

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA**

TESE DE DOUTORADO EM BOTÂNICA

**Estudo das relações sistemáticas da espécie endêmica
brasileira *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg.
baseado em cruzamentos intra e interespecíficos no
gênero *Arachis* L.**

Daniele Cristina Wondracek Lüdke

Brasília, Agosto 2014

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA**

TESE DE DOUTORADO EM BOTÂNICA

**Estudo das relações sistemáticas da espécie endêmica
brasileira *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg.
baseado em cruzamentos intra e interespecíficos no
gênero *Arachis* L.**

Tese apresentada ao Departamento de Botânica,
Instituto de Ciências Biológicas da Universidade
de Brasília como parte dos requisitos para
obtenção do grau de Doutor em Botânica.

Aluna: Daniele Cristina Wondracek Lüdke

Orientador: Dr. José F.M. Valls

Co-orientador: PhD. Charles E. Simpson

Brasília, Agosto 2014

L944e Lüdke, Daniele Cristina Wondracek.
Estudo das relações sistemáticas da espécie endêmica
brasileira *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. baseado
em cruzamentos intra e interespecíficos no gênero
Arachis L. / Daniele Cristina Wondracek Lüdke. -- 2014.
xxvi, 192 f. : il. ; 30 cm.

Tese (doutorado) - Universidade de Brasília, Instituto
de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica,
Programa de Pós-Graduação em Botânica, 2014.
Inclui bibliografia.
Orientação: José Francisco Montenegro Valls ; Coorientação:
Charles Edmond Simpson.

1. Arandoim - Melhoramento genético. 2. *Arachis*. I. Valls,
José Francisco Montenegro. II. Simpson, Charles Edmond.
III. Título.

CDU 633.368

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA**

TESE DE DOUTORADO EM BOTÂNICA

**Estudo das relações sistemáticas da espécie endêmica
brasileira *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg.
baseado em cruzamentos intra e interespecíficos no
gênero *Arachis* L.**

Tese apresentada ao Departamento de Botânica,
Instituto de Ciências Biológicas da Universidade
de Brasília como parte dos requisitos para
obtenção do grau de Doutor em Botânica.

Aluna: Daniele Cristina Wondracek Lüdke

Orientador: Dr. José F.M. Valls

Co-orientador: PhD. Charles E. Simpson

Brasília, Agosto 2014

Estudo das relações sistemáticas da espécie endêmica brasileira *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. baseado em cruzamentos intra e interespecíficos no gênero *Arachis* L.

Daniele Cristina Wondracek Lüdke

Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de Doutor em Botânica, e aprovada em sua forma final pelo programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade de Brasília.

Dr. José Francisco Montenegro Valls (Orientador)
Universidade de Brasília/UnB

Dra. Alessandra Pereira Fávero (Examinador Externo)
Embrapa Pecuária Sudeste

Dr. Márcio de Carvalho Moretzsohn (Examinador Externo)
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Dra. Adriana Regina Custodio (Examinador Externo)
Capes/Embrapa

Dra. Cássia Beatriz Rodrigues Munhoz (Examinador Interno)
Universidade de Brasília/UnB

Brasília
2014

Dedico,

**Aos meus pais,
Araldo e Vilma,**

Por tudo que me ensinaram e pela pessoa que me tornei graças a eles.

**Ao meu esposo,
Italo,**

Por ter suportado ter ficado tanto tempo longe para a realização de um sonho meu.

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo.

A minha família por ser exemplo de vida.

Ao Dr. José F. M. Valls pela orientação e pelos ensinamentos no decorrer dos quatro anos de doutorado.

Ao Dr. Augusto C. Franco pela bolsa de doutorado do Programa Nacional de Desenvolvimento da Botânica (PNDB)/CAPES.

Ao Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE)/CAPES pela bolsa de doutorado sanduíche.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade de Brasília pelo conhecimento compartilhado durante as aulas e saídas de campo.

A Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia pelo desenvolvimento do trabalho na instituição.

A Texas A&M University pelo aceite e desenvolvimento de parte do trabalho na instituição.

Ao Dr. Charles E. Simpson pela co-orientação, pelos ensinamentos, cuidado, amizade e por ter ganhado um segundo pai nos Estados Unidos.

A Mrs. Lynann K. Simpson por ter ganhado uma segunda mãe nos Estados Unidos.

Ao Dr. Paulo E. A. S. Câmara e a Dra. Regina Célia de Oliveira pelos estágios em docência.

A Dra. Andréa P. S. Peñaloza, Dra. Marisa T. Pozzobon e Sileuza dos Santos pela amizade e auxílio nas preparações de lâminas para análise mitótica, discussão de metodologias e resultados.

Ao Nilton Calixto dos Santos pela amizade e auxílio na manutenção das plantas no telado de *Arachis*.

A Msc. Antonieta N. Salomão pelo uso da câmara de germinação do Laboratório de Sementes.

A Dra. Ana Cláudia G. Araújo pela utilização do Laboratório de Microscopia Ótica e Eletrônica. A Eliza pelo ensino e auxílio na preparação das lâminas para a análise mitótica.

Aos amigos Dijalma, Rosa, Ismael, Desirée e Andressa pela amizade.

Aos amigos Leila, Rubens, Rafaella, Suzi, Renata e Stêfani pela amizade, risadas, cafezinhos, fotos e por toda a ajuda na execução do trabalho.

A amiga Adriana pela amizade, ensinamentos, discussão de idéias, correções e revisões do trabalho.

Aos membros da banca Dra. Adriana R. Custodio, Dra. Alessandra P. Fávero, Dra. Cássia B.R. Munhoz, Dra. Regina C. Oliveira e ao Dr. Márcio C. Moretzsohn pelo aceite do convite para participar da banca e enriquecer esse trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

Muito obrigada.

**Estudo das relações sistemáticas da espécie endêmica brasileira
Arachis valida Krapov. & W.C. Greg. baseado em cruzamentos intra e
interespecíficos no gênero *Arachis* L.**

RESUMO

Neste estudo foram investigadas as relações de cruzabilidade de *Arachis valida* com as espécies que representam os genomas A, AB, B, D, F, G, K e com as espécies *A. aff. hoehnei* e *A. vallsii* da secção *Arachis*. Foram feitas 44 combinações de cruzamento entre os acessos K 30147 e V 13514 de *A. valida* e 28 espécies da secção *Arachis*. Foram feitas 1283 polinizações e obtidas 179 plantas híbridas em 37 combinações de cruzamento. *Arachis valida* formou híbridos com todos os genomas encontrados na secção *Arachis*, com exceção de *A. glandulifera*, que possui genoma D, sendo obtidos segmentos de frutos com embriões abortados. *Arachis valida* faz parte do grupo de espécies caracterizadas como possuidoras do genoma B, pois foram obtidos híbridos entre *A. valida* e todas as espécies possuidoras desse genoma: *A. gregoryi*, *A. ipaënsis*, *A. magna* e *A. williamsii* que pertencem ao mesmo *pool* gênico. A obtenção de híbridos entre *A. valida* ($2n=2x=20$) e *A. hypogaea* ($2n=4x=40$), confirma a premissa que para pertencer à secção *Arachis* a espécie deve cruzar com *A. hypogaea*. Foram obtidos híbridos com $2n=2x=19$, a partir da combinação de cruzamento *A. valida* V 13514 ($2n=2x=20$) x *A. praecox* ($2n=2x=18$). *Arachis valida* formou híbridos com espécies possuidoras do genoma A e abre-se a possibilidade da criação de novos anfidiplóides sintéticos AABB. A menor viabilidade de pólen foi do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. cardenasii* G 10017 (genoma B x genoma A chiquitano) com 0,2% de viabilidade de pólen. A maior viabilidade de pólen foi do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. valida* V 15096 (genoma B x genoma B) com 98,4% de viabilidade de pólen. As porcentagens de viabilidade de pólen mais altas foram encontradas nos híbridos resultantes de cruzamentos entre espécies com genoma B indicando que essas espécies são mais próximas geneticamente.

Palavras-chave: *Arachis*, amendoim, parentes silvestres, hibridação artificial, pólen

**Study of the systematic relationships of the Brazilian endemic species
Arachis valida Krapov. W. C. & Greg. based on intra and interspecific
crosses in the genus *Arachis* L.**

ABSTRACT

In this study the relationships of crossability of *Arachis valida* with species that represent A, AB, B, D, F, G and K genomes and *A. aff. hoehnei* and *A. vallsii* of *Arachis* section were investigated. Forty-four crossing combinations were made between K 30147 and V 13514 accessions of *A. valida* and 28 *Arachis* section species. One thousand two hundred eighty three pollinations were made and 179 hybrid plants were obtained in 37 crossing combinations. *Arachis valida* formed hybrids with all genomes found in the *Arachis* section, except *A. glandulifera*, which has the D genome. In this cross only segments of fruits with aborted embryos were obtained. *Arachis valida* is in the group of species characterized as B genome because hybrids between *A. valida* and all species with that genome were obtained: *A. gregoryi*, *ipaënsis*, *A. magna* and *A. williamsii* that belong to the same gene pool. The obtaining hybrids between *A. valida* ($2n=2x=20$) and *A. hypogaea* ($2n=4x=40$) confirms the premise that to belong to *Arachis* section, species must cross with *A. hypogaea*. Hybrids with $2n=2x=19$ were obtained from the *A. valida* V 13514 ($2n=2x=20$) x *A. praecox* ($2n=2x=18$) crossing combination. *Arachis valida* formed hybrids with A genome species which opens the possibility of creation new synthetic amphidiploids, AABB. In the hybrids, the lowest pollen viability was *A. valida* V 13514 x *A. cardenasii* G 13514 10017 hybrid (B genome x A “chiquitano” genome) with 0.2% pollen viability. The highest pollen viability was *A. valida* V 13514 X *A. valida* V 15096 hybrid (BB genome) with 98.4% of pollen viability. The higher percentage of pollen viability was observed in the hybrids resulting from crosses between B genome species indicating that these species are genetically closely related.

Keywords: *Arachis*, peanut, wild relatives, artificial hybridization, pollen

ÍNDICE DE ASSUNTOS

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 O gênero <i>Arachis</i>	4
2.2 A secção <i>Arachis</i>	5
2.3 A origem do amendoim	6
2.4 Citogenética em <i>Arachis</i>	8
2.5 Conceito de espécie em <i>Arachis</i>	11
2.6 O uso agrícola de espécies de <i>Arachis</i>	12
2.7 Programas para combater a fome com o uso do amendoim	15
2.8 Pré-melhoramento e melhoramento genético vegetal.....	15
2.9 <i>Pool</i> gênico	17
2.10 Poliploidia	18
2.11 Mecanismos envolvidos na formação de híbridos	20
2.12 Hibridação em <i>Arachis</i>	23
2.13 Estudo da viabilidade de grãos de pólen.....	26
2.14 Métodos para transferência de genes de espécies silvestres de <i>Arachis</i> para o amendoim cultivado.....	27
2.15 Descrição de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg.....	28
2.16 Diferenças e semelhanças citogenéticas e moleculares entre <i>Arachis valida</i> e as outras espécies pertencentes ao genoma B	32
3.OBJETIVOS	34
3.1 Objetivo geral	34
3.2 Objetivos específicos	34
4. MATERIAL E MÉTODOS	35
4.1 Condução dos experimentos	35
4.2 Escolha dos acessos	35
4.3 Germinação das sementes	38
4.4 Técnicas de hibridação.....	39
4.5 Análise da viabilidade dos grãos de pólen por coloração	42
4.6 Caracterização morfológica	42
4.7 Obtenção de anfidiplóides	44

4.8 Enraizamento de folhas.....	45
4.9 Análise mitótica	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
5.1 Hibridação.....	47
5.1.1 Grupo 1	56
5.1.1.1 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis</i> aff. <i>hoehnei</i> V 9140	56
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis</i> aff. <i>hoehnei</i> V 9140.....	59
5.1.1.2 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis krapovickasii</i> Wi 1291.....	59
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis krapovickasii</i> Wi 1291.....	61
5.1.2 Grupo 2	62
5.1.2.1 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> K 30147 x <i>Arachis batizocoi</i> Wi 1508-2A	62
5.1.2.2 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> K 30147 x <i>Arachis batizocoi</i> K 30080 tall	64
5.1.2.3 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> K 30147 x <i>Arachis ipaënsis</i> K 30076	65
5.1.2.4 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> K 30147 x <i>Arachis magna</i> K 30097 yf	67
5.1.3 Grupo 3	69
5.1.3.1 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> K 30147 x <i>Arachis herzogii</i> K 36030	69
5.1.3.2 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> K 30147 x <i>Arachis simpsonii</i> V 14724-2	71
5.1.3.3 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis correntina</i> Clos 5930	72
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis correntina</i> Clos 5930	74
5.1.3.4 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis cardenasii</i> G 10017	75
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis cardenasii</i> G 10017.....	78
5.1.3.5 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis diogoi</i> Vp 5000...78	

A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis diogoi</i> Vp 5000	80
5.1.4 Grupo 4	81
5.1.4.1 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis microsperma</i>	
V 14042	81
5.1.4.2 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> K 30147 x <i>Arachis batizocoi</i> Wi 1265	83
5.1.4.3 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> K 30147 x <i>Arachis magna</i> K 30093	84
5.1.4.4 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis duranensis</i>	
V 14167	85
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis duranensis</i>	
V 14167	88
5.1.4.5 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis cruziana</i> Wi 1302-3	89
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis cruziana</i>	
Wi 1302-3	91
5.1.5 Grupo 5	92
5.1.5.1 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis batizocoi</i> K 9484	92
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis batizocoi</i>	
K 9484	95
5.1.5.2 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> K 30147 x <i>Arachis batizocoi</i>	
Wi 1504w	96
5.1.5.3 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis kempff-mercadoid</i>	
V 13250	98
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis kempff-</i>	
<i>mercadoid</i> V 13250	100
5.1.5.4 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis linearifolia</i> V 9401	101
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis linearifolia</i>	
V 9401	103
5.1.5.5 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis benensis</i> K 35005	104
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis benensis</i>	
K 35005	105
5.1.5.6 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis stenosperma</i>	
V 10309	106

A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis stenosperma</i> V 10309.....	108
5.1.5.7 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis valida</i> V 15096.....	109
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis valida</i> V 15096	111
5.1.5.8 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis magna</i> K 30097 of	112
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis magna</i> K 30097 of	114
5.1.5.9 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis magna</i> V 14727	114
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis magna</i> V 14727.....	117
5.1.5.10 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis williamsii</i> Wi 1118.....	118
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis williamsii</i> Wi 1118.....	120
5.1.5.11 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis schininii</i> V 9923.....	120
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis schininii</i> V 9923.....	123
5.1.5.12 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis villosa</i> V 14316	124
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis villosa</i> V 14316.....	126
5.1.5.13 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> K 30147 x <i>Arachis batizocoi</i> Wi 1282	127
5.1.5.14 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 V 13514 x <i>Arachis praecox</i> V 14682.....	129
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 V 13514 x <i>Arachis praecox</i> V 14682.....	131
5.1.6 Grupo 6	132
5.1.6.1 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis gregoryi</i> V 14957	132
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis gregoryi</i> V 14957.....	134
5.1.6.2 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis ipaënsis</i> K 30076	135

A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis ipaënsis</i> K 30076.....	137
5.1.6.3 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis hypogaea</i> subsp. <i>hypogaea</i> V 12548	138
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis hypogaea</i> subsp. <i>hypogaea</i> V 12548.....	141
5.1.6.4 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis magna</i> V 14724	141
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis magna</i> V 14724.....	144
5.1.6.5 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 3514 x <i>Arachis vallsii</i> V 7635	145
5.1.6.6 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis chiquitana</i> K 36027	147
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis chiquitana</i> K 36027.....	149
5.1.6.7 Cruzamento entre <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis magna</i> V 14707	150
A) Descrição do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 x <i>Arachis magna</i> V 14707.....	152
5.1.7 Grupo 7	152
5.2 Caracterização morfológica das plântulas dos híbridos.....	154
5.3 Comparação de caracteres morfológicos dos genitores masculinos, femininos e dos híbridos de <i>Arachis</i>	158
5.4 Análise da viabilidade de pólen dos genitores.....	163
5.5 Análise da viabilidade de pólen dos híbridos	164
5.6 Obtenção de anfidiplóides	166
5.7 Cruzabilidade	167
6. CONCLUSÕES	170
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	171
8. ANEXOS	185
8.1 Mapas de distribuição geográfica das coletas realizadas em território brasileiro de algumas espécies silvestres de <i>Arachis</i> utilizadas no trabalho	185
8.2 Protocolos para o preparo das soluções utilizadas no trabalho.....	191

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Estimativa da área plantada, produtividade e produção de amendoim na Argentina, Brasil, China, Estados Unidos, Índia, Nigéria e no mundo em 2013/2014. . 13	13
Tabela 2. Estimativa da área plantada, produtividade e produção de amendoim nos estados da Bahia, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, São Paulo e Tocantins e no Brasil em 2013/2014. 14	14
Tabela 3. Materiais das espécies de <i>Arachis</i> , pertencentes à secção <i>Arachis</i> , utilizados nesse estudo, código brasileiro de acesso (BRA), abreviatura e número dos coletores, município, estado e país de origem, coordenadas geográficas: latitude (lat) e longitude (long) em graus e minutos, altitude (alt) em metros, forma de obtenção das plantas (FO, 1: semente, 2: planta adulta) e genoma (Gn). 36	36
Tabela 4. Dados sobre o período, local, espécies, acessos, genomas e número cromossômico (2n) dos genitores de <i>Arachis</i> utilizados nos quatro ciclos de cruzamentos intra e interespecíficos realizados durante o período de 2010-2013. 41	41
Tabela 5. Lista dos descritores de germinação para plântulas das espécies da secção <i>Arachis</i> utilizados para a confirmação das hibridações e caracterização morfológica dos híbridos. 43	43
Tabela 6. Lista dos descritores morfológicos para plantas adultas das espécies da secção <i>Arachis</i> usados para a confirmação das hibridações e caracterização morfológica dos híbridos. 43	43
Tabela 7. Agrupamento dos cruzamentos intra e interespecíficos realizados entre espécies da secção <i>Arachis</i> de acordo com a porcentagem de sucesso dos cruzamentos. Espécies e acessos dos genitores, genomas dos genitores, número de polinizações realizadas (NPO), número de segmentos de frutos obtidos (NSF), número de plântulas que germinaram espontaneamente nos vasos (NP), número de autofecundações (NAF), número de segmentos de frutos abortados (NAB), número de híbridos confirmados (NH), porcentagem de viabilidade de pólen dos híbridos (%VH), porcentagem de sucesso do cruzamento ($\%SC=(NH/NPO)\times 100$), comportamento do híbrido, presença ou ausência de flor, <i>peg</i> e semente no híbrido e local onde foram feitos os cruzamentos. 51	51

Tabela 8. Caracterização morfológica das plântulas dos híbridos de <i>Arachis</i> : epicótilo, hipocótilo e cotilédones. ±: presença ou ausência. +: presença. -: ausência. 0: ausência da estrutura para avaliação.....	156
Tabela 9. Comparação de caracteres morfológicos: superfície superior e inferior dos folíolos, presença ou ausência de cílios nas margens dos folíolos, presença ou ausência de cerdas nas estípulas e cor de flor dos genitores masculinos (♂), femininos (♀) e dos híbridos (H) de <i>Arachis</i> . ±: presença ou ausência. +: presença. -: ausência. 0 : sem flor. *: morte precoce do híbrido.....	160
Tabela 10. Relação das estacas dos híbridos de <i>Arachis</i> tratadas com colchicina, genomas dos híbridos, tempo de exposição à colchicina e número de estacas tratadas.	167

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Esquema de cruzamentos utilizado para obtenção do anfidiplóide sintético (*Arachis ipaënsis* x *Arachis duranensis*)^{4x} e cruzamentos desse anfidiplóide com *Arachis hypogaea*. FONTE: Fávero et al. (2006). 8
- Figura 2.** Genomas encontrados nas espécies da secção *Arachis*. **Genoma A chiquitano (A_{ch}):** laranja. **Genoma A platino (A_{pl}):** amarelo claro. **Genoma A pantaneiro (A_{pn}):** amarelo escuro. **Genoma B:** verde escuro. **Genoma AB:** azul. **Genoma D:** vermelho. **Genoma F:** rosa. **Genoma G:** cinza. **Genoma K:** verde claro. **Genoma não esclarecido:** branco. FONTE: Stalker (1991), Fernández & Krapovickas (1994), Peñalosa & Valls (1997, 2005), Lavia (1998), Robledo & Seijo (2008, 2010), Robledo et al. (2009). Silvestri et al. (2014). 11
- Figura 3.** Local de coleta do acesso V 13514 de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. em Corumbá, MS, Brasil, com a Serra do Urucum ao fundo. 29
- Figura 4.** Local de coleta do acesso V 15096 de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. em Corumbá, MS, Brasil, com a Serra do Urucum ao fundo. 30
- Figura 5.** Localização dos acessos V 13514 e V 15096 de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. em Corumbá, MS, Brasil. FONTE: Valls et al. 2008. 30
- Figura 6. a)** Plântula do genitor feminino *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514. **b)** Planta adulta. **c)** Botão floral e pilosidade no ramo. **d)** Superfície inferior dos folíolos. **e)** Vista frontal da flor. **f)** Vista dorsal da flor. 48
- Figura 7. a)** Plântula do genitor feminino *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. K 30147. **b)** Botão floral. **c)** Ramo da planta adulta. **d)** Superfície superior dos folíolos. **e)** Vista frontal da flor. 49
- Figura 8.** Flores polinizadas do genitor feminino *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514. **a)** Utilização da técnica 1 de polinização, onde os grãos de pólen do genitor masculino depositados sobre o estigma são indicados pela seta. **b)** Uso da técnica 2 de polinização, onde a quilha do genitor masculino colocada sobre o estigma e o estilete da flor emasculada é indicada pela seta. 50
- Figura 9. a)** Planta adulta do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis* aff. *hoehnei* Krapov. & W.C. Greg. V 9140 atacada por ácaros. **b)** Folha da estaca do híbrido. **c)** Folha da planta adulta do genitor masculino *Arachis* aff. *hoehnei*

Krapov. & W.C. Greg. V 9140. Foto: R.T. Queiroz. As setas indicam a presença de cílios nas margens dos folíolos.	57
Figura 10. a) Plântula do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis krapovickasii</i> C.E. Simpson D.E. Williams, Valls & I.G. Vargas Wi 1291. A seta indica a superfície vilosa do eixo central. b) Superfície inferior do folíolo do híbrido. Foto: R.T. Queiroz. c) Superfície inferior dos folíolos do genitor masculino <i>Arachis krapovickasii</i> C.E. Simpson D.E. Williams, Valls & I.G. Vargas Wi 1291. As setas indicam a presença de pelos na superfície inferior dos folíolos.	60
Figura 11. a) Planta adulta do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. W.C Greg. K 30147 x <i>Arachis batizocoi</i> Krapov. W.C. Greg. Wi 1508-2A, as folhas com três folíolos são indicadas pelas setas. b) Ramo lateral da planta adulta do híbrido, as cerdas na estípula e no ramo são indicadas pelas setas. Fotos: C.E. Simpson.....	63
Figura 12. Planta adulta do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. W.C Greg. K 30147 x <i>Arachis batizocoi</i> Krapov. W.C. Greg. K 30080 tall, as setas indicam a flor amarela e uma folha com três folíolos. Foto: C.E. Simpson.....	65
Figura 13. Ramo da planta adulta do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. K 30147 x <i>Arachis ipaënsis</i> Krapov. & W.C. Greg. K 30076. Foto: C.E. Simpson.....	66
Figura 14. Planta adulta do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. W.C. Greg. K 30147 x <i>Arachis magna</i> Krapov. & W.C. Greg. K 30097 yf com flor amarela. Foto: C.E. Simpson.	68
Figura 15. a) Germinação espontânea do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. K 30147 x <i>Arachis herzogii</i> Krapov. & W.C. Greg. K 36030. b) Superfície inferior do folíolo do genitor masculino <i>Arachis herzogii</i> Krapov. & W.C. Greg. K 36030. As setas indicam a presença de pelos na superfície inferior dos folíolos.....	70
Figura 16. Planta adulta do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. K 30147 x <i>Arachis simpsonii</i> Krapov. & W.C. Greg. V 14724-2. Foto: C.E. Simpson.	71
Figura 17. a) Plântula do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis correntina</i> (Burkart) Krapov. & W.C. Greg. Clos 5930. b) Planta adulta do híbrido, com ramificações na base indicadas pela seta. Foto: R.T. Queiroz. c) Superfície superior do folíolo do híbrido. d) Folha da planta adulta do genitor masculino <i>Arachis correntina</i> (Burkart) Krapov. & W.C. Greg. Clos 5930. A presença de pelos adpressos e pelos nas margens dos folíolos são indicadas pelas setas.....	73

