

Capítulo 4

Aspectos gerais da biologia e da diversidade genética de *Coffea canephora*

Flávio de França Souza
Luís Felipe Ventorim Ferrão
Eveline Teixeira Caixeta
Ney Susumu Sakiyama
Antônio Alves Pereira
Antonio Carlos Baião de Oliveira



Introdução

Os primeiros registros históricos sobre o café foram encontrados em um manuscrito no lêmên, em 575. As primeiras descrições científicas da planta foram apresentadas em 1591 e 1592, pelo botânico veneziano Prospero Alpino, em suas obras *De Medicina Aegyptiorum* e *De Plantis Aegyptii Liber*.

No entanto, coube a Antoine Jussieu, em sua obra *Histoire Du Café*, publicada em 1716, a primeira classificação botânica do cafeeiro como *Jasminum arabicum*. Posteriormente, em 1737, Carl Von Linné (Lineu) reclassificou a espécie, dando-lhe o nome de *Coffea arabica* (MARTINS, 2008).

A nomenclatura da tribo Coffeae foi originalmente proposta por De Candolle, em 1807. Em sua classificação, esta tribo era bastante abrangente e incluía um grande número de gêneros, muitos dos quais foram posteriormente transferidos para outras tribos e subfamílias. Uma das compilações taxonômicas mais detalhadas do gênero *Coffea*, "*Les Caféiers du Globe*", foi elaborada por Auguste Chevalier, em três volumes, publicados nos anos de 1929, 1942 e 1947. Esta obra apresentou um conceito do gênero *Coffea* muito mais amplo que aquele atualmente aceito. Chevalier dividiu o gênero *Coffea* em quatro seções: *Paracoffea*, *Argocoffea*, *Mascarocoffea* e *Eucoffea*. Esta última agrupava as principais espécies produtoras de cafés e dividia-se em cinco subseções: *Erythrocoffea* (que inclui, por exemplo, as espécies *C. arabica*, *C. canephora* e *C. congensis*), *Nanocoffea* (p.ex.: *C. humilis*, *C. brevipes*), *Pachycoffea* (p.ex.: *C. liberica*), *Melanocoffea* (p.ex.: *C. stenophylla*) e *Mozambicoffea* (p.ex.: *C. zanguebarie*, *C. racemosa*, *C. salvatrix*, *C. eugenioides*) (BERTHAUD; CHARRIER, 1985).

Trabalhos baseados no uso de caracteres morfológicos e marcadores moleculares possibilitaram a reformulação do arcabouço taxonômico do cafeeiro (DAVIS et al., 2005, 2006, 2011; MAURIN et al., 2007). Atualmente, pode-se enunciar que o cafeeiro pertence à família Rubiaceae, subfamília Ixoroideae, tribo Coffeae DC. e compreende os gêneros *Coffea* L. e *Psilanthus* Hook.f. Estes gêneros agrupam 124 espécies que ocorrem naturalmente na zona intertropical que cobre os continentes da África, Ásia e Oceania (DAVIS et al., 2011).

As plantas do gênero *Coffea* e *Psilanthus* são árvores e arbustos perenes, de madeira dura e densa, com ramificação plagiotrópica; inflorescências axilares pareadas; cálculo presente e geralmente visível; cálice truncado a ondulado, ou levemente lobado; flores hermafroditas, corolas brancas ou raramente róseas; botões florais com pétalas sobrepostas e contorcidas para a esquerda. O fruto drupáceo contém duas sementes plano-convexas, sulcadas longitudinalmente em sua face plana, que constituem os grãos característicos do "café" (DAVIS et al., 2006; MAURIN et al., 2007).

As diferenças entre *Coffea* e *Psilanthus* se restringem, basicamente, à morfologia floral. Em *Psilanthus*, a corola é tubular e longa; as anteras e o estigma são inclusos e não transpõem a corola. Em *Coffea*, as anteras e o estilo são proeminentes, ficando visíveis acima da corola. Os estudos taxonômicos mais recentes, baseados em marcadores moleculares têm indicado que a divisão entre *Coffea* e *Psilanthus* não é respaldada pela análise molecular e que as diferenças morfológicas entre elas não são suficientes para suportar a existência daqueles gêneros como entidades taxonômicas distintas (DAVIS et al., 2011, 2006; CROS et al., 1998; LASHERMES et al., 1997). Além disso, cruzamentos intergenéricos entre *Coffea* e *Psilanthus* têm produzido híbridos férteis (COUTURON et al., 1998), o que reforça a proximidade entre as espécies dos dois gêneros.



Novas alterações na taxonomia do café serão propostas em breve e as atuais espécies de *Psilanthus* deverão ser transferidas para o gênero *Coffea*. Nesse caso, o nome *Coffea* deverá prevalecer por ter sido objeto de publicação mais antiga. O gênero *Coffea* foi descrito em 1753 por Lineu, enquanto *Psilanthus* foi descrito em 1873 por J.D. Hooker. Os novos binômios necessários para a transferência das espécies de *Psilanthus* para *Coffea* já estão sendo providenciados pelos taxonomistas. Com a inclusão das espécies existentes e a descrição daquelas recém-descobertas na África e em Madagascar, estima-se que, o gênero *Coffea*, alcance a marca de 130 espécies (DAVIS et al., 2011).

Na ausência de frutos, plantas de algumas espécies do gênero *Coffea* se assemelham a outras da família Rubiaceae, sobretudo com os gêneros *Tricalysia*, *Calycosiphonia*, *Argocoffeopsis* e *Belanophora*, da tribo Coffeae; *Cremaspora* e *Polysphaeria*, das tribos Cremasporae e Octotropideae, respectivamente. Uma característica simples que pode ser usada para diferenciar *Coffea* dos demais gêneros é a presença de um cálice reduzido, geralmente em formato de aro, que raramente excede o disco floral e não apresenta lobos (com exceção de *C. kapakata*). Nos outros gêneros, geralmente, os cálices são tubulares, bem desenvolvidos e apresentam lobos na parte superior (DAVIS et al., 2006).

Espécies comerciais de café

Segundo Berthaud e Charrier (1985), embora muitas espécies tenham sido testadas para exploração comercial, apenas três apresentaram características favoráveis ao cultivo: *Coffea arabica* L., *Coffea canephora* Pierre ex Froehner e *Coffea liberica* Bull. ex Hiern. Atualmente, apenas as duas primeiras têm importância econômica em escala mundial, pois as plantações de *C. liberica* foram dizimadas por uma epidemia de traqueomicose, causada pelo fungo *Fusarium xylarioides*, entre as décadas de 1940 e 1950 (DORÉ; VAROQUAUX, 2006). As demais espécies do gênero *Coffea* e *Psilanthus* compõem um magnífico acervo de genes e alelos úteis ao melhoramento genético das espécies cultivadas.

