos, ou seja, uso da espécie *per se*, depende da abertura de nichos de mercado diferenciados, em que haja agregação de valor compatível com a riqueza do óleo dessa espécie.

Referências

- ANDRADE, E. B. **Relatório de expedição para coleta de germoplasma de caiaué, *Elaeis oleifera* (HBK) Cortez, na Amazônia Brasileira.** Manaus: EMBRAPA/CNPDS. 1983. 56 p.
- AMBLARD, P.; NOIRET, S. M.; POTIER, F.; ADON, B. Performances comparées des hybrides interespecifiques et du matériel commercial *Elaeis guineensis*. **Oleagineux Corps Gras Lipides**, Montreuil, v. 2, n. 5, p. 335-440, 1995.
- ARNAUD, F.; RABECHAUULT, H. Premières observations sur les caracteres cytohistochimiques de la resistance du palmier à huile au "dépérissement brutal" **Oléagineux**, França, v. 27, n.11, p. 525-529. 1972.
- BARCELOS, E. **Características genético-ecológicas de populações naturais de caiaué (*Elaeis oleifera* (Kunth), Cortés) na Amazônia Brasileira.** 1986. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- BARCELOS, E. **Etude de la diversité génétique du genre *Elaeis* (*E. oleifera* (Kunth) Cortés et *E. guineensis* Jacq.) par marqueurs moléculaires (RFLP et AFLP).** 1998. 137 f. Tese (Doutorado) - École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, France.
- BARCELOS, E.; AMBLARD, P.; BERTHAUD, J.; SEGUIN, M. Genetic diversity and relationship in American and African oil palm as revealed by RFLP and AFLP molecular markers. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 8, p. 1105-1114, 2002.
- BARCELOS, E.; RODRIGUES, M. R. L.; SANTOS, J.A.; CUNHA, R. N. V. **Produção de mudas de dendezeiro na Amazônia.** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. 2001. 11 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Circular Técnica, 8).
- BARCELOS, E.; CHAILLARD, H.; NUNES, C. D.; MACÊDO, J. L. V.; RODRIGUES, M. R. L.; CUNHA, R. N. V.; TAVARES, A. M.; DANTAS, J. C. R.; BORGES, R. S.; SANTOS, W. C. **A cultura do dendê.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 2004. v. 1. 68 p.
- BHORE, S. J.; KASSIM, A.; SHAH, F. H. Insights from the GC content analysis of 76 genome survey sequences (GSS) from *Elaeis oleifera*. **Bioinformation**, [S.l.], v. 5, n. 4, p. 141- 145, 2010.
- BURRI, B. J. Evaluating global barriers to the use of red palm oil as an intervention food to prevent vitamin A deficiency. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [S.l.], v. 11, 2012.
- CADENA, T.; PRADA, F.; PEREA, A.; ROMERO, H.M. Lipase activity, mesocarp oil content, and iodine values in oil palm fruits of *Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera*, and the interspecific hybrid O x G (*E. oleifera* x *E. guineensis*). **Journal of the Science of Food Agriculture**, London, v. 93, n. 3, p. 674-80. 2013.

CLEMENT, C. R. 1492 and the loss of Amazonian crop genetic resources. I. The relation between domestication and human population decline. **Economic Botany**, New York, v. 53, n. 2, p.188-202, 1999.

CLEMENT, C. R.; LLERAS PÉREZ, E.; LEEUWEN, J.van. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agrociencias**, Montevideo, v. 9, n.1-2, p. 67-71, 2005.

CORLEY, R. H. V.; TINKER, P. B. **The oil palm**. 4th edition. Blackwell Science, 2003. 562 p.

COUTURIER, G.; OLIVEIRA, M. do S. P. de; BESERRA, P. **Insetos visitantes e polinizadores em palmeiras nativas da Amazônia**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1999. (Pesquisa em andamento, 1).

CUNHA, R. N. V.; LOPES, R.; ROCHA, R. N. C.; LIMA, W. A. A.; TEIXEIRA, C. T.; BARCELOS, E.; RODRIGUES, M. do R. L. Domesticação e melhoramento de caiaué. In: BORÉM, A.; LOPES, M. T. G.; CLEMENT, C. R. (Org.). **Domesticação e melhoramento Espécies Amazônicas**. Viçosa: Suprema Editora, 2009. p. 275-296.