Figura 18. a) Germinação espontânea do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis cardenasii</i> Krapov. & W.C. Greg. G 10017. b) Planta adulta do híbrido. Foto: R.T. Queiroz. c) Folha da planta adulta do híbrido. d) Folha do genitor masculino <i>Arachis cardenasii</i> Krapov. & W.C. Greg. G 10017. As margens ciliadas são indicadas pelas setas.	76
Figura 19. a) Ramo da planta adulta do genitor masculino <i>Arachis diogoi</i> Hoehne Vp 5000. b) Germinação espontânea do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis diogoi</i> Hoehne Vp 5000. c) Plântula do híbrido com folhas mal formadas indicadas pelas setas.	79
Figura 20. Plântula do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis microsperma</i> Krapov., W.C. Greg. & Valls V 14042 com folíolos mal formados indicados pelas setas.	82
Figura 21. Planta adulta do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. K 30147 x <i>Arachis batizocoi</i> Krapov. & W.C. Greg. Wi 1265, com flor amarela indicada pela seta. Foto: C.E. Simpson.....	83
Figura 22. Planta adulta do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. K 30147 x <i>Arachis magna</i> Krapov. & W.C. Greg K 30093. Foto: C.E. Simpson.	85
Figura 23. a) Plântula do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis duranensis</i> Krapov. & W.C. Greg. V 14167. b) Planta adulta do híbrido. c) Flor do híbrido. d) Folha da planta adulta do genitor masculino <i>Arachis duranensis</i> Krapov. & W.C. Greg. V 14167 com cílios indicados pelas setas.	87
Figura 24. a) Planta adulta do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis cruziana</i> Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson Wi 1302-3, a margem vilosa é indicada pela seta. b) Superfície inferior da folha jovem do híbrido. c) Superfície inferior da folha da planta adulta do genitor masculino <i>Arachis cruziana</i> Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson Wi 1302-3 e flor laranja, as superfícies vilosas são indicadas pelas setas.	90
Figura 25. a) Plântula do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis batizocoi</i> Krapov. & W.C. Greg. K 9484. b) Superfície inferior dos folíolos do híbrido. c) Superfície inferior dos folíolos do genitor masculino <i>Arachis batizocoi</i> Krapov. & W.C. Greg. K 9484. Os pelos são indicados pelas setas.	94

Figura 26. Planta adulta do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. K 30147 x <i>Arachis batizocoi</i> Krapov. & W.C. Greg. Wi 1504w. Foto: C.E. Simpson.	97
Figura 27. a) Germinação espontânea do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis kempff-mercadoid</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13250. b) Plântula do genitor masculino <i>Arachis kempff-mercadoid</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13250. c) Superfície superior da folha do híbrido. d) Superfície inferior da folha do híbrido.....	99
Figura 28. a) Germinação espontânea do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis linearifolia</i> Valls, Krapov. & C.E. Simpson V 9401. b) Planta adulta do híbrido. Foto: R.T. Queiroz. c) Planta adulta do genitor masculino <i>Arachis linearifolia</i> Valls, Krapov. & C.E. Simpson V 9401. Foto: R.T. Queiroz.	102
Figura 29. Planta adulta do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis benensis</i> Krapov. & W.C. Greg. K 35005. Foto: R.T. Queiroz.	104
Figura 30. a) Plântula do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis stenosperma</i> Krapov., W.C. Greg & Valls V 10309. b) Planta adulta do híbrido.	107
Figura 31. a) Plântula do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 15096. b) Ramos da planta adulta do híbrido com <i>pegs</i> . Foto: R.T. Queiroz.....	110
Figura 32. Plântula do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis magna</i> Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson K 30097 of.	113
Figura 33. a) Planta adulta do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis magna</i> Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson V 14727. Foto: R.T. Queiroz. b) Superfície inferior dos folíolos da plântula do híbrido, com os pelos adpressos indicados pela seta.....	116
Figura 34. a) Plântula do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis williamsii</i> Krapov. & W.C. Greg. Wi 1118. b) Planta adulta do híbrido. Foto: R.T. Queiroz.	119
Figura 35. a) Planta adulta do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis schininii</i> Krapov., Valls & C.E. Simpson V 9923. b) Folha do híbrido. c) Folha da planta adulta do genitor masculino <i>Arachis schininii</i> Krapov., Valls & C.E. Simpson V 9923. Os cílios são indicados pelas setas.....	122

Figura 36. a) Planta adulta do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis villosa</i> Benth. V 14316. b) Superfície inferior dos folíolos do híbrido. Fotos: R.T. Queiroz.	125
Figura 37. Planta adulta do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. K 30147 x <i>Arachis batizocoi</i> Krapov. & W.C. Greg. Wi 1282. Foto: C.E. Simpson.	128
Figura 38. Superfície inferior da folha do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. K 30147 x <i>Arachis batizocoi</i> Krapov. & W.C. Greg. Wi 1282, com cerdas no pecíolo, ráquis e estípulas indicadas pelas setas. Foto: C.E. Simpson.	129
Figura 39. a) Célula em metáfase do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis praecox</i> Krapov., W.C. Greg. & Valls V 14682, com 19 cromossomos. Aumento de 40x. b) Plântula do híbrido. c) Planta adulta do híbrido. .	130
Figura 40. a) Plântula do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis gregoryi</i> C.E. Simpson, Krapov. & Valls V 14957. b) Superfície inferior da folha da planta adulta do híbrido. c) Superfície inferior da folha do genitor masculino <i>Arachis gregoryi</i> C.E. Simpson, Krapov. & Valls V 14957, a vilosidade é indicada pelas setas.....	133
Figura 41. a) Plântula do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis ipaënsis</i> Krapov. & W.C. Greg. K 30076. b) Planta adulta do híbrido, com margens vilosas indicada pela seta. Foto: R.T. Queiroz.	136
Figura 42. a) Célula em metáfase do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg V 13514 x <i>Arachis hypogaea</i> subsp. <i>hypogaea</i> V 12548, com 30 cromossomos. Aumento de 40x. b) Planta adulta do híbrido. c) Folha do híbrido. d) Folha do genitor masculino <i>Arachis hypogaea</i> subsp. <i>hypogaea</i> V 12548.	139
Figura 43. a) Planta adulta do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis magna</i> Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson V 14724, margens vilosas indicadas pela seta. Foto: R.T. Queiroz. b) Superfície inferior do folíolo do híbrido com pelos adpressos indicados pela seta.	143
Figura 44. Germinação espontânea do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 3514 x <i>Arachis vallsii</i> Krapov. & W.C. Greg. V 7635.	145
Figura 45. a) Planta adulta do híbrido de <i>Arachis valida</i> V 13514 Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis chiquitana</i> Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson K 36027. b) Folíolo do híbrido, com cerdas nas margens indicadas pelas setas. Fotos: I. Lüdke....	148

Figura 46. a) Planta adulta do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis magna</i> Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson V 14707 no primeiro ciclo de cruzamentos. b) Ramo com flores. c) Ramo com flores secas e ausência de <i>pegs</i>	150
Figura 47. Ramo lateral da planta adulta do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis magna</i> Krapov. & W.C. Greg. V 14707 no segundo ciclo de cruzamentos, com <i>pegs</i> indicados pela seta. Foto: R.T. Queiroz.	151
Figura 48. Segmento de fruto do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis glandulifera</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13738 com semente mal formada e possivelmente com embrião abortado.	153
Figura 49. Grãos de pólen inviáveis do híbrido de <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x <i>Arachis krapovickasii</i> C.E. Simpson D.E. Williams, Valls & I.G. Vargas Wi 1291. Aumento de 40x.....	166
Figura 50. a) Antera oval da flor do genitor feminino <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. V 13514 com grãos de pólen viáveis. Aumento de 20x. b) Pólen do genitor masculino <i>Arachis chiquitana</i> Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson K 36027, o grão de pólen inviável é indicado pela seta. Aumento de 10x.....	164
Figura 51. Relações da cruzabilidade entre <i>Arachis valida</i> Krapov. & W.C. Greg. e espécies da secção <i>Arachis</i> com diferentes genomas. A chiquitano: genoma A chiquitano. A pantaneiro: genoma A pantaneiro. A platino: genoma A platino. AB: genoma AB. B: genoma B. D: genoma D. F: genoma F. G: genoma G. K: genoma K. <i>Arachis aff. hoehnei e Arachis vallsii:</i> genomas não esclarecidos. O xis indica a falta de cruzabilidade. FONTE: Stalker (1991), Fernández & Krapovickas (1994), Lavia (1998), Peñaloza & Valls (2005), Robledo et al. (2009), Robledo & Seijo (2010). Silvestri et al. (2014).....	168
Figura 52. Mapa de distribuição geográfica de <i>Arachis decora</i> Krapov., W.C. Greg. & Valls, <i>Arachis diogoi</i> Hoehne, <i>Arachis glandulifera</i> Stalker e <i>Arachis palustris</i> Krapov., W.C. Greg. & Valls. FONTE: Valls et al. (2008).....	185
Figura 53. Mapa de distribuição geográfica de <i>Arachis gregoryi</i> C.E. Simpson, Krapov. & Valls, <i>Arachis helodes</i> Martius ex Krapov. & Rigoni e <i>Arachis vallsii</i> Krapov. & W.C. Greg. FONTE: Valls et al. (2008).....	186

Figura 54. Mapa de distribuição geográfica de <i>Arachis hoehnei</i> Krapov. & W.C. Greg., <i>Arachis magna</i> Krapov. & W.C. Greg. e <i>Arachis stenosperma</i> Krapov., W.C. Greg. & Valls. FONTE: Valls et al. (2008).	187
Figura 55. Mapa de distribuição geográfica de <i>A. kuhlmannii</i> Krapov. & W.C. Greg. e <i>A. valida</i> Krapov. & W.C. Greg. FONTE: Valls et al. (2008).	188
Figura 56. Mapa de distribuição geográfica de <i>A. linearifolia</i> Valls, Krapov. & C.E. Simpson, <i>A. microsperma</i> Krapov., W.C. Greg. & Valls, <i>A. praecox</i> Krapov., W.C. Greg. & Valls e <i>A. simpsonii</i> Krapov. & W.C. Greg. FONTE: Valls et al. (2008)..	189
Figura 57. Mapa de distribuição geográfica de <i>A. villosa</i> Benth. FONTE: Valls et al. (2008).	190

SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

° - graus

°C - graus Celsius

' - minuto

'' - segundo

% - porcentagem

A.C. - antes de Cristo

A_{ch} - genoma A chiquitano

A. Chev. - Auguste Jean Baptiste Chevalier

aff. - affinis

alt. - altura

A_{pl} - genoma A platino

A_{pn} - genoma A pantaneiro

A.R. Custodio - Adriana Regina Custodio

BAG - Banco Ativo de Germoplasma

Benth. - George Bentham

Berk. - Miles Joseph Berkeley

Bong. - August Gustav Heinrich von Bongard

Cenargen - Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

C.E. Simpson - Charles E. Simpson

Chautems - Alaim P. Chautems

Chodat - Robert Hippolyte Chodat

cm - centímetro

CMA- cromomicina A3

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

cv - cultivar

DAPI - 4',6-diamidino-2-fenilindol

D.E. Williams - David E. Williams

DF - Distrito Federal

DNAr - DNA ribossômico

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Endl. - Stephan Friedrich Ladislaus Endlicher
EUA - Estados Unidos da América
FAOSTAT - *Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division*
FISH - hibridização *in situ* por fluorescência
GIPB - *Global Partnership Initiative for Plant Breeding Capacity Building*
ha- hectare
Handro - Oswaldo Handro
Hassl. - Emil Hassler
8HQ - 8-hidroquinoleína
Hoehne - Frederico Carlos Hoehne
IAC - Instituto Agronômico de Campinas
IAPAR - Instituto Agronômico do Paraná
IBPGR - *International Board for Plant Genetic Resources*
ICRISAT - *International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics*
ICG - *International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics groundnut accession number*
I.G. Vargas - Israel G. Caballero Vargas
kg - quilograma
Krapov. - Antonio Krapovickas
L. - Linnaeus
lat. - latitude
L.C. Costa - Leila Carvalho da Costa
long. - longitude
m - metro
mM - milimolar
M.A. Curtis - Moses Ashley Curtis
Mart. - Carl (Karl) Friedrich Phillipp von Martius
MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
mg - miligrama
mL - mililitro
mm - milímetro

MS - Mato Grosso do Sul
MT - Mato Grosso
of - *orange flower*
DNAr - DNA ribossômico
R. Veiga - Renato Ferraz de Arruda Veiga
Rig. - Rigoni
RNC- Registro Nacional de Cultivares
RS - Rio Grande do Sul
S. Antônio: Santo Antônio
SP - São Paulo
S. Trindade: Santíssima Trindade
subsp - subespécie
t - tonelada
USDA - *United States Department of Agriculture*
Valls - José Francisco Montenegro Valls
var - variedade
W.C. Greg. - Walton Carlyle Gregory
yf - *yellow flower*

1. INTRODUÇÃO

Arachis hypogaea L., o amendoim, em inglês *peanut* ou *groundnut*, e em espanhol *maní*, foi a primeira espécie a ser descrita (Linnaeus 1753) neste gênero sul-americano, que hoje engloba 81 espécies de ocorrência natural restrita ao Brasil, Bolívia, Paraguai, Argentina e Uruguai. O Brasil é o país com o maior número de seus parentes silvestres, com 48 espécies endêmicas mais 17 espécies compartilhadas (Krapovickas & Gregory 1994, Valls & Simpson 2005, Valls et al. 2013). O amendoim é cultivado para fins alimentícios em mais de 100 países (Tallury et al. 2005), é altamente calórico, possui alto teor de óleo, vitaminas do complexo B e E, e é uma das mais importantes fontes de proteína no mundo (Burow et al. 2009, USDA 2013a). Em 2012, foram produzidas mais de cinco milhões de toneladas de óleo de amendoim no mundo (FAOSTAT 2013a).

Considerando sua produtividade potencial, a cultura do amendoim ainda é subexplorada, devido à suscetibilidade a doenças e pragas. O principal fator limitante para o melhoramento do amendoim é sua estreita base genética com baixa variabilidade de alelos para resistência significativa a várias doenças e pragas e tolerância à seca (Burow et al. 2009), em comparação com a diversidade genética apresentada pela maioria das plantas cultivadas comercialmente por sementes.

Programas modernos de melhoramento buscam a introgressão de caracteres agronômicos desejáveis, como aumento da produtividade e qualidade, resistência e/ou tolerância a doenças e pragas e tolerância a seca e ao alagamento em *A. hypogaea*, por meio de cruzamentos entre as espécies silvestres (Simpson & Starr 2001, Simpson et al. 2003), que possuem caracteres agronômicos úteis para o melhoramento do amendoim (Lavia et al. 2009), e a cultivada, incluindo a formação de anfidiplóides (Foncéka et al. 2009, 2012a, 2012b). Já foram desenvolvidas cultivares de *A. hypogaea* com resistências a doenças a partir de cruzamentos entre espécies silvestres e incorporação de genes através de retrocruzamentos com o amendoim. As cultivares COAN e NemaTAM, desenvolvidas dessa forma, têm resistência aos nematóides das galhas *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood e *M. javanica* (Treub.) Chitwood (Simpson & Starr 2001, Simpson et al. 2003, Church et al. 2005). Como a cultivar NemaTAM é suscetível a mancha anular causada pelo vírus do vira-cabeça do tomateiro (*tomato*

spotted wilt virus) foi então desenvolvida uma cultivar resistente ao nematóide das galhas e ao vírus do vira-cabeça do tomateiro chamada Tifguard (Holbrook et al. 2008).

Os anfidiplóides podem ser obtidos via hexaplóide (cruzamento da espécie silvestre diplóide de *Arachis* com *A. hypogaea* e uso de colchicina para dobrar o número cromossômico) ou via diplóide/tetraplóide (cruzamento da espécie silvestre com outra espécie silvestre e duplicação do número cromossômico dos híbridos resultantes com colchicina ou duplicação dos cromossomos das espécies silvestres diplóides com colchicina) (Simpson 2001).

Por isso, o conhecimento da diversidade genética das espécies silvestres do gênero, especialmente daquelas geneticamente mais próximas ao amendoim, é essencial para o desenvolvimento de estratégias de coleta, caracterização, avaliação, documentação, conservação *in situ* e *ex situ* e utilização sustentável do germoplasma no desenvolvimento de variedades (Moretzsohn et al. 2004, Creste et al. 2005, Queiroz & Lopes 2007, Koppolu et al. 2010).

A identificação e o uso das espécies envolvidas na origem do amendoim, tanto quanto a utilização das espécies silvestres geneticamente mais próximas destas, é de grande interesse para o melhoramento do amendoim cultivado. O amendoim é um alotetraplóide, com $2n=4x=40$ cromossomos e com genoma AABB (Kochert et al. 1996). Análises por marcadores moleculares e citogenéticos levaram à conclusão de que as espécies silvestres, diplóides, *A. duranensis* Krapov. & W.C. Greg. (provedora do genoma A) e *A. ipaënsis* Krapov. & W.C. Greg. (provedora do genoma B) são os genitores de *A. hypogaea* (Seijo et al. 2004, 2007, Fávero et al. 2006, Grabielle et al. 2012).

Na teoria, com exceção de *A. glandulifera* Stalker, todas as espécies da secção *Arachis* são compatíveis para cruzamentos com *A. hypogaea*, e várias tentativas têm sido feitas para hibridizar essas espécies com outras espécies silvestres e com o amendoim, para esclarecer as relações existentes entre elas (Gregory & Gregory 1979, Stalker 1991, Simpson & Faries 2001, Fávero 2004, Rodrigues 2006, Custodio 2009). Assim, abriu-se uma nova linha de pré-melhoramento, baseada na possibilidade de agregar genes de interesse, formando distintos anfidiplóides, após duplicar os híbridos com colchicina.

Entretanto, enquanto existem mais de 50 acessos coletados de *A. duranensis* (genoma A), só existe, até hoje, um acesso de germoplasma de *A. ipaënsis* (genoma B), espécie exclusiva da Bolívia. Há quatro outras espécies com genoma B, uma só da

Bolívia: *A. williamsii* Krapov. & W.C. Greg., uma da Bolívia e do Brasil: *A. magna* Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson e duas exclusivas do Brasil: *A. gregoryi* C.E. Simpson, Krapov. & Valls (Valls & Simpson 2005) e *A. valida* Krapov. & W.C. Greg. (Krapovickas & Gregory 1994) citologicamente muito semelhantes a *A. ipaënsis*, pois seus cromossomos não possuem bandas heterocromáticas (Robledo & Seijo 2010).

A identificação das espécies com alta homologia ao genoma B de *A. hypogaea* é importante, pois o sucesso dos programas de hibridação que têm como objetivo a introgressão de genes no amendoim dependem da escolha de espécies com genoma B similar ao genoma B do amendoim (Cunha et al. 2008). Por isso, estudos focados nessas espécies são necessários.

Por análises citogenéticas e moleculares e cruzamentos, Custodio (2009) e Custodio e colaboradores (2013) sugerem que *A. valida* é próxima de *A. ipaënsis*. Esses resultados são importantes, pois abrem a possibilidade de utilização de *A. valida*, que apresenta maior número de acessos, 12, quando comparado com o único acesso disponível de *A. ipaënsis*, para ampliar a base genética pelo lado do genoma B em programas de melhoramento do amendoim cultivado. Outra espécie com potencial para essa finalidade é *A. magna*, com 15 acessos disponíveis, mas que apresentam maior heterogeneidade intrapopulacional quando analisados por marcadores microssatélites e FISH sendo agrupados em clados diferentes, indicando que a espécie poderia incluir mais de um táxon (Custodio et al. 2013).

Pela provável proximidade encontrada entre *A. valida* e *A. ipaënsis* é necessário um programa de cruzamentos centrado em *A. valida*, com as demais espécies mais relacionadas ao genoma B do amendoim, bem como espécies possuidoras de outros genomas para a observação das semelhanças e diferenças entre essas espécies. Assim, torna-se importante e interessante para pesquisadores e melhoristas a realização de estudos voltados à análise da variabilidade genética e ao conhecimento das relações entre essas espécies.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O gênero *Arachis*

O gênero *Arachis* pertence à subclasse Magnoliidae, ordem Fabales, família Leguminosae (Fabaceae), subfamília Papilionoideae (Faboideae) (Polhill & Raven, 1981, Lewis et al. 2005) e tribo Dalbergieae (Lewis et al. 2005). *Arachis hypogaea*, o amendoim cultivado, foi a primeira espécie descrita para o gênero. Já as primeiras espécies silvestres: *A. glabrata* Benth., *A. prostrata* Benth., *A. pusilla* Benth., *A. tuberosa* Benth. e *A. villosa* Benth. foram descritas por Bentham (1841). Posteriormente, Chodat & Hassler (1904); Hoehne (1919); Chevalier (1929); Krapovickas & Rigoni (1957); Handro (1958); Stalker (1991); Krapovickas & W.C. Gregory (1994); C.E. Simpson, D.E. Williams, Valls & I.G. Vargas; Krapovickas, Valls & C.E. Simpson; Valls, C.E. Simpson, Krapovickas & R.Veiga (Valls & Simpson 2005) e Valls, L.C. Costa & A.R. Custodio (Valls et al. 2013) descreveram, independentemente, diversas outras espécies silvestres. Atualmente o gênero possui 81 espécies descritas (Krapovickas & Gregory 1994, Valls & Simpson 2005, Valls et al. 2013), além de outras, que estão em processo de descrição (Valls, Comunicação Pessoal 2013).

As espécies de *Arachis* apresentam florescimento acima do solo, mas produção de frutos e sementes abaixo da superfície. Podem ser encontradas em vários habitats, como savanas, regiões semiáridas, bordas de floresta tropical e áreas úmidas. São encontradas desde o nível do mar até o sopé dos Andes (Peñaloza & Valls 2005). As plantas do gênero são anuais, bianuais ou perenes, eretas ou prostradas, às vezes rizomatosas ou estoloníferas (Krapovickas & Gregory 1994).

Uma estrutura peculiar do gênero é o *peg*, também denominado *paxillus* em latim, *clavo* em espanhol e garfo em português. O *peg* é uma estrutura de alongação do ovário, não do receptáculo que sustenta o gineceu (Pelegrin et al. 2013), que se desenvolve pela expansão de um meristema intercalar, situado abaixo do óvulo basal, depois da fecundação (Smith 1950, Conagin 1959). Ele se alonga em direção ao solo por geotropismo positivo, onde ocorre o desenvolvimento dos frutos e sementes. Esse fato é conhecido como geocarpia. O *peg* pode dirigir-se ao solo verticalmente ou em

ângulo, dependendo da espécie e do ramo onde estava a flor que lhe deu origem (eixo central ou ramos) (Smith 1950, Conagin 1959, Krapovickas & Gregory 1994).

O pericarpo dos segmentos de fruto é liso ou reticulado e pode se desprender do fruto em algumas espécies (Krapovickas & Gregory 1994). A taxa de dispersão dos frutos, em relação à planta mãe, é de aproximadamente um metro por ano, o que demonstra a lenta dispersão natural. Essa taxa pode aumentar se os frutos forem carregados através de rios para outros locais ou pela dispersão por animais como pássaros, roedores, porcos e tatus, ou por humanos, comum em algumas espécies do gênero (Krapovickas & Gregory 1994, Simpson et al. 2001). O gênero é subdividido em nove secções, todas encontradas no Brasil: *Arachis*, *Caulorrhizae* Krapov. & W.C. Greg., *Erectoides* Krapov. & W.C. Greg., *Extranervosae* Krapov. & W.C. Greg., *Heteranthae* Krapov. & W.C. Greg., *Procumbentes* Krapov. & W.C. Greg., *Rhizomatosae* Krapov. & W.C. Greg., *Trirectoides* Krapov. & W.C. Greg. e *Triseminatae* Krapov. & W.C. Greg. Essa subdivisão é baseada em caracteres morfológicos, no modo de reprodução, em cruzamentos interespecíficos, na viabilidade dos grãos de pólen e na distribuição geográfica (Gregory & Gregory 1979, Krapovickas & Gregory 1994).