***Coffea liberica* Bull. ex Hiern.**

Essa espécie foi inicialmente encontrada na África Ocidental, em 1792, no entanto, seus ecótipos centro-africanos só foram descobertos no início do século 20 (CHEVALIER, 1929). O seu cultivo teve início na África antes da chegada dos colonizadores europeus. O vigor do café libérica e sua aparente resistência à ferrugem promoveram sua expansão na Indonésia entre 1880 e 1905. Essa espécie teve grande importância econômica no período de 1930 a 1950, mas posteriormente, foi substituída por *C. canephora*. Atualmente, responde por menos de 1% do mercado mundial de cafés e é cultivado em pequena escala na Malásia e no ocidente da África. Juntamente com *C. canephora*, apresenta uma das distribuições naturais mais amplas do gênero, ocorrendo praticamente em toda extensão da floresta tropical africana. Além disso, apresenta grande variabilidade em nível molecular, morfológico e agrônômico (LEBRUN, 1941; BERTHAUD; CHARRIER, 1985; N'DIAYE et al., 2005; DAVIS et al., 2006). A espécie é geneticamente estruturada de modo que ocorrem duas populações altamente diferenciadas no oeste e na região central do continente africano (BERTHAUD; CHARRIER, 1985). O notável polimorfismo levou a sugestão de um grande número de espécies, subespécies e variedades, que foram organizadas sob a sinonímia de *Coffea liberica*, com duas variedades: *C. liberica* var. libérica e *C. liberica* var. dewevrei (LEBRUN, 1941). Assim, cabe esclarecer que os termos

"Café libérica" ou "liberiano" se referem a *C. liberica* var. libérica, enquanto o termo "Café excelsa", corresponde a *C. liberica* var. *dewevrei* (DAVIS et al., 2006).

***Coffea arabica* L.**

Devido à qualidade de bebida, *C. arabica* responde por 64% do café consumido no mundo (INTERNATIONAL..., 2013). As plantas da espécie *C. arabica* são autógamas, alotetraploides verdadeiras ($2n=4X=44$) e seus cultivares comerciais apresentam pequena variabilidade genética. O centro primário de diversidade genética da espécie são as terras altas do sudoeste da Etiópia e o Sudão. Durante o século 17, o consumo de café se espalhou rapidamente pelo continente europeu, produzindo grandes lucros para o lêmén, único país produtor à época. Algumas sementes foram coletadas naquele país, por exploradores holandeses e foram plantadas na ilha de Java. Suas progênes foram levadas ao Suriname, que assim como Java, estava sob domínio da Holanda. Daí, uma sucessão de eventos possibilitou a introdução do café na Guiana Francesa e de lá para o Brasil (BERTHAUD; CHARRIER, 1985). O café arábica foi introduzido no Brasil em 1727, no Estado do Pará, por meio de sementes trazidas da Guiana Francesa, pelo sargento mor Francisco de Melo Palheta (MARTINS, 2008). No entanto, as primeiras plantações comerciais foram estabelecidas no Vale do Paraíba por volta de 1761. Nos anos de 1852 e 1896, ocorreram mais dois ciclos de introdução de genótipos provenientes da Ilha de Reunião (antigamente, conhecida como ilha Bourbon) e da Ilha de Sumatra, respectivamente (CARVALHO, 1993). Nessas ocasiões, foram introduzidas as cultivares 'Bourbon' e 'Sumatra' que tiveram grande importância para a cafeicultura brasileira, por serem as genitoras da cultivar Mundo Novo (ANTHONY et al., 2001), que por sua vez, foi a genitora masculina na síntese das cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo, obtidas pelo Instituto Agrônomo de Campinas, em 1949 (CARVALHO et al., 2008).

***Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner**

O café canéfora, ou café 'Robusta', é uma espécie diploide ($2n=2x=22$), estritamente alógama, nativo das florestas baixas da África equatorial. É cultivado em países da África Central e Ocidental; no sudeste da Ásia e na América do Sul. Por possuir maior teor de sólidos solúveis que o café arábica e apresentar maior rendimento após o processo de torração, o café canéfora é componente essencial dos cafés solúveis, participando com mais de 80% na composição destes. Atualmente, o café canéfora responde por cerca de 36% das exportações mundiais de café (INTERNATIONAL..., 2013).

Desde o final do século 19, o termo "café robusta" tem sido empregado para designar a espécie *Coffea canephora*. Ocorre que no Brasil, as variedades de *C. canephora* que apresentam maior porte e vigor também são chamadas de 'Robustas', em contraste com as mais compactas, que são chamadas de 'Conilon'. Desse modo, o uso da palavra 'Robusta' para designar, igualmente, a espécie e o grupo varietal dentro da espécie tem sido motivo de confusão. Nos textos escritos, a melhor forma que se tem encontrado para lidar com essa questão é manter o uso do nome científico para se referir à espécie. Uma alternativa interessante foi utilizada por Resende e Barbosa (2005), no livro "Melhoramento genético de plantas de propagação assexuada". Naquela obra, os autores lançaram mão de uma versão aportuguesada do nome científico da espécie e desse modo atribuíram-lhe o nome vulgar de "café canéfora", em um paralelo ao que ocorre com *Coffea arabica*, que é chamada de "café arábica". Convém ressaltar que não se tem aí um neologismo, haja vista que o verbete 'canéfora' existe na língua portuguesa e denomina as esculturas comuns na Grécia antiga que representavam personagens femininas carregando cestos na cabeça. Desse modo,



para facilitar a leitura do presente texto, adotou-se a expressão “café canéfora” para referir-se à espécie, deixando-se o termo “café robusta” reservado ao grupo de variedades descritas anteriormente e não inclui os genótipos do tipo ‘Conilon’.

Autoincompatibilidade de *C. canephora*

A incompatibilidade pode ocorrer entre plantas diferentes, quando elas possuem alelos em comum do sistema de incompatibilidade. Nas angiospermas, dois tipos principais de incompatibilidade são conhecidos: a esporofítica e a gametofítica. No sistema esporofítico, a incompatibilidade é gerada pelo genótipo diploide da planta adulta (esporófito) que originou o grão de pólen (gametófito), ou seja, os grãos de pólen não germinam nos estigmas das plantas que possuem os mesmos alelos de incompatibilidade. Desse modo, todos os grãos de pólen apresentam a mesma reação, determinada pelo genótipo da planta fornecedora do pólen. No sistema gametofítico, a especificidade depende do alelo presente no genótipo haploide do grão de pólen. Nesse caso, os tubos polínicos só irão crescer e só ocorrerá fecundação se o alelo S do grão de pólen for diferente daqueles presentes no tecido diploide do estilete (SCHIFINO-WITTMANN; DALL’AGNOL, 2002).

A autoincompatibilidade consiste na habilidade de indivíduos férteis reconhecerem e rejeitarem seu próprio pólen, impedindo, desse modo, a autofecundação. É resultado do fracasso dos grãos de pólen de aderirem ou germinarem no estigma da própria planta, ou do fracasso dos tubos polínicos de penetrarem ou crescerem através do estigma da mesma (DE NETTANCOURT, 1997). Esse fenômeno é comum entre as angiospermas e funciona como um sistema eficaz de manutenção da variabilidade genética da espécie.