CUNHA, R. N. V.; LOPES, R.; ROCHA, R. N. C.; LIMA, W. A. A.; TEIXEIRA, C. T.; BARCELOS, E.; RODRIGUES, M. do R. L.; RIOS, S. A. In: BORÉM, A.; LOPES, M. T. G.; CLEMENT, C. R.; NODA, H. (Org.). **Domestication and breeding: Amazonian species**. Viçosa: Suprema Editora, 2012. p. 275-296.

CUNHA, R. N. V.; BARCELOS, E.; NOUY, B.; SOUSA, R. R. Avaliação de populações naturais de caiaué (*E. oleifera* Kunth) coletadas na Amazônia brasileira. In: CONGRESSO NACIONAL DE GENÉTICA, 45., 1999. Gramado. **Anais...** Gramado: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. p. 627.

CUNHA, R. N. V. da; LOPES, R.; SOUSA, N. R.; TEIXEIRA, P. C.; ROCHA, R. N. C. Produção de cachos de caiaué da Amazônia brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2007. São Lourenço. Melhoramento de plantas e agronegócio: anais...: [s.l.]: Ed. da Ufla: SBMP, 2007. 1 CD ROM.

CUNHA, R. N. V. da; LOPES, R.; BARCELOS, E.; RODRIGUES, M. do R. L.; TEIXEIRA, P. C.; ROCHA, R. N. C. da. Pesquisa, desenvolvimento e inovação da cultura do dendezeiro no Brasil. In: WORKSHOP LATINO-AMERICANO DE INVESTIGACIÓN EN DENDE (PALMA ACEITERA), 2005, Manaus. Alternativa para contribuir al desarrollo económico y social de la Amazonía: anais. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2007. p. 44-49.

CUNHA, R. N. V.; RODRIGUES, M. R. L.; MACÊDO, J. L. V.; LOPES, R.; ROCHA, R. N. C.; TEIXEIRA, P. C.; LIMA, W. A. A. Práticas de manejo sustentável na manutenção do plantio da palma de óleo na Amazônia. In: RAMALHO FILHO, A.; MOTTA, P. E. F. da; FREITAS, P. L. de; TEIXEIRA, W. G. (Org.). **Zoneamento agroecológico, produção e manejo para a cultura da palma de óleo na Amazônia**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 109-117.

CUNHA, R. N. V. da; LOPES, R. BRS **Manicoré**: híbrido interespecífico entre o caiaué e o dendezeiro africano recomendado para áreas de incidência de amarelecimento fatal. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2010. (Comunicado Técnico, 85).

DUARTE, A. G.; LIMA, I. S. Eficiência de diferentes taxas de liberação do feromônio de agregação na captura de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 217-221, 2001.

ESCOBAR, J. Preliminary results of the collection and evaluation of the American Oil Palm *Elaeis oleifera* (H.B.K.) Cortés in Costa Rica, Panama and Colombia. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON OIL PALM IN AGRICULTURE IN THE EIGHTIES, 1981, Kuala Lumpur. **Proceedings...** Kuala Lumpur: [s.n.], 1982. p. 17-20.

FAO. WIEWS Germplasm Report. Disponível em: <http://apps3.fao.org/wiews/germplasm_report.jsp?i_STID=&i_RC=&i_VINST=&i_LT=N&i_d=false&i_j=&i_r=0&i_a=Navigate&i_t=&i_m=true&i_f=&i_op=&i_np1=&i_np2=&i_FC=&i_FG=&i_FP=&i_s=N&i_UP=N&i_TI=N&i_TC=N&i_TR=Y&i_SO=N&i_DA=&i_CHLE=&i_SELE=&i_CHGP=&i_SEGP=&i_CHPG=&i_SEPG=&i_CHGE=&i_SEGE=&i_CHOT=&i_SEOT=&i_All=&i_l=EN&query_CALLER=%2Fwiews%2Fgermplasm_query.htm&i_u=&i_p=&query_REGION=&query_AREA=&query_INSTCODE=&query_SPECIES=elaeis+oleifera&query_SAMPLE=>>. Acesso em: 10 July 2013.