2.2 A secção *Arachis*

A secção *Arachis* é a que comporta, hoje, o maior número de espécies. Ao todo são 33 espécies, incluindo *A. hypogaea* (Krapovickas & Gregory 1994, Krapovickas & Lavia 2000, Lavia 2000, Valls & Simpson 2005, Robledo et al. 2009). É considerada a mais diversa e derivada e possui muitas espécies anuais, o que proporcionou a expansão e a dispersão rápida das espécies. Essa idéia se baseia em estudos taxonômicos e compatibilidade de cruzamentos (Gregory & Gregory 1979, Krapovickas & Gregory 1994), assimetria de cariótipos (Stalker 1991, Fernández & Krapovickas 1994, Robledo & Seijo 2008) e marcadores moleculares (Moretzsohn et al. 2004, Tallury et al. 2005, Burow et al. 2009, Bechara et al. 2010, Wang et al. 2010, Bertioli et al. 2011, Moretzsohn et al. 2013).

As espécies dessa secção são anuais ou perenes, não apresentam rizomas nem estolões. Apresentam raiz pivotante e eixo central ereto, com ramos procumbentes, estendidos. As estípulas têm margens abertas e as folhas são tetrafolioladas. As flores são papilionadas, estão distribuídas ao longo dos ramos e apresentam hipanto

desenvolvido. O estandarte é sempre expandido, alaranjado ou amarelado. O *peg* é vertical ou inclinado, mas nunca horizontal. O fruto subterrâneo é geralmente biarticulado (com dois segmentos de fruto com uma semente cada) nas espécies silvestres, ou com um segmento de fruto plurisseminado, no amendoim cultivado (Krapovickas & Gregory 1994).

Duas espécies de *Arachis*, antes situadas na secção *Procumbentes* no trabalho de Krapovickas & Gregory (1994), *A. vallsii* Krapov. & W.C. Greg. e *A. chiquitana* Krapov. & W.C. Greg., foram incluídas na secção *Arachis* devido às características morfológicas e cromossômicas. As duas espécies possuem um tipo de cromossomo satelitado característico da secção *Arachis*, e não de *Procumbentes*, e *A. chiquitana* possui genoma A (Krapovickas & Lavia 2000, Lavia 2000, Lavia et al. 2009, Robledo et al. 2009). Além disso, no estudo de Rodrigues (2006), *A. vallsii* teve cruzabilidade com representantes de todos os subgrupos da secção *Arachis*, inclusive com o amendoim.

2.3 A origem do amendoim

A origem do amendoim ainda é um assunto discutido entre os pesquisadores. Vários locais, épocas e espécies genitoras já foram propostos para explicar essa origem. Atualmente, existem duas hipóteses sobre a origem do amendoim: uma origem monofilética e outra de origem polifilética.

A hipótese da origem monofilética do amendoim, supõe a ocorrência do cruzamento ocasional entre duas espécies diplóides, uma de genoma A com outra de genoma B, há cerca de 5000 anos, por polinização por abelhas (Simpson *et al.* 2001). Este cruzamento teria gerado uma planta diplóide estéril, de genoma AB que, naturalmente, teria sofrido duplicação cromossômica, restaurado a fertilidade, estabelecendo a fórmula genômica AABB e, originado a espécie alotetraplóide *A. hypogaea*. A espécie doadora do genoma A do amendoim é *A. duranensis* e a espécie doadora do genoma B de *A. hypogaea* é *A. ipaënsis* (Freitas *et al.* 2003, Seijo *et al.* 2007).

Até então, existiam dúvidas sobre a origem do amendoim. Singh & Smartt (1998) afirmaram que a hipótese estaria confirmada quando fosse produzido um anfidiplóide sintético pelo cruzamento entre *A. duranensis* e *A. ipaënsis*, as duas espécies diplóides que mais se aproximavam do amendoim, que, ao ser cruzado com *A.*

hypogaea, produzisse um híbrido fértil. Fávero (2004) realizou esses cruzamentos com sucesso, utilizando *A. ipaënsis* como genitor feminino e *A. duranensis* como genitor masculino. Em seguida utilizou a colchicina, que inibe a formação do fuso mitótico na prófase, retarda a separação dos cromossomos, destrói o fuso na anáfase, e bloqueia os processos de clivagem (Eigsti & Dustin 1955), para a tetraploidização dos híbridos diplóides e estéreis, de genoma AB. O anfidiplóide obtido, (*A. duranensis* x *A. ipaënsis*)^{4x}, que é um poliplóide formado pela união de dois conjuntos cromossômicos distintos e sua duplicação subsequente (Griffiths *et al.* 2004), foi cruzado com as seis variedades botânicas do amendoim, obtendo progênes férteis (Fávero *et al.* 2006) (Figura 1).

O trabalho foi um marco no estudo do gênero *Arachis*, confirmando a origem do amendoim e abrindo as portas para novas vias de incorporação de genes de interesse, oriundos das espécies silvestres, no melhoramento do amendoim. Esse anfidiplóide tem sido utilizado em programas de melhoramento pelo mundo, cruzado com a cultivar Fleur 11, uma variedade local de amendoim do Senegal, entre outras (Foncéka *et al.* 2009, 2012a, 2012b).

Além disso, Gabriele e colaboradores (2012) reforçaram a hipótese de uma origem única dos poliplóides naturais da secção *Arachis*, pelos resultados de seu estudo, onde encontraram baixa representatividade do cloroplasto e das seqüências de DNA ribossômico 5S dos tetraplóides nas espécies silvestres. No estudo de Moretzsohn e colaboradores (2013), foi encontrada uma completa homologia entre as seis variedades de amendoim e *A. monticola*, o que indica alta similaridade genética entre as duas espécies.

Alguns trabalhos ainda levantam a hipótese de possível origem polifilética do amendoim. Essa origem teria ocorrido pelo cruzamento entre distintas espécies de genoma A com outras de genoma não A, em diferentes regiões e épocas. Essa hipótese é reforçada pela variabilidade morfológica e isolamento reprodutivo parcial das subespécies de amendoim (Krapovickas & Gregory 1994) e pela variabilidade de tipos de amendoim encontrados entre índios Kayabis (tupi-guaranis), coletados na bacia do Rio Xingu no sul da Amazônia. Alguns acessos formaram grupos diferenciados e apresentaram-se geneticamente distantes da maioria dos tipos botânicos conhecidos de amendoim (Freitas *et al.* 2007), além de apresentarem um padrão de distribuição da heterocromatina, por bandeamento CMA/DAPI, distinto dos tipos botânicos conhecidos (Peñaloza 2006).

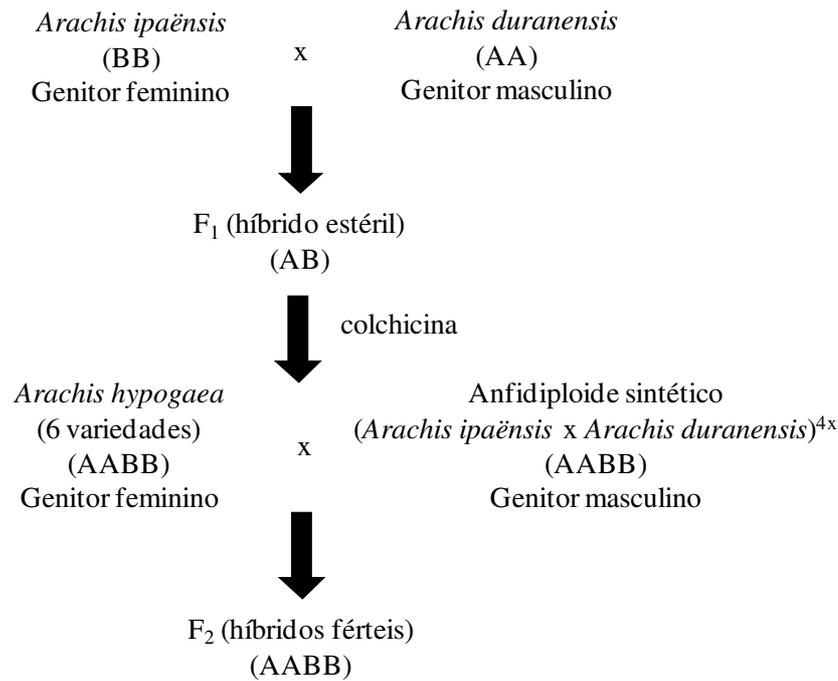


Figura 1. Esquema de cruzamentos utilizado para obtenção do anfidiplóide sintético (*Arachis ipaënsis* x *Arachis duranensis*)^{4x} e cruzamentos desse anfidiplóide com *Arachis hypogaea*. FONTE: Fávero et al. (2006).

2.4 Citogenética em *Arachis*

A caracterização da morfologia externa das plantas, por si, muitas vezes não é suficiente para estabelecer, com precisão, a delimitação das espécies de *Arachis*. Nestes casos, estudos genéticos e citogenéticos, juntamente com a análise dos aspectos geográficos ligados à ocorrência natural das espécies são complementos necessários (Krapovickas & Gregory 1994).

Husted (1933, 1936) iniciou os estudos citogenéticos em *Arachis*. Analisando a morfologia dos cromossomos de *A. hypogaea*, encontrou $2n=4x=40$ cromossomos, além da presença, de dois pares de cromossomos diferentes dos demais. Um par com cromossomos pequenos, com até 60% do tamanho do maior cromossomo, com coloração diferencial a partir do centrômero e pouco corado em pró-metáfase (Husted 1933, 1936), e com uma banda heterocromática na região centromérica (Seijo et al. 2004), foi denominada de “par A”. O outro par de cromossomos com presença de constrição secundária foi chamado de par de cromossomos com satélite ou satelitados. A presença ou a ausência do par de cromossomos A e o tipo de cromossomo satelitado auxiliam na classificação das espécies de *Arachis* (Peñaloza & Valls 2005).

As primeiras contagens cromossômicas para espécies silvestres de *Arachis* foram feitas por Mendes (1947), que observou $2n=2x=20$ cromossomos para *A. archeri* Krapov. & W.C. Greg., *A. benthamii* Handro, *A. major* Krapov. & W.C. Greg., *A. oteroi* Krapov. & W.C. Greg. e *A. villosulicarpa* Hoehne. Fernández & Krapovickas (1994) realizaram o primeiro estudo citogenético detalhado para o gênero, que incluiu um grande número de espécies, ampliando o conhecimento sobre a citogenética do grupo e provendo informações que contribuíram para sua taxonomia. Essas informações foram o número cromossômico, o tamanho dos cromossomos, que são classificados como pequenos (1 a 4 mm), a presença ou ausência de cromossomos A, o tipo de cromossomos satelitados (1 até 10) e o posicionamento do centrômero.

A maioria das espécies do gênero *Arachis* é diplóide ($2n=2x=20$), cinco são tetraplóides ($2n=4x=40$): *A. glabrata*, *A. hypogaea*, *A. monticola* Rigoni, *A. nitida* Valls, Krapov. & C.E. Simpson e *A. pseudovillosa* (Chodat & Hassl.) Krapov. & W.C. Greg. (Fernández & Krapovickas 1994, Peñaloza & Valls, 2005). Quatro espécies são aneuplóides ($2n=2x=18$): *A. decora* Krapov., W.C. Greg. & Valls, *A. palustris* Krapov., W.C. Greg. & Valls, *A. porphyrocalyx* Valls & C.E. Simpson e *A. praecox* Krapov., W.C. Greg. & Valls (Lavia 1996, 1998, Peñaloza & Valls 1997, 2005, Silvestre et al. 2014). A espécie *A. pintoii* Krapov. & W.C. Greg. apresenta indivíduos diplóides e um acesso com indivíduos triplóides ($2n=3x=30$) (Peñaloza et al. 1996, Lavia et al. 2011).

Na secção *Arachis*, a maioria das espécies apresenta $2n=2x=20$ cromossomos. As espécies diplóides, caracterizadas pela presença do par A, são chamadas de espécies com genoma A. Essas podem ser divididas em três subtipos: genoma A chiquitano (ch), genoma A pantaneiro (pn) e genoma A platino (pl), com base na variabilidade observada em análises moleculares, por FISH, pela detecção de heterocromatina e pela distribuição geográfica das espécies (Robledo et al. 2009) (Figura 2).

As espécies anuais da secção *Arachis*, diplóides com $2n=2x=20$, mas, sem o par de cromossomos A, são conhecidas como espécies com genoma B ou não A (Peñaloza & Valls 2005, Valls & Simpson 2005, Robledo & Seijo 2010). Outras duas espécies, *A. benensis* Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson e *A. trinitensis* Krapov. & W.C. Greg., anteriormente conhecidas como possuidoras do genoma B, foram reavaliadas e classificadas como portadoras do genoma F. Enquanto outras três, *A. batizocoi* Krapov. & W.C. Greg., *A. cruziana* Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson e *A. krapovickasii* C.E. Simpson, D.E. Williams, Valls & I.G. Vargas foram classificadas como espécies

com genoma K, com base em estudos moleculares por FISH (Robledo & Seijo 2010) (Figura 2).

As espécies da secção *Arachis* têm predominantemente cromossomos metacêntricos, com exceção de *A. glandulifera* e *A. batizocoi*. *Arachis glandulifera*, diplóide com $2n=2x=20$ e sem o par A, apresenta vários cromossomos subtelocêntricos, cariótipo assimétrico, é a única espécie com genoma D (Stalker 1991, Fernández & Krapovickas 1994, Peñaloza et al. 1996, Pittman et al. 1996, Robledo & Seijo 2008). Tallury e colaboradores (2005) verificaram por análises moleculares, que os genomas B e D estão mais relacionados entre si do que com o genoma A. Robledo & Seijo (2008) constataram, por FISH e outras análises moleculares, que o genoma D está posicionado entre os genomas A e B (Figura 2).

Também existem três espécies da secção *Arachis* com $2n=2x=18$ cromossomos (Lavia 1996, 1998). Essas espécies são *A. decora*, *A. palustris* e *A. praecox* e possuem o genoma G (Silvestri et al. 2014). Por análises moleculares, essas espécies estão mais relacionadas com o genoma B de *Arachis* (Bechara et al. 2010) e também ao genoma D (Tallury et al. 2005).

Nessa mesma secção, *A. vallsii*, ainda tem uma posição incerta sem que se tenha denominado seu genoma. Além de acessos de *A. hoehnei* Krapov. & W.C. Greg., coletados em locais diferentes do acesso tipo da espécie, que são morfologicamente semelhantes ao tipo, porém apresentam diferenças no seu complemento cromossômico e devem ser estudados detalhadamente para definição de sua posição taxonômica (Robledo & Seijo 2008, Custodio et al. 2013). *Arachis schininii* Valls & C.E. Simpson era considerada um acesso de *A. hoehnei*, porém com o estudo de Peñaloza & Valls (2005) foi verificada a presença do par de cromossomos A, que não é encontrado no tipo de *A. hoehnei* (Krapovickas & Gregory 1994) e *A. schininii* foi descrita como uma nova espécie (Valls & Simpson 2005).

<i>A. cardenasii</i>	<i>A. chiquitana</i>	<i>A. herzogii</i>	<i>A. kempff-mercadoi</i>
<i>A. correntina</i>	<i>A. duranensis</i>	<i>A. schininii</i>	<i>A. villosa</i>
<i>A. diogoi</i>	<i>A. helodes</i>	<i>A. kuhlmannii</i>	<i>A. linearifolia</i>
<i>A. microsperma</i>	<i>A. simpsonii</i>	<i>A. stenosperma</i>	<i>A. hoehnei</i>
<i>A. hypogaeal</i> <i>A. monticola</i>	<i>A. glandulifera</i>	<i>A. ipaënsis</i>	<i>A. magna</i>
<i>A. decora</i>	<i>A. gregoryi</i>	<i>A. valida</i>	<i>A. williamsii</i>
<i>A. palustris</i>	<i>A. benensis</i>	<i>A. batizocoi</i>	<i>A. cruziana</i>
<i>A. praecox</i>	<i>A. trinitensis</i>	<i>A. krapovickasii</i>	<i>A. vallsii</i>

Figura 2. Genomas encontrados nas espécies da secção *Arachis*. **Genoma A chiquitano** (A_{ch}): laranja. **Genoma A platino** (A_{pl}): amarelo claro. **Genoma A pantaneiro** (A_{pn}): amarelo escuro. **Genoma B**: verde escuro. **Genoma AB**: azul. **Genoma D**: vermelho. **Genoma F**: rosa. **Genoma G**: cinza. **Genoma K**: verde claro. **Genoma não esclarecido**: branco. FONTE: Stalker (1991), Fernández & Krapovickas (1994), Peñaloza & Valls (1997, 2005), Lavia (1998), Robledo & Seijo (2008, 2010), Robledo et al. (2009). Silvestri et al. (2014).

2.5 Conceito de espécie em *Arachis*

A definição do conceito de espécie em *Arachis* é complexa. Em *Arachis*, devido à autogamia predominante e à frutificação subterrânea que limita a dispersão das sementes e sua adaptação a solos arenosos, o fluxo gênico é muito limitado ou nulo entre populações ou até mesmo dentro das populações. Assim, caracteres exomorfológicos permanecem válidos para delimitar e definir as espécies (Krapovickas 1996).

Mesmo dentro do que se considera uma espécie em *Arachis*, a diversidade dentro de populações (intraespecífica) pode ser alta (Krapovickas & Gregory 1994). Um exemplo é *A. magna*, pois um acesso da espécie não tem cerdas nas estípulas e todos os outros acessos, incluindo o tipo, têm cerdas. Além disso, o único acesso de *A. ipaënsis* também não tem cerdas, o que é uma característica que a diferencia de *A. magna*. *Arachis ipaënsis* é próxima de *A. magna* tanto pelo hábito de crescimento quanto pelos

frutos (Krapovickas & Gregory 1994) e também pelos padrões de RNA ribossômico 5S e 45S encontrados em um acesso de *A. magna*. Em *A. magna*, acessos analisados quanto aos padrões de RNA ribossômico 5S e 45S apresentaram diferenças, o que pode ser um indicativo para mais estudos sobre o posicionamento taxonômico dos acessos coletados dessa espécie (Custodio et al. 2013).

O conceito de espécie utilizado atualmente em *Arachis* leva em conta a viabilidade dos híbridos entre as populações distintas. Às vezes se apresenta bastante variável mesmo entre indivíduos com morfologia externa muito semelhante (Valls, Comunicação Pessoal 2011). Também são consideradas as diferenças ou semelhanças citogenéticas. Por exemplo, em dois acessos de *A. valida* coletados na mesma localidade, em Corumbá, MS, Brasil, porém em épocas diferentes, 1976 e 1977, foi verificado que um acesso tinha um par de cromossomos satelitados (KG 30011), enquanto o outro tinha dois pares (KGPSc 30147) (Fernández & Krapovickas 1994). Esses acessos são morfologicamente idênticos (Krapovickas & Gregory 1994).

2.6 O uso agrícola de espécies de *Arachis*

O amendoim é uma cultura nativa do Novo Mundo. Já era cultivada no período colombiano na Meso-América e América do Sul. Restos de pericarpo encontrados em sítios arqueológicos na costa do Peru, dois sítios perto de Casma e outro próximo de Bermejo evidenciam o uso agrícola de espécies de *Arachis* (Heiser 1965, Hammons 1994). Nesses locais, foram encontradas cascas datadas entre 1800 a 1500 anos A.C. que se assemelham a *A. magna*, *A. ipaënsis* e/ou *A. monticola*. Na camada seguinte, acima dessas cascas, foram encontradas evidências de milho e cascas de amendoim cultivado que se assemelham ao amendoim cultivado atualmente. Em uma escavação próxima, foram encontradas cascas que se assemelham a *A. duranensis* datadas do mesmo período (Simpson et al. 2001). Em 1987, também no norte do Peru, em Huaca Rajada, Sipán, foi encontrado o senhor de Sipán, um esqueleto de um homem com jóias, como um colar: metade em ouro representando o sol e metade em prata representando a lua com o formato de frutos de amendoim, e ornamentos pertencentes à cultura Moche, demonstrando, que o amendoim foi uma cultura importante para essa civilização (Alva 1988, Freitas et al. 2003). Evidências arqueológicas parecidas com a encontrada no Peru foram descobertas no noroeste da Argentina indicando que amendoins silvestres

possivelmente foram cultivados no alto dos Andes da Argentina, embora as cascas fossem menores (Simpson et al. 2001, Krapovickas 2010).

No Brasil, Soares de Souza relatou o cultivo do amendoim no nordeste em 1587 (Krapovickas 2010). A espécie *A. villosulicarpa* foi encontrada exclusivamente em cultivo em algumas comunidades indígenas do noroeste do Mato Grosso, e em duas aldeias do parque indígena do Xingu, no nordeste do mesmo estado. *Arachis stenosperma* Krapov. & W.C. Greg., ainda é utilizada pelos índios e apresenta ampla distribuição geográfica, pela possível dispersão pelo homem, sendo encontrada em Goiás, Mato Grosso, Paraná, São Paulo e Tocantins (Freitas et al. 2003, Valls 1997, 2013).

O amendoim cultivado foi umas das primeiras culturas introduzidas na Europa vindas do Novo Mundo, da América do Sul (Stalker & Moss 1987). Como resultado das explorações de espanhóis e portugueses, o cultivo do amendoim se espalhou rapidamente das Américas para a África e Ásia. Assim, começou a ter importância na dieta alimentar na China e Índia (Freitas et al. 2003).

O amendoim é cultivado em mais de 30 países. Foi a nona cultura mais cultivada no mundo em 2012 (FAOSTAT 2013b). Na estimativa de área plantada de amendoim para 2013/2014, a Índia tem a maior área plantada, a China a segunda e a Nigéria a terceira. Os Estados Unidos têm a maior produtividade estimada, a Argentina a segunda e a China a terceira. A China tem a maior produção estimada, a Índia a segunda e a Nigéria a terceira. Na comparação com Argentina, China, Estados Unidos, Índia e Nigéria, o Brasil ocupa a sexta posição na estimativa de área plantada, o quarto lugar em produtividade e sexto lugar na produção de amendoim (USDA 2013b) (Tabela 1).

Tabela 1. Estimativa da área plantada, produtividade e produção de amendoim na Argentina, Brasil, China, Estados Unidos, Índia, Nigéria e no mundo em 2013/2014.

País	Área plantada (milhões ha)	Produtividade (t.ha ⁻¹)	Produção (milhões t)
Argentina	0,33	3,69	1,20
Brasil	0,10	3,00	0,30
China	4,75	3,54	16,80
Estados Unidos	0,43	4,06	1,75
Índia	5,00	1,00	5,00
Nigéria	2,50	1,20	3,00
Mundo	23,30	1,68	39,20

ha: hectare. t: tonelada. FONTE: *United States Department of Agriculture* (USDA 2013b).

No Brasil, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a previsão para a cultura do amendoim na safra 2013/2014 da maior área plantada

encontra-se no estado de São Paulo, a segunda no Rio Grande do Sul e a terceira em Minas Gerais. O estado de São Paulo tem a maior produtividade estimada, seguido por Minas Gerais e Tocantins. O estado com a maior produção de amendoim é São Paulo, que concentra 90% da produção brasileira, o segundo é Minas Gerais e o terceiro é o Paraná (CONAB 2013) (Tabela 2).

Tabela 2. Estimativa da área plantada, produtividade e produção de amendoim nos estados da Bahia, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, São Paulo e Tocantins e no Brasil em 2013/2014.

Estado	Área plantada (mil ha)	Produtividade (kg.ha ⁻¹)	Produção (mil t)
Bahia	3,0	1033	3,1
Minas Gerais	3,1	3448	10,7
Paraná	2,4	2417	5,8
Rio Grande do Sul	3,4	1559	5,3
São Paulo	80,5	3549	285,7
Tocantins	1,5	2867	4,3
Brasil	96,8	3279	317,5

ha: hectare. kg: quilograma. t: tonelada. FONTE: Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB 2013).

Atualmente, 27 cultivares de amendoim estão registradas no Registro Nacional de Cultivares (RNC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA 2014). As instituições públicas brasileiras que desenvolvem programas de melhoramento genético de amendoim são a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR).

As cultivares de amendoim comercializadas pela Embrapa são: BR-1, BRS 151-L5 e BRS Havana que são recomendadas para a região Nordeste do Brasil e BRS Pérola Branca (Cardoso et al. 2011), que é a primeira cultivar de amendoim brasileiro específica para a produção de biodiesel por meio da agricultura familiar (Embrapa 2014). As cultivares de amendoim comercializados atualmente pelo IAC são: IAC TATU ST que é o tipo mais tradicional de amendoim no Brasil, IAC Caiapó, Runner IAC 886, IAC 503 e duas cultivares que possuem a característica “Alto Oleico” (70 a 80% de ácido oleico no óleo), a IAC 505 e IAC OL 3 (IAC 2014).