Com exceção de *C. anthonyi* Stoff. & F. Anthonyi e *C. heterocalix* Stoff., as demais espécies diploides do gênero *Coffea* apresentam autoincompatibilidade (DAVIS et al., 2006; STOFFELEN et al., 2009). No gênero *Psilanthus*, verificou-se que *P. ebracteolatus* Hiern. é autocompatível (ANTHONY et al., 2010). Essa autoincompatibilidade é do tipo gametofítica, monogênica e está associada a um loco gênico “S” com múltiplos alelos (BERTHAUD, 1980). Lashermes et al. (1996), utilizando linhagens duplo-haploides de *Coffea canephora*, identificaram um marcador molecular ligado ao loco “S”, no grupo de ligação nove. A disponibilidade de marcadores como esse auxilia e possibilita a identificação do loco “S” em diferentes espécies de *Coffea* e pode contribuir para aumentar o conhecimento sobre a evolução da autoincompatibilidade no gênero.

Os mecanismos de autoincompatibilidade geralmente inibem a germinação ou alongamento do tubo polínico no estilo. Essas reações são consequência de interações entre proteínas presentes no pólen e no estigma. Recentemente, trabalhos apresentaram evidências de que a autoincompatibilidade nas espécies diploides de *Coffea* deve-se à formação de RNAses nas células do pistilo, como produto do loco gênico “S” (ASQUINI et al., 2011; NOWAK et al., 2011). A ação dessas enzimas em mecanismos de autoincompatibilidade já foi caracterizada em espécies das famílias solanácea, rosácea e plantaginácea.

Distribuição natural e estrutura populacional de *C. canephora*

Em condições naturais, as subpopulações de *C. canephora* geralmente são formadas por um pequeno grupo de plantas matrizes, com poucas progênies espalhadas por áreas de tamanho limitado (cerca de 1,0 ha). O fluxo gênico interpopulacional é baixo, uma vez que a dispersão de pólen, embora possa alcançar um raio de alguns quilômetros, geralmente

ocorre dentro dos limites das subpopulações (MUSOLI et al., 2009; BERTHAUD, 1985). Entretanto, a disseminação das sementes, que é realizada pelas aves e mamíferos, pode atingir maiores distâncias (BERTHAUD, 1986).

Avaliações fenotípicas, bioquímicas e moleculares têm sido empregadas para estudo da diversidade genética e da estrutura populacional de *C. canephora*, em populações naturais e nas coleções de germoplasma (CUBRY et al., 2013; SOUZA et al., 2013; MONTAGNON et al., 2012; FERRÃO et al., 2012; MUSOLI et al., 2009; GOMÉZ et al., 2009; DUSSERT et al., 1999; MONTAGNON et al., 1998a; BERTHAUD, 1986). Esses estudos convergem para a existência de dois grandes grupos (BERTHAUD, 1986): o Guineano, que compreende os genótipos do oeste africano (Guiné e Costa do Marfim), de folhas menores, menor vigor, menor porte, frutos pequenos, bebida de qualidade inferior, tolerantes à seca e suscetíveis à ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.); e o Congolês, composto por genótipos da região central da África, divididos em quatro subgrupos: Subgrupo 2 (SG2) e Subgrupo B, oriundos da Bacia do Congo; Subgrupo C, República Centro-africana e Camarões; Subgrupo 1 (SG1), da costa atlântica da região central da África (MONTAGNON et al., 1998b) (Figura 1). Recentemente, um novo subgrupo, composto por acessos selvagens de Uganda foi proposto (MUSOLI et al., 2009).

O SG1 reúne os genótipos chamados de Kouillou, que ocorrem, naturalmente, do Benin ao Gabão (Figura 1) e apresentam características adaptativas semelhantes, em parte, àquelas do grupo Guineano, sobretudo por serem tolerantes à seca (BOYER, 1965; BOYER, 1969; MONTAGNON; LEROY, 1993) e suscetíveis à ferrugem (MONTAGNON et al., 1998b). Com relação às características organolépticas, os grãos do SG1 produzem bebida de qualidade superior aos do grupo Guineano e equivalente à bebida do SG2 (MOSCHETTO et al., 1996).

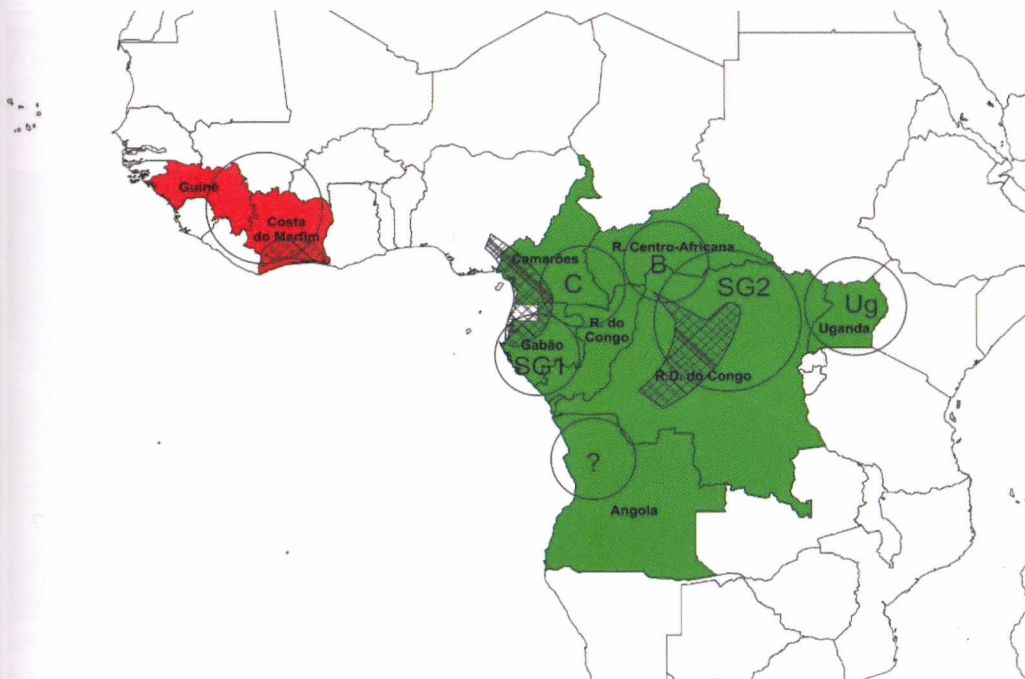


Figura 1. Origem geográfica dos principais grupos genéticos de *Coffea canephora*.

Fonte: Montagnon et al. (2012).

