

RECURSOS GENÉTICOS DE *Arachis*: AVANÇOS NO CONHECIMENTO BOTÂNICO E A SITUAÇÃO ATUAL DE CONSERVAÇÃO E USO

Valls, J. F. M.¹

RESUMO

O gênero *Arachis* contém 80 espécies, do Brasil, Bolívia, Paraguai, Argentina e Uruguai, entre as quais se destaca o amendoim (*A. hypogaea*), cuja área potencial de origem ainda inclui o Peru. Outras espécies são cultivadas para a produção de grãos e como forrageiras, ornamentais ou para controle da erosão, e têm-se utilizado espécies silvestres com sucesso no melhoramento do amendoim, espécie cultígena tetraplóide. *Arachis hypogaea* tem seis variedades, com centros de diversidade distintos, mas ainda se encontram "landraces" de difícil enquadramento taxonômico. Muitas cultivares modernas tem genealogia mista, o que compromete sua representatividade em análises de diversidade. Os recursos genéticos de *Arachis* têm sido coletados de modo compreensivo, disciplinado e cooperativo, havendo vários bancos de germoplasma, protocolos para conservação complementar *in vitro*, um catálogo internacional das espécies silvestres, sugestões de prioridades para coletas futuras e um esforço dinâmico de caracterização quanto a aspectos taxonômicos, morfológicos, citogenéticos, filogenéticos, fitopatológicos, moleculares e fitotécnicos. *Arachis* é um bom modelo biológico para estudos moleculares e de prospecção de genes, pela ampla representação de sua diversidade e pela excepcional cobertura geográfica do germoplasma disponível. Cada um dos países de origem tem espécies de grande importância e uma ação coordenada poderia trazer-lhes a liderança em decisões internacionais sobre a pesquisa colaborativa de aspectos biológicos e ecológicos, o aproveitamento sustentável e o compartilhamento estratégico desta riqueza regional.

PALAVRAS CHAVE: amendoim, germoplasma, diversidade, melhoramento, América do Sul.

SUMMARY

GENETIC RESOURCES OF *Arachis*: ADVANCES IN THE BOTANICAL KNOWLEDGE AND PRESENT STATUS OF CONSERVATION AND USE

The genus *Arachis* comprises 80 species from Brazil, Bolivia, Paraguay, Argentina e Uruguay, among which the peanut (*A. hypogaea*) is outstanding, and has a broader potential area of origin, including Peru. Other species are cultivated for grain or forage, as ornamentals or as cover crops for erosion control, and wild species have been successfully used in breeding programs targeted at the tetraploid cultigen. *Arachis hypogaea* has six botanical varieties, with distinct centers of diversity, but landraces of doubtful taxonomic affiliation still can be found. Many modern cultivars have a mixed pedigree, which hinders their use as representatives of varieties in analyses of genetic diversity. The genetic resources of *Arachis* have been collected in a comprehensive, disciplined and cooperative way. There are several genebanks, protocols developed for complementary *in vitro* conservation, an international catalogue of the wild species, suggestions of priorities for further collection, and a dynamic effort of characterization from the taxonomic, morphological, cytogenetic, phylogenetic, phytopathological, molecular and agronomic standpoints. *Arachis* is a good biological model for molecular studies and gene prospecting, due to the broad representation of its diversity and the exceptional geographic coverage of the available germplasm. Each of the countries of origin has species of great importance and a concerted action could bring them the leadership on international decisions on the collaborative research of biological and ecological aspects, the sustainable use and strategic sharing of this regional asset.

KEY WORDS: peanut, germplasm, diversity, plant breeding, South America.

¹Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia Brasília, DF, Brasil. E-mail: valls@cenargen.embrapa.br

INTRODUÇÃO

O gênero *Arachis* L. contém 80 espécies nativas do Brasil, Bolívia, Paraguai, Argentina e Uruguai (Krapovickas & Gregory, 1994; Valls & Simpson, 2005). Além do amendoim (*A. hypogaea* L.), várias espécies tem importância econômica e algumas têm-se projetado como novas opções forrageiras, ornamentais e para controle da erosão. O interesse pelos recursos genéticos de *Arachis* provém do impacto econômico e ecológico potencial da exploração da diversidade de suas espécies cultivadas e das expectativas de transferência de atributos desejáveis das espécies silvestres às cultivadas, graças à compatibilidade reprodutiva, mesmo que se mostre necessária a manipulação de níveis de ploidia.

ESTRUTURA SISTEMÁTICA E ASPECTOS ETNOBOTÂNICOS

A estrutura sistemática do gênero, subdividido em nove seções taxonômicas, foi estabelecida na monografia de Krapovickas & Gregory (1994) e recentemente ampliada pela adição de onze espécies, incorporadas a seis dessas seções (Valls & Simpson, 2005).

A origem do amendoim é associada a um eventual cruzamento entre duas espécies silvestres diplóides, provavelmente *A. ipaënsis* Krapov. & W.C. Greg. e *A. duranensis* Krapov. & W.C. Greg., que teria resultado em um híbrido estéril, cujos cromossomos foram naturalmente duplicados, levando à restauração da fertilidade e provável seleção de controle genético da meiose. Embora tal processo tenha sido recentemente reconstituído (Fávero, 2004), resultando em um anfidiplóide sintético cujos híbridos com as variedades de *A. hypogaea* são plenamente férteis, também é admissível que tenham ocorrido mais de um desses eventos (Simpson *et al.*, 2001). Ainda há disputa sobre as espécies diplóides envolvidas (Raina & Mukay, 1999), bem como sobre o local em que se deu ou se deram os eventos de hibridação originais. Porém, parece lógico aceitar-se que tais eventos tenham ocorrido em áreas de cultivo de espécies diplóides, que incluíssem plantas com genomas distintos, e não nos ambientes naturais de ocorrência de populações silvestres dessas espécies diplóides, geralmente muito isoladas entre si.

O encontro de frutos identificáveis como de *A. duranensis* e de *A. magna* Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson ou *A. ipaënsis*, ou ainda de *A. monticola* Krapov. & Rigoni, entre vestígios arqueológicos de Casma, no litoral do Peru (Simpson *et al.*, 2001), reforça a primeira hipótese. Tais espécies, hoje consideradas apenas silvestres, poderiam ter sido cultivadas naquela área, no passado

remoto. Ressalte-se que não há qualquer evidência de ocorrência natural de espécies de *Arachis* na vertente ocidental dos Andes. Por outro lado, *A. monticola*, geneticamente muito similar a *A. hypogaea*, vegeta na vertente oriental, no noroeste argentino (Krapovickas & Gregory, 1994), podendo ser remanescente de um segundo processo de origem e domesticação, ou apenas representar uma linhagem assilvestrada, derivada do amendoim ao longo de sua evolução e dispersão sob controle humano.