2.7 Programas para combater a fome com o uso do amendoim

A utilização de suplementos alimentares enriquecidos é uma alternativa para o combate à fome no mundo. Em 1999, os médicos Mark Manary e André Briend, juntamente com a Organização Mundial de Saúde, desenvolveram um alimento terapêutico pronto para o uso para o combate à desnutrição severa. Fazem parte da composição desse alimento leite em pó, azeite vegetal, açúcar, vitaminas, minerais e manteiga de amendoim. É usado em países da África, como Burundi, Congo, Chad, Etiópia, Uganda, Malawi e Mali e no Haiti, na América Central, no tratamento de crianças desnutridas. Esse alimento apresenta muitas vantagens, tais como, baixo custo, não necessita de água para o consumo, não precisa de refrigeração podendo ser estocado por três a quatro meses, as crianças podem ser alimentadas em casa e possui a quantidade de nutrientes adequada para uma recuperação completa da desnutrição severa. A produção local ocorre em diversos países, incluindo o Congo, a Etiópia, o Haiti, o Malawi e o Níger (Peanut Butter for the Hungry 2013, WHO 2014).

2.8 Pré-melhoramento e melhoramento genético vegetal

Os agricultores foram os primeiros melhoristas, iniciando a domesticação das plantas há mais de 12 mil anos (Cleveland & Soleri 2002), que pode ser considerada um dos processos mais importantes relacionados com a história do homem (Sereno et al. 2008). Nesse período houve uma mudança do comportamento do homem primitivo que deixou de ser somente caçador/coletor e começou também a ser produtor (Nass et al. 2007). A domesticação das plantas pode ser considerada como um dos princípios do melhoramento genético (Cleveland & Soleri 2002).

O pré-melhoramento genético vegetal refere-se a todas as atividades projetadas para identificar características e/ou genes de interesse de materiais não adaptados (espécies silvestres, exóticas ou semiexóticas) que não podem ser usados diretamente em populações de cruzamentos e transferi-las para materiais mais facilmente acessíveis aos melhoristas. Um dos objetivos do pré-melhoramento é aumentar a base genética dos materiais para reduzir a vulnerabilidade genética. Essa vulnerabilidade decorre do estreitamento da base genética em consequência do melhoramento (GIPB 2011).

O pré-melhoramento também pode ser entendido como atividades desenvolvidas para a identificação de características, funções biológicas, genes ou conjuntos gênicos

desejáveis, em materiais não adaptados, semiadaptados ou que não sofreram nenhuma seleção, e sua mobilização para materiais potencialmente úteis a diferentes usuários da variabilidade genética (Fávero et al. 2008).

O conceito do que é pré-melhoramento pode variar de acordo com a espécie, o que é pré-melhoramento em espécies anuais pode ser considerado melhoramento em espécies perenes (Fávero et al. 2008). Algumas experiências de sucesso do pré-melhoramento no Brasil incluem o arroz, o café, citros, o tomate, a mandioca, o maracujá e o milho (Nass et al. 2007, Faleiro et al. 2008).

O melhoramento moderno de plantas desenvolveu-se nos últimos dois séculos (Cleveland & Soleri 2002), com o surgimento dos trabalhos clássicos de genética (Nass et al. 2007). O melhoramento de plantas é uma tecnologia baseada em diversas habilidades empíricas e práticas estabelecidas, mas também no conhecimento crítico científico (Becker et al. 1999).

O melhoramento de plantas é a ciência do melhoramento genético de plantas para o benefício da humanidade (GIPB 2011). Segundo Acquah (2007), é um ramo da agricultura que foca a manipulação da hereditariedade vegetal para o desenvolvimento de plantas melhoradas para a sociedade. Essas melhorias podem ser realizadas através de diferentes técnicas, pela simples seleção de plantas com características desejáveis, até pela utilização de técnicas moleculares (GIPB 2011).

O melhoramento genético vegetal é um campo multidisciplinar, que envolve diversas áreas do conhecimento como a biologia molecular, a bioquímica, a botânica, a citologia, a genética, a entomologia, a estatística, a fisiologia, a fitopatologia, a informática, a irrigação, a mecanização agrícola, a microbiologia, a nutrição de plantas e a classificação de solos (Nass et al. 2007, GIPB 2011).

No melhoramento genético vegetal é importante a produção de novas variedades que atendam às necessidades de aumento da produtividade, maior valor nutricional, além do desenvolvimento de culturas que sejam adaptadas a estresses abióticos como tolerância à seca, salinidade e frio e estresses bióticos, como tolerância e/ou resistência a doenças e pragas e que respondam às demandas de sistemas de cultivo, das indústrias e de outros utilizadores finais (GIPB 2011).

Um dos objetivos dos programas de melhoramento é a piramidização de genes, que é definida como um método que visa reunir vários genes desejáveis em um genótipo único. O produto final de um programa de piramidização de genes é um genótipo com todos os genes-alvo. Os objetivos da piramidização incluem aumentar o

desempenho da cultivar pela combinação de dois ou mais genes complementares, da durabilidade da resistência a doenças e da base genética das cultivares (Ye & Smith 2008).

Os principais objetivos no melhoramento genético do amendoim são o aumento da produtividade, a adaptação a diferentes regiões (clima e solos), a resistência a doenças, por exemplo, mancha-preta causada pelo fungo *Cercosporidium personatum* (Berk. & M.A. Curtis) Deighton e mancha-castanha causada por *Cercospora arachidicola* Hori, a resistência a insetos como cigarrinha, tripes e lagartas, o aumento do teor de óleo e o aumento do conteúdo de proteína (Simpson 2007).

2.9 Pool gênico

O *pool* gênico é o conjunto de todos os genes, incluindo seus alelos, dentro de uma população (Miko & LeJeune 2009). Esse conceito foi proposto por Harlan & de Wet (1971) para auxiliar o entendimento da relação entre as espécies cultivadas e as aparentadas. Os diferentes genótipos que fazem parte de um germoplasma, que é o material genético de valor atual ou potencial, são classificados pela facilidade de hibridação, ou seja, pela facilidade de troca de genes entre eles. Harlan & de Wet (1971) classificaram o *pool* gênico em três níveis:

a) *Pool* gênico primário: esse grupo corresponde ao conceito tradicional de espécie biológica postulado por Mayr em 1963, em que as espécies são grupos de populações naturais intercruzantes que são isoladas reprodutivamente de outros grupos (Mayr 1969). No *pool* gênico primário, as espécies podem se cruzar facilmente. Os híbridos geralmente são férteis, com bom pareamento cromossômico, segregação cromossômica normal e a transferência de genes é geralmente fácil. Exemplo: cultivares comerciais, raças crioulas, linhagens, subespécies (Harlan & de Wet 1971). Em *Arachis*, o *pool* gênico primário compreende os acessos de *A. monticola* e os acessos e as cultivares de *A. hypogaea* (Stalker & Moss 1987).

b) *Pool* gênico secundário: esse grupo inclui todas as espécies que podem cruzar com as espécies cultivadas. Inclui também as espécies relacionadas do mesmo gênero e, espécies fora do gênero podem fazer parte deste grupo. Em geral a hibridação é possível, mas os híbridos tendem a ser estéreis, o pareamento cromossômico é irregular ou inexistente. Muitos híbridos podem ser fracos e dificilmente atingem a maturidade e a recuperação de tipos desejados nas gerações avançadas pode ser difícil (Harlan & de

Wet 1971). Em *Arachis*, o *pool* gênico secundário é representado pelas espécies diplóides da secção *Arachis* com genomas A, B, D, F, G e K. Os híbridos entre as espécies diplóides e tetraplóides do grupo são estéreis, mas a fertilidade pode ser restaurada pela manipulação do nível de ploidia (Moss & Stalker 1987).

c) *Pool* gênico terciário: em geral incluem espécies pouco aparentadas em outros gêneros, ou espécies pouco relacionadas do mesmo gênero. Nesse nível, os cruzamentos podem ser feitos com a espécie cultivada, mas os híbridos tendem a serem anômalos, letais ou completamente estéreis. A transferência de genes é difícil, somente com técnicas como, por exemplo, a cultura de embriões, a enxertia, duplicação do número cromossômico ou usando espécies de ligação para obter alguma fertilidade (Harlan & de Wet 1971). Atualmente, a transferência de genes pode ser feita com a aplicação de técnicas de biologia molecular, como a transgenia. Em *Arachis*, o *pool* gênico terciário inclui as espécies pertencentes às outras secções, *Caulorrhizae*, *Erectoides*, *Extranervosae*, *Heteranthae*, *Procumbentes*, *Rhizomatosae*, *Trirectoides* e *Triseminatae*. Os híbridos formados tendem a ser completamente estéreis e métodos para introgridir pequenos segmentos cromossômicos podem ser necessários para o uso do germoplasma silvestre (Stalker & Moss 1987).

2.10 Poliploidia

A poliploidia, ou processo de duplicação cromossômica, é a existência de indivíduos ou espécies com números cromossômicos múltiplos do comum na espécie ou no gênero (Schifino-Wittmann & Dall'Agnol 2001). É o tipo de variação cromossômica mais frequente na evolução das plantas e é importante na evolução e no melhoramento genético vegetal (Schifino-Wittmann & Dall'Agnol 2001, Peñaloza & Pozzobon 2011). A poliploidia tende a quebrar as barreiras genéticas e permite a troca de genes entre sistemas genéticos que, em condições diplóides, são completamente isolados um do outro (Stebbins 1940).

A poliploidia representa uma classe especial de mutação e pode ocorrer através de várias rotas: duplicação genômica, não redução gamética e polispermia. A duplicação genômica ocorre em animais e plantas e envolve uma falha de divisão celular após a duplicação mitótica. A não redução gamética envolve uma falha de divisão celular durante a meiose (Otto & Whitton 2000), em que a redução do número cromossômico não ocorre. Os gametas não reduzidos têm o mesmo número de

cromossomos que as células somáticas do indivíduo (Schifino-Wittmann & Dall'Agnol 2001). Os poliplóides podem ser formados pela união de gametas não reduzidos com um gameta normal, união de dois gametas não reduzidos ou por duplicação somática (Harlan & de Wet 1975). A polispermia, ou não redução do gameta masculino, tem um papel pequeno na poliploidização em animais e pode ser encontrada em plantas (Otto & Whitton 2000).

A frequência de poliploidia varia, mas é elevada em samambaias e angiospermas. Estima-se que 2-4% de eventos de especiação em angiospermas e 7% em samambaias estejam associados à poliploidia (Otto & Whitton 2000). Otto & Whitton (2000) desenvolveram um método para estimar a frequência de poliploidia. Segundo esse método, o índice de poliploidia em samambaias é 41,7%, em monocotiledôneas 31,7%, em dicotiledôneas 17,7%, sendo nas herbáceas 11,3% e nas lenhosas é negativo, -2,2%.

Segundo Stebbins (1940), os poliplóides são classificados em autopoliplóides e alopoliplóides. O autopoliplóide é um poliplóide do qual o diplóide correspondente é uma espécie fértil. Enquanto o alopoliplóide é o poliplóide que contém o genoma duplicado de um híbrido mais ou menos estéril; por isso, o amendoim pode ser considerado um alopoliplóide. Provavelmente o grupo maior e mais diverso de plantas nas quais a origem da alopoliploidia é claramente conhecida é a subfamília Maloideae (Pomoidae) de Rosaceae, onde se encontram a maçã, a pera e a nêspera (Stebbins 1940).

A fertilidade de uma planta é afetada pela poliploidia. Se a planta original é uma espécie fértil, o poliplóide derivado deverá ser parcialmente estéril devido à formação de associações multivalentes dos cromossomos e sua segregação irregular ocasional. Se, por outro lado, a planta diplóide é um híbrido estéril, o poliplóide produzido geralmente é completamente fértil, porque ocorre o pareamento dos bivalentes que foram duplicados, o que provavelmente aconteceu na formação do amendoim. Esse último fato é a base do princípio da alopoliploidia ou anfidiplóidia, que é a duplicação de genomas diferentes (Stebbins 1940).

Algumas alterações podem ser encontradas em plantas poliplóides como, por exemplo, células maiores, maior conteúdo de água nas células, aumento de tamanho de alguns órgãos, alterações na taxa de crescimento e período de florescimento retardado e com duração prolongada (Stebbins 1940).

2.11 Mecanismos envolvidos na formação de híbridos

Quando dois grupos de organismos têm desenvolvido certo grau de isolamento reprodutivo, eles podem conviver na mesma região explorando o ambiente de diferentes maneiras. O isolamento reprodutivo pode ser realizado por uma grande variedade de mecanismos diferentes, agindo em vários estágios na história de vida dos organismos. Para evitar a formação de híbridos, existem dois tipos de mecanismos: pré-zigóticos e pós-zigóticos (Stebbins 1958).

Os mecanismos pré-zigóticos são:

1. isolamento geográfico: os indivíduos crescem em lugares diferentes e podem estar separados por barreiras geográficas como, cursos d'água, montanhas e desertos (Hadley & Openshaw 1980).

2. isolamento fisiológico:

a) isolamento ecológico: os indivíduos se adaptam a habitats diferentes ou nichos ecológicos específicos, por exemplo, interação planta-polinizador (Stebbins 1958, Hadley & Openshaw 1980).

b) isolamento temporal e sazonal: por exemplo, crescimento e/ou florescimento em épocas diferentes (Stebbins 1958, Hadley & Openshaw 1980).

c) falha na fertilização: incompatibilidade entre os tecidos reprodutivos das plantas das populações parentais. O pólen pode não germinar no estigma, o tubo polínico não consegue penetrar no estigma e/ou crescer no estilete, os gametas masculinos não conseguem fecundar a oosfera. Por exemplo, substâncias que não reconhecem os grãos de pólen da outra espécie (Stebbins 1958, Hadley & Openshaw 1980).

Os mecanismos pós-zigóticos são:

1. inviabilidade ou fragilidade do híbrido: estão envolvidos todos os mecanismos que evitam ou retardam os processos metabólicos e sintéticos que ocorrem no desenvolvimento do zigoto, do embrião e do organismo jovem. Esses mecanismos agem em vários estágios do desenvolvimento e em vários graus. O crescimento e o desenvolvimento podem ser completamente inibidos, de modo que o híbrido morre antes de alcançar a fase adulta ou pode ter o crescimento retardado ou ser frágil. O híbrido pode ser levado à condição adulta sob cultura artificial, mas pode morrer antes de alcançar a maturidade sob condições naturais. A fragilidade provavelmente resulta da evolução de diferenças entre as espécies no tempo de processos críticos como a divisão

celular, a organização e a diferenciação dos meristemas e a germinação das sementes (Stebbins 1958).

A inviabilidade ou fragilidade do híbrido pode ocorrer por diversos fatores:

a) desarmonias entre os genomas das espécies genitoras: incompatibilidade entre os cromossomos e genes das duas espécies parentais. Se esse tipo de incompatibilidade está presente, os híbridos recíprocos entre os dois parentais são igualmente frágeis ou inviáveis. Em híbridos entre formas mais estreitamente relacionadas, as anormalidades ocorrem em estágios tardios no desenvolvimento. A inviabilidade do híbrido também pode ocorrer devido à ação de genes e cromossomos específicos (Stebbins 1958).

b) desarmonia entre o genoma de um dos genitores e o citoplasma da outra espécie genitora: entre os cromossomos e os genes de uma das espécies e o citoplasma da oosfera do genitor materno. Um exemplo é no gênero *Epilobium* L., em que o comportamento genético é determinado pela interação entre os genes nucleares e os citoplasmáticos. Em *Oenothera* L., as diferenças recíprocas têm sido conhecidas por serem associadas com a falha no desenvolvimento normal dos cloroplastos. Esse tipo de barreira é restrita a um pequeno grupo de espécies de plantas (Stebbins 1958).

c) desarmonias entre o genótipo do zigoto F₁ e os genótipos do endosperma ou do tecido materno: incompatibilidade entre o embrião e o tecido que o circunda. O embrião híbrido pode ser perfeitamente capaz de se desenvolver, mas pode ser inibido pela ação do tecido materno que o circunda ou pelo endosperma que o nutre. Uma maneira de produzir híbridos que não sobrevivem pela incompatibilidade entre o embrião e o tecido que o circunda é pelo cultivo de embriões *in vitro*. Em híbridos entre diferentes espécies diplóides, a utilização de uma espécie como genitor masculino pode resultar na formação de híbridos e no cruzamento recíproco, nenhum embrião pode ser formado. A presença de desarmonia gênica no endosperma, pode ocorrer, pois o endosperma (triplóide) contém dois conjuntos de cromossomos derivados do gameta materno (diplóide) e um do gameta paterno (haplóide). Em cruzamentos interespecíficos, essa inadequação pode causar um desbalanceamento de alelos. A incompatibilidade pode ser devido às diferenças gênicas entre as espécies ou diferenças no número cromossômico. As anormalidades do desenvolvimento do endosperma podem ser, em parte, devido ao distúrbio na relação quantitativa entre o número de cromossomos do endosperma, do tecido materno e do embrião, mas na maioria dos casos, o desequilíbrio dos genes é provavelmente responsável por muitas das anormalidades (Stebbins 1958).

2. esterilidade do híbrido: os híbridos são geralmente estéreis e apresentam um desbalanceamento genético. O efeito primário de desequilíbrio é sobre as gônadas, gametas ou gametófitos. A esterilidade pode ser cromossômica ou gênica. A esterilidade cromossômica é causada por diferenças estruturais entre os cromossomos dos parentais que interferem no pareamento e disjunção na meiose. A esterilidade gênica é causada por genes com diferentes tipos de ações, que podem interferir no desenvolvimento das partes reprodutivas, na diferenciação inicial das gônadas até os estágios finais da meiose. A esterilidade dos híbridos pode agir na formação dos gametas ou gametófitos; ou pode afetar tecidos diplóides ou em F_1 antes ou na meiose, ou em certos zigotos ou embriões iniciais de gerações F_2 segregantes (Stebbins 1958).

3. inviabilidade ou fragilidade da F_2 a gerações posteriores segregantes: muitos híbridos interespecíficos são vigorosos e férteis, mas na geração F_2 as plantas são frágeis ou estéreis. Na geração F_2 a recombinação genética pode produzir genótipos desfavoráveis (Stebbins 1958).

Em angiospermas, Stebbins (1958) percebeu que em alguns grupos as barreiras de inviabilidade e esterilidade são fracamente desenvolvidas, e híbridos parcialmente férteis podem ser formados entre espécies que são morfológicamente muito distintas umas das outras, enquanto em outros grupos existem fortes barreiras de esterilidade entre muitas espécies similares ou entre certas populações dentro de uma espécie. Nas angiospermas, a progressão de plantas lenhosas para ervas perenes e para ervas anuais são frequentemente acompanhadas pelo fortalecimento das barreiras genéticas entre espécies e pelo desenvolvimento de vários tipos de mecanismos de isolamento genético entre populações que são similares na morfologia externa, bem como nas adaptações ecológicas (Stebbins 1958).

Em *Arachis*, a dificuldade na obtenção de híbridos pode ser explicada pela existência de genomas distintos, diferentes níveis de ploidia entre as espécies, uso das espécies silvestres como genitores femininos, meiose irregular em híbridos tratados com colchicina, dificuldades em retrocruzamentos, quando aneuplóides ou pentaplóides são obtidos (Stalker & Moss 1987). Existem diversos processos que levam ao fracasso na obtenção de híbridos em amendoim: falta de fertilização, fertilização atrasada, incapacidade do proembrião para retomar o crescimento após a penetração do *peg* no solo e crescimento lento do proembrião. A falta de fertilização é um mecanismo pré-zigótico, já a fertilização atrasada, a incapacidade de proembrião para retomada do

crescimento após o *peg* penetrar no solo e o crescimento lento do proembrião são mecanismos pós-zigóticos (Tallury et al. 1995).

Um exemplo acontece nas espécies perenes com genoma A da secção *Arachis*. Essas espécies geralmente cruzam mais facilmente quando utilizadas como genitores masculinos. Embora a meiose seja regular, a viabilidade de pólen varia entre 20 a 85% e a produção de sementes é limitada por diversas combinações híbridas. Quando os cruzamentos são feitos entre *A. batizocoi* (Stalker & Moss 1987), que possui genoma K (Robledo & Seijo 2010), e outros membros da secção *Arachis*, todos os híbridos são estéreis e têm meiose irregular (Stalker & Moss 1987).

Em cruzamentos em que *A. cardenasii* Krapov. & W.C. Greg. foi utilizada como genitor feminino a falta ou o atraso da fertilização levou ao fracasso para obter híbridos. Quando *A. batizocoi* foi utilizada como genitor feminino ocorreu atraso na fertilização e a inabilidade do proembrião dormente para retomar o crescimento após a penetração do solo causou aborto. Os embriões de *A. hypogaea* x *A. glandulifera* se desenvolveram normalmente durante os primeiros 21 dias depois da fertilização, mas foram abortados mais tarde (Tallury et al. 1995).

Para melhorar a probabilidade de obtenção de híbridos interespecíficos em *Arachis*, com *A. hypogaea*, é sugerido aumentar o número de polinizações por cruzamento, usar a espécie cultivada como genitor feminino e usar a técnica de resgate de embriões (Tallury et al. 1995).

2.12 Hibridação em *Arachis*

A hibridação interespecífica pode ser considerada uma fonte de barreiras de incompatibilidade e esterilidade híbrida em angiospermas. Novos arranjos cromossômicos podem surgir em espécies híbridas através da ruptura espontânea dos cromossomos (Stebbins 1958). O processo de especiação leva ao desenvolvimento de barreiras de isolamento reprodutivo para manter a integridade das espécies pela restrição do fluxo gênico entre elas (Hadley & Openshaw 1980). A hibridação pode produzir novas barreiras por meio de segregação, mas também pode proporcionar um ambiente genético favorável para divergências, por meio de mudanças cromossômicas e seleção (Stebbins 1958).

A classificação de algumas espécies de *Arachis* nas secções passou por mudanças ao longo do tempo, sendo realocadas em outras secções, como *A. vallsii* e *A.*

chiquitana. Uma das ferramentas utilizadas para auxiliar essa classificação é o estudo de cruzabilidade, ou seja, cruzamento intraespecíficos e/ou interespecíficos para verificação das relações biosistemáticas entre as espécies (Gregory & Gregory 1979, Krapovickas & Gregory 1994). Os cruzamentos também são feitos para a introgressão de genes das espécies silvestres para a espécie cultivada e para a produção de novos tipos de plantas com interesse forrageiro (Teixeira et al. 1998, Oliveira & Valls 2002). É considerada uma técnica simples e relativamente rápida, ampliando a variabilidade genética dentro do *pool* genético da espécie cultivada (Nass et al. 2007).

A primeira tentativa de cruzamento interespecífico no gênero foi feita por Hull & Carver (1938), utilizando duas espécies tetraplóides ($2n=4x=40$), *A. hypogaea*, da secção *Arachis* e *A. glabrata* Benth., pertencente à secção *Rhizomatosae*, além de três espécies silvestres não identificadas. Nenhuma semente foi obtida. Gregory (1946) repetiu o cruzamento entre *A. hypogaea* e *A. glabrata*, não obtendo sementes, além de cruzar *A. hypogaea* com *A. villosulicarpa*, da secção *Extranervosae* ($2n=2x=20$), obtendo sementes com embriões abortados.

Krapovickas & Rigoni (1949) obtiveram o primeiro híbrido interespecífico triplóide ($2n=3x=30$), pelo cruzamento de *A. correntina* (Burkart) Krapov. & W.C. Greg. ($2n=2x=20$) com *A. hypogaea* ($2n=4x=40$), ambas da secção *Arachis*. Em 1957, obtiveram híbridos férteis do cruzamento das espécies tetraplóides *A. monticola* e *A. hypogaea* (Krapovickas & Rigoni 1957). O primeiro híbrido diplóide, utilizando as espécies silvestres da secção *Arachis*, *A. duranensis* e *A. correntina*, foi obtido por Raman & Kesavan (1962). Os híbridos resultantes foram férteis e tiveram pareamento cromossômico regular durante a meiose.

O estudo de cruzabilidade mais abrangente em *Arachis* foi feito por Gregory & Gregory (1979), que foi mostrado mais detalhadamente na monografia de *Arachis* escrita por Krapovickas & Gregory (1994). No estudo, foram verificadas as relações de compatibilidade de cruzamentos entre 91 acessos de espécies de *Arachis* pertencentes às secções *Arachis*, *Caulorrhizae*, *Erectoides*, *Extranervosae*, *Heteranthae*, *Procumbentes*, *Rhizomatosae*, *Trirectoides* e *Triseminatae*. O número de híbridos intrasseccionais foi maior do que de interseccionais. As relações entre as espécies e secções foram baseadas na cruzabilidade e nos dados de viabilidade dos grãos de pólen.