No Brasil, o SG1 está representado pelos 'Conilons' (Figura 2), que são amplamente cultivados no Espírito Santo, Rondônia e extremo sul da Bahia. Os subgrupos SG2, B, C e Ugandense compreendem os genótipos do tipo 'Robusta', que são plantas mais altas, vigorosas, de folhas e frutos maiores, com melhor qualidade de bebida, maior resistência à ferrugem e maior sensibilidade à seca (MUSOLI et al., 2009). As características morfológicas dos genótipos do SG1 são distintas daquelas observadas nos genótipos dos demais subgrupos (Figura 3). No entanto, essas diferenças são menos evidentes nas populações resultantes do inter cruzamento de subgrupos, nas quais se observam indivíduos com fenótipos intermediários.

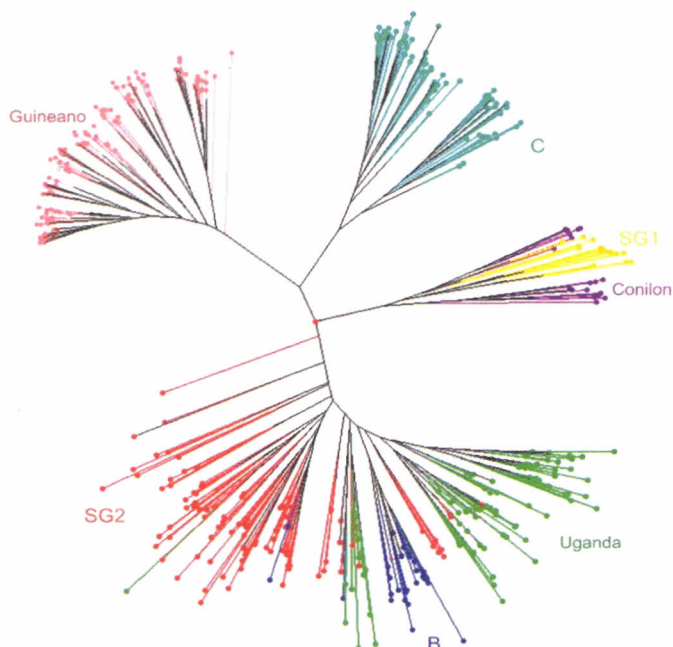


Figura 2. Estrutura populacional de *C. canephora* baseada na dissimilaridade genética entre os grupos e subgrupos da espécie, avaliada com marcadores microsatélites. As cores representam diferentes grupos e subgrupos (Guineano, Congolese: SG2, B, Ugandense e SG1).

Fonte: Montagnon et al. (2012).



Figura 3. Plantas típicas do grupo congolês: planta de café 'Conilon', representativa do Subgrupo 1 (A); planta do tipo varietal Robusta, representativa dos demais subgrupos (B).

No processo de melhoramento genético da espécie, o grupo Guineano ficou praticamente ausente, mantendo-se restrito a sua área de origem. De fato, até recentemente, Costa do

Marfim e Guiné eram os únicos países que possuíam populações cultivadas e selvagens do grupo Guineano (MONTAGNON et al., 1998b).

A estrutura populacional descrita anteriormente está fortemente relacionada com o isolamento geográfico e aos eventos históricos que remetem às últimas glaciações, ocorridas há 18 mil anos. Na natureza, os grupos Congolês e Guineano encontram-se separados pelo intervalo Dahomey, que compreende uma estreita faixa de terras áridas (cerca de 300 km de largura), localizada no Benin e situada entre os blocos de floresta do centro e do oeste africano (MAURIN et al., 2007).

Um padrão semelhante àquele verificado na diferenciação das populações de *C. canephora* é observado na espécie *C. liberica*, na qual se verifica, inclusive, redução da fertilidade dos híbridos obtidos entre os genótipos do oeste (*C. liberica* var. *liberica*) e do centro da África (*C. liberica* var. *dewevrei*). Outras espécies de plantas e animais também apresentam um curso evolucionário similar (GÓMEZ et al., 2009). Essa coincidência levou a formulação da “Teoria do Refúgio”, na qual se postula que, em determinados períodos geológicos, a distribuição da floresta africana não foi estável, ocorrendo sucessivos eventos de expansão e retração da sua área. Durante a fase de expansão, a recolonização ocorreria a partir de áreas propícias, chamadas de ‘refúgios’ onde a floresta conseguiu sobreviver durante as fases desfavoráveis. Uma vez isoladas em seus refúgios, essas populações deixaram de compartilhar novos eventos de mutação e recombinação (BERTHAUD; CHARRIER, 1985). A influência de forças evolutivas que atuam sob condições ambientais distintas promove a fixação de combinações alélicas particulares, que conferem vantagens adaptativas aos indivíduos de cada população levando-as à diferenciação (GÓMEZ et al., 2009).

Recursos genéticos de *C. canephora*

A grande variabilidade entre e dentro das populações naturais de *C. canephora* faz desta espécie uma magnífica fonte de alelos para o desenvolvimento de novas cultivares, bem como, para o melhoramento de *C. arabica*. Além das populações naturais, deve-se ressaltar o importante papel das lavouras primitivas realizadas no continente africano, haja vista que, inicialmente, muitas populações selvagens de *C. canephora* foram submetidas diretamente ao cultivo e o intercâmbio de material genético entre as regiões produtoras era intenso (BERTHAUD; CHARRIER, 1985). Desse modo, essas lavouras tornaram-se locais favoráveis ao intercruzamento de diferentes tipos varietais, propiciando a recombinação e o surgimento de genótipos que não ocorreriam espontaneamente na natureza, em função do isolamento geográfico.

A diversidade genética de *C. canephora* ainda é subutilizada nos programas de melhoramento genético da espécie que são conduzidos no Brasil. Por exemplo, o grupo Guineano, que possui alelos de tolerância à seca, ficou restrito a sua área de origem (Guiné e Costa do Marfim), não havendo registro de sua introdução nos programas de melhoramento de outros países (MONTAGNON et al., 1998b). Além disso, até recentemente, acessos representativos desse grupo se encontravam preservados apenas na Costa do Marfim. Por sua vez, o grupo Congolês, apresenta maior variabilidade e foi bastante difundido entre os países produtores. No entanto, a maioria das introduções, provavelmente, foi feita a partir de sementes e mudas oriundas de um número limitado de plantas. Acredita-se que o estoque de ‘Robusta’ introduzido em Java em 1901, foi proveniente de plantas cultivadas na República Democrática do Congo (antigo Zaire). O acervo de Java foi, posteriormente, incrementado com acessos do Gabão (kouillou) e Uganda (CHARRIER; BERTHAUD, 1985). O material selecionado em Java foi então,



reintroduzido na África de modo que a base genética da cafeicultura de muitos países africanos era muito similar (DUSSERT et al., 1999).