GENTY, P. **Relatos sobre el híbrido interespecífico de palma de aceite O x G – Coari x La Mé**: esperanza para el trópico. Bogotá: Fedepalma, 2013. 567 p.

GONZALEZ, W. A.; MACHADO, C. R.; BARRETO, E. J. F.; DALLÓGLIO, E. L.; CORREIA, J. de C.; BORGES, L. E. P.

Biodiesel e óleo vegetal in natura: soluções energéticas para a Amazônia. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2008. 168 p.

GUESQUIERE, M.; BARCELOS, E.; SANTOS, M. de M.; AMBLARD, P. Enzymatic polymorphism in *Elaeis oleifera* H.B.K. (*E. melanococca*). Analysis of population in the Amazon Basin. **Oleagineux**, França, v. 42, n. 4, p. 143-153. 1987.

HENDERSON, A. **The Palms of the Amazon**. New York: Oxford University Press, 1995. 362 p.

KALTNER, F. J.; JÚNIOR, J. F. Processamento industrial de cachos de dendê para produção de óleos de palma e palmiste. In: VIÉGAS, I.J.M.; MÜLLER, A. A. **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental; Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 357-374.

LE GUEN, V.; AMBLARD, P.; OMORE, A.; KOUTOU, A.; MEUNIER, J. Le programme hybride interspécifique *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* de l'IRHO. **Oleagineux**, França, v. 46, n. 12, p. 479-487, 1991.

LEITMAN, P.; HENDERSON, A.; NOBLICK, L.; MARTINS, R.C. **Arecaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB34035>>. 20 jul. 2013.

LOPES, R.; CUNHA, R. N. V.; RESENDE, M. D. V. Produção de cachos e parâmetros genéticos de híbridos de caiaué com dendezeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, p. 1496-1503, 2012.

LIMA, W. A. A. de; GREEN, M.; CUNHA, R. N. V.; LOPES, R.; ABREU, S. C.; SIMONETTI, R. **Produção de sementes germinadas de dendezeiro (*Elaeis guineensis*, Jacq.) na Embrapa**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2013. 14 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Circular Técnica, 41).

LIMA, W. A. A.; GREEN, M.; LOPES, R.; CUNHA, R. N. V.; RIOS, S. A. Germinação de sementes de caiaué (*Elaeis oleifera*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 18., 2013, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Abrates, 2013.

LUCCHINI, F.; SANTOS, M. M.; MORIN, J. P.; SILVA, E. B.; OVERAL, W. L. **Curculionídeos polinizadores do caiaué *Elaeis oleifera*, sua importância e distribuição geográfica no estado do Amazonas**. Embrapa: CNPDS, 1984. 4 p. (Pesquisa em andamento, 25).

MADON, M.; CLYDE, M. M.; CHEAH, S. C. Application of genomic in situ hybridization (GISH) on *Elaeis* hybrids. **Journal of Oil Palm Research**, Kuala Lumpur, p. 74-80, 1999, Supplement.

MADON, M.; PHOON, L.Q.; CLYDE, M. M.; MOHD DIN, A. Application of flow cytometry for estimation of nuclear DNA content in *Elaeis*. **Journal of Oil Palm Research**, Malaysia, v. 20, p. 447-452, 2008.

MAIZURA, I.; SINGH, R.; KUSHAIRI, A. *Elaeis*. In: KOLE, C. (Ed.). Wild crop relatives: genomic and breeding resources: plantation and ornamental crops. **Springer**, Berlin, 2011. p. 113-124.

MEUNIER, J. Le palmier à huile américain *Elaeis melanococca*. **Oleagineux**, França, v. 30, n. 2, p. 51-61, 1975.

MEUNIER, J.; VALLEJO, G.; BOUTIN, D. L'hybride *E. melanococca* x *E. guineensis* et son amélioration. Un nouvel avenir pour le palmier à huile. **Oleagineux**, França, v. 31, n.12, p. 519-528, 1976.