No Brasil, Pompeu (1983) fez cruzamentos intrasseccionais entre *A. hypogaea* e uma espécie que Hoehne identificou como *A. diogoi* Hoehne. Porém, Krapovickas & Gregory (1994) verificaram que se tratava de uma nova espécie, que tinha semelhanças

com *A. diogoi*, e a denominaram *A. archeri*. Neste mesmo estudo Pompeu também fez cruzamentos de *A. hypogaea* com *A. hoehnei* e com *A. kuhlmannii* Krapov & W.C. Greg. para aumentar a variabilidade genética e incorporar genes das espécies silvestres em *A. hypogaea*. Obteve híbridos, todos triplóides, em todos os cruzamentos.

No trabalho de Teixeira e colaboradores (1998) foram feitos cruzamentos interseccionais com espécies das secções *Caulorrhizae*, *Procumbentes* e *Erectoides* do gênero *Arachis* para produção de plantas com interesse forrageiro. Através dos cruzamentos foi possível ampliar o germoplasma de espécies estoloníferas, pela introdução de genes de espécies distintas, com porte mais ereto, tolerância a inundações e/ou resistência a doenças e pragas. O objetivo do trabalho de Oliveira & Valls (2002) também foi obter híbridos intraespecíficos e interespecíficos com potencial forrageiro, utilizando as espécies *A. pintoi* e *A. repens* Handro, que são próximas morfologicamente e geneticamente (Krapovickas & Gregory 1994, Pucciariello et al. 2013).

Visando à introgressão de genes de resistência a doenças no amendoim cultivado, Fávero (2004) realizou cruzamentos entre espécies de genoma A com as de genomas B e K da secção *Arachis*. A partir de alguns híbridos diplóides de genoma AB obteve anfidiplóides sintéticos, através de tratamento com colchicina, dentre eles (*A. duranensis* x *A. ipaënsis*)^{4x}, que foi cruzado, com sucesso, com todas as variedades de amendoim.

Rodrigues (2006) avaliou a cruzabilidade de *A. vallsii* com espécies das secções *Arachis*, *Caulorrhizae*, *Erectoides*, *Procumbentes* e um híbrido interseccional entre *Erectoides* x *Procumbentes*. *Arachis vallsii* produziu híbridos com as três espécies de 18 cromossomos da secção *Arachis*, com as espécies diplóides e, híbridos triplóides com as seis variedades botânicas de *A. hypogaea*. Seu trabalho auxiliou no esclarecimento do reposicionamento de *A. vallsii* da secção *Procumbentes* para a secção *Arachis*.

Simpson & Valls (2006) estudaram a cruzabilidade de *A. gregoryi* para confirmar se era uma espécie única ou uma variação de outra espécie. Através dos resultados, confirmaram que *A. gregoryi* era uma espécie legítima. Custodio (2009) analisou as relações de cruzabilidade entre espécies do gênero *Arachis* associadas ao genoma B do amendoim, utilizando a espécie diplóide *A. gregoryi* como genitor feminino nos cruzamentos. Constatou que houve cruzabilidade de *A. gregoryi* com as espécies possuidoras de todos os genomas presentes na secção *Arachis*. O híbrido entre *A. gregoryi* e *A. valida*, ambas as espécies possuidoras do genoma B, produziu frutos.

Não foi possível confirmar se existia cruzabilidade de *A. gregoryi* com *A. palustris*, que tem 18 cromossomos, pelo pouco desenvolvimento dos possíveis híbridos.

Santos (2012) fez cruzamentos entre espécies silvestres do gênero *Arachis* de genoma B com espécies de genoma A e, genoma K com genoma A para obtenção de híbridos, que, posteriormente foram tratados com colchicina para a produção de tetraplóides sintéticos. Foram obtidos tetraplóides.

Quanto maior for a afinidade entre duas plantas submetidas ao cruzamento, tanto maior serão as chances de fertilidade dos híbridos, e isto se observa em níveis graduais de sucesso da hibridação, no grau de viabilidade de pólen e, no pareamento dos cromossomos em meiose. Para confirmar se as plantas obtidas nos cruzamentos são híbridas são utilizadas diversas técnicas, como a análise da viabilidade dos grãos de pólen dos genitores e dos híbridos, análise meiótica, análise mitótica dos genitores e dos híbridos, teste da viabilidade de germinação das sementes obtidas e uso de marcadores morfológicos e moleculares.

2.13 Estudo da viabilidade de grãos de pólen

Outra ferramenta utilizada para auxiliar a classificação das espécies de *Arachis* são os estudos de viabilidade dos grãos de pólen de diferentes acessos de *Arachis*, bem como dos híbridos resultantes de cruzamentos entre esses acessos. Para a estimativa da viabilidade dos grãos de pólen podem ser utilizadas diversas técnicas: coloração com corantes químicos, germinação *in vitro*, germinação *in vivo* e porcentagem de frutificação efetiva (Galleta 1983).

A análise da viabilidade dos grãos de pólen por coloração é uma técnica indireta de análise, pois todos os grãos corados indicam a viabilidade provável de germinação. Porém, é um método que superestima a capacidade real de germinação dos grãos de pólen, pois, muitas vezes, grãos de pólen inviáveis podem ainda corar, por terem quantidade suficiente de enzimas, amido ou outras substâncias (Galleta 1983).

Já outra técnica utilizada para a análise da viabilidade de pólen é a germinação *in vitro*, que subestima a capacidade real de germinação, pois alguns grãos de pólen viáveis não conseguem germinar no meio de cultura preparado na análise. Outra técnica é a germinação *in vivo* sendo necessário o controle das condições ambientais para padronização dos resultados. Também pode ser usada a porcentagem de frutificação

efetiva para verificação da viabilidade de pólen (Galleta 1983), mas a rara produção de frutos de híbridos de *Arachis* a inviabiliza para a pesquisa atual.

Einhardt e colaboradores (2006) verificaram que, em pessegueiro, o método de análise da viabilidade dos grãos de pólen por coloração foi significativamente superior à germinação *in vitro* e *in vivo* para todas as cultivares testadas. Em cerejeira, os resultados da viabilidade de pólen diferem conforme o corante utilizado.

A ocorrência de grãos de pólen mal formados em híbridos pode ser devido a irregularidades na disjunção, ou seja, na separação dos cromossomos, como mostrado em trissômicos e híbridos com uma tendência variável a formar quadrivalentes, intercâmbio segmentar de cromossomos não homólogos e rearranjos dos cromossomos (Poole 1932).

Em um trabalho sobre cruzamentos entre as tangerinas “Clementina Fina” e “Montenegrina”, Weiler e colaboradores (2011) analisaram a viabilidade de pólen de plantas híbridas e verificaram que elas apresentavam alta viabilidade, entre 79,0-98,1%. Já no estudo de Fuchs e colaboradores (2011) dos híbridos entre *Vanhouttea hilariana* Chautems e *V. brueggeri* Chautems, 92,87% do pólen não era viável e os grãos de pólen dos possíveis genitores eram viáveis, demonstrando que o comportamento da viabilidade polínica varia entre híbridos, assim como pode variar entre as espécies.

Em *Arachis*, no estudo de Gregory & Gregory (1979) sobre a cruzabilidade entre todas as secções do gênero *Arachis*, a viabilidade dos híbridos intrasseccionais da secção *Arachis* foi de 30,20% quando os cruzamentos foram feitos entre espécies com o mesmo nível de ploidia. A viabilidade dos híbridos interseccionais variou de 0,20% na secção *Extranervosae* a 86,80% na secção *Caulorrhizae*. Todos os híbridos interseccionais foram completamente estéreis.

2.14 Métodos para transferência de genes de espécies silvestres de *Arachis* para o amendoim cultivado

A incompatibilidade com o amendoim cultivado é um dos maiores problemas no uso das espécies silvestres para o melhoramento genético (Fávero et al. 2006). O uso de espécies silvestres tem limitações e obstáculos. Por exemplo, barreiras de esterilidade e incompatibilidades genômicas limitam a utilização de genes potencialmente importantes mesmo depois dos híbridos interespecíficos iniciais serem obtidos (Stalker & Moss 1987).

Segundo Simpson (2001), existem pelo menos quatro opções potenciais para transferir genes de espécies silvestres de *Arachis* para o amendoim cultivado:

a) pela via hexaplóide: que consiste no cruzamento de espécies silvestres diplóides de *Arachis* diretamente com *A. hypogaea*, dobrando o número cromossômico para o nível hexaplóide com utilização de colchicina. Depois da duplicação cromossômica são feitos vários retrocruzamentos até a restauração da condição tetraplóide. Várias opções são possíveis nesta rota, envolvendo diversos esquemas de cruzamento antes da obtenção de um híbrido diplóide com *A. hypogaea* (Simpson 2001).

b) pela via diplóide/tetraplóide: esta rota envolve de dois a vários cruzamentos de espécies diplóides, duplicação do número de cromossomos do híbrido com colchicina obtendo um anfidiplóide. Depois é feito o cruzamento do anfidiplóide com *A. hypogaea* e retrocruzamentos entre as progênies com seleção para a característica desejada. Essa via é mais bem sucedida quando espécies com genoma A e B são envolvidas nas hibridações (Simpson 2001).

c) outra via diplóide/tetraplóide: consiste na duplicação dos cromossomos de espécies diplóides e o cruzamento desses anfidiplóides diretamente com *A. hypogaea*. Várias tentativas têm sido feitas com essa técnica, mas nenhum lançamento de cultivares tem sido relatado, em grande parte porque a esterilidade dos híbridos é muito grande quando ambos os genomas A e B não são incluídos nas hibridações (Simpson 2001).

d) métodos moleculares para inserção de genes no amendoim: incluem o uso de *Agrobacterium* spp., como nos trabalhos de Lacorte et al. (1991) e Sharma & Anjaiah (2000), eletroporação e técnicas de transferência direta de DNA, como biobalística, nanocristais e sonicação (Simpson 2001).

2.15 Descrição de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg.

A espécie *Arachis valida* foi descrita em 1994 por Antonio Krapovickas e Walton Carlyle Gregory. É encontrada na localidade do tipo, em Corumbá, no noroeste do Mato Grosso do Sul, Brasil, em solo escuro intemperizado a partir de calcário. Cresce em pastagens inundadas juntamente com palmeiras do gênero *Copernicia* Mart. ex Endl., conhecidas como carandá (Krapovickas & Gregory 1994).

A primeira coleta dessa espécie foi feita em 10/12/1976 (*typus* KG 30011) por Krapovickas e Gregory e no ano seguinte em 01/07/1977 (KGPSc 30147) a 80 metros de distância no mesmo local (Gregory 1977). *Arachis valida* foi novamente coletada em

1985 (VPoBi 9153, 9157, 9162) e 1994 (VPzRcSgSv 13514, 13516), no mesmo local e em áreas próximas (Figura 3). Todos esses acessos foram coletados a não mais do que três quilômetros de distância entre si. Em 2005, foi encontrada a 21 quilômetros mais ao sul, também em baixa altitude, em área separada do local de coleta dos acessos coletados em 1985 e 1994 pela serra do Urucum, com cota de 971 metros de altitude, no mesmo município (coleta VS 15096) (Figura 4).

A Serra do Urucum ou Morraria do Urucum, como também é conhecida, é uma barreira geográfica que causou o isolamento geográfico do acesso de *A. valida* V 15096 em relação aos acessos coletados anteriormente (Figura 5). Essa serra faz parte do Planalto Residual do Urucum que é a região mais alta do Pantanal sul matogrossense com cotas entre 500 e 1065 metros de altitude. Parte deste planalto possui grandes reservas de minério de ferro e manganês, o que tem causado grande pressão antrópica pela exploração desses recursos minerais (Silva & Tozzi 2012), substituição da vegetação nativa por pastagem ou policultura (Pott et al. 2000) e criação de assentamentos rurais.



Figura 3. Local de coleta do acesso V 13514 de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. em Corumbá, MS, Brasil, com a Serra do Urucum ao fundo.



Figura 4. Local de coleta do acesso V 15096 de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. em Corumbá, MS, Brasil, com a Serra do Urucum ao fundo.



Figura 5. Localização dos acessos V 13514 e V 15096 de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. em Corumbá, MS, Brasil. FONTE: Valls et al. 2008.

A espécie *A. valida* tem ciclo anual e as plantas são muito vigorosas. O eixo principal tem 50-60 cm de altura, com flores; é muito ramificado, os ramos laterais são procumbentes, com até 1,5 m de comprimento; os entrenós têm 3-6,5 cm de comprimento e são mais ou menos vilosos. As folhas são tetrafolioladas. No eixo

principal, a base soldada das estípulas tem 13-17 mm de comprimento, e as extremidades livres 32-34 mm de comprimento e 2-3 mm de largura na base, sem cerdas; o pecíolo tem 38-55 mm de comprimento; a ráquis 10-15 mm de comprimento; os folíolos são oblongos, agudos, o par apical de folíolos tem 50 mm de comprimento e 18 mm de largura, podendo alcançar 75 por 24 mm, o par basal tem 42 mm de comprimento e 16 mm de largura, podendo atingir 63 por 18 mm. Nos ramos laterais, a porção soldada das estípulas tem 7-8 mm de comprimento, e as extremidades livres 16-19 mm de comprimento e 3-5 mm de largura na base, sem cerdas; o pecíolo varia de 8-31 mm de comprimento; a ráquis de 6-10 mm de comprimento; os folíolos são elípticos, o par apical de folíolos tem 24 mm de comprimento e 13 mm de largura, até 51 por 26 mm, o par basal tem 21 mm de comprimento e 3-10 mm de largura, até 42 por 18 mm. As estípulas têm pelos longos na parte de trás da porção soldada, superfície glabra ou com uma linha de pelos ao longo do centro das partes livres, as margens são ciliadas. O pecíolo e a ráquis são canaliculados, com o canal glabro e a parte de trás vilosa. O pulvino é viloso. Os folíolos têm a superfície superior lisa e glabra, na superfície inferior a nervura central é proeminente e as nervuras secundárias são marcadas, a superfície inferior é glabra, exceto por alguns pelos compridos ao longo da nervura principal; as margens são bastante marcadas na parte inferior e têm cílios curtos. As flores estão dispostas ao longo do comprimento dos ramos laterais em espigas axilares de até 10 mm de comprimento, com três a cinco flores; as brácteas são ciliadas nas margens. O hipanto tem 7-10,5 cm de comprimento e é viloso. O cálice é bilabiado, viloso e com pelos dispersos, o lábio superior tem quatro dentes e 7 mm de comprimento, o lábio inferior é falcado e tem 8 mm de comprimento. O estandarte é laranja, com a parte central amarela com 15 mm de comprimento; as asas são amarelas com 7 mm de comprimento. O fruto é biarticulado; o *peg* tem 12 cm de comprimento, é bastante viloso em direção à base e é frágil; o istmo tem 6 mm de comprimento; os segmentos dos frutos variam de 12-17 mm de comprimento e 8-10 mm de largura, o segmento apical é um pouco maior que o basal, são cobertos por uma fina camada de pequenos pelos; o pericarpo é muito reticulado, com um bico pronunciado (Krapovickas & Gregory 1994).

É uma espécie diplóide (Fernández & Krapovickas 1994), possui genoma B e não tem o par A de cromossomos (Robledo & Seijo 2010, Custodio et al. 2013).

2.16 Diferenças e semelhanças citogenéticas e moleculares entre *Arachis valida* e as outras espécies pertencentes ao genoma B

As espécies pertencentes ao genoma B são: *A. gregoryi*, *A. ipaënsis*, *A. magna*, *A. valida* e *A. williamsii* (Robledo & Seijo 2010). Quanto à distribuição geográfica dessas cinco espécies, *A. valida* é encontrada somente em Mato Grosso do Sul, Brasil (Krapovickas & Gregory 1994). Já *A. gregoryi* é encontrada em Mato Grosso, também no Brasil (Valls & Simpson 2005). *Arachis ipaënsis* e *A. williamsii* são encontradas na Bolívia e *A. magna* é encontrada na Bolívia e no Brasil, em Mato Grosso (Krapovickas & Gregory 1994).

As cinco espécies têm cariótipo simétrico (Robledo & Seijo, Custodio et al. 2013). Com relação à fórmula do cariótipo, no nível haplóide, *A. valida*, assim como *A. williamsii* possuem 10 cromossomos metacêntricos. Já *A. gregoryi*, possui oito cromossomos metacêntricos e dois submetacêntricos e, *A. ipaënsis* e *A. magna* possuem nove cromossomos metacêntricos e um submetacêntrico (Robledo & Seijo 2010).

Na classificação do tipo de cromossomo satelitado em *Arachis*, as espécies pertencentes ao genoma B possuem cromossomos satelitados tipo 6 (Fernández & Krapovickas 1994, Peñaloza & Valls 2005, Lavia et al. 2009), porém *A. valida* também possui cromossomos satelitados tipo 8 (Fernández & Krapovickas 1994, Peñaloza 2000).

Somente *A. gregoryi* tem dois pares de constrições secundárias nos braços longos do par de cromossomos 10. *Arachis ipaënsis*, *A. magna*, *A. valida* e *A. williamsii* têm somente um par de constrições secundárias (Robledo & Seijo 2010).

Com relação ao padrão de distribuição de heterocromatina nos cromossomos, a presença de uma banda intersticial ou distal de heterocromatina nos braços curtos do par de cromossomos 3 em *A. valida*, *A. gregoryi* e *A. williamsii* provalmente reflete uma relação mais próxima entre essas espécies. Em *A. ipaënsis* e *A. magna* essa banda não é encontrada (Robledo & Seijo 2010).

Quanto ao número e à localização dos sítios de DNAr 5S nos cromossomos, no trabalho de Seijo e colaboradores (2004), *A. ipaënsis* tem um par de sítios de DNAr 5S próximo do centrômero nos braços curtos do par de cromossomos 3 e *A. williamsii* tem um par de sítios de DNAr 5S nos braços longos do par de cromossomos 3. No estudo feito por Robledo & Seijo (2010), *A. gregoryi*, *A. ipaënsis*, *A. magna*, *A. valida* e *A. williamsii* têm um par de sítios de DNAr 5S no par de cromossomos 3. Em *A. valida* e

A. gregoryi foi encontrado um par de DNAr 5S na posição proximal dos braços longos do par de cromossomos 3, já em *A. ipaënsis*, *A. magna* e *A. williamsii* foi encontrado um par de sítios de DNAr 5S na posição proximal dos braços curtos do par 3.

Quanto ao número e à localização dos sítios de DNAr 45S nos cromossomos, em *A. williamsii* foi encontrado um par de sítios de DNAr 45S nos braços longos próximo do centrômero do par de cromossomos 10. *Arachis ipaënsis* tem três pares de sítios de DNAr 45S, um par nos braços longos do par de cromossomos 3, um par na posição subterminal dos braços curtos do par de cromossomos 7 e um par de sítios no par de cromossomos 10 (Seijo et al. 2004). No trabalho de Robledo & Seijo (2010), foram encontrados em *A. gregoryi* e *A. ipaënsis* dois pares de sítios de DNAr 45S, *A. williamsii* tem três pares e *A. valida* tem quatro pares. Em *A. magna* foram encontrados dois, quatro ou seis pares de sítios de DNAr 45S. A maioria dos sítios de DNAr 45S foram localizados em posição pericentromérica ou intersticial nos braços longos dos cromossomos. Porém, em *A. magna* foi encontrado um par nos braços curtos dos cromossomos e em *A. ipaënsis* um par de sítios de DNAr 45S na posição subterminal. *Arachis valida* e *A. williamsii* foram caracterizados por dois pares de sítios de DNAr 45S nos braços longos do par de cromossomos 10, um deles próximo ao centrômero e outro em uma posição mais distal. No trabalho de Custodio e colaboradores (2013), *A. gregoryi* tem um ou dois pares de sítios de DNAr 45S, *A. magna* tem um, dois ou três pares e *A. valida* tem três pares.

Em diversas análises moleculares (Kochert. et al. 1991, Moretzsohn et al. 2004, Milla et al. 2005, Tallury et al. 2005, Burow et al. 2009, Custodio 2009) as espécies com genoma B ficaram agrupadas no mesmo grupo. No trabalho de Custodio (2009), onde todas as espécies com genoma B foram analisadas, *A. valida*, *A. gregoryi* e *A. ipaënsis* formaram um subgrupo, o que demonstra a estreita relação entre essas espécies. Essas três espécies ficaram próximas de *A. magna*. Essa relação também foi verificada através de cruzamentos entre *A. gregoryi* com *A. ipaënsis* e com *A. valida* (Custodio 2009).

3.OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O objetivo deste estudo foi caracterizar as relações taxonômicas entre *Arachis valida* e espécies da secção *Arachis* através de cruzamentos entre essas espécies.

3.2 Objetivos específicos

- a) Verificar a cruzabilidade entre *Arachis valida* e 28 espécies de *Arachis*, que representam os genomas A, AB, B, D, F, G, K, *Arachis* aff. *hoehnei* e *Arachis vallsii*.
- b) Analisar a viabilidade dos grãos de pólen dos genitores e dos híbridos por coloração;
- c) Confirmar a hibridação através de marcadores morfológicos e/ou análise mitótica;
- d) Testar a viabilidade de germinação das sementes obtidas na hibridação;
- e) Produzir anfidiplóides a partir dos híbridos obtidos e cruzá-los com *Arachis hypogaea*.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos em dois locais. A primeira parte dos experimentos foi desenvolvida no período de setembro de 2010 a junho de 2014, na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen), em Brasília, Distrito Federal, Brasil, 16°42'66"S, 48°42'52"W, 1020 metros de altitude. A segunda parte dos experimentos foi realizada de julho a novembro de 2013, na Texas A&M AgriLife Research and Extension Center em Stephenville, Texas, Estados Unidos, 32°14'N, 98°11'W, 400 metros de altitude.

4.2 Escolha dos acessos

As sementes dos acessos pertencentes às espécies envolvidas no trabalho foram obtidas no Banco Ativo de Germoplasma de Espécies Silvestres de *Arachis* da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (BAG *Arachis* - Cenargen) e *Arachis* Germplasm Collection of Texas A&M AgriLife Research, localizado na Texas A&M AgriLife Research and Extension Center em Stephenville. Também foram utilizadas plantas adultas existentes no telado de *Arachis* da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e no complexo de casas de vegetação de amendoim (*Peanut Greenhouse Complex*) da Texas A&M AgriLife Research and Extension Center em Stephenville. Todos os 45 acessos, pertencentes às 28 espécies utilizadas no trabalho, são da secção *Arachis* (Tabela 3). Os mapas de distribuição geográfica das coletas realizadas em território brasileiro de algumas espécies silvestres utilizadas no trabalho encontram-se nos anexos (Anexo 1).

Tabela 3. Materiais das espécies de *Arachis*, pertencentes à secção *Arachis*, utilizados nesse estudo, código brasileiro de acesso (BRA), abreviatura e número dos coletores, município, estado e país de origem, coordenadas geográficas: latitude (lat) e longitude (long) em graus e minutos, altitude (alt) em metros, forma de obtenção das plantas (FO, 1: semente, 2: planta adulta) e genoma (Gn).