A ORIGEM CENTRO-BRASILEIRA DO GÊNERO E A DISPERSÃO NATURAL DE SUAS ESPÉCIES

A análise integral da variação morfológica, citogenética e fitogeográfica situa espécies ocorrentes nas maiores altitudes, no Brasil Central, como as mais primitivas (Krapovickas & Gregory, 1994). O núcleo é formado pelas duas espécies da seção *Trirectoides*, ambas com três folíolos por folha e cariótipos muito simétricos, e espécies das seções *Erectoides* e *Extranervosae*, já com quatro folíolos, mas também perenes. Delas derivam, de forma centrífuga, as espécies das demais seções, que mostram cariótipos crescentemente assimétricos, nos quais diminui a proporção de cromossomos metacêntricos, variam os tipos de cromossomos com satélites e surgem cromossomos nitidamente distintos, além de mudanças de número somático e nível de ploidia (Fernández & Krapovickas, 1994). O ciclo anual se manifesta em parte das espécies da seção *Arachis* e em todas as da seção *Heteranthae*, permitindo-lhes a continuação do avanço centrífugo sobre ambientes semi-áridos (Chaco e Caatinga). Com isto, a área de ocorrência natural do gênero alcança a ilha de Marajó, o sopé da cordilheira dos Andes, na Bolívia e Argentina, as margens do rio da Prata, no Uruguai, e o litoral atlântico brasileiro.

Devido à produção subterrânea de frutos, a dispersão é limitada. O afastamento das sementes restringe-se, a cada ano, a pouco mais de um metro de onde germinou a planta mãe, o que resulta em populações com expansão lenta do perímetro e forte isolamento. Eventos naturais fortuitos, como o desprendimento de barrancas de rios durante enchentes, arrastando a cobertura vegetal, podem favorecer a dispersão e até mudanças de bacias hidrográficas. Mas, é óbvia a participação do homem primitivo na dispersão de várias espécies, documentada pela longa disjunção de *A. stenosperma* Krapov. & W.C. Greg. no Brasil Central e no litoral atlântico do Paraná e São Paulo (Krapovickas & Gregory, 1994; Valls, 1996; Custódio, 2005). Por sua vez, as espécies trazidas ao cultivo no século XX

alcançaram difusão ampla em poucas décadas, várias delas escapando às fronteiras de seus países de origem.

IMPORTÂNCIA DAS ESPÉCIES PARA O MELHORAMENTO DO AMENDOIM E OUTROS USOS

A partir da metade do século XX, passou a ser reconhecido o valor das espécies silvestres geneticamente mais próximas ao amendoim, com potencial de uso em seu melhoramento. Desde então, tem sido dada ênfase à coleta, caracterização e conservação de germoplasma de espécies de *Arachis*, com destaque para *A. monticola*, *A. cardenasii* Krapov. & W.C. Greg., *A. diogoi* Hoehne, *A. batizocoi* Krapov. & W.C. Greg., *A. duranensis*, *A. stenosperma*, *A. villosa* Benth., *A. ipaënsis* e *A. magna* (Stalker & Simpson, 1995). As quatro primeiras fazem parte do pedigree de cultivares modernas de amendoim (Isleib *et al.*, 2001; Simpson *et al.*, 1993).

Em paralelo, algumas espécies mais distantes do amendoim passaram a ser pesquisadas quanto ao potencial de produção de forragem. Este interesse foi realçado, a partir da década de 80, pelo lançamento de cultivares de *A. glabrata* Benth. e *A. pintoii* Krapov. & W.C. Greg. *A. primeira* tornou-se um cultivo importante no sudeste dos Estados Unidos (French *et al.*, 1994). A segunda mostrou-se promissora para sistemas agropastoris tropicais sustentáveis e hoje é cultivada comercialmente na Austrália, Ásia, África, no Havaí e em toda a América Tropical (Cook & Crosthwaite, 1994; Kerridge & Hardy, 1994; Ayarza *et al.*, 1999; Paganella & Valls, 2002). *Arachis kretschmeri* Krapov. & W.C. Greg. também foi recomendada para cultivos forrageiros na Flórida (Kretschmer & Wilson, 1988).

Porém, a exploração de espécies de *Arachis* como novas opções agrícolas ultrapassa o uso forrageiro, estendendo-se a forrações ornamentais (Veiga *et al.*, 2003) e cultivos de cobertura para controle de erosão. Com estes usos, *Arachis repens* Handro expandiu-se pela América Tropical e África. *Arachis kempff-mercadoi* Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson, inicialmente difundida em Santa Cruz de la Sierra, na Bolívia, hoje forma gramados ornamentais em Belém, PA, e Recife, PE, no Brasil. *Arachis helodes* Mart. ex Krapov. & Rigoni e *A. kuhlmannii* Krapov. & W.C. Greg. tem o mesmo uso, mas ainda próximas a seus sítios de ocorrência natural.

Também é notável a persistência do cultivo para produção de grãos alimentícios, entre indígenas brasileiros, de *A. villosulicarpa* Hoehne e *A. stenosperma* (Stalker & Simpson, 1995; Valls, 1996; Custódio, 2005). A primeira

espécie é cultivada por três grupos indígenas no Mato Grosso e a segunda foi localizada, em condições de cultivo, em uma reserva indígena da costa atlântica do Paraná (Monçato, 2000). *Arachis villosulicarpa* tem altos teores de óleo nas sementes e seu conteúdo de triptofano supera toda a variação encontrada, nos Estados Unidos, no amendoim comum (Amaya-F. *et al.*, 1977). Não tem qualquer relação genética com *A. hypogaea*, o que indica ter resultado de um processo de domesticação indígena independente, localizado no Brasil, onde é endêmica a secção *Extranervosae*, à qual pertence (Krapovickas & Gregory, 1994). Apesar de sua pequena área conhecida de cultivo e da baixa disponibilidade de germoplasma, a grande capacidade de regeneração *in vitro* de *A. villosulicarpa* (Mansur *et al.*, 1993) tem despertado interesse internacional por sua integração a protocolos de transformação genética de *A. hypogaea*, voltados à resistência a vírus, nos quais *A. villosulicarpa* se mostra viável para o desenvolvimento de culturas de células indutoras de regeneração, desde o mesmo estado (*nurse cultures*), em culturas de células transformadas de *A. hypogaea*.

A transferência de atributos de outras espécies a *A. hypogaea* tem sido bem sucedida, desde que a partir daquelas da secção *Arachis*. Inicialmente, foram transferidos caracteres de *A. monticola*, espécie tetraplóide espontânea na natureza. As cultivares Spancross e Tamnut 74 tem *A. monticola* em sua genealogia (Isleib *et al.*, 2001). Mais recentemente, Simpson *et al.* (1993) liberaram a linhagem TxAG6, a partir de um tri-híbrido sintético de (*A. cardenasii* x *A. diogoi*) x *A. batizocoi*, cujos cromossomos foram duplicados com colchicina. Esta linhagem mostra várias características desejáveis e deu origem à cultivar Coan de *A. hypogaea*, resistente a nematóides (Simpson, 1999). Os genes de resistência provém de *A. cardenasii*, de onde também vem sendo aproveitados a partir da análise de linhas de introgressão tetraplóides segregantes, derivadas de um cruzamento de *A. hypogaea* com *A. cardenasii* (Garcia *et al.*, 1996).