MEUNIER, J.; BOUTIN, D. L'*Elaeis melanococca* et l'hybride *E. melanococca* x *E. guineensis*. Premières données. **Oleagineux**, França, v. 30, n. 1, p. 5-8, 1975.

MIRANDA, I. P. A.; RABELO, A.; BUENO, C. R.; BARBOSA, E. M.; RIBEIRO, M. N. S. **Frutos de Palmeiras da Amazônia**. Manaus: Inpa, 2001. v. 1. 120 p.

MIRANDA, I. P. A.; RABELO, A. **Guia de identificação das palmeiras de um fragmento florestal urbano**. Manaus: Ed. da Universidade Federal do Amazonas, 2006. 228 p.

MOHD DIN, A.; RAJANAIDU, N.; JALANI, B. Performance of *Elaeis oleifera* from Panama, Costa Rica, Colombia and Honduras in Malaysia. **Journal of Oil Palm Research**, Malaysia, v. 12, n. 1, p. 71-80, 2000.

MONDE, A. A.; MICHEL, F.; CARBONNEAU, M. A.; TIAHOU, G.; VERNET, M. H.; DUVERNAY, S. E.; BADIOU, S.; ADON, B.; KONAN, E.; SESS, D.; CRISTOL, J. P. Comparative study of fatty acid composition, vitamin E and carotenoid

contents of palm oils from four varieties of oil palm from Côte d'Ivoire. **Journal of the Science of Food Agriculture**, London, v. 89, p. 2535-2540, 2009.

MONTOYA, C.; LOPES, R.; FLORI, A.; CROS, D.; CUELLAR, T.; SUMMO, M.; ESPEOUT, S.; RIVALLAN, R.; RISTERUCCI, A.; BITTENCOURT, D.; ZAMBRANO, J. R.; ALARCÓN, W. H.; VILLENEUVE, P.; PINA, M.; NOUY, B.; AMBLARD, P.; RITTER, E.; LEROY, T.; BILLOTTE, N. Quantitative trait loci (QTLs) analysis of palm oil fatty acid composition in an interspecific pseudo-backcross from *Elaeis oleifera* (H.B.K.) Cortés and oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). **Tree Genetics & Genomes**, 21 June 2013. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11295-013-0629-5#page-1>>. Acessado em: 3 jul. 2013.

MORETZSOHN, M. C.; NUNES, C. D. M.; FERREIRA, M. E.; GRATAPAGLIA, D. RAPD linkage mapping of the shell thickness locus in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 100, n. 1, p. 63-70, 2000.

MOZZON, M.; PACETTI, D.; LUCCHI, P.; BALZANO, M.; FREGA, N. G. Crude palm oil from interspecific hybrid *Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis*: Fatty acid regiodistribution and molecular species of glycerides. **Food Chemistry**, London, v. 141, n. 1, p. 245-52, 2013.

MOURA, J. I. L.; SANTOS, L. P.; BITTENCOURT, M. A. L.; KRUG, C. Preferência do bicudo-das-palmeiras por dendezeiro, caiaué e por seu híbrido interespecífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 4, p. 454-456, 2013.

MOURA, J. I. L.; BENTO, J. M. S.; SOUZA, J. de; VILELA, E. F. Captura de *Rhynchophorus palmarum* (L.) pelo uso de feromônio de agregação associado a árvore-armadilha e inseticida. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 26, p. 69-73, 1997.

MÜLLER, A. A.; SILVA, A. de B.; SOUZA, L. A. de.; CARRERA, C. de A. **Comparação de iscas atrativas para a captura de adultos de *Rhynchophorus palmarum* em dendezaís**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 6).

MUNGUIA, O.; COLLINS, J. Óleo de ojon. [S.l. : s.n.], p. 2006. (Passo a passo. n° 65. Tearfund: 10-10). Confirmar referência ou completar com local e editora

NGANDO E. G.; DHOUB, R.; CARRIÈRE, F.; ANVAN ZOLLO PH, V.; ARONDEL, V. Assaying lipase activity from oil palm fruit (*Elaeis guineensis* Jacq.) mesocarp. **Plant Physiology and Biochemistry**, [S.l.], v. 44, p. 611-617, 2006.