Espécie	BRA	Coletor* N°	Município - Estado	País	Lat. (S)	Long. (W)	Alt. (m)	FO	Gn
<i>A. batizocoi</i> Krapov. & W.C. Greg.	013315	K 9484	Parapetí	Bolívia	20°05'	63°14'	700	1	K
<i>A. batizocoi</i>	-	WiSVs 1265	Río Saipurú	Bolívia	19°31'	63°14'	-	1	K
<i>A. batizocoi</i>	-	WiSVs 1279	Agua Buena	Bolívia	18°59'	62°59'	-	1,2	K
<i>A. batizocoi</i>	-	WiSVs 1282	Pampa Guanacos	Bolívia	18°57'	62°59'	-	1	K
<i>A. batizocoi</i>	-	WiSVgJsQ 1504w	Fortin Teniente A. Enciso	Paraguai	20°54'	61°50'	300	1	K
<i>A. batizocoi</i>	-	WiSVgJsQ 1508-2A	General E. A. Garay	Paraguai	20°08'	61°57'	470	1,2	K
<i>A. batizocoi</i>	-	KGBPScS 30079	Paja Colorada	Bolívia	-	-	-	1	K
<i>A. batizocoi</i>	-	KGBPScS 30080 tall	Ipati	Bolívia	-	-	-	2	K
<i>A. batizocoi</i>	-	KGBPScS 30081	Lagunillas	Bolívia	-	-	-	2	K
<i>A. benensis</i> Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson	037206	KGSPSc 35005	Trinidad	Bolívia	-	-	-	1	F
<i>A. cardenasii</i> Krapov. & W.C. Greg.	013404	GKP 10017	Roboré	Bolívia	18°20'	59°46'	200	1	A _{ch}
<i>A. chiquitana</i> Krapov. & W.C. Greg.	037222	KSSc 36027	San José de Chiquitos	Bolívia	17°47'	06°47'	300	2	A _{ch}
<i>A. correntina</i> (Burkart) Krapov. & W.C. Greg.	-	Clos 5930	Corrientes	Argentina	-	-	-	2	A _{pl}
<i>A. cruziana</i> Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson	036919	WiSVg 1302-3	San José de Chiquitos	Bolívia	-	-	-	1	K
<i>A. diogoi</i> Hoehne	039144	Vp 5000	Corumbá - MS	Brasil	17°50'	57°33'	-	1,2	A _{pn}
<i>A. duranensis</i> Krapov. & W.C. Greg.	036200	VNvEv 14167	Salta	Argentina	24°45'	65°26'	-	1	A _{pl}
<i>A. glandulifera</i> Stalker	033774	VSPmSv 13738	Porto Esperidião - MT	Brasil	16°13'	59°07'	320	1	D
<i>A. gregoryi</i> C.E.Simpson, Krapov. & Valls	040002	VS 14957	Vila Bela S. Trindade - MT	Brasil	15°22'	60°14'	-	1	B
<i>A. herzogii</i> Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson	-	KSSc 36030	San José de Chiquitos	Bolívia	17°47'	60°47'	-	2	A _{ch}
<i>A. aff. hoehnei</i> Krapov. & W.C. Greg.	022641	VPoBi 9140	Corumbá - MS	Brasil	19°17'	57°22'	100	2	-
<i>A. hypogaea</i> subsp. <i>hypogaea</i> var. <i>hypogaea</i>	037708	VGaRoSv 12548	Luciara - MT	Brasil	-	-	-	1	AB
<i>A. hypogaea</i> subsp. <i>fastigiata</i> var. <i>vulgaris</i> C. Harz	001147	cv. Tatuí	Campinas - SP	Brasil	-	-	-	1	AB
<i>A. ipaënsis</i> Krapov. & W.C. Greg.	036234	KGBPScS 30076	Ipa	Bolívia	21°00'	63°25'	650	2	B
<i>A. kempff-mercadoi</i> Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson	030643	V 13250	Santa Cruz de la Sierra	Bolívia	17°45'	63°10'	280	1	A _{ch}

Tabela 3. Continuação.

Espécie	BRA	Coletor* N°	Município - Estado	País	Lat. (S)	Long. (W)	Alt. (m)	FO	Gn
<i>A. krapovickasii</i> C.E. Simpson, D.E. Williams, Valls & I.G. Vargas	036901	WiSVg 1291	San José de Chiquitos	Bolívia	18°14'	60°51'	-	1	K
<i>A. linearifolia</i> Valls, Krapov. & C.E. Simpson	022608	VPoBi 9401	S. Antônio do Leverger-MS	Brasil	15°54'	56°20'	110	2	A _{pn}
<i>A. magna</i> Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson	-	KGSSc 30093	El Carmen	Bolívia	-	-	-	1	B
<i>A. magna</i>	036871	KGScS 30097 of	San Ignacio de Velasco	Bolívia	16°22'	60°58'	370	1	B
<i>A. magna</i>	036871	KGScS 30097 yf	San Ignacio de Velasco	Bolívia	16°22'	60°58'	370	1,2	B
<i>A. magna</i>	034011	VOfSv 14707	Cáceres - MT	Brasil	15°48'	58°23'	150	1	B
<i>A. magna</i>	033839	V 14724	Vila Bela S. Trindade - MT	Brasil	15°19'	60°03'	390	1	B
<i>A. magna</i>	033847	V 14727	Vila Bela S. Trindade - MT	Brasil	15°21'	60°04'	380	1	B
<i>A. microsperma</i> Krapov., W.C. Greg. & Valls	034843	VMPzW 14042	Porto Murтинho - MS	Brasil	22°05'	57°34'	160	1	A _{pn}
<i>A. monticola</i> Krapov. & Rigoni	036188	VOa 14165	Yala - Jujuy	Argentina	24°07'	65°23'	-	1,2	AB
<i>A. praecox</i> Krapov., W.C. Greg. & Valls	038555	VOfSv 14682	Cuiabá - MT	Brasil	15°26'	56°10'	180	1	G
<i>A. simpsonii</i> Krapov. & W.C. Greg.	033731	V 13724-2	Porto Esperidião - MT	Brasil	16°15'	58°28'	270	2	A _{pn}
<i>A. schininii</i> Krapov., Valls & C.E. Simpson	022926	V 9923	Bella Vista - Amambay	Paraguai	22°23'	56°24'	200	1	A _{pl}
<i>A. stenosperma</i> Krapov. & W.C. Greg.	024830	VSv 10309	Rondonópolis - MT	Brasil	16°28'	54°39'	215	1	B
<i>A. valida</i> Krapov. & W.C. Greg.	-	KG 30147	Corumbá - MS	Brasil	19°11'	57°29'	80	1	B
<i>A. valida</i>	032620	VPzRcSgSv 13514	Corumbá - MS	Brasil	19°07'	57°32'	70	1	B
<i>A. valida</i>	040410	VS 15096	Corumbá - MS	Brasil	19°18'	57°36'	-	1	B
<i>A. vallsii</i> Krapov. & W.C. Greg.	017493	VRGeSv 7635	Corumbá - MS	Brasil	20°07'	56°42'	150	1	-
<i>A. vallsii</i>	017493	VSW 9902-1	Corumbá - MS	Brasil	20°07'	56°42'	150	1	-
<i>A. villosa</i> Benth.	037010	VMiIrLbGvAn 14316	Uruguaiana - RS	Brasil	29°47'	57°13'	-	1,2	A _{pl}
<i>A. williamsii</i> Krapov. & W.C. Greg.	036897	WiDc 1118	Trinidad	Bolívia	14°48'	64°52'	-	1	B

* **Coletor:** An = A. Carneiro, B = D.J. Banks, Bi = L.B. Bianchetti, Clos = E.C. Clos, Dc = D. Claire, Ev = A. Echeverry, G = W.C. Gregory, Ga = M.G. Galgaro, Ge = M.A.N. Garin, Gv = F.R. Galvani, Ir = B.E. Irgang, Js = A. Jarvis, K = A. Krapovickas, Lb = L.R.M. Baptista, M = J.P. Moss, Mi = S.T.S. Miotto, Nv = L. Novara, Ao = O. Ahumada, Of = F.O. Freitas, P = J. Pietrarrelli, Pm = R.N. Pittman, Po = A. Pott, Pz = E.A. Pizarro, Q = M. Quintana, R = V.R. Rao, Rc = R.C. Oliveira, Ro = D.M.S Rocha, S = C.E. Simpson, Sc = A. Schinini, Sg = A.K. Singh, Sv = G.P. Silva, V = J.F.M. Valls, Vg = I.G. Vargas, Vp = V.J. Pott, W = W.L. Werneck, Wi = D.E. Williams. **A. Enciso:** Agripino Enciso. **aff:** affinis. **cv:** cultivar. **E.A. Garay:** Eugenio Alexandrino Garay. **of:** orange flower. **S. Antônio:** Santo Antônio. **S. Trindade:** Santíssima Trindade. **var:** variedade. **yf:** yellow flower. **MS:** Mato Grosso do Sul. **MT:** Mato Grosso. **RS:** Rio Grande do Sul. **SP:** São Paulo.

4.3 Germinação das sementes

No Brasil, a germinação das sementes foi realizada no Laboratório de Citogenética Vegetal da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em câmara de germinação TE - 40 l Tecnal a 25°C, com fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro e, no Laboratório de Sementes, também da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em câmara de germinação Biolab a 25°C com fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro.

Nos Estados Unidos, a germinação das sementes foi realizada no complexo de casas de vegetação de amendoim da Texas A&M AgriLife Research and Extension Center em Stephenville, em câmara de germinação Stults Scientific Engineering Corp. com fotoperíodo de 16 horas de luz a 32,22 °C e oito horas de escuro a 22,22°C.

Nos dois locais, foram colocadas para germinar quatro a seis sementes de cada acesso utilizado como genitor masculino nos cruzamentos. Para o genitor feminino, foi utilizado um total de sementes que garantisse a presença de uma planta sadia por vaso, no Brasil, e duas plantas sadias por vaso nos Estados Unidos.

No Brasil, as sementes foram envolvidas em uma folha de papel germiteste umedecido com água destilada. As sementes atacadas por fungos foram tratadas com o fungicida Thiram (bissulfeto de tetrametiluram), na concentração de 1:5 (v/v). Nas sementes que apresentaram dormência foi aplicada uma solução de Ethrel (ácido 2-cloroetilfosfônico - Etefom) 1% no papel germiteste umedecido.

Nos Estados Unidos, todas as sementes colocadas para germinar foram tratadas com o fungicida Tops 90 (90% de topsina) em pó colocado diretamente sobre as sementes (Texas A&M AgriLife Extension 2014). As sementes foram envolvidas em uma folha de papel de germinação padrão umedecido e uma folha de papel manteiga. As sementes que apresentaram dormência foram tratadas com etileno em pó colocado diretamente sobre as sementes.

No Brasil, depois do surgimento e crescimento das raízes secundárias, as plântulas foram transplantadas para copos plásticos com solo na proporção 1:1 (terra vermelha:areia) ou vermiculita expandida super fina. Depois que alcançaram um maior desenvolvimento, as plântulas foram transplantadas para vasos definitivos em uma mistura de solo composta por: um kg de sulfato de amônia, dois kg de calcário, quatro kg de superfostato simples, 1400 kg de terra vermelha e 1400 kg de areia.

Nos Estados Unidos, as plântulas foram plantadas diretamente nos vasos definitivos em uma mistura de solo na proporção de $\frac{2}{3}$ de solo superficial: $\frac{1}{3}$ de solo franco-arenoso ($\frac{1}{4}$ argila: $\frac{1}{4}$ silte: $\frac{1}{2}$ areia fina). Foi adicionada no solo de cada vaso uma mistura comercial de isolados de *Rhizobium* de amendoim para auxílio no crescimento e gesso para a formação dos segmentos de frutos. Os protocolos para o preparo das soluções utilizadas no trabalho encontram-se no Anexo 2.

4.4 Técnicas de hibridação

Os ciclos de cruzamentos foram realizados de outubro de 2010, 2011 e 2012 a abril de 2011, 2012 e 2013 em telado na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e de julho a novembro de 2013 em casa de vegetação no complexo de casas de vegetação de amendoim da Texas A&M AgriLife Research and Extension Center em Stephenville (Tabela 4). Foi utilizada a hibridação convencional (Nigam et al. 1990) com adaptações, resultando nas técnicas 1 e 2 de polinização.

Na técnica 1 de polinização, no primeiro ciclo de cruzamentos, os grãos de pólen das flores dos genitores masculinos foram coletados com o auxílio de uma pinça e foram transferidos para o estigma da flor do genitor feminino correspondente. Uma flor do genitor masculino foi utilizada para polinizar uma ou mais flores do genitor feminino correspondente. Na técnica 2, no segundo, terceiro e quarto ciclo de cruzamentos, a quilha e as anteras da flor do genitor masculino foram cortadas com uma tesoura fina e colocadas sobre o estigma da flor emasculada, revestindo o estigma e parte do estilete. Uma flor do genitor masculino foi utilizada para polinizar uma flor do genitor feminino correspondente.

A emasculação, que antecedeu a polinização, foi realizada à tarde, entre 16 e 19 horas no Brasil e 19 e 20 horas e 30 minutos nos Estados Unidos, no dia anterior à antese dos botões florais dos genitores femininos. Com o auxílio de uma pinça, o lábio inferior do cálice foi retirado. O lábio superior, que fica atrás do estandarte, foi movido para trás. O estandarte, as asas e as quilhas foram abertos e afastados com a pinça. Todas as anteras foram removidas. As asas, o estandarte e as quilhas foram recolocados na posição normal no botão floral para evitar o ressecamento do estigma (Nigam et al. 1990).

A polinização foi realizada pela manhã, entre 7 e 10 horas no Brasil. No Brasil, antes da polinização, foi borrifada água no estigma da flor emasculada para auxiliar a

fixação dos grãos de pólen. Nos Estados Unidos, a polinização foi feita pela manhã entre 7 horas e 30 minutos e 9 horas e foi colocada uma folha de papel toalha umedecido sobre a flor polinizada para evitar o ressecamento dessa flor.

Foram utilizadas de uma a três plantas de cada genitor masculino durante as polinizações, pois em algumas plantas, ocorreu a parada do florescimento antes do término dos cruzamentos.

No Brasil, em cada flor polinizada foi colocado um cordão com uma etiqueta contendo a data da polinização. Quando o *peg* foi detectado, foi acrescentado um cordão de outra cor com uma etiqueta com a data da observação do *peg* (Custodio 2009). Nos Estados Unidos, na ráquis da folha mais próxima da flor polinizada, foi colocado um cordão de náilon preso a uma estaca de madeira com a data da polinização e o genitor masculino utilizado. Foi feita a checagem das flores secas nos *pegs* para a confirmação da hibridação. Depois do surgimento do *peg*, o cordão de náilon foi transferido para o *peg*.

Os cruzamentos foram realizados até a obtenção de pelo menos três *pegs* em cada vaso do genitor feminino, tanto no Brasil como nos Estados Unidos. No Brasil, a colheita das sementes foi feita depois que as plantas do genitor feminino *A. valida* V 13514 finalizaram seu ciclo. Nos Estados Unidos, as sementes foram colhidas depois que os *pegs* secaram e/ou se desprenderam das plantas do genitor feminino *A. valida* K 30147.

As sementes colhidas foram colocadas para germinar para a análise do sucesso dos cruzamentos. Para a germinação das sementes obtidas nos cruzamentos, foram utilizados os mesmos procedimentos de germinação das sementes dos genitores. As sementes que germinaram nos vasos dos genitores femininos ou nos vasos onde ocorreu a formação dos segmentos de frutos, foram transplantadas para vasos próprios com a mesma mistura de solo utilizada nos vasos dos genitores.

A porcentagem de sucesso do cruzamento foi calculada pela fórmula:

$$\% \text{ SC} = \frac{\text{NH}}{\text{NPO}} \times 100$$

Onde:

% SC: porcentagem de sucesso do cruzamento

NH: número de híbridos

NPO: número de polinizações realizadas (Fávero 2004).

Tabela 4. Dados sobre o período, local, espécies, acessos, genomas e número cromossômico (2n) dos genitores de *Arachis* utilizados nos quatro ciclos de cruzamentos intra e interespecíficos realizados durante o período de 2010-2013.

Período e Local	Genitor ♀ (Genoma)*	x	Genitor ♂ (Genoma)*	2n*
outubro 2010- abril 2011 Brasil	<i>A. valida</i> V 13514 (B) (2n=20)	x	<i>A. batizocoi</i> K 9484 (K)	20
		x	<i>A. benensis</i> K 35005 (F)	20
		x	<i>A. cruziana</i> Wi 1302-3 (K)	20
		x	<i>A. glandulifera</i> V 13738 (D)	20
		x	<i>A. gregoryi</i> V 14957 (B)	20
		x	<i>A. ipaënsis</i> K 30076 (B)	20
		x	<i>A. krapovickasii</i> Wi 1291 (K)	20
		x	<i>A. magna</i> K 30097 of (B)	20
		x	<i>A. magna</i> V 14707 (B)	20
		x	<i>A. magna</i> V 14724 (B)	20
		x	<i>A. magna</i> V 14727 (B)	20
		x	<i>A. valida</i> V 15096 (B)	20
		x	<i>A. vallsii</i> V 7635 (não esclarecido)	20
outubro 2011- abril 2012 Brasil	<i>A. valida</i> V 13514 (B) (2n=20)	x	<i>A. batizocoi</i> K 9484 (K)	20
		x	<i>A. benensis</i> K 35005 (F)	20
		x	<i>A. cardenasii</i> G 10017 (A _{ch})	20
		x	<i>A. correntina</i> Clos 5930 (A _{pl})	20
		x	<i>A. cruziana</i> Wi 1302 (K)	20
		x	<i>A. diogoi</i> Vp 5000 (A _{pn})	20
		x	<i>A. duranensis</i> V 14167 (A _{pl})	20
		x	<i>A. glandulifera</i> V 13738 (D)	20
		x	<i>A. gregoryi</i> V 14957 (B)	20
		x	<i>A. aff. hoehnei</i> V 9140 (não esclarecido)	20
		x	<i>A. ipaënsis</i> K 30076 (B)	20
		x	<i>A. kempff-mercadoid</i> V 13250 (A _{ch})	20
		x	<i>A. krapovickasii</i> Wi 1291 (K)	20
x	<i>A. linearifolia</i> V 9401 (A _{pn})	20		
x	<i>A. magna</i> K 30097 (B)	20		
x	<i>A. magna</i> V 14707 (B)	20		
x	<i>A. magna</i> V 14724 (B)	20		
x	<i>A. magna</i> V 14727 (B)	20		
x	<i>A. microsperma</i> V 14042 (A _{pl})	20		
x	<i>A. praecox</i> V 14682 (G)	18		
x	<i>A. schininii</i> V 9923 (A _{pl})	20		
x	<i>A. stenosperma</i> V 10309 (A _{pn})	20		
x	<i>A. valida</i> V 15096 (B)	20		
x	<i>A. vallsii</i> V 7635 (não esclarecido)	20		
x	<i>A. villosa</i> V 14316 (A _{pl})	20		
x	<i>A. williamsii</i> Wi 1118 (B)	20		
outubro 2012- abril 2013 Brasil	<i>A. valida</i> V 13514 (B) (2n=20)	x	<i>A. chiquitana</i> K 36027 (A _{ch})	20
		x	<i>A. hypogaea</i> cv. Tatuí (AB)	40
		x	<i>A. hypogaea</i> V 12548 (AB)	40
		x	<i>A. monticola</i> V 14165 (AB)	40

Tabela 4. Continuação.

Período e Local	Genitor ♀ (Genoma)*	x	Genitor ♂ (Genoma)*	2n*
		x	<i>A. batizocoi</i> Wi 1265 (K)	20
		x	<i>A. batizocoi</i> Wi 1279 (K)	20
		x	<i>A. batizocoi</i> Wi 1282 (K)	20
		x	<i>A. batizocoi</i> Wi 1504w (K)	20
		x	<i>A. batizocoi</i> Wi 1508-2A (K)	20
julho - novembro 2013	<i>Arachis valida</i> K 30147 (B)	x	<i>A. batizocoi</i> K 30079 (K)	20
Estados Unidos	(2n=20)	x	<i>A. batizocoi</i> K 30080 tall (K)	20
		x	<i>A. batizocoi</i> K 30081 (K)	20
		x	<i>A. herzogii</i> K 36030 (A _{ch})	20
		x	<i>A. ipaënsis</i> K 30076 (B)	20
		x	<i>A. magna</i> K 30093 (B)	20
		x	<i>A. magna</i> K 30097 yf (B)	20
		x	<i>A. simpsonii</i> V 13724-2 (A _{pn})	20
		x	<i>A. vallsii</i> V 9902-1 (não esclarecido)	20

♀: feminino. ♂: masculino. **cv**: cultivar. **of**: orange flower. **var**: variedade. **yf**: yellow flower. *Genoma. **A_{ch}**: genoma A chiquitano. **A_{pl}**: genoma A platino. **A_{pn}**: genoma A pantaneiro. FONTE: Stalker (1991), Fernández & Krapovickas (1994), Lavia (1998), Peñaloza & Valls (2005), Robledo et al. (2009), Robledo & Seijo (2010), Silvestri et al. (2014).

4.5 Análise da viabilidade dos grãos de pólen por coloração

A estimativa da viabilidade dos grãos de pólen por coloração dos genitores e dos híbridos foi feita pela coleta ao acaso de até dez flores por tipo de cruzamento diferente, quando possível, entre 2011 a 2014 no Laboratório de Citogenética Vegetal da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e em laboratório na Texas A&M AgriLife Research and Extension Center em Stephenville. As flores foram coletadas no período da manhã entre 7 e 10 horas. A maceração das anteras foi feita em uma lâmina com carmim acético 2% glicerinado com o auxílio de uma espátula e em seguida coberta com uma lamínula. Foi feita a contagem dos grãos de pólen por amostragem ao acaso, de no mínimo 500 grãos de pólen por lâmina, quando possível (Guerra & Souza 2002). Foram considerados viáveis os grãos de pólen bem formados e bem corados. Foi calculada a média dos grãos de pólen corados por flor. O resultado foi expresso em porcentagem de viabilidade estimada.

4.6 Caracterização morfológica

A confirmação das hibridações e a caracterização morfológica foram iniciadas pelo uso de descritores de germinação para espécies da secção *Arachis* (Carpes 2010) (Tabela 5) e complementadas pela utilização de descritores morfológicos para espécies

silvestres de *Arachis* (IBPGR/ICRISAT 1992) (Tabela 6). Os caracteres morfológicos foram medidos com paquímetro digital e/ou régua graduada.

Tabela 5. Lista dos descritores de germinação para plântulas das espécies da secção *Arachis* utilizados para a confirmação das hibridações e caracterização morfológica dos híbridos.

n	Descritores de germinação para plântulas das espécies de <i>Arachis</i>
1	Comprimento do epicótilo
2	Pilosidade do hipocótilo
3	Presença/ausência de antocianina no epicótilo
4	Comprimento do hipocótilo
5	Pilosidade do hipocótilo
6	Presença/ausência de antocianina no epicótilo
7	Comprimento dos pecíolos dos cotilédones
8	Presença/ausência de antocianina nos pecíolos dos cotilédones
9	Superfície cotiledonar
10	Presença/ausência de antocianina nos cotilédones

FONTE: Carpes (2010).

Tabela 6. Lista dos descritores morfológicos para plantas adultas das espécies da secção *Arachis* usados para a confirmação das hibridações e caracterização morfológica dos híbridos.

n	Descritores morfológicos para plantas das espécies de <i>Arachis</i>
1	Hábito de crescimento
2	Formato do eixo central
3	Pilosidade do eixo central
4	Número de ramificações
6	Número de folíolos das folhas do eixo central
7	Formato dos folíolos basais do eixo central
8	Comprimento e largura dos folíolos basais do eixo central
9	Formato dos folíolos apicais do eixo central
10	Comprimento e largura dos folíolos apicais do eixo central
11	Ápice dos folíolos do eixo central
12	Pilosidade da superfície superior dos folíolos do eixo central
13	Pilosidade da superfície inferior dos folíolos do eixo central
14	Pilosidade na nervura central dos folíolos do eixo central
15	Pilosidade das margens dos folíolos do eixo central
16	Comprimento e largura do pecíolo dos folíolos do eixo central
17	Formato do pecíolo dos folíolos do eixo central
18	Pilosidade do pecíolo dos folíolos do eixo central
19	Comprimento e largura da ráquis dos folíolos do eixo central
20	Formato da ráquis dos folíolos do eixo central
21	Pilosidade da ráquis dos folíolos do eixo central
22	Pilosidade do pulvino dos folíolos do eixo central
23	Comprimento total e largura da estípula do eixo central
24	Comprimento da porção livre da estípula do eixo central

Tabela 6. Continuação.

n	Descritores morfológicos para plantas adultas das espécies de <i>Arachis</i>
25	Comprimento da porção adnata da estípula do eixo central
26	Pilosidade da estípula do eixo central
27	Pilosidade dos ramos laterais
28	Número de folíolos das folhas dos ramos laterais
29	Formato dos folíolos basais dos ramos laterais
30	Comprimento e largura dos folíolos basais dos ramos laterais
31	Formato dos folíolos apicais dos ramos laterais
32	Comprimento e largura dos folíolos apicais dos ramos laterais
33	Ápice dos folíolos dos ramos laterais
34	Pilosidade da superfície superior dos folíolos dos ramos laterais
35	Pilosidade da superfície inferior dos folíolos dos ramos laterais
36	Pilosidade na nervura central dos folíolos dos ramos laterais
37	Pilosidade das margens dos folíolos dos ramos laterais
38	Comprimento e largura do pecíolo dos folíolos dos ramos laterais
39	Formato do pecíolo dos folíolos dos ramos laterais
40	Pilosidade do pecíolo dos folíolos dos ramos laterais
41	Comprimento e largura da ráquis dos folíolos dos ramos laterais
42	Formato da ráquis dos folíolos dos ramos laterais
43	Pilosidade da ráquis dos folíolos dos ramos laterais
44	Pilosidade do pulvino dos ramos laterais
45	Comprimento total e largura da estípula dos ramos laterais
46	Comprimento da porção livre da estípula dos ramos laterais
47	Comprimento da porção adnata da estípula dos ramos laterais
48	Pilosidade da estípula dos ramos laterais
49	Cor do estandarte
50	Cor das asas
51	Comprimento e largura do estandarte
52	Comprimento e largura do hipanto

FONTE: IBPGR/ICRISAT (1992).