CARACTERÍSTICAS DAS SUBESPÉCIES E VARIEDADES DO AMENDOIM

Arachis hypogaea tem seis variedades, abrigadas em duas subespécies (Krapovickas & Gregory 1994). A variedade típica, de ciclo longo, sem flores no eixo central e com ramificações vegetativas ou reprodutivas alternadas nos ramos primários, corresponde ao tipo agrícola "Virginia" e é de ampla ocorrência no Brasil e na Bolívia. Também da subespécie *hypogaea*, mas com maior pilosidade nos folíolos e ciclo ainda mais longo, a variedade

hirsuta Köhler tem sua distribuição atual concentrada na costa peruana, de onde estende-se à América Central e México, alcança a Ásia e chega até Madagascar. Sua dispersão já era ampla no passado remoto, sendo encontrada entre vestígios arqueológicos da costa do Peru e da Argentina. A variabilidade encontrada no Velho Mundo e dados arqueológicos sugerem contatos remotos e não descartam a possibilidade destes terem sido pré-colombianos (Krapovickas, 1998).

Na subespécie *fastigiata* Waldron, de ciclo mais curto, flores sobre o eixo central e ramificações reprodutivas e vegetativas desordenadas ao longo dos ramos primários, encontra-se a variedade *vulgaris* C. Harz, centrada na bacia do rio Uruguai (Mesopotâmia argentina, Uruguai e Rio Grande do Sul), com frutos bisseminados e correspondente ao tipo agrícola "Spanish". A variedade *fastigiata*, com frutos com mais de duas sementes e retículo do pericarpo pouco perceptível, corresponde ao tipo "Valencia" e tem centros de diversidade no Paraguai e no Brasil Central e Nordeste, estendendo-se ao Peru. As outras duas variedades, *aequatoriana* Krapov. & W.C. Greg., do Equador e norte do Peru, e *peruviana* Krapov. & W.C. Greg., do Peru, noroeste da Bolívia e Acre, com frutos com mais de duas sementes e retículo do pericarpo muito evidente, tem área de cultivo mais circunscrita (Krapovickas, 1995). A diversidade genética de *A. hypogaea*, antes considerada baixa, vem sendo revelada pelo uso de marcadores moleculares mais discriminantes, como os micro-satélites (Ferguson *et al.*, 2004; Moretzshon *et al.*, 2004).

O germoplasma brasileiro de amendoim ainda inclui tipos de difícil enquadramento na circunscrição morfológica das variedades acima, especialmente entre aqueles cultivados por indígenas na bacia do rio Xingu (Freitas & Valls, 2001). Com raras exceções, as cultivares tradicionais de *A. hypogaea* são de uso bastante localizado, classificando-se bem como "landraces". Destaca-se, porém, pela ocorrência ampla, o amendoim "guaicuru" (Krapovickas, 1995), com muitos nomes locais, mas extrema uniformidade.

As cultivares modernas, liberadas por instituições de pesquisa, mostram alto grau de parentesco (Knauff & Gorbet, 1989; Isleib *et al.*, 2001) e em geral são classificadas conforme os tipos "Spanish", "Valencia" ou "Virginia". Tais cultivares tem sido utilizadas, às vezes impropriamente, como representantes de variedades botânicas, em análises de diversidade genética. No entanto, é comum que derivem de germoplasma de mais de uma variedade ou subespécie (Isleib *et al.*, 2001; Moretzsohn *et al.*, 2004), o que compromete a representatividade taxonômica pretendida.

O elevado valor econômico do germoplasma brasileiro de amendoim foi destacado por Isleib *et al.* (2001): O acesso PI 203396, coletado em Porto Alegre, RS, em 1952, entrou

na formação de cultivares norte-americanas, como fonte de resistência à mancha preta (*Cercosporidium personatum* (Berk. & Curt.) Deighton), transmitindo, em paralelo, às cultivares dele derivadas, a resistência ao Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV), um problema grave surgido anos mais tarde. Pela estimativa de Isleib *et al.* (2001), o uso dessas cultivares garante uma economia anual de 200 milhões de dólares à agricultura dos Estados Unidos. O uso de cultivares derivadas do acesso PI 221057, fonte de resistência à *Sclerotinia* fornecida pelo Instituto Agrônomo de Campinas, SP, mas também originária do Rio Grande do Sul (I.B.M 19/3=Instituto Borges de Medeiros 19/3), resulta em ganhos anuais estimados em 5 milhões de dólares. Mas, além disto, é importante lembrar que todas as cultivares comerciais de amendoim dos dias de hoje descendem de tipos primitivos cultivados, em tempos remotos, nos cinco países que possuem espécies silvestres, além do Peru, Equador e outros raros países latino-americanos.

COLETA DE GERMOPLASMA, CONSERVAÇÃO *ex situ* E DISPONIBILIDADE ATUAL DE VARIABILIDADE

A coleta de germoplasma de espécies de *Arachis* tem sido conduzida de forma disciplinada, nos últimos 40 anos, na maior parte sob liderança de Antonio Krapovickas (Instituto de Botânica del Nordeste/IBONE, Argentina), Walton C. Gregory (North Carolina State University/NCSU) e Charles E. Simpson (Texas Agricultural Experiment Station/TAES, Estados Unidos) e José F. M. Valls (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia/Cenargen, Brasil). Cerca de 1500 acessos obtidos vem sendo mantidos viáveis. Perdas eventuais tem exigido novas coletas nos sítios originais, com elevado sentido de cooperação entre os pesquisadores e instituições envolvidos (Simpson, 1991; Krapovickas, 1994; Stalker & Simpson, 1995; Valls *et al.*, 1995). Expedições realizadas a partir de Brasília, cidade situada no centro geográfico da área de ocorrência das espécies silvestres, permitiram a constatação da simpatria entre secções antes consideradas isoladas, além de grande expansão do número de acessos das quatro secções exclusivas do Brasil (*Caulorrhizae*, *Extranervosae*, *Heteranthae* e *Triseminatae*). Porém, persistem lacunas taxonômicas e geográficas, que sugerem prioridades de coletas futuras. Além da necessidade de resgate de populações fadadas ao desaparecimento em áreas de grande pressão agrícola e antrópica e da procura de eventuais novas espécies, que podem expandir a diversidade do

germoplasma atual, há espécies bolivianas e paraguaias que provavelmente terão sua ocorrência confirmada no Brasil e espécies brasileiras provavelmente compartilhadas com esses países. Ao menos quatro espécies de Corumbá, MS, podem estar presentes em áreas vizinhas da Bolívia, assim como *A. magna* e *A. glandulifera*, inicialmente consideradas endêmicas da Bolívia, tiveram sua presença documentada no Brasil (Pittman *et al.*, 1996).