NOH, A.; RAJANAIDU, N.; KUSHAIRI, A.; MOHD RAFIL, Y.; MOHD DIN, A.; MOHD ISA, Z. A.; SALEH, G. Variability in the fatty acid composition, iodine value and carotene content in the MPOB oil palm germoplasm collection from Angola. **Journal of Oil Palm Research**, Malaysia, v. 14, p. 18-23, 2002.

O'BRIEN, C. W.; BESERRA, P. M.; COUTURIER, G. Taxonomy of *Couturierius*, new genus and *Grasidius*, genus new to south america, palm flower weevils in the Derelomini [Coleoptera, Curculionidae] **Revue Française d'Entomologie**, [S.l.], v. 26, n.4, p. 145-156, 2004.

OOI, S. C.; SILVA, E. B. da; MULLER, A. A.; NASCIMENTO, J. C. Oil Palm Genetic Resources - Native *E. Oleifera* populations in Brazil offer promising sources. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 16, n. 3, p. 385-395, 1981.

PATIÑO, V.M. **Historia y dispersión de los frutales nativos del Neotrópico**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2002. 655 p.

PEIXOTO, L. A.; BHERING, L. L.; GURGEL, F. L.; GOMES JUNIOR, R. A.; CUNHA, R. N. V.; LOPES, R.; PINA, A. J. A. Seleção de genitores para formação de população de híbridos interespecíficos de dendê revela um alto potencial de sucesso da cultura no pré-melhoramento. **Acta Scientiarum Agronomy, Maringá**, 2013.

RAO, Y.; WENG, C. C.; RAJANAIDU, N. Biology and performance of Surinam *Elaeis oleifera* (H.B.K.) Cortes. **Journal Elaeis**, Malaysia, v. 1, n. 32, 109-118, 1989.

RAJANAIDU, N. *Elaeis oleifera* collection in south and central America. **Plant Genetic Resour**, Cambridge, v. 56, p. 42-51, 1983.