4.7 Obtenção de anfidiplóides

O tratamento de estacas com colchicina, para obtenção de anfidiplóides, foi feito em novembro e dezembro de 2012, em estacas de plantas híbridas obtidas a partir de 12 cruzamentos realizados em 2012. Foram feitas de quatro a 24 estacas por cruzamento, a partir dos ramos laterais dependendo do número de plantas existentes. Foram cortadas estacas com 20 cm de comprimento. Os ramos foram cortados no meio do internó e as folhas foram retiradas com o auxílio de uma tesoura. Somente a folha apical foi mantida. Os ápices das estacas foram mergulhados em tubos de ensaio contendo solução

de colchicina 0,2%. Aproximadamente 10 cm de cada estaca ficou mergulhada na solução de colchicina. Os tubos de ensaio foram fechados com filme plástico PVC transparente. Foram acondicionados em câmara de germinação Biolab a 25°C por oito ou 12 horas em condições de luz no Laboratório de Sementes da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Em seguida, as estacas foram lavadas em água corrente por 20 minutos (Fávero 2004). As estacas foram plantadas em bandejas plásticas com areia. Posteriormente, foram transplantadas para vasos com a mesma mistura de solo utilizada no transplante das plantas dos genitores e dos híbridos obtidos. A confirmação de que as estacas eram ou não anfidiplóides foi feita pelo manuseio das quilhas das flores para verificar se as anteras soltavam ou não o pólen e/ou pela análise da viabilidade de pólen por coloração das estacas que produziram flores. Nas estacas sem flores, foi feita a observação das folhas.

4.8 Enraizamento de folhas

Para a obtenção de raízes para a análise mitótica, foram coletadas folhas maduras, a quinta folha em diante contando do ápice para a base, das plantas adultas dos híbridos de *A. valida* V 13514 x *A. hypogaea* V 12548 e *A. valida* V 13514 x *A. praecox* V 14682, entre janeiro e fevereiro de 2014. As folhas foram destacadas do eixo principal ou dos ramos laterais. Depois de destacada, a ponta da ráquis foi cortada na água e a estípula foi mantida. As folhas foram plantadas em copos plásticos contendo vermiculita expandida super fina, mantidos em telado da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

4.9 Análise mitótica

A análise mitótica dos híbridos *A. valida* V 13514 x *A. hypogaea* subsp. *hypogaea* V 12548 e *A. valida* V 13514 x *A. praecox* V 14682 foi realizada em janeiro e fevereiro de 2014, no Laboratório de Citogenética Vegetal e no Laboratório de Microscopia Ótica e Eletrônica, ambos na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. A coleta das raízes foi feita entre 11 horas da manhã e 13 horas e 30 minutos da tarde. As raízes coletadas com até um cm de comprimento foram acondicionadas em microtubo contendo solução de 8-hidroquinoleína (8HQ) 2mM durante duas horas a temperatura ambiente e duas horas a 4°C. As raízes foram fixadas

em Carnoy (solução de etanol absoluto:ácido acético glacial 3:1 v/v) durante uma hora a temperatura ambiente. Após esse período, foi feita troca de solução de Carnoy e os microtubos foram acondicionadas a 4°C por até 24 horas. As pontas de raízes foram estocadas em etanol 70% a 4°C até a análise. As pontas de raízes foram imersas em tampão de citrato de sódio 1X gelado pH 4,5 por 15 minutos com duas trocas do tampão. Depois o tampão foi removido e foi adicionada uma gota da solução de pectinase 12%-celulase 8% para a digestão enzimática. As pontas de raízes foram incubadas a 37°C por 30 minutos. Após esse período as pontas de raízes foram colocadas sobre uma lâmina e lavadas com solução tampão. Depois foi adicionado ácido acético 45% para a retirada do meristema e espalhamento do material na lâmina. A lamínula foi comprimida para melhor espalhamento dos cromossomos na lâmina. Na confecção de algumas lâminas, depois da adição do ácido acético 45% e colocação da lamínula foi adicionado carmim acético 2% na borda da lamínula para corar o material.

Foi feita a contagem de seis células com cromossomos metafásicos por planta, para a confirmação da hibridação. Foram capturadas imagens das lâminas com cromossomos metafásicos, nos microscópios óticos com transmissão de imagem Zeiss Axio Scope.A1 e Axioskop pelo programa Axiovision 4.7.2.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Híbridação

Neste estudo foram feitas 44 combinações de cruzamento entre os acessos K 30147 e V 13514 de *A. valida* e 28 espécies da secção *Arachis*. Os dois acessos de *A. valida* utilizados nesse estudo como genitores femininos (Figuras 6 e 7) são morfológicamente idênticos e possuem dois pares de cromossomos satelitados (Krapovickas & Gregory 1994, Fernández & Krapovickas 1994, Peñaloza 2000). Foram coletados em épocas diferentes, 1977 e 1994, respectivamente, mas no mesmo local, em Corumbá, MS, no Brasil (Gregory 1976, Krapovickas & Gregory 1994).

Arachis valida possivelmente é tolerante ao alagamento e pode possuir resistência a doenças relacionadas ao excesso de umidade, pois ocorre em local inundado na época da cheia no pantanal sul matogrossense (Krapovickas & Gregory 1994).

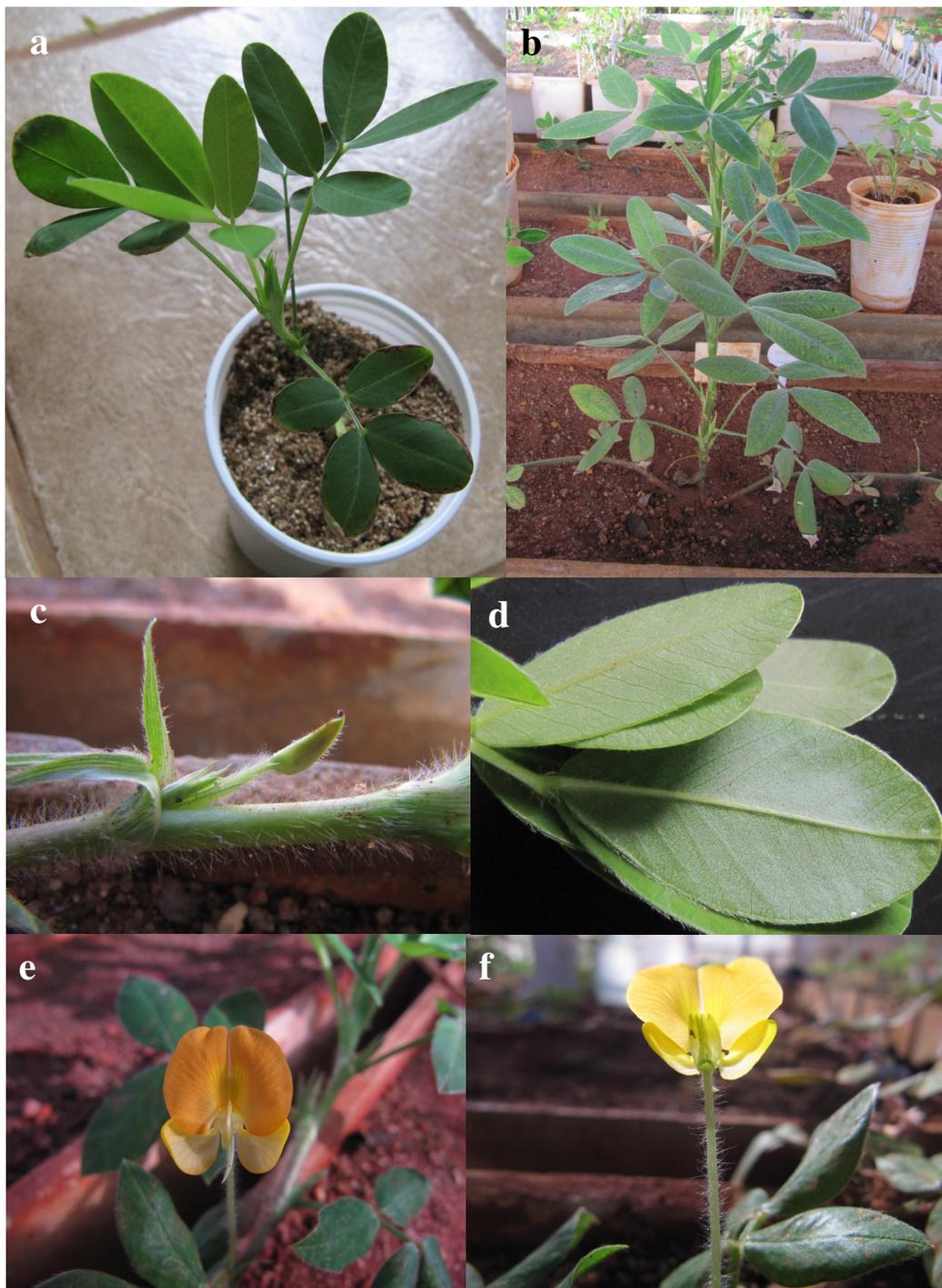


Figura 6. a) Plântula do genitor feminino *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514. b) Planta adulta. c) Botão floral e pilosidade no ramo. d) Superfície inferior dos folíolos. e) Vista frontal da flor. f) Vista dorsal da flor.

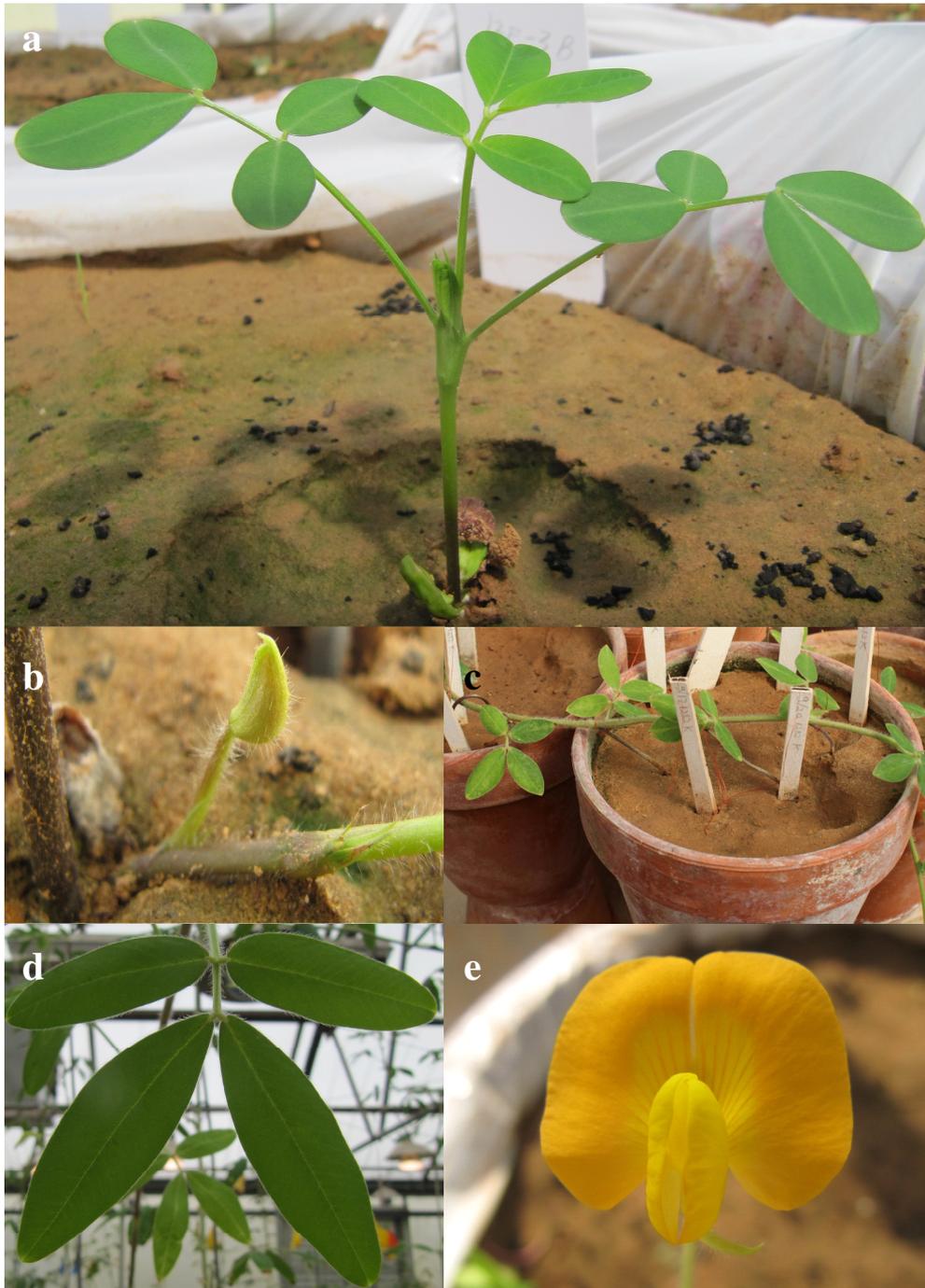


Figura 7. a) Plântula do genitor feminino *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. K 30147. b) Botão floral. c) Ramo da planta adulta. d) Superfície superior dos folíolos. e) Vista frontal da flor.

Nos quatro ciclos de cruzamentos foram feitas 1283 polinizações e foram obtidas 179 plantas híbridas, pela germinação espontânea das plântulas nos vasos dos genitores femininos ou nos vasos onde ocorreu a formação dos segmentos de frutos, ou pela germinação das sementes em câmara de germinação. Cento e trinta e duas plantas germinaram espontaneamente. Ocorreram 25 autofecundações, que foram detectadas pela análise da viabilidade de pólen das plantas e/ou utilização de descritores

morfológicos. Foi verificado o aborto de embriões em 34 segmentos de fruto. Das 44 combinações de cruzamento, foram obtidos híbridos em 37, resultando em 84,1% de eficiência. O número de polinizações foi diferente entre as combinações de cruzamento devido ao número disponível de flores para as polinizações tanto dos genitores masculinos quanto dos femininos. Não foram feitos cruzamentos recíprocos. O número de híbridos obtidos no segundo, terceiro e quarto ciclo de cruzamentos foi maior que o número de híbridos obtidos no primeiro ciclo. Por isso, o primeiro ciclo de cruzamentos não foi incluído na Tabela 7, pois todas as combinações de cruzamento do primeiro ciclo foram repetidas no segundo ciclo.

No primeiro ciclo de cruzamentos foi utilizada a técnica 1 de polinização (Figura 8a). No segundo, terceiro e no quarto ciclo de cruzamentos foi usada a técnica 2 de polinização (Figura 8b). Na técnica 2 uma quantidade maior de grãos de pólen ficou em contato com o estigma e o estilete da flor emasculada, e a quilha colocada sobre o estigma e estilete protegeu a flor polinizada do ressecamento e do ataque de insetos que se alimentam dos grãos de pólen que ficam depositados no estigma.

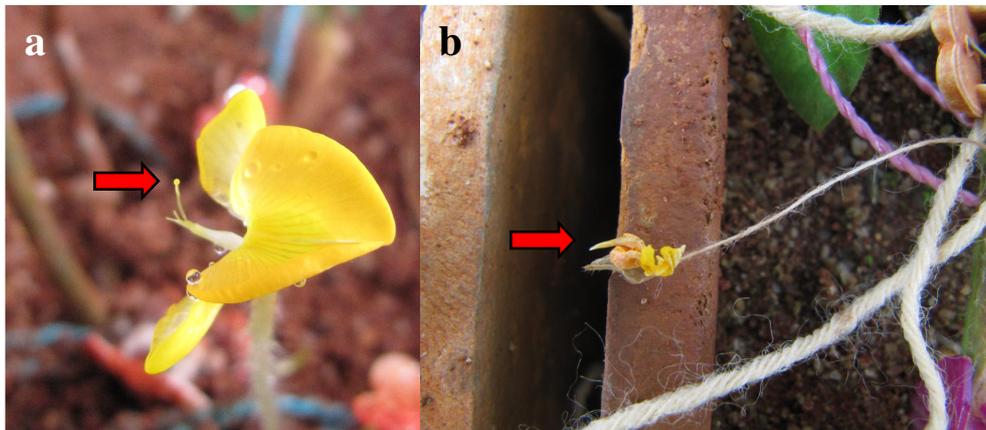


Figura 8. Flores polinizadas do genitor feminino *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514. **a)** Utilização da técnica 1 de polinização, onde os grãos de pólen do genitor masculino depositados sobre o estigma são indicados pela seta. **b)** Uso da técnica 2 de polinização, onde a quilha do genitor masculino colocada sobre o estigma e o estilete da flor emasculada é indicada pela seta.

Tabela 7. Agrupamento dos cruzamentos intra e interespecíficos realizados entre espécies da secção *Arachis* de acordo com a porcentagem de sucesso dos cruzamentos. Espécies e acessos dos genitores, genomas dos genitores, número de polinizações realizadas (**NPO**), número de segmentos de frutos obtidos (**NSF**), número de plântulas que germinaram espontaneamente nos vasos (**NP**), número de autofecundações (**NAF**), número de segmentos de frutos abortados (**NAB**), número de híbridos confirmados (**NH**), porcentagem de viabilidade de pólen dos híbridos (**%VH**), porcentagem de sucesso do cruzamento (**%SC=(NH/NPO)x100**), comportamento do híbrido, presença ou ausência de flor, *peg* e semente no híbrido e local onde foram feitos os cruzamentos.

Grupo	Cruzamento		Genomas	NPO	NSF	NP	NAF	NAB	NH	%SC	%VPH	Comportamento do híbrido	Flor	Peg	Semente	Local
	Genitor ♀	<i>A. valida</i> x Genitor ♂														
1 (acima 50,1%)	V 13514	x <i>A. aff. hoehnei</i> V 9140 ²	B x não esclarecido	16	2	9	0	0	9	56,3	-	bom desenvolvimento	não	não	não	Brasil
	V 13514	x <i>A. krapovickasii</i> Wi 1291 ²	B x K	16	3	9	0	0	9	56,3	1,4	bom desenvolvimento	sim	não	não	Brasil
	K 30147	x <i>A. batizocoi</i> Wi 1508-2A ⁴	B x K	6	4	0	0	0	3	50,0	NA	eixo central curto crescimento	sim	não	não	EUA
2 (40,1- 50%)	K 30147	x <i>A. batizocoi</i> K 30080 tall ⁴	B x K	8	5	0	0	0	4	50,0	NA	atípico do eixo central	sim	não	não	EUA
	K 30147	x <i>A. ipaënsis</i> K 30076 ⁴	B x B	6	11	3	0	0	3	50,0	NA	bom desenvolvimento	sim	não	não	EUA
	K 30147	x <i>A. magna</i> K 30097 yf ⁴	B x B	6	9	0	0	0	3	50,0	NA	bom desenvolvimento	sim	sim	ainda não	EUA
	K 30147	x <i>A. herzogii</i> K 36030 ⁴	B x A _{ch}	12	7	4	0	0	4	33,3	NA	bom desenvolvimento	sim	não	não	EUA
3 (30,1- 40%)	K 30147	x <i>A. simpsonii</i> V 13724-2 ⁴	B x A _{ch}	12	5	4	0	0	4	33,3	NA	bom desenvolvimento	sim	não	não	EUA
	V 13514	x <i>A. correntina</i> Clos 5930 ²	B x A _{pl}	61	12	21	1	1	20	32,8	1,4	bom desenvolvimento	sim	não	não	EUA
	V 13514	x <i>A. cardenasii</i> G 10017 ²	B x A _{ch}	19	1	6	0	0	6	31,6	0,2	bom desenvolvimento	sim	não	não	Brasil
	V 13514	x <i>A. diogoi</i> Vp 5000 ²	B x A _{pn}	19	0	6	0	0	3	31,6	-	folíolos mal formados	não	não	não	Brasil
4 (20,1- 30%)	V 13514	x <i>A. microsperma</i> V 14042 ²	B x A _{pn}	11	5	3	5	0	3	27,3	-	plântulas morreram	não	não	não	Brasil
	K 30147	x <i>A. batizocoi</i> Wi 1265 ⁴	B x K	8	2	0	0	0	2	25,0	NA	sem eixo central	sim	não	não	EUA
	K 30147	x <i>A. magna</i> K 30093 ⁴	B x B	12	13	0	0	0	3	25,0	NA	bom desenvolvimento	sim	não	não	EUA

Tabela 7. Continuação.

Grupo	Cruzamento Genitor ♀ <i>A. valida</i> x Genitor ♂	Genomas	NPO	NSF	NP	NAF	NAB	NH	%SC	%VPH	Comportamento do híbrido	Flor	Peg	Semente	Local
4 (20,1-30%)	V 13514 x <i>A. duranensis</i> V 14167 ²	B x A _{pl}	55	20	13	0	2	13	23,6	3,4	bom desenvolvimento	sim	sim	não	Brasil
	V 13514 x <i>A. cruziana</i> Wi 1302-3 ²	B x K	45	2	10	0	1	10	22,2	4,6	bom desenvolvimento	sim	não	não	Brasil
	V 13514 x <i>A. batizocoi</i> K 9484 ²	B x K	10	0	2	0	0	2	20,9	0,6	bom desenvolvimento	sim	não	não	Brasil
	K 30147 x <i>A. batizocoi</i> Wi 1504w ⁴	B x K	21	14	0	0	6	4	19,1	NA	bom desenvolvimento	sim	não	não	EUA
	V 13514 x <i>A. kempff-mercadoi</i> V 13250 ²	B x A _{ch}	50	14	9	0	2	9	18,0	-	folíolos mal formados	não	não	não	Brasil
	V 13514 x <i>A. linearifolia</i> V 9401 ²	B x A _{pn}	51	2	9	0	1	9	17,7	NA	bom desenvolvimento	não	não	não	Brasil
	V 13514 x <i>A. benensis</i> K 35005 ²	B x F	6	1	0	0	0	1	16,7	1,1	bom desenvolvimento	sim	não	não	Brasil
5 (10,1-20%)	V 13514 x <i>A. stenosperma</i> V 10309 ²	B x A _{pn}	18	0	3	0	0	3	16,7	14,2	bom desenvolvimento	sim	não	não	Brasil
	V 13514 x <i>A. valida</i> V 15096 ²	B x B	34	8	0	0	0	5#	14,7	98,4	bom desenvolvimento	sim	sim	sim	Brasil
	V 13514 x <i>A. magna</i> K 30097 of ²	B x B	30	7	0	0	0	4	13,3	25,3	bom desenvolvimento	sim	sim	sim	Brasil
	V 13514 x <i>A. magna</i> V 14727 ²	B x B	40	14	0	0	0	5	12,5	29,6	bom desenvolvimento	sim	sim	sim	Brasil
	V 13514 x <i>A. williamsii</i> Wi 1118 ²	B x B	16	5	0	0	0	2	12,5	18,6	bom desenvolvimento	sim	não	não	Brasil
	V 13514 x <i>A. schininii</i> V 9923 ²	B x A _{pl}	98	4	13	0	0	12	12,2	0,3	bom desenvolvimento	sim	não	não	Brasil
	V 13514 x <i>A. villosa</i> V 14316 ²	B x A _{pl}	9	0	1	0	0	1	11,1	1,4	bom desenvolvimento	sim	não	não	Brasil
	K 30147 x <i>A. batizocoi</i> Wi 1282 ⁴	B x K	28	10	0	0	0	3	10,7	NA	bom desenvolvimento	sim	não	não	EUA
	V 13514 x <i>A. praecox</i> V 14682 ²	B x G	28	15	0	0	0	3	10,7	1,8	bom desenvolvimento	sim	sim	não	Brasil

Tabela 7. Continuação.