A associação de dados precisos dos sítios originais de coleta, no início buscados em mapas e, mais recentemente, obtidos a campo, com auxílio da tecnologia GPS, permitiu sua consolidação no Catálogo Internacional de Germoplasma de *Arachis* (Stalker *et al.*, 2000), disponibilizado na Internet. A aplicação de Sistemas de Informação Geográfica (GIS) a essa base de dados tem garantido melhor análise fitogeográfica das espécies (Ferguson *et al.*, 2005) e maior objetividade na busca de variabilidade adicional (Jarvis *et al.*, 2003).

Das 80 espécies descritas, apenas *A. martii* Handro, de Campo Grande, MS, está ausente em bancos de germoplasma. O germoplasma da espécie, coletado há quatro décadas, não sobreviveu fora da área de origem, e ela não foi mais encontrada no próprio ambiente, hoje totalmente urbanizado. Mas cabe destacar que um híbrido de *A. martii* com outra espécie da seção Erectoides persiste em coleção viva em Stephenville, Texas, o que permitiria a identificação de marcadores moleculares exclusivos da primeira espécie, apesar de sua indisponibilidade.

Até surgirem as atuais barreiras, que dificultam o intercâmbio de germoplasma entre muitos países, as amostras coletadas eram duplicadas, por segurança, em mais de um país, o que já permitiu seu repatriamento em diversas oportunidades. As principais coleções de germoplasma do amendoim e demais espécies de *Arachis* situam-se no International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics/ICRISAT, Índia, no United States Department of Agriculture/USDA, TAES e NCSU, nos Estados Unidos, no Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria/INTA, Argentina e na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e Instituto Agrônomo de Campinas/IAC, no Brasil. O Centro Internacional de Agricultura Tropical/CIAT, na Colômbia, mantém em duplicata um conjunto de acessos com potencial forrageiro.

A conservação *ex situ* é realizada por sementes periodicamente multiplicadas e/ou plantas vivas mantidas em vasos, cujos números são muito variáveis por espécie e por acesso (Stalker & Simpson, 1995). Espécies rizomatosas, como *A. glabrata*, raramente produzem sementes, o que exige sua manutenção por via vegetativa, com renovação periódica do substrato dos vasos. Sua

multiplicação a campo é impraticável, pois a rápida formação de uma rede de rizomas leva à perda de identidade dos acessos em poucos anos. Já em Extranervosae, cujas espécies costumam ter crescimento lento e exigências de solo muito específicas, tem-se obtido sucesso no desenvolvimento de protocolos alternativos para o resgate de materiais inviáveis e a conservação *in vitro* (Gagliardi *et al.*, 2000, 2002a, 2002b, 2003, 2004), que também favoreceriam o intercâmbio internacional de germoplasma em condições fitossanitárias adequadas.

A partir das coleções *ex situ*, amplo germoplasma de espécies de *Arachis* tem sido mantido disponível para esforços colaborativos de caracterização, avaliação e uso. O fornecimento é sempre em quantidades limitadas, compatíveis com as práticas de circulação de amostras de germoplasma. Por serem mais prolíficas, as espécies anuais tendem a estar mais prontamente disponíveis, enquanto outras exigem planejamento antecipado e multiplicação específica para o atendimento de solicitações. Acessos facilmente propagáveis por via vegetativa, como os de Caulorrhizae e Rhizomatosae, podem ser intercambiados por meio de estolhos ou rizomas, mas há obstáculos para esta forma de intercâmbio, advindos do maior risco fitossanitário (Ferreira & Flechtmann, 1997), ao qual se contrapõe crescentes restrições quarentenárias.

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, FITOPATOLÓGICA E CITOGENÉTICA

A crescente disponibilidade de acessos de *Arachis* exigiu o desenvolvimento de listas de descritores, para uniformização da caracterização em bancos de germoplasma. Descritores para amendoim foram estabelecidos pelo antigo IBPGR (hoje IPGRI) e ICRISAT (1992), sendo disciplinadamente aplicados por Simpson *et al.* (1992). Para acessos silvestres, tem-se tratado de aplicar descritores exclusivos para espécies (Veiga *et al.*, 1999; Monçato, 2000; Custodio, 2005) ou grupos de espécies muito próximas (Stalker, 1990; Monçato, 1995; Veiga *et al.*, 2001), uma vez que os descritores generalizados inicialmente propostos (IBPGR, 1990) tendem a agrupar acessos de mesma espécie, falhando em sua discriminação.

A caracterização fitopatológica do germoplasma é imperativa, pela intenção de incorporação de fontes de resistência a pragas e doenças aos programas de melhoramento. Porém, são raras as observações realizadas em experimentos com inoculação dos patógenos, o que permite que resultados negativos por ausência de infecção sejam confundidos com resistência. Experimentos em andamento em instituições brasileiras e no ICRISAT, Índia, tem garantido a possibilidade de infecção, tanto de

doenças foliares quanto de viroses e nematóides. Tais análises estão em franca expansão (Leal-Bertioli *et al.*, 2000; Fávero *et al.*, 2003). Enquanto a ausência de sinais e sintomas de doenças pode mascarar a susceptibilidade, sua presença produz observações conclusivas. Por isto, a documentação da incidência de patógenos já é iniciada por ocasião das coletas na natureza, sendo continuada durante o crescimento das plantas em casas de vegetação e a campo, através da observação contínua (Ramos *et al.*, 1999).

Quanto à citogenética, Husted (1933, 1936) estudou a morfologia dos cromossomos de *A. hypogaea*, constatando a presença de $2n=4x=40$, com dois pares muito diferenciados. O primeiro (SAT) mostrava uma constrição secundária. O segundo, nitidamente menor que os demais, apresentava-se bem menos corado antes da metáfase e foi denominado "par A". A fórmula genômica AABB tem sido utilizada para fazer referência aos dois genomas originais, o primeiro caracterizado pela presença do par de cromossomos menor (A).

Fernández & Krapovickas (1994) conduziram o estudo citogenético mais completo do gênero. Todas as espécies analisadas por eles apresentavam o par de cromossomos SAT, à exceção de um acesso de *A. valida* Krapov. & W.C. Greg., que mostra dois. Fernández & Krapovickas (1994) classificaram os cromossomos SAT em 10 tipos. A isto associaram a presença do par A, só registrada para algumas espécies da secção *Arachis*. *Arachis tuberosa* Benth. e *A. guaranítica* Chodat & Hassl., da secção Trierectoides, foram consideradas as espécies mais primitivas, tanto por sua exomorfologia, como por terem dez pares de cromossomos metacêntricos, com o índice centromérico médio mais elevado do gênero (Fernández & Krapovickas, 1994; Lavia, 1999). Em outro extremo, *A. glandulifera* Stalker, da secção *Arachis*, mostra o cariótipo mais assimétrico, com seis pares subteloentrícos (Peñaloza, 2000).