No caso do Brasil, onde a espécie foi introduzida no início do século passado (FERRÃO et al., 2007a; FAZUOLI et al., 2009), houve maior expansão do SG1, representado pelo tipo varietal 'Conilon' (adaptação do termo 'Kouillou', com o "u" sendo trocado pelo "n") (MONTAGNON et al., 2012). O SG2, que reúne as progênies do tipo varietal 'Robusta', apresenta-se ainda precariamente representado nas lavouras brasileiras, embora seja portador de inúmeros alelos de interesse, sobretudo com relação à resistência à ferrugem, fusariose (*Fusarium xylarioides*), CBD (*Colletotrichum kahawae*), nematoides e bicho-mineiro; maior tamanho de grãos e menor teor de cafeína. Ademais, os acessos mantidos nas coleções nacionais de germoplasma são progênies de um número relativamente pequeno de indivíduos e advêm de outras coleções estabelecidas, sobretudo, na Indonésia e na Costa Rica (FAZUOLI et al., 2009).

O germoplasma de *C. canephora* encontra-se conservado em coleções *ex situ* em diferentes países, como: Costa do Marfim, Camarões, Uganda, Índia, Indonésia e Brasil (BERTHAUD; CHARRIER, 1985). No Brasil, as principais coleções *ex situ* de café canéfora são mantidas pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) e pela Embrapa Rondônia.

Caracterização de genótipos da coleção ativa de germoplasma de café da Embrapa Rondônia

A Coleção Ativa de Germoplasma de Café da Embrapa Rondônia merece destaque, uma vez que apresenta a particularidade de conter, além do germoplasma coletado no próprio Estado, expressivo número de subamostras resultantes de intercâmbios com outras instituições, compondo desse modo, uma variabilidade representativa do germoplasma de *C. canephora* cultivado e conservado no Brasil (SOUZA et al., 2003).

A coleção foi instalada no campo experimental da Embrapa Rondônia, no Município de Ouro Preto do Oeste. Os primeiros intercâmbios de acessos de café foram feitos na década de 1970, por meio de sementes oriundas do IAC, em São Paulo. Posteriormente, outros acessos foram obtidos no Incaper, no Espírito Santo e Epamig, em Minas Gerais. Por fim, durante a década de 1990, foi realizado intenso trabalho de coleta de *Coffea canephora* nas áreas tradicionais de cultivo de café em Rondônia (SOUZA et al., 2003).

As primeiras caracterizações foram realizadas exclusivamente com o objetivo de verificar o desempenho agrônomo dos acessos. Avaliações mais detalhadas, utilizando os principais descritores botânicos do gênero *Coffea* foram realizadas em 153 acessos (SOUZA et al., 2003), dos quais 127 também foram avaliados com base em marcadores moleculares (SOUZA et al., 2013) (Tabela 1).

Com base na análise molecular, verificou-se que os acessos de canéfora da Coleção Ativa de Germoplasma da Embrapa Rondônia estão divididos em dois grandes grupos (Figura 3). O primeiro composto pelos acessos do tipo 'Conilon', oriundos de coletas em Rondônia e introduzidos a partir dos BAGs do Incaper, no Espírito Santo e do IAC, em São Paulo. No entanto, os 'Conilons' oriundos do Incaper apresentaram padrão molecular diferenciado, o que possibilitou a sua distinção em relação aos demais. O segundo grupo

é composto, predominantemente, por acessos do tipo 'Robusta', dos BAGs do IAC e da Epamig. No grupo dos 'Robustas', foi observada ampla diversidade, não havendo distinção entre os acessos oriundos do IAC e da Epamig. Notadamente, os acessos Cpafró 190, Cpafró 056, Cpafró 193, Cpafró 194 e Cpafró 199, (Rondônia) e Emcapa V.3 (Espírito Santo) foram identificados como híbridos naturais entre 'Conilons' e 'Robustas'.

Tabela 1. Acessos de *Coffea* da Coleção de Germoplasma da Embrapa Rondônia avaliados com marcadores microssatélites.

Acesso	OA	Acesso	OA	Acesso	OA
Kouillou IAC66-1.1	1	Robusta UFV 3587.1	2	Cpafró 199	3
Kouillou IAC 66-1.2	1	Robusta UFV 3587.2	2	Cpafró 203	3
Kouillou IAC 66-1.3	1	Robusta UFV 3587.3	2	Emcapa 02	4
Kouillou IAC 66-3.1	1	Robusta UFV 3751.1	2	Emcapa 03	4
Kouillou IAC 66-3.2	1	Robusta UFV 3751.2	2	Emcapa 07	4
Kouillou IAC 68-7.1	1	Robusta UFV 3754.1	2	Emcapa 14	4
Kouillou IAC 68-7.2	1	Robusta UFV 3754.2	2	Emcapa 16	4
Kouillou IAC 68-7.3	1	Robusta UFV 3755.1	2	Emcapa 19	4
Kouillou IAC 69-15	1	Robusta UFV 3755.2	2	Emcapa 28	4
Kouillou IAC 69-5.1	1	Robusta UFV 3755.3	2	Emcapa 104A	4
Kouillou IAC 69-5.2	1	Cpafró 010	3	Emcapa 104B	4
Kouillou IAC 69-5.3	1	Cpafró 016	3	Emcapa 106	4
Kouillou IAC 70-1.1	1	Cpafró 022	3	Emcapa 110A	4
Kouillou IAC 70-1.2	1	Cpafró 024	3	Emcapa 110B	4
Kouillou IAC 70-1.3	1	Cpafró 036	3	Emcapa 112	4
Kouillou IAC 70-14.1	1	Cpafró 044	3	Emcapa 116	4
Kouillou IAC 70-14.2	1	Cpafró 045	3	Emcapa 120	4
Kouillou IAC 70-14.3	1	Cpafró 056	3	Emcapa 132	4
Laurenti.1	1	Cpafró 063	3	Emcapa 139	4
Laurenti.2	1	Cpafró 077	3	Emcapa 143	4
Apoatã IAC 2258.1	1	Cpafró 085	3	Emcapa 148	4
Apoatã IAC 2258.2	1	Cpafró 086	3	Emcapa 149	4
Apoatã IAC 2258.3	1	Cpafró 089	3	Emcapa 154	4
Robusta IAC 640.1	1	Cpafró 098	3	Emcapa 201	4
Robusta IAC 640.2	1	Cpafró 100	3	Emcapa 26	4
Robusta IAC 640.3	1	Cpafró 103	3	Emcapa 29	4
Robusta IAC 1641.1	1	Cpafró 119	3	Emcapa 36	4
Robusta IAC 1641.2	1	Cpafró 127	3	Emcapa 45	4
Robusta IAC 1655.1	1	Cpafró 138	3	Emcapa 49	4
Robusta IAC 1655.2	1	Cpafró 140	3	Emcapa 99	4
Robusta IAC 1675.1	1	Cpafró 142	3	Emcapa V.1	4
Robusta IAC 1675.2	1	Cpafró 143	3	Emcapa V.2	4
Robusta IAC 1675.3	1	Cpafró 147	3	Emcapa V.3	4
Robusta IAC 2257.1	1	Cpafró 155	3	Emcapa V.4	4
Robusta IAC 2257.2	1	Cpafró 156	3	Emcapa V.5	4
Robusta IAC 2259.1	1	Cpafró 160	3	Emcapa V.6	4
Robusta IAC 2286.1	1	Cpafró 164	3	Emcapa V.7	4
Robusta IAC 2286.2	1	Cpafró 183	3	Emcapa V.9	4
Robusta Col - 10.1	1	Cpafró 184	3	Emcapa V.10	4
Robusta Col - 10.2	1	Cpafró 189	3	Emcapa V.11	4
Robusta Col - 10.3	1	Cpafró 190	3	Emcapa V.12	4
Robusta Col - 5.1	1	Cpafró 193	3	Emcapa V.13	4
Robusta Col - 5.2	1	Cpafró 194	3	C. arabica var. Typica UFV 2945	2
Robusta UFV 3580	2	Cpafró 196	3	Híbrido de Timor CIFC 1343/269	2