Grupo	Cruzamento Genitor ♀ <i>A. valida</i> x Genitor ♂	Genomas	NPO	NSF	NP	NAF	NAB	NH	%SC	%VPH	Comportamento do híbrido	Flor	Peg	Semente	Local
6 (0,1-10%)	V 13514 x <i>A. gregoryi</i> V 14957 ²	B x B	22	4	0	0	0	2	9,1	10,5	bom desenvolvimento	sim	sim	ainda não	Brasil
	V 13514 x <i>A. ipaënsis</i> K 30076 ²	B x B	12	2	0	0	0	1	8,3	25,3	bom desenvolvimento	sim	sim	não	Brasil
	V 13514 x <i>A. hypogaea</i> V 12548 ³	B x AB	60	-	8	4	0	4	7,0	0,8	bom desenvolvimento	sim	não	não	Brasil
	V 13514 x <i>A. magna</i> V 14724 ²	B x B	86	20	0	0	1	5	5,8	27,5	bom desenvolvimento	sim	sim	sim	Brasil
	V 13514 x <i>A. vallsii</i> V 7635 ²	B x não esclarecido	18	0	1	0	2	1	5,6	-	plântula só com um folíolo e uma flor, frágil	não	não	não	Brasil
	V 13514 x <i>A. chiquitana</i> K 36027 ³	B x A _{ch}	47	14	3	0	0	1	2,1	8,6	bom desenvolvimento	sim	não	não	Brasil
	V 13514 x <i>A. magna</i> V 14707 ²	B x B	5	1	0	0	0	1	2,0	39,4	bom desenvolvimento	sim	sim	ainda não	Brasil
7 (0%)	V 13514 x <i>A. glandulifera</i> V 13738 ²	B x D	70	27	0	5	16	0	0	-	-	-	-	-	Brasil
	V 13514 x <i>A. hypogaea</i> subsp. <i>fastigiata</i> cv. Tatuí ³	B x AB	22	147	0	5	-	0	0	-	-	-	-	-	Brasil
	V 13514 x <i>A. monticola</i> V 14165 ³	B x AB	20	112	0	5	-	0	0	-	-	-	-	-	Brasil
	K 30147 x <i>A. batizocoi</i> K 30079 ⁴	B x K	9	1	0	0	1	0	0	-	-	-	-	-	EUA
	K 30147 x <i>A. batizocoi</i> K 30081 ⁴	B x K	12	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	EUA
K 30147 x <i>A. batizocoi</i> Wi 1279 ⁴	B x K	12	2	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	EUA	
K 30147 x <i>A. vallsii</i> V 9902-1 ⁴	B x não esclarecido	6	1	0	0	1	0	0	0	-	-	-	-	EUA	

♀: genitor feminino. ♂: genitor masculino. #: plantas possivelmente híbridas, necessitam de estudos complementares. ²2º ciclo de cruzamentos. ³3º ciclo de cruzamentos. ⁴4º ciclo de cruzamentos. A_{ch}: chiquitano. aff: affinis. A_{pn}: pantaneiro. A_{pl}: platino. cv: cultivar. NA: não avaliado. subsp: subespécie. *Genoma. FONTE: Stalker (1991), Fernández & Krapovickas (1994), Lavia (1998), Peñaloza & Valls (2005), Robledo et al. (2009), Robledo & Seijo (2010), Silvestri et al. (2014).

O maior número de polinizações, 98, foi obtido no cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. schininii* V 9923. O menor número de polinizações, 5, foi obtido no cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. benensis* K 35005. O maior número de segmentos de fruto, 127, foi obtido no cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. hypogaea* subsp. *fastigiata* cv. Tatuí. Foram feitas somente 22 polinizações, que não corresponderiam à formação de 127 segmentos de fruto (Tabela 7). Possivelmente foram obtidos segmentos de fruto provenientes de autofecundação. Isso também pode ter ocorrido no cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. monticola* V 14165, em que foram obtidos 112 segmentos de fruto a partir de 20 polinizações (Tabela 7).

No primeiro ciclo de cruzamentos, que não está na Tabela 7, foram obtidas somente duas plantas híbridas em dois cruzamentos diferentes. Foi produzida uma planta híbrida a partir do cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. benensis* K 35005 (genoma B x genoma F). Porém, houve o desenvolvimento apenas da raiz primária, não ocorreu o desenvolvimento do epicótilo e das folhas e a plântula não sobreviveu. Uma explicação para esse fenômeno é a inviabilidade e fragilidade do híbrido, que é um mecanismo pós-zigótico. O crescimento e o desenvolvimento foram inibidos e o híbrido morreu antes de alcançar a fase adulta (Stebbins 1958). No segundo ciclo de cruzamentos também foi obtido uma planta híbrida no cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. benensis* K 35005. Essa planta teve desenvolvimento normal e produziu flores com baixa viabilidade de pólen de 1,1% (Tabela 7).

No primeiro ciclo de cruzamentos também foi obtido um híbrido entre *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14707 (genoma B x genoma B), que se desenvolveu até a fase adulta, com crescimento lento, ausência de *pegs* e baixa viabilidade de pólen, 21,8%. A baixa viabilidade de pólen indica esterilidade nesse híbrido, que também é um mecanismo pós-zigótico (Stebbins 1958). No segundo ciclo de cruzamentos também foi obtido um híbrido entre *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14707, com viabilidade de pólen de 39,4%, que foi a maior viabilidade das combinações de cruzamento de *A. valida* com diferentes acessos de *A. magna*. Nas plantas híbridas do cruzamento *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14707 no segundo ciclo de cruzamentos, foi verificada a formação de *pegs* (Tabela 7).

Foram obtidos híbridos diplóides com genoma B x genoma A chiquitano, genoma B x genoma A pantaneiro, genoma B x genoma A platino, genoma B x genoma F, genoma B x genoma K e genoma B x genomas não esclarecidos (*A. valida* V 13514 x *A. aff. hoehnei* V 9140 e *A. valida* V 13514 x *A. vallsii* V 7635) e também um híbrido

triplóide com genoma B x genoma AB (Tabela 7). O baixo número de híbridos triplóides obtidos pode ser explicado pelo fato de dois genitores masculinos, *A. hypogaea* e *A. monticola*, possuírem 40 cromossomos e o genitor feminino *A. valida*, 20 cromossomos, o que pode causar incompatibilidade cromossômica na fecundação e aborto dos embriões (Stebbins 1958). Em *Arachis*, o sucesso em cruzamentos entre espécies diplóides e tetraplóides é maior quando a espécie tetraplóide é utilizada como genitor feminino. *Arachis hypogaea* parece ser um genitor feminino melhor do que as espécies silvestres de *Arachis* para cruzamentos interespecíficos (Tallury et al. 1995). Neste estudo, *A. valida*, espécie diplóide, foi utilizada como genitor feminino nos cruzamentos com as espécies tetraplóides *A. hypogaea* cv. Tatuí, *A. hypogaea* V 12548 e *A. monticola*. Foram obtidas quatro plantas estéreis triplóides somente com *A. hypogaea* V 12548 (Tabela 7), demonstrando que houve sucesso nos cruzamentos usando uma espécie diplóide como genitor feminino.

Com base na porcentagem de sucesso dos cruzamentos realizados é possível separar as combinações de cruzamento em sete grupos não homogêneos (Tabela 7). Os grupos foram divididos em:

grupo 1: acima de 50,1% de sucesso do cruzamento.

grupo 2: de 40,1-50% de sucesso do cruzamento.

grupo 3: de 30,1-40% de sucesso do cruzamento.

grupo 4: de 20,1-30% de sucesso do cruzamento.

grupo 5: de 10,1-20% de sucesso do cruzamento.

grupo 6: de 0,1-10% de sucesso do cruzamento.

grupo 7: de 0% de sucesso do cruzamento.

A facilidade de obtenção do *peg* não garante a obtenção do híbrido. A porcentagem de sucesso do cruzamento não foi relacionada com o maior número de polinizações. A porcentagem de sucesso variou mesmo dentro de combinações de cruzamento com o mesmo genoma. Espécies agrupadas num determinado nome divergiram muito quanto ao comportamento do seu híbrido. Por exemplo, nas combinações de cruzamento entre *A. valida* x *A. magna*, que possuem genoma B, as porcentagens de sucesso dos cruzamentos variaram de 2,0% na combinação *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14707 até 50% na combinação *A. valida* K 30147 x *A. magna* K 30097 yf, dependendo do acesso de *A. magna* utilizado nos cruzamentos (Tabela 7).

5.1.1 Grupo 1

No grupo 1 são encontradas as combinações de cruzamento com maior porcentagem de sucesso do cruzamento, acima de 50,1%. Nesse grupo as duas combinações de cruzamento: *A. valida* V 13514 x *A. aff. hoehnei* V 9140 e *A. valida* V 13514 x *A. krapovickasii* Wi 1291 tiveram 56,3% de sucesso do cruzamento (Tabela 7).

5.1.1.1 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis aff. hoehnei* V 9140

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. aff. hoehnei* V 9140 foram feitas 16 polinizações e foram obtidos dois segmentos de fruto. Nove plântulas germinaram espontaneamente no vaso do genitor feminino *A. valida* V 13514. Foram obtidas nove plantas híbridas (Tabela 7). Cinco plantas foram analisadas com o uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e foram comparadas com a descrição de *A. hoehnei* (Krapovickas & Gregory 1994).

As plantas do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. aff. hoehnei* V 9140 apresentaram o mesmo aspecto que as plantas adultas do genitor masculino *A. aff. hoehnei* V 9140 quando atacado por ácaros (Figura 9 a). Tanto o híbrido quanto o genitor masculino foram suscetíveis ao ataque de ácaros. As plântulas eram híbridas porque pela análise morfológica, na folha das plantas do híbrido, foi observada a presença de cílios compridos nas margens dos folíolos (Figura 9 b), que é uma característica de *A. hoehnei* (Krapovickas & Gregory 1994) (Figura 9 c). As plantas do híbrido apresentaram bom desenvolvimento chegando a fase adulta. Não houve a produção de flores, *pegs* e segmentos de fruto (Tabela 7), o que indicou a esterilidade desse híbrido, que é um mecanismo pós-zigótico para impedir ou dificultar a formação de híbridos (Stebbins 1958).

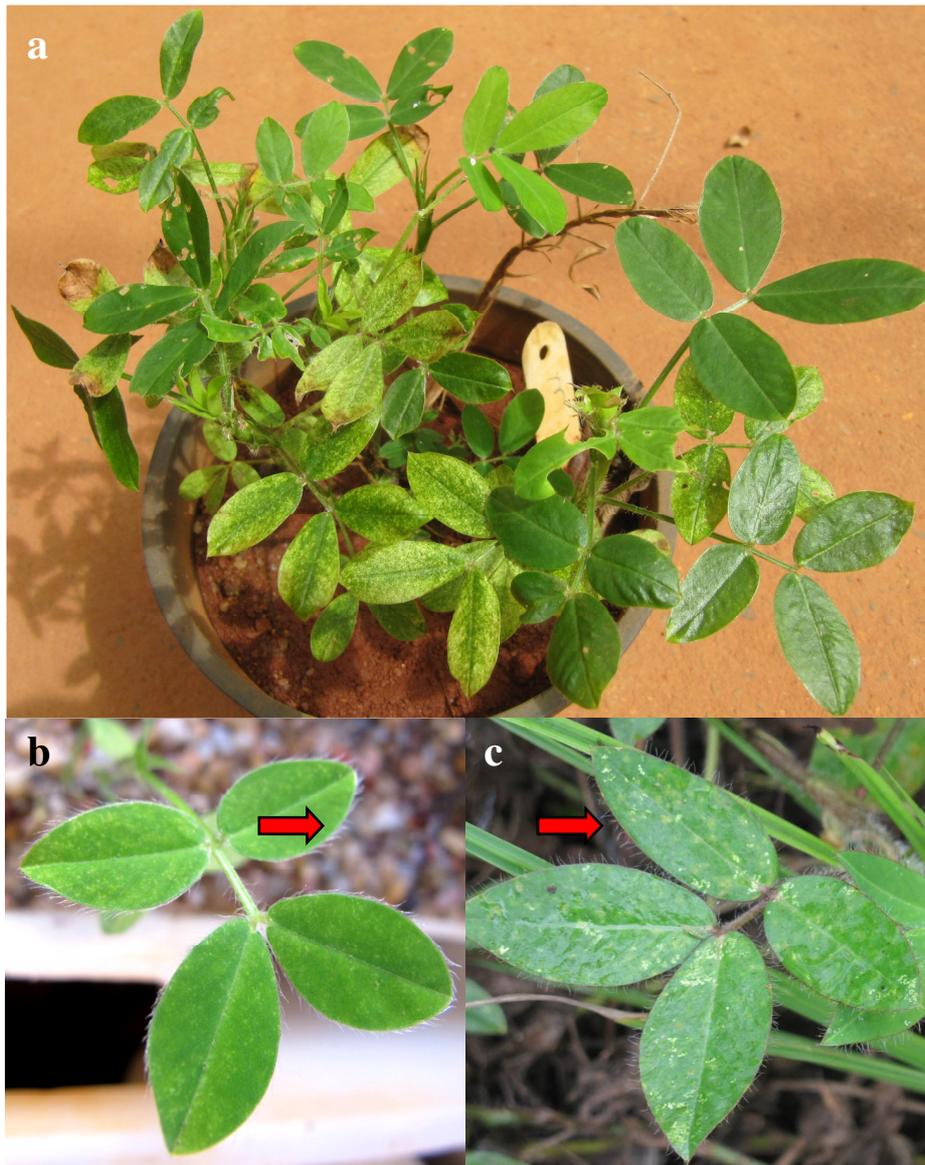


Figura 9. a) Planta adulta do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis* aff. *hoehnei* Krapov. & W.C. Greg. V 9140 atacada por ácaros. b) Folha da estaca do híbrido. c) Folha da planta adulta do genitor masculino *Arachis* aff. *hoehnei* Krapov. & W.C. Greg. V 9140. Foto: R.T. Queiroz. As setas indicam a presença de cílios nas margens dos folíolos.

Como não foram produzidas flores, não foi possível analisar a viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. aff. hoehnei* V 9140. Já no trabalho de Fávero (2004) sobre a cruzabilidade entre espécies silvestres de *Arachis* visando à introgressão de genes de resistência a doenças no amendoim cultivado, foram obtidos híbridos nos cruzamentos com *A. hoehnei*. No cruzamento entre *A. hoehnei* K 30006 x *A. helodes* V 6325, que são duas espécies que possuem genoma A, foi obtida uma planta híbrida com 18,97% de viabilidade de pólen e 0,38% de sucesso para cada cruzamento. No cruzamento entre *A. hoehnei* K 30006 x *A. simpsonii* V 13710, ambas

com genoma A, foi obtida uma planta híbrida com 16,25% de viabilidade de pólen e 0,44% de sucesso para cada cruzamento. Em seu trabalho sobre cruzamentos, Rodrigues (2006), utilizou a espécie *A. vallsii*, que pertencia à secção *Procumbentes*, e hoje está na secção *Arachis*, para verificar a localização correta dessa espécie dentro das secções do gênero *Arachis*. *Arachis vallsii*, que ainda não tem seu genoma esclarecido, foi usada como genitor feminino nos cruzamentos. No cruzamento entre *A. vallsii* V 7635 x *A. hoehnei* K 30006 não foi obtida nenhuma planta híbrida. No cruzamento entre *A. vallsii* V 7635 x *A. aff. hoehnei* V 9094 foi obtida uma planta híbrida com 8,05% de viabilidade de pólen e 3,12% de sucesso do cruzamento. No cruzamento entre *A. vallsii* V 7635 x *A. aff. hoehnei* V 9140, o mesmo acesso de *A. aff. hoehnei* usado no presente estudo, não foi obtida nenhuma planta híbrida. Nos cruzamentos entre *A. vallsii* V 7635 x *A. aff. hoehnei* V 9146 e *A. vallsii* V 7635 x *A. aff. hoehnei* V 13985 também não foram obtidos híbridos.

No trabalho de Custodio (2009) para conhecer as relações de cruzabilidade entre espécies e acessos de germoplasma do gênero *Arachis* associados ao genoma B do amendoim, a espécie *A. gregoryi* V 14957, que possui genoma B, foi usada como genitor feminino nos cruzamentos. No cruzamento entre *A. gregoryi* V 14957 x *A. hoehnei* K 30006 foi obtida uma planta híbrida com 12,0% de viabilidade de pólen e 0,6% de sucesso por cruzamento. Já no cruzamento entre *A. gregoryi* V 14957 x *A. aff. hoehnei* V 13985 foram obtidas 19 plantas híbridas sem flores e com 17,1% de sucesso por cruzamento.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. aff. hoehnei* V 9140 tem genoma B proveniente de *A. valida* e genoma não esclarecido herdado de *A. aff. hoehnei* (Tabela 7). No trabalho de Ramos (2007) sobre a caracterização da resistência às cercosporioses, lagarta do cartucho e lagarta da soja em espécies silvestres do gênero *Arachis*, para uso no melhoramento genético do amendoim, o acesso V 9140 de *A. aff. hoehnei* foi resistente à lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda* Smith). Por isso, cruzamentos envolvendo o acesso V 9140 de *A. aff. hoehnei* são sugeridos para tentar introgridir genes de resistência a esse inseto em programas de melhoramento do amendoim. Além disso, *A. valida* pode ser incluída em cruzamentos em programas de melhoramento do amendoim para a introgressão de genes de resistência à mancha preta, pois o acesso V 13514 de *A. valida* foi resistente a essa doença no trabalho de Fávero et al. (2009).

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis aff. hoehnei* V 9140

Eixo central ereto, cilíndrico, com pelos adpressos, com duas a oito ramificações na base. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é elíptico, 20,3-37,2 mm de comprimento por 9,9-15,4 mm de largura, o par apical é elíptico, 25,6-32,0 mm de comprimento por 11,6-15,3 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos, pelos compridos na nervura central, margens com pelos compridos (cílios). Pecíolo 31,3-40,9 mm de comprimento por 1,1-1,3 mm de largura, canaliculado, com pelos. Ráquis 6,8-8,8 mm de comprimento por 0,6-1,0 mm de largura, canaliculada, com pelos. Pulvino com pelos. Estípula comprimento total, 17,0-23,0 mm de comprimento por 2,4-2,7 mm de largura, porção livre, 9,7-14,0 mm de comprimento, porção adnata 6,7-9,2 mm de comprimento, superfície superior com algumas cerdas, margens com pelos. Ramos laterais vilosos, eretos. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par de folíolos basal é elíptico, 25,6-33,4 mm de comprimento por 12,6-16,2 mm de largura, o par apical é elíptico, 28,6-36,1 mm de comprimento por 13,5-17,3 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos, pelos compridos na nervura central, margens com pelos compridos (cílios). Pecíolo 24,2-38,1 mm de comprimento por 0,94-1,3 mm de largura, canaliculado, com pelos. Ráquis 5,4-9,1 mm de comprimento por 0,6-1,0 mm de largura, canaliculada, com pelos. Pulvino com pelos. Estípula comprimento total, 18,3-24,1 mm de comprimento por 2,5-3,2 mm de largura, porção livre 12,1-16,8 mm de comprimento, porção adnata 5,4-8 mm de comprimento, superfície superior com algumas cerdas, margens com pelos. Sem flores.

5.1.1.2 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis krapovickasii* Wi 1291

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. krapovickasii* Wi 1291, foram feitas 16 polinizações, foram colhidos três segmentos de fruto e nove plântulas germinaram espontaneamente no vaso do genitor feminino *A. valida* V 13514. Foram obtidas nove plantas híbridas (Tabela 7). Quatro plantas foram analisadas pelo uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e foram comparadas com a descrição de *A. krapovickasii* (Valls & Simpson 2005).

As plântulas eram híbridas porque o eixo central viloso, o par basal de folíolos oblongo e o par apical de folíolos largo elíptico foram herdados do genitor masculino *A.*

krapovickasii (Figura 10 a). Os folíolos dos ramos laterais tinham a superfície inferior vilosa, pelos compridos na nervura central e margens com pelos compridos e cerdas (Figura 10 b), assim como as plantas do genitor masculino *A. krapovickasii* Wi 1291 (Figura 10 c). As plantas híbridas apresentaram bom desenvolvimento chegando a fase adulta. Houve a produção de flores, porém não foram produzidos *pegs* e segmentos de fruto (Tabela 7), o que indicou esterilidade desse híbrido (Stebbins 1948).

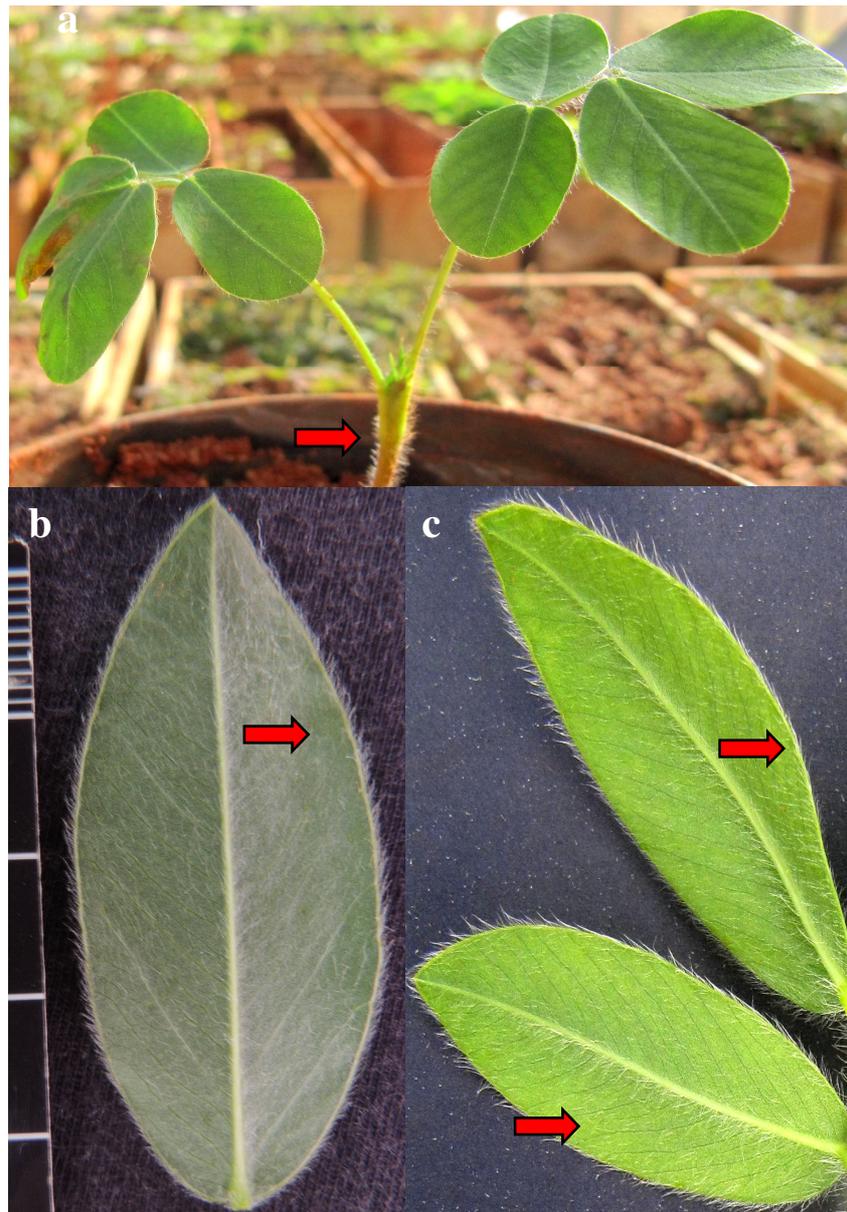


Figura 10. a) Plântula do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis krapovickasii* C.E. Simpson D.E. Williams, Valls & I.G. Vargas Wi 1291. A seta indica a superfície vilosa do eixo central. b) Superfície inferior do folíolo do híbrido. Foto: R.T. Queiroz. c) Superfície inferior dos folíolos do genitor masculino *Arachis krapovickasii* C.E. Simpson D.E. Williams, Valls & I.G. Vargas Wi 1291. As setas indicam a presença de pelos na superfície inferior dos folíolos.

A viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. krapovickasii* Wi 1291 foi de 1,4% (Tabela 7). A baixa viabilidade de pólen encontrada nas plantas híbridas sugere que as duas espécies, *A. valida* e *A. krapovickasii*, são distantes geneticamente, pois a viabilidade de pólen de híbridos obtidos em cruzamentos é um indicativo de similaridade ou distância genética (Krapovickas & Gregory 1994). No trabalho de Simpson (2006), utilizando *A. gregoryi*, que possui genoma B, assim como *A. valida*, em uma combinação de cruzamento com *A. krapovickasii*, que possui genoma K, a viabilidade de pólen do híbrido de *A. gregoryi* V 6389 x *A. krapovickasii* Wi 1291 foi de 12,8%. Já no trabalho de Custodio (