Até meados de 1996, todas as espécies analisadas mostravam $2n=20$ ou 40 . Só quatro eram tetraplóides: *A. hypogaea*, *A. monticola*, *A. glabrata* e *A. pseudovillosa* (Chodat & Hassl.) Krapov. & W.C. Greg., as duas últimas da secção Rhizomatosaes. Lavia (1996, 1998) relatou um novo número, $2n=18$, para *A. palustris* Krapov., W.C. Greg. & Valls e *A. praecox* Krapov., W.C. Greg. & Valls, espécies anuais da secção *Arachis*, que se repetiu na espécie afim *A. decora* Krapov., W.C. Greg. & Valls e ainda em *A. porphyrocalyx* Valls & Simpson, nova espécie da secção Erectoides (Peñaloza, 2000; Peñaloza & Valls, 2005).

A identificação dos doadores dos genomas A e B do amendoim tem grande impacto teórico e prático. A partir de evidências citogenéticas, aliadas ou não a dados moleculares, bem como aos resultados de cruzamentos

interespecíficos, distintos pares de espécies foram propostos: *A. cardenasii* (A) e *A. batizocoi* (B) (Smartt *et al.*, 1978), *A. duranensis* e *A. batizocoi* (Singh, 1986; Singh & Smartt, 1998), *A. duranensis* e *A. ipaënsis* (Fernández & Krapovickas, 1994; Kochert *et al.*, 1996) e *A. villosa* e *A. ipaënsis* (Raina & Mukai, 1999). Recentemente, Seijo *et al.* (2004) demonstraram, utilizando FISH, a consistência da hipótese baseada em *A. duranensis* x *A. ipaënsis*, cabendo a Fávero (2004) consolidar tal conclusão, pela reconstrução do processo, coroada pela fertilidade dos híbridos entre o anfidiplóide desse par de espécies e distintas variedades de *A. hypogaea*.

CARACTERIZAÇÃO MOLECULAR

A pesquisa molecular do gênero *Arachis* vem crescendo em intensidade em instituições de pesquisa da área de origem do gênero. Distintas linhas de investigação tem abordado as proteínas de reserva de sementes, isoenzimas, RAPD, RFLP, AFLP e SSR. A análise de proteínas de reserva foi esclarecedora na determinação da condição híbrida de um acesso de *A. pintoi* de grande potencial agrônomo (BRA-031143), cujos indivíduos mostraram nítida segregação quanto aos fenótipos encontrados, sempre constantes entre indivíduos dos demais acessos (Bertoza & Valls, 2001). Análises de isoenzimas documentaram a uniformidade das distintas cultivares da mesma espécie, lançadas em seis países, a partir da multiplicação de um único acesso originalmente coletado no Brasil (Valente *et al.*, 2001; Paganella & Valls, 2002).

Embora os marcadores RAPD sejam considerados de baixa capacidade discriminatória, a análise da diversidade genética por seu intermédio, entre espécies e acessos de diversas secções taxonômicas (Coelho *et al.*, 2001; Valente *et al.*, 2003; Nóbile *et al.*, 2004) tem produzido resultados coerentes com a classificação taxonômica proposta, a partir de aspectos morfológicos, na monografia de Krapovickas & Gregory (1994). Quando usadas em paralelo, as análises para caracterização de espécies de *Arachis* por RAPD e RFLP tem dado margem a interpretações similares (Galgaro *et al.*, 1998). Análises com RFLP, AFLP e SSR (Gimenes *et al.*, 2002a, 2002b), apesar de ainda cobrirem poucos acessos, tem confirmado a proximidade de *A. ipaënsis* e *A. duranensis* em relação a *A. hypogaea*. Há esforços de busca de marcadores capazes de discriminar a variabilidade entre acessos de *A. hypogaea* (Ferguson *et al.*, 2004; Moretzsohn *et al.*, 2004), bem como para a identificação de marcadores vinculados a caracteres de importância agrônomo, como a resistência a nematóides (Garcia *et al.*, 1996; Leal-Bertioli *et al.*, 2000) e o mapeamento genético (Moretzsohn *et al.*, 2005). O gênero mostra

situação privilegiada como modelo para estudos moleculares e de prospecção de genes, pela ampla representação de sua variação taxonômica e excepcional cobertura geográfica do germoplasma disponível.

CONSIDERAÇÕES FINAIS: O BRASIL E O CONE SUL COMO FONTES DE DIVERSIDADE GENÉTICA DE ESPÉCIES DE *ARACHIS*

Abrigando 62 das 80 espécies descritas do gênero, sendo 43 de las exclusivas do país, o Brasil é uma grande fonte de diversidade genética de espécies de *Arachis*. Quatro das secções são endêmicas e, aí, o país é a único provedor potencial de seu germoplasma. Tais secções têm espécies de grande potencial agrícola e comercial, como *A. pintoi* e *A. repens*, além de *A. villosulicarpa*, cujo cultivo, negligenciado, poderia ser novamente estimulado.

Também há espécies endêmicas brasileiras relevantes nas secções compartilhadas com outros países. Entre estas, *A. stenosperma* é de grande interesse para o melhoramento do amendoim, além de ser esporadicamente cultivada para fins alimentares e medicinais. Mesmo entre espécies compartilhadas, as populações brasileiras podem ter atributos desejáveis. Enquadram-se aí, por exemplo, *A. magna* e *A. villosa*, espécies talvez envolvidas na origem do amendoim, ou ao menos na agricultura indígena pré-colombiana, e que são compartilhadas, respectivamente, com a Bolívia e com a Argentina e Uruguai. *Arachis glabrata*, importante forrageira, é compartilhada com o Paraguai e a Argentina e tem ampla diversidade genética no Brasil (Nóbile *et al.*, 2004).

Todavia, o menor número de espécies não diminui o valor dos recursos genéticos de *Arachis* dos países vizinhos. Com sete espécies, a Argentina é fonte exclusiva de *A. monticola*, única espécie tetraplóide próxima ao amendoim, e reúne, nas cercanias de Salta, os acessos de *A. duranensis* geneticamente mais afins *A. hypogaea*. A Bolívia tem 18 espécies, dez endêmicas e várias de suma importância para o melhoramento do amendoim, como *A. duranensis*, *A. ipaënsis*, *A. cardenasii*, *A. batizocoi*, *A. magna* e *A. williamsii* Krapov. & W.C. Greg. Três destas, *A. duranensis*, *A. cardenasii* e *A. batizocoi*, também ocorrem no Paraguai, que tem 17 espécies, duas endêmicas, é a pátria do acesso de *A. diogoi* que integra a linhagem TxAG6 (Simpson, 1999) e abriga ampla diversidade de *A. glabrata*, já incluída em cultivares forrageiras comerciais. Apesar de ter apenas três espécies, o Uruguai compartilha com a Argentina e o Brasil a importante espécie *A. villosa*, citogeneticamente muito similar a *A. duranensis* (Seijo *et*

al., 2004) e, para alguns autores (Raina & Mukay, 1999), envolvida na origem de ao menos uma parte da diversidade do amendoim, cabendo destacar que a área de *A. villosa* coincide com o centro de diversidade de *A. hypogaea* var. *vulgaris*, na bacia do rio Uruguai.