OA: Origem dos acessos: 1) Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), São Paulo; 2) Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig); 3) Acessos coletados em plantios comerciais em Rondônia (Embrapa Rondônia) e 4) Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural Incaper, Espírito Santo.

Fonte: Souza et al. (2013).

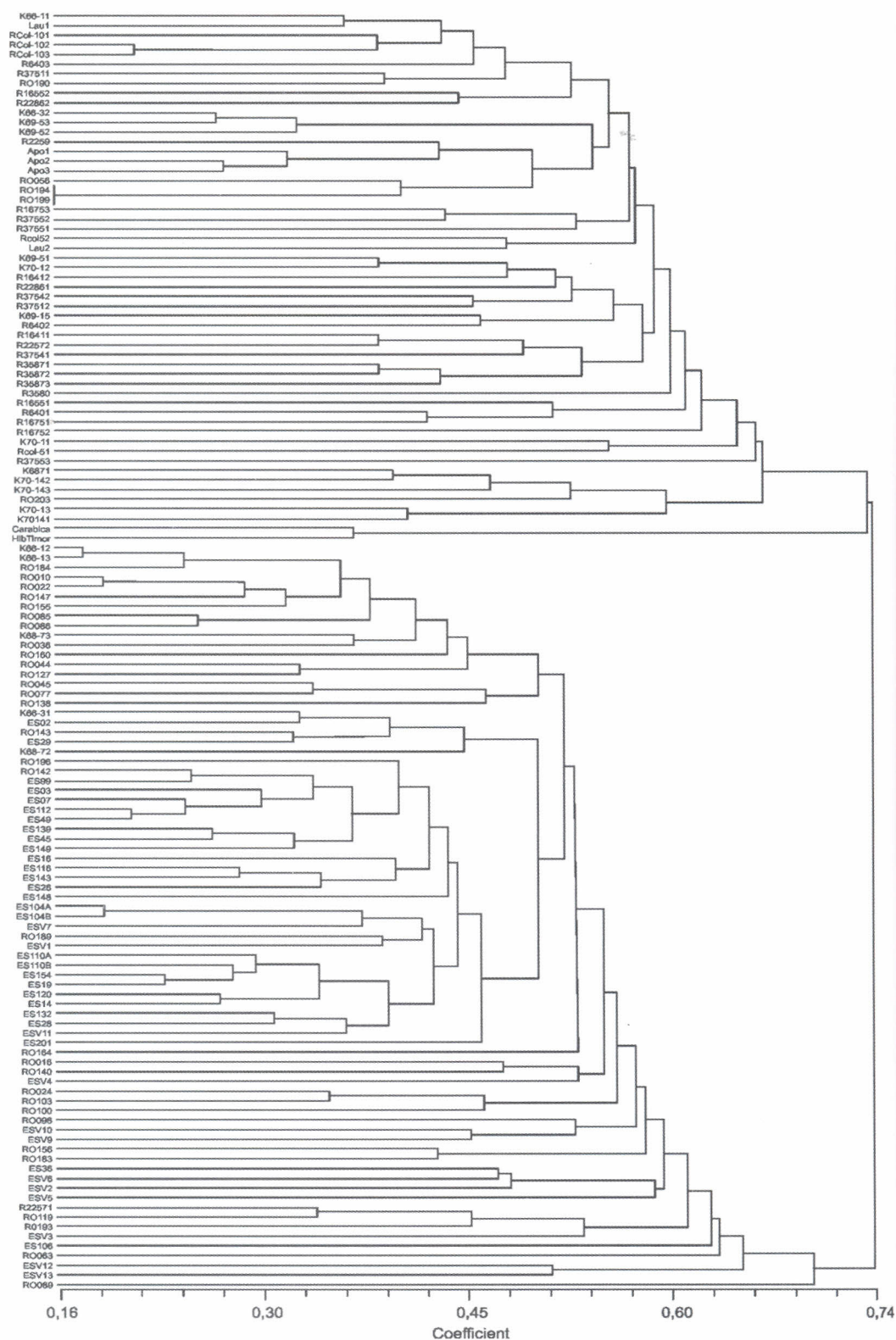


Figura 3. Diversidade genética dos acessos da coleção de germoplasma de café canéfora da Embrapa Rondônia, com base em marcadores microssatélites.
Fonte: Souza et al. (2013).

O conhecimento sobre a diversidade genética e o nível de diferenciação genética entre populações das espécies auxilia na definição dos estoques genéticos e no estabelecimento de estratégias de uso e manejo desses recursos (CRUZ, 2005). No caso de *C. canephora*, os estudos de diversidade podem facilitar a orientação dos programas de melhoramento na escolha de genitores para cruzamentos ou de genótipos para composição de variedades clonais (SOUZA et al., 2003). Ademais, esses estudos podem minimizar o risco de erosão genética causada pelo desenvolvimento de cultivares superiores, de base genética estreita como é o caso dos clones. Além disso, o conhecimento da diversidade genética poderá auxiliar no manejo do banco de germoplasma, oferecendo parâmetros para estabelecimento de tamanho de populações a serem conservadas e eliminação de duplicatas, entre outras aplicações (CRUZ, 2005).

Considerações finais

No Brasil, tem-se observado predominância do cultivo de genótipos de *C. canephora* do tipo varietal 'Conilon', em detrimento do tipo varietal 'Robusta'. Isso ocorre apesar das plantas do tipo 'Robusta' apresentarem algumas características comparativamente superiores às do tipo 'Conilon', sobretudo, com relação à qualidade dos grãos e à resistência à ferrugem e a nematoides. Entretanto, as plantas do tipo 'Robusta' são mais vigorosas e, portanto, mais demandantes de água. Na Amazônia, o emprego de cultivares do tipo 'Robusta' pode ser interessante, pois nesta região, as chuvas são abundantes e bem distribuídas ao longo do ano, o que reduz a ocorrência de déficits hídricos acentuados.