- REY, L.; GÓMEZ, P. L.; AYALA, I.; DELGADO, W.; ROCHA, P. Colecciones genéticas de palma de aceite *Elaeis guineensis* (Jacq.) y *Elaeis oleifera* (H.B.K) de Cenipalma: características de importancia para el sector palmicultor. **Palmas**, Bogotá, v. 25, p. 39-48, 2004.
- RIOS, S. A.; CUNHA, R. N. V.; LOPES, R.; BARCELOS, E. **Recursos genéticos de palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) e Caiaué (*Elaeis oleifera* (H.B.K.) Cortes)**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2012. 39 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 96).
- RIOS, S. de A.; CUNHA, R. N. V.; LOPES, R.; BARCELOS, E.; TEIXEIRA, P. C.; LIMA, W. A. A.; ABREU, S. C. Caracterização fenotípica e diversidade genética em subamostras de Caiaué (*Elaeis oleifera*). **UNIMONTES Científica**, Montes Claros, v. 13, p. 49-56, 2011.
- ROCHA, R. N. C.; RODRIGUES, M. R. L.; TEIXEIRA, P. C.; LOPES, R.; CUNHA, R. N. V.; MACÊDO, J. L. V.; MORAIS, R. R.; LIMA, W. A. A. Manejo sustentável para a cultura da palma de óleo: cobertura do solo e cultivos intercalares. In: RAMALHO FILHO, .; MOTTA, P. E. F. da; FREITAS, P. L. de; TEIXEIRA, W. G. (Org.). **Zoneamento agroecológico, produção e manejo para a cultura da palma de óleo na Amazônia**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 133-142.
- RODRIGUES, M. do R. L. **Resposta do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) à aplicação de fertilizantes nas condições do Médio Amazonas**. 1993. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agrilicultura “Luis de Queiroz”, Piracicaba.
- RODRIGUES, M. R. L.; AMBLARD, P.; SILVA, E. B.; MACÊDO, J. L. V.; CUNHA, R. N. V.; TAVARES, A. M. **Avaliação do estado nutricional do dendezeiro: análise foliar**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2002. 9 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Circular Técnica, 11).
- RODRIGUES, M. R. L.; MALAVOLTA, E.; CHAILLARD, H. La fumure du palmier à huile en Amazonie centrale brésilienne. **Plantations, recherche, développement**, Cedex, v. 4, n. 6, p. 392-398, 1997.
- RODRIGUES, M. R. L.; CUNHA, R. N. V.; BARCELOS, E.; NOUY, B. **Desenvolvimento de sistemas sustentáveis de produção de dendê**. [Brasília, DF: Embrapa], 1999. 14 p. Relatório técnico final de projeto vinculado ao Programa 7 - Sistemas de produção de matérias primas.
- ROSETO, J. E. Z.; AMBLART, P. **Resultados de los primeros ensayos del cultivo de híbrido: interespecífico de *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* en el piedemonte llanero colombiano (Hacienda La Cabaña S.A.) = Results of the first test of interespecific hybrid cultivation *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* in the foothills of Colombian Eastern plains (Hacienda La Cabaña S.A.)**. Palmas, Bogotá, v. 28 (Spec) , p. 234-240, 2007.
- SAMBANTHAMURTHI, R.; KALYANA, S.; TAN, Y. Chemistry and biochemistry of palm oil. **Prog Lipid Res**, v. 39, p. 507-558, 2000a.
- SAMBANTHAMURTHI R, RAJANAIDU, N.; PARMAN, S. H. Screening for lipase activity in the oil palm. **Biochemical Society Transactions**, v. 28, parte 6, 2000b.
- SINGH, R.; ONG-ABDULLAH, M.; LOW, E. T.; MANAF, M. A.; ROSLI, R.; NOOKIAH, R.; OOI, L. C.; OOI, S. E.; CHAN, K. L.; HALIM, M. A.; AZIZI, N.; NAGAPPAN, J.; BACHER, B.; LAKEY, N.; SMITH, S. W.; HE, D.; HOGAN, M.; BUDIMAN, M. A.; LEE, E. K.; DESALLE, R.; KUDRNA, D.; GOICOECHEA, J. L.; WING, R. A.; WILSON, R. K.; FULTON, R. S.; ORDWAY, J. M.; MARTIENSSEN, R. A.; SAMBANTHAMURTHI, R. Oil palm genome sequence reveals divergence of interfertile species in Old and New worlds. **Nature**, Washington, DC, 24 Jul 2013.
- SOUSA, A. M.; CONCEIÇÃO, R. A.; GOMES JUNIOR, R. A. Desempenho agrônomo de híbridos interespecíficos de palma de óleo no período juvenil. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA, 17., 2013, Belém. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2013. 1 CD ROM.
- SOUZA JUNIOR, M. T.; CAPDEVILLE, G.; FORMIGHIERI, E. F.; CAMILLO, J. ; ALVES, A. A.; LEAO, A. P. Whole Genome Sequencing of the *E. oleifera* South-American Wild Oil Palm. In: PLANT AND ANIMAL GENOME CONFERENCE, 20., 2012, San Diego. **Proceedings...** San Diego, 2012.
- SUNDRAM, K.; SAMBANTHAMURTHI, R.; TAN, YEW-AI. Palm fruit chemistry and nutrition. **Asia Pacific Journal Clinical Nutrition**, [S.l.], v. 12, n. 3, p. 355-362, 2013.

TIGLIA, E. A.; VILELA, E. F.; MOURA, J. I. L.; ANJOS, N. Eficiência de armadilhas com feromônio de agregação e cana-de-açúcar na captura de *Rhynchophorus palmarum* (L.). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 27, p. 177-183, 1998.

ZAMBRANO, K.; BARÓN, E. A. A. **Diplomado de la palma: híbrido** Interespecífico. Colômbia: Indupalma, 2011. 44 p.

ZAMBRANO, J. E. **Los híbridos** interespecíficos **Elaeis oleifera H.B.K x Elaeis guineensis Jacq**: una alternativa de renovación para la Zona Oriental de Colombia. **Palmas**, Bogotá, v. 25, n. Especial, Tomo II, 2004.