Diante desta disponibilidade de variabilidade local, em um gênero de alto interesse agrícola, é grande a responsabilidade da comunidade científica, cujos esforços organizados e colaborativos poderão contribuir para a demonstração inequívoca do valor intrínseco e para o aproveitamento racional e sustentável deste componente da biodiversidade regional. Também seria de esperar que, diante das constatações acima, fosse reservado a este conjunto de cinco únicos países que contém espécies silvestres de *Arachis* em sua flora, a liderança na tomada de decisões sobre seu estudo colaborativo e eventual compartilhamento, que garantam a manutenção desta riqueza regional para o futuro, assim como a tomada de decisões harmônicas sobre o compartilhamento estratégico desses recursos genéticos com os demais parceiros internacionais.

BIBLIOGRAFIA

- AMAYA-F., J.; YOUNG, C.T. & HAMMONS, R.O. 1977. The tryptophan content of the U.S. commercial and some South American wild genotypes of the genus *Arachis*. A survey. *Oléagineux* 32: 225-229.
- AYARZA, M.A.; VILELA, L.; PIZARRO, E.A. & COSTA, P.H. 1999. Sistemas agropastoriles basados en leguminosas de usos múltiples. In: GUIMARÃES, E.P.; SANZ, J.I.; RAO, I.M.; AMÉZQUITA, M.C. & AMÉZQUITA, E. Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina. CIAT/EMBRAPA, Cali. Capítulo 14, p.175-193.
- BERTOZO, M.R. & VALLS, J.F.M. 2001. Seed storage protein electrophoresis in *Arachis pintoi* and *A. repens* (Leguminosae) for evaluating genetic diversity. *Gen. Res. & Crop Evol.* 48: 121-130.
- COELHO, P.J.A.; MORETZSOHN, M.C. & VALLS, J.F.M. 2001. Análise das relações genéticas entre espécies silvestres de *Arachis* utilizando marcadores RAPD. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 24p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 18).
- COOK, B.G. & CROSTHWAITE, I.C. 1994. Utilization of *Arachis* species as forage. In: SMARTT, J. (ed.). *The Groundnut Crop*. London: Chapman & Hall. Chapter 15, p.624-663.
- CUSTODIO, A.R. 2005. Biogeografia e variabilidade em *Arachis stenosperma* (Leguminosae), com ênfase em aspectos etnobotânicos e na resistência a doenças foliares. Tese de Mestrado, PG/Botânica-UnB/Brasília, DF.

- FÁVERO, A.P. 2004. Cruzabilidade entre espécies silvestres de *Arachis*, visando à introgressão de genes de resistência a doenças no amendoim cultivado. Tese de Doutorado, PG/Genética e Melhoramento de Plantas-ESALQ-USP/Piracicaba, SP.
- FÁVERO, A.P.; SIMPSON, C.E.; MORAES, S.A.; VALLS, J.F.M. & VELLO, N.A. 2003. Potencial de utilização de genes de espécies silvestres com resistência a doenças fúngicas no amendoim cultivado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2, 2003, Porto Seguro. Trabalhos ... Porto Seguro: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas. CD-ROM. Trabalho nº 149 [Livro eletrônico, p.2615-2619]
- FERGUSON, M.E.; JARVIS, A.; STALKER, H.T.; WILLIAMS, D.E.; GUARINO, L.; VALLS, J.F.M.; PITTMAN, R.N.; SIMPSON, C.E. & BRAMEL, P.J. 2005. Biogeography of wild *Arachis* (Leguminosae): distribution and environmental characterisation. *Biodiv. Conserv.* 14: 1777-1798.
- FERGUSON, M.E.; BRAMEL, P.J. & CHANDRA, S. 2004. Gene diversity among botanical varieties in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Crop Sci.* 44: 1847-1854.
- FERNÁNDEZ, A. & KRAPOVICKAS, A. 1994. Cromosomas y evolución en *Arachis* (Leguminosae). *Bonplandia* 8: 187-220.
- FERREIRA, D.N.M. & FLECHTMANN, C.H.W. 1997. Two new phytophagous mites from *Arachis pintoi* from Brazil. *Syst. Appl. Acarology* 2: 181-188.
- FREITAS, F.O. & VALLS, J.F.M., 2001. Nota sobre a ocorrência de um tipo distinto de amendoim no Parque Indígena do Xingú e arredores e suas implicações etnobotânicas. In: SIRGEALC. SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 3, 2001, Londrina. Anais ... Londrina: IAPAR. p.303-304.
- FRENCH, E.C.; PRINE, G.M.; OCUMPAUGH, W.R. & RICE, R.W. 1994. Regional experiences with forage *Arachis* in the United States. In: KERRIDGE, P.C. & HARDY, B. (eds.). *Biology and agronomy of forage Arachis*. Cali, CIAT. Chapter 15, p.169-186.
- GAGLIARDI, R.F.; PACHECO, G.P.; COCULILO, S.P.; VALLS, J.F.M. & MANSUR, E. 2000. *In vitro* plant regeneration from seed explants of wild groundnut species (Genus *Arachis*, Section *Extranervosae*). *Biodiv. Conserv.* 9: 943-951.
- GAGLIARDI, R.F.; PACHECO, G.P.; OLIVEIRA, C.A.; CARNEIRO, L.A.; VALLS, J.F.M.; VIEIRA, M.L.C. & MANSUR, E. 2004. Rescue of a non-viable accession and RAPD analysis of recovered plants of *Arachis retusa*. *Pesq. Agrop. Bras.* 39: 197-199.
- GAGLIARDI, R.F.; PACHECO, G.P.; CARNEIRO, L.A.; VALLS, J.F.M.; VIEIRA, M.L.C. & MANSUR, E. 2003. Cryopreservation of *Arachis* species by vitrification of in vitro-grown shoot apices and genetic stability of recovered plants. *CryoLetters* 24: 103-110.
- GAGLIARDI, R.F.; PACHECO, G.P.; VALLS, J.F.M. & MANSUR, E. 2002a. Cryopreservation of cultivated and wild *Arachis* species embryonic axes using desiccation and vitrification methods. *CryoLetters* 23: 61-68
- GAGLIARDI, R.F.; PACHECO, G.P.; VALLS, J.F.M. & MANSUR, E. 2002b. Germplasm preservation of wild *Arachis* species through culture of shoot apices and axillary buds from in vitro plants. *Biol. Plant.* 45: 353-357.
- GALGARO, L.; LOPES, C.R.; GIMENES, M.A.; VALLS, J.F.M. & KOCHERT, G. 1998. Genetic variation between several species of sections *Extranervosae*, *Caulorrhizae*, *Heteranthae*, and *Triseminatae* (genus *Arachis*) estimated by DNA polymorphism. *Genome* 41: 445-454.
- GARCIA, G.M.; STALKER, H.T.; SHROEDER, E. & KOCHERT, G. 1996. Identification of RAPD, SCAR and RFLP markers tightly linked to nematode resistance genes introgressed from *Arachis cardenasii* into *Arachis hypogaea*. *Genome* 39: 836-845.
- GIMENES, M.A.; LOPES, C.R.; GALGARO, L.M.; VALLS, J.F.M. & KOCHERT, G. 2002a. RFLP analysis of genetic variation in species of section *Arachis*, genus *Arachis* (Leguminosae). *Euphytica* 123: 421-429.
- GIMENES, M.A.; LOPES, C.R. & VALLS, J.F.M. 2002b. Genetic relationships among *Arachis* species based on AFLP. *Gen. Mol. Biol.* 25: 349-353.
- HUSTED, L. 1933. Cytological studies of the peanut *Arachis*. I. Chromosome number and morphology. *Cytologia* 5: 109-117.
- HUSTED, L. 1936. Cytological studies of the peanut *Arachis*. II. Chromosome number, morphology and behaviour, and their application to the problem of the origin of the cultivated forms. *Cytologia* 7: 396-423.
- IBPGR. 1990. Preliminary descriptors for *Arachis* - International Crop Network Series. 2. Report of a Workshop on the Genetic Resources of Wild *Arachis* Species. Rome: IBPGR.
- IBPGR/ICRISAT. 1992. Descriptors for groundnuts (2nd revision). Rome: IBPGR.
- ISLEIB, T.G.; HOLBROOK, C.C. & GORBET, D.W. 2001. Use of plant introductions in peanut cultivar development. *Peanut Sci.* 28: 96-113.