Para viabilizar o aumento da participação do germoplasma de 'Robusta' na cafeicultura amazônica é necessário intensificar as iniciativas em pesquisas com o melhoramento genético da espécie na região, focando na obtenção e disponibilização de cultivares daquele tipo varietal ou de tipos resultantes de cruzamentos intervarietais, que apresentem simultaneamente as vantagens de 'Conilon' e 'Robusta'. Desse modo, será possível atender demandas atuais e futuras, relacionadas ao melhor desempenho produtivo das lavouras, à melhoria da qualidade dos grãos, à facilitação do manejo e à redução do uso de defensivos químicos potencialmente danosos ao equilíbrio do ambiente e à saúde do homem.

Referências

- ANTHONY, F.; BERTRAND, B.; QUIROS, O.; WILCHES, A.; LASHERMES, P.; BERTHAUD, J.; CHARRIER, A. Genetic diversity of wild coffee (*Coffea arabica* L.) using molecular markers. **Euphytica**, Holanda, v. 118, n.1, p. 53-65. 2001.
- ANTHONY, F.; DINIZ, L.E.C.; COMBES, M.; LASHERMES, P. Adaptive radiation in *Coffea* subgenus *Coffea* L. (Rubiaceae) in African and Madagascar. **Plant Systematic Evolution**, New York, v. 285, n. 1-2, p. 51-64. 2010.
- ASQUINI, E.; GERDOL, M.; GASPERINI, D.; IGIC, B.; GRAZIOSI, G.; PALLAVICINI, A. SR-Nase sequences in styles of *Coffea* (Rubiaceae). Evidence for S-RNase based gametophytic self-incompatibility? **Tropical Plant Biology**, v. 4, p.237-249, 2011.
- BERTHAUD, J. Gene flow and population structure in *Coffea canephora* coffee populations in Africa. In.: JACQUART, P.; HEIM, G.; ANTONOVICS, J. (Ed.). **Genetic differentiation and dispersal in plants**. [New York]: Springer, 1985. p. 355-366. (N.A.T.O. Advanced Study Institute. Series G. Ecological Sciences, v.5).
- BERTHAUD, J. L'incompatibilité chez *Coffea canephora*: méthode de test et déterminisme génétique. **Café Cacao Thé**, Paris, v. 24, n.1, p. 167-174. 1980.



- BERTHAUD, J. **Les ressources génétiques pour l'amélioration des caféiers africains diploïdes. Evaluation de la richesse génétique des populations sylvestres et de ses mécanismes organisateurs. Conséquences pour l'application.** 1986. 379f. Tese (Doutorado em Agronomia) – ORSTOM, Paris.
- BERTHAUD, J.; CHARRIER, A. Genetic resources of *Coffea*. In: CLARCK, R. J.; MACRAE, R. (Ed). **Coffee – Agronomy**. London: Elsevier Applied Science, 1985. p.1-40.
- BOYER, J. Comportement hydrique des deux grands groupes de *Coffea canephora* de Côte d'Ivoire. **Café Cacao Thé**, Paris, v. 9, n. 4, p. 263-282. 1965.
- BOYER, J. Étude expérimentale des effets du régime d'humidité du sol sur la croissance végétative, la floraison et la frutification du caféier Robusta. **Café Cacao Thé**, Paris, v. 13, n. 3, p. 187-200, 1969.
- CARVALHO, A. **Histórico do desenvolvimento do cultivo do café no Brasil**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1993. 7p. (Documentos IAC, 34).
- CARVALHO, C. H. S.; FAZUOLI, L. C.; CARVALHO, G. R.; GUERREIRO-FILHO, O.; PEREIRA, A. A.; ALMEIDA, S. R.; MATIELLO, J. B.; BARTHOLO, G. F.; SERA, T.; MOURA, W. M.; MENDES, A. N. G.; RESENDE, J. C.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; NACIF, A. P.; SILVAROLLA, M. B.; BRAGHINI, M. T. Cultivares de café arábica de porte baixo. In: CARVALHO, C. H. S. (Ed.) **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: Embrapa Café, 2008. 334 p.
- CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. Principles and methods of coffee plant breeding: *Coffea canephora*. In: CLARCK, R.J.; MACRAE, R. (Ed.). **Coffee: Agronomy**. London, **Elsevier Applied Science**, 1985. p. 167-198.
- CHEVALIER, A. **Les caféiers du globe. I. Généralités sur les caféiers**. Paris: Paul Lechevalier, 1929. (Encyclopédie biologique, 5).
- COUTURON, E.; LASHERMES, P.; CHARRIER, A. First intergeneric hybrids (*Psilanthus ebracteolatus* Hiern *Coffea arabica* L.) in coffee trees. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 76, p. 542-546. 1998.
- CROS, J.; COMBES, M.C.; TROUSLOT, P.; ANTHONY, F.; HAMON, S.; CHARRIER, A.; LASHERMES, P. Phylogenetic analysis of chloroplast DNA variation in *Coffea* L. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, San Diego, v. 9, n. 1, p. 109-117, 1998.
- CRUZ C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 2005. 394p.
- CUBRY, P.; DE BELLIS, F.; POT, D.; MUSOLI, P.; LEROY, T. Global analysis of *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (Rubiaceae) from the Guineo-Congolese region reveals impacts from climatic refuges and migration effects. **Genetic Resource and Crop Evolution**, v. 60, n. 2, p. 483-501.
- DAVIS, A. P.; BRIDSON, D. M.; RAKOTNASOLO, F. A reexamination of *Coffea* subgenus *Baracoffea* and comments on the morphology and classification of *Coffea* and *Psilanthus* (Rubiaceae-Coffeae). In: KEATING, R.C.; HOLLOWELL, V.C.; CROAT, T. (Ed.). **Festschrift for William G. D'Arcy: the legacy of a taxonomist**. Missouri: MBG Press, 2005. p. 398-420. (Monograph in Systematic Botany 104).
- DAVIS, A. P.; GOVAERTS, R.; BRIDSON, D. M.; STOFFELEN, P. An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, Londres, v. 152, n. 4, p. 465-512, 2006.
- DAVIS, A. P.; TOSH, J.; RUCH, N.; FAY, M. F. Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data; implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, Londres, v. 167, n. 4, p. 357-377. 2011.
- DE NETTANCOURT, D. Incompatibility in angiosperms. **Sexual Plant Reproduction**, New York, v.10, p.185-199, 1997.
- DORÉ, C.; VAROQUAUX, F. **Histoire et amelioration des cinquante plantes cultivées**. Paris: Inra, 2006. p.163-182. (Savoir Faire).
- DUSSERT, S.; LASHERMES, P.; ANTHONY, F.; MONTAGNON, C.; TROUSLOT, P.; COMBES, M.C.; BERTHAUD, J.; NOIROT, M.; HAMON, S. Le caféier, *Coffea canephora*. In: HAMON, P.; SEGUIN, M.; PERRIER, X.; GLASZMANN, J-C. (Ed.) **Diversité génétique des plantes tropicales cultivées**. Montpellier, France: Cirad, 1999. p. 175-794.
- FAZUOLI, L. C.; MISTRO, J. C.; BRAGHINI, M. T. Melhoramento do café robusta no Instituto Agrônomo de Campinas. In: ZAMBOLIM, L. (Ed). **Tecnologias para produção do café conilon**. Viçosa, MG: UFV, 2009. p. 201-247.