- JARVIS, A.; FERGUSON, M.E.; WILLIAMS, D.E.; GUARINO, L.; JONES, P.G.; STALKER, H.T.; VALLS, J.F.M.; PITTMAN, R.N.; SIMPSON, C.E. & BRAMEL, P. 2003. Biogeography of wild *Arachis*: Assessing conservation status and setting future priorities. *Crop Sci.* 43: 1100-1108.
- KERRIDGE, P.C. & HARDY, B. (eds.). 1994. *Biology and Agronomy of Forage Arachis*. Cali: CIAT.
- KNAUFT, D.A. & GORBET, D.W. 1989. Genetic diversity among peanut cultivars. *Crop Sci.* 29: 1417-1422.
- KOCHERT, G.; STALKER, H.T.; GIMENES, M.; GALGARO, L.; LOPES, C.R. & MOORE, K. 1996. RFLP and cytogenetic evidence on the origin and evolution of allotetraploid domesticated peanut, *Arachis hypogaea* (Leguminosae). *Amer. J. Bot.* 83: 1282-1291.
- KRAPOVICKAS, A. 1998. *Arachis hypogaea* var. *hirsuta* y las relaciones transoceánicas precolombinas. *Anal. Acad. Nac. Cienc. Exactas Fís. Nat.* 50: 211-216.
- KRAPOVICKAS, A. 1995. El origen y dispersión de las variedades del maní. *Acad. Nac. Agron. Vet.* 49: 18-26.
- KRAPOVICKAS, A. 1994. La colaboración internacional en recursos genéticos: el caso del maní (*Arachis* L.: Leguminosae). In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE BOTÁNICA, 6, 1994, Mar del Plata. Proceedings ... Mar del Plata: Missouri Botanic Garden. p.473-476.
- KRAPOVICKAS, A. & GREGORY, W.C. 1994. Taxonomía del género *Arachis* (Leguminosae). *Bonplandia* 8: 1-186.
- KRETSCHMER, A.E. Jr. & WILSON, T.C. 1988. A new seed producing *Arachis* sp. with potential as forage in Florida. *Soil Crop Sci. Soc. Fla. Proc.* 47: 229-233
- LAVIA, G.I. 1999. Caracterización cromosómica del germoplasma de maní. Córdoba. Tesis (Doctor en Ciencias Biológicas) - Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.
- LAVIA, G.I. 1996. Estudios cromosómicos en *Arachis* (Leguminosae). *Bonplandia* 9: 111-120.
- LAVIA, G.I. 1998. Karyotypes of *Arachis palustris* and *A. praecox* (Section *Arachis*), two species with basic chromosome number $x=9$. *Cytologia* 63: 177-181.
- LEAL-BERTIOLI, S.C.M.; GUIMARÃES, P.M.; BRUZZI, M.; CARNEIRO, R.G.; VALLS, J.F.M. & BERTIOLI, D.J. 2000. Busca de resistência ao nematóide das galhas *Meloidogyne* spp. e seqüências análogas a genes de resistência em acessos silvestres de *Arachis*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 17p. (Boletim de Pesquisa, 20).
- MANSUR, E.; LACORTE, C.; RABELLO, A.C.G. & CORDEIRO, A.R. 1993. *In vitro* regeneration of *Arachis villosulicarpa* Hoehne from cotyledon segments, leaves and cell suspension. *Pesq. Agrop. Bras.* 28: 1143-1146.
- MONÇATO, L. 1995. Caracterização morfológica de germoplasma de espécies de *Arachis*, secção Caulorrhizae, pela análise multivariada. Botucatu. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".
- MONÇATO, L. 2000. Caracterização de acessos de germoplasma de *Arachis stenosperma* Krapov. & W.C. Gregory através da análise morfológica e molecular. Tese de Doutorado, PG/Genética-UNESP/Botucatu, SP.
- MORETZSOHN M.C.; LEOI, L.; PROITE, K.; GUIMARÃES, P.M.; LEAL-BERTIOLI, S.C.M.; GIMENES, M.A.; MARTINS, W.S.; VALLS, J.F.M.; GRATTAPAGLIA, D. & BERTIOLI, D.J. 2005. A microsatellite-based, generic linkage map for the AA genome of *Arachis* (Fabaceae). *Theor. Appl. Gen.* doi 10.1007/s00122-005-0028-x
- MORETZSOHN, M.C.; HOPKINS, M.S.; MITCHELL, S.E.; KRESOVICH, S.; VALLS, J.F.M. & FERREIRA, M. E. 2004. Genetic diversity of peanut (*Arachis hypogaea* L.) and its wild relatives based on the analysis of hypervariable regions of the genome. *BMC Plant Biol.* 4: 11 [Available from: <http://www.biomedcentral.com/1471-2229/4/11>]
- NÓBILE, P.M.; GIMENES, M.A.; VALLS, J.F.M. & LOPES, C.R. 2004. Genetic variation within and among species of genus *Arachis*, section Rhizomatosa. *Gen. Res. & Crop Evol.* 51: 299-307.
- PAGANELLA, M.B. & VALLS, J.F.M. 2002. Caracterização morfológica de cultivares e acessos selecionados de *Arachis pintoi* Krapov. & Gregory. *Past. Trop.* 24: 23-30.
- PEÑALOZA, A.P.S. 2000. Citogenética das espécies silvestres do gênero *Arachis* (Leguminosae). In: CAVALCANTI, T.B. & WALTER, B.M.T. (eds) *Temas atuais em Botânica*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. p.45-49.
- PEÑALOZA, A.P.S. & VALLS, J.F.M. 2005. Chromosome number and satellited chromosome morphology of eleven species of *Arachis* (Leguminosae). *Bonplandia* 14: (em preparação).
- PITTMAN, R.N.; VALLS, J.F.M.; SIMPSON, C.E.; SILVA, G.P. & PEÑALOZA, A.P.S. 1996. New findings on the geographical distribution of wild *Arachis* species in Central and Western Brazil. In: APRES Meetings, 28, 1996. Proceedings ... Orlando: APRES. p.32.
- RAINA, S.N. & MUKAI, Y. 1999. Genomic in situ hybridization in *Arachis* (Fabaceae) identifies the diploid wild progenitors of cultivated (*A. hypogaea*) and related wild (*A. monticola*) peanut species. *Plant Syst. Evol.* 214: 251-262.
- RAMOS, V.R.; FAIAD, M.G.R. & VALLS, J.F.M. 1999. Levantamento de doenças fúngicas em plantas do gênero *Arachis* (Leguminosae) conservadas em telado. In: MARIANTE, A.S. & BUSTAMANTE, P.G. (eds). SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA

- AMÉRICA LATINA E CARIBE, 2, 1999, Brasília. Anais ... Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. CD-ROM.
- SEIJO, J.G.; LAVIA, G.I.; FERNÁNDEZ, A.; KRAPOVICKAS, A.; DUCASSE, D. & MOSCONE, E.A. 2004. Physical mapping of the 5S and 18S-25S rRNA genes by FISH as evidence that *Arachis duranensis* and *A. ipaensis* are the wild diploid progenitors of *A. hypogaea* (Leguminosae). *Amer. J. Bot.* 91: 1294-1303.
- SIMPSON, C.E. 1991. Global collaborations find and conserve the irreplaceable genetic resources of wild peanut in South America. *Diversity* 7: 59-61.
- SIMPSON, C.E.. 1999. Pre-breeding in *Arachis*. In: MARIANTE, A.S. & BUSTAMANTE, P.G. (eds). SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA AMÉRICA LATINA E CARIBE, 2, 1999, Brasília. Anais ... Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. CD-ROM.
- SIMPSON, C.E.; HIGGINS, D.L.; THOMAS, G.D. & HOWARD, E.R. 1992. Catalog of passport data and minimum descriptors of *Arachis hypogaea* L. germplasm collected in South America 1977-1986. College Station: Texas Agricultural Experiment Station. (MP-1737)
- SIMPSON, C.E.; KRAPOVICKAS, A. & VALLS, J.F.M. 2001. History of *Arachis*, including evidence of *A. hypogaea* L. progenitors. *Peanut Sci.* 28: 78-80.
- SIMPSON, C.E.; NELSON, S.C.; STARR, J.L.; WOODARD, K.E. & SMITH, O.D. 1993. Registration of TxAG-6 and TxAG-7 Peanut Germplasm Lines. *Crop Sci.* 33: 1418.
- SINGH, A.K. 1986. Utilization of wild relatives in genetic improvement of *Arachis hypogaea* L. Part 8. Synthetic amphidiploids and their importance in interspecific breeding. *Theor. Appl. Gen.* 72: 433-439.
- SINGH, A.K. & SMARTT, J. 1998. The genome donors of the groundnut/peanut (*Arachis hypogaea* L.) revisited. *Gen. Res. & Crop Evol.* 45: 113-118.
- SMARTT, J.; GREGORY, W.C. & GREGORY, M.P. 1978. The genomes of *Arachis hypogaea*. I. Cytogenetic studies of putative genome donors. *Euphytica* 27: 665-675.
- STALKER, H.T. 1990. A morphological appraisal of wild species of section *Arachis* of peanuts. *Peanut Sci.* 17: 117-122.
- STALKER, H.T. & SIMPSON, C.E. 1995. Germplasm resources in *Arachis*. In: PATTEE, H.E. & STALKER, H.T. (ed.) *Advances in Peanut Science*. Stillwater: APRES. Chapter 2, p.14-53.
- STALKER, H.T.; VALLS, J.F.M.; PITTMAN, R.N.; SIMPSON, C.E. & BRAMEL-COX, P. 2000. Catalog of *Arachis* Germplasm Collection. Patancheru: ICRISAT. [www.icrisat.org/text/research/grep/homepage/groundnut/Arachis/start.htm]
- VALENTE, S.E.S.; GIMENES, M. A.; VALLS, J.F.M. & LOPES, C.R. 2003. Genetic variation within and among species of five sections of the genus *Arachis* L. (Leguminosae) using RAPDs. *Gen. Res. & Crop Evol.* 50: 841-848.
- VALENTE, S.E.; COELHO, P.J.A.; GIMENES, M.A.; VALLS, J.F.M. & LOPES, C.R., 2001. Analysis of isoenzymatic variation in accesions of *Arachis pintoi* derived from its original germplasm collection. *Past. Trop.* 23: 9-13.
- VALLS, J.F.M. 1996. O gênero *Arachis* (Leguminosae): Importante fonte de proteínas na pré-historia sul-americana? In: REUNIÃO CIENTÍFICA DA SOCIEDADE DE ARQUEOLOGIA BRASILEIRA, 8, 1995, Porto Alegre, Anais ... Porto Alegre: EDIPUCRS. p.265-280.
- VALLS, J.F.M. & SIMPSON, C.E. 2005. New species of *Arachis* (Leguminosae) from Brazil, Paraguay and Bolivia. *Bonplandia* 14: (en preparación)
- VALLS, J.F.M.; SIMPSON, C.E. & RAO, V.R. 1995. Collecting wild species of *Arachis*. In: GUARINO, L.; RAO, V.R. & REID, R. *Collecting plant genetic diversity. Technical guidelines*. Wallingford, CAB International. Chapter 35, p.677-684.
- VEIGA, R.F.A.; QUEIROZ-VOLTAN, R.B.; VALLS, J.F.M.; FÁVERO, A.P. & BARBOSA, W. 2001. Caracterização morfológica de acessos de germoplasma de quatro espécies brasileiras de amendoim silvestre. *Bragantia* 60: 167-176.
- VEIGA, R.F.A.; VALLS, J.F.M.; LOPES, C.R.; CURI, P.R. & KRAPOVICKAS, A. 1999. Caracterização morfológica e agrônômica de populações de *Arachis sylvestris* (A.Chev.) A. Chev. Campinas: Instituto Agrônômico. 28p. (Boletim Científico, 47)
- VEIGA, R.F.A.; VALLS, J.F.M.; TOMBOLATO, A.F.C.; BARBOSA, W. & PIRES, E.G. 2003. Amendoins silvestres para uso ornamental. *Rev. Bras. Hort. Ornam.* 9: 7-15.