FERRÃO, L. F. V.; CAIXETA, E. T.; SOUZA, F. F.; ZAMBOLIM, E. M.; CRUZ, C. D.; ZAMBOLIM, L.; SAKIYAMA, N. S. Comparative study of different molecular markers for classifying and establishing genetic relationships in *Coffea canephora*. **Plant systematics and evolution**, New York, v. 229, n. 1, p. 225-238, 2013.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; BRAGANÇA, S. M.; VERDIN-FILHO, A. C.; VOLPI, P. S. Cultivares de café conilon. In: FERRÃO R. G., FONSECA A. F. A.; BRAGANÇA S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (Ed.) **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 203-225.

GOMÉZ, C.; DUSSERT, S.; HAMON, P.; HAMON, S.; de KOCHKO, A.; PONCET, V. Current genetic differentiation of *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner in the Guineo-Congolian African zone: cumulative impact of ancient climatic changes and recent human activities. **BMC Evolutionary Biology**, v. 9, p.167, 2009.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. Exports by exporting countries to all destinations. Disponível em: <<http://www.ico.org/prices/m1.htm>>. Acesso em: 12 Dez. 2013.

LASHERMES, P.; COMBES, M.C.; TROUSLOT, P.; CHARRIER, A. Phylogenetic relationships of coffee-tree species (*Coffea* L.) as inferred from ITS sequences of nuclear ribosomal DNA. **Theoretical Applied Genetics**, New York, v. 94, n. 6-7, p. 947-955. 1997.

LASHERMES, P.; COUTURON, E.; MOREAU, N.; PAILLARD, M.; LOUARN, J. Inheritance and genetic mapping of self-incompatibility in *Coffea canephora* Pierre. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 93, n. 3, p. 458-462. 1996.

LEBRUN J. **Recherches morphologiques et systématiques sur les caféiers du Congo**. [Bruxelles]: [s. n.], 1941. 184p. Section des sciences naturelles et médicales. Mémoires in - 8. Tome 11. Fasc. 3.

MARCOLAN, A.L.; RAMALHO, A.R.; MENDES, A.M.; TEIXEIRA, C.A.D.; FERNANDES, C.D.F.; COSTA, J.N.M.; VIEIRA JÚNIOR, J.R.; OLIVEIRA, S.J.D.M.; FERNANDES, S.R.; VENEZIANO, W. **Cultivo dos cafeeiros Conilon e Robusta para Rondônia**. Porto Velho: Rondônia, 2009. 67p. (Embrapa Rondônia. Sistema de Produção, 33).

MARTINS, A. L. **História do café**. São Paulo: Contexto, 2008. 316p.

MAURIN, O.; DAVIS, P.A.; CHESTER, M.; MVUNG, E.F.; JAUFEEERALLY-FAKIM, Y.; FAY, M.F. Towards a phylogeny for *Coffea* (Rubiaceae): Identifying well-supported lineages based on nuclear and plastid DNA sequences. **Annals of Botany**, Londres, v. 100, n. 7, p.1565-1583, 2007.

MONTAGNON, C.; CUBRY, P.; LEROY, T. Amélioration génétique du caféier *Coffea canephora* Pierre: connaissances acquises, stratégies et perspectives. **Cahiers Agriculture**, [Paris], v. 21, n. 2-3, p. 143-153. 2012.

MONTAGNON, C.; LEROY, T. Réaction à la sécheresse de jeunes caféiers *Coffea canephora* de Côte-d'Ivoire appartenant à différents groupes génétiques. **Café Cacao Thé**, Paris, v. 37, n. 3, p.179-189. 1993.

MONTAGNON, C.; LEROY, T.; ESKES, A. B. Amélioration variétale de *Coffea canephora*. I. Critères et méthodes de sélection. **Plantations, Recherche, Développement**, Paris, v. 5, n. 1, p.18-33, 1998a.

MONTAGNON, C.; LEROY, T.; ESKES, A.B. Amélioration variétale de *Coffea canephora*. II. Les programmes de sélection et leurs résultats. **Plantations, Recherche, Développement**, Paris, v. 5, n. 1, p. 89-98, 1998b.

MOSCHETTO, D.; MONTAGNON, C.; GUYOT, B.; PERRIOT, J.J.; LEROY, T.; ESKES, A.B. Studies on the effect of genotype on cup quality of *Coffea canephora*. **Tropical Science**, Londres, v. 36, n. 1, p. 18-31. 1996.

MUSOLI, C. P.; CUBRY, P.; ALUKA, P.; BILLOT, C.; DUFOUR, M.; DE BELLIS, F.; POT D.; BIEYSSE, D.; CHARRIER, A.; LEROY, T. Genetic differentiation of wild and cultivated populations: Diversity of *Coffea canephora* Pierre in Uganda. **Genome**, Ottawa, v. 52, n.7, p.634-646, 2009.

N'DIAYE, A.; PONCET, V.; LOUARN, J.; HAMON, S.; NOIROT, M. Genetic differentiation between *Coffea liberica* var. *liberica* and var. *Dewevrei* and comparison with *C. canephora*. **Plant System Evolution**, New York, v. 253, n. 1-4, p. 95-104, 2005.

NOWAK, M. D.; DAVIS, A. P.; ANTHONY, F.; YODER, A. D. Expression and trans-specific polymorphism of self-incompatibility RNases in *Coffea* (Rubiaceae). **PLoS ONE**, v. 6, n. 6, p.e21019, 2011.

RESENDE, M. D. V.; BARBOSA, M. H. P. **Melhoramento genético de plantas de propagação assexuada**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 130p.

SCHIFINO-WITTEMAN, M. T.; DALL'AGNOL, M. Autoincompatibilidade em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 1083-1090, 2002.



SOUZA, F. de F.; CAIXETA, E. T.; FERRÃO, L. F. V.; PENA, G. F.; SAKIYAMA, N. S.; ZAMBOLIM, E. M.; ZAMBOLIM, L.; CRUZ, C. D. Molecular diversity in *Coffea canephora* germplasm conserved and cultivated in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 13, p. 221-227, 2013.

SOUZA, F. F.; SANTOS, M. M.; VENEZIANO, W. Manejo de recursos genéticos de café em Rondônia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro, BA. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2003. p. 238.

STOFFELEN P., NOIROT, M.; COUTURON, E.; BONTEMS, S.; DE BLOCK, P.; ANTHONY, F. *Coffea anthonyi*, a new self compatible Central African coffee species, closely related to an ancestor of *Coffea arabica*. **Taxon**, Utrecht, v. 58, n. 1, p.133-140. 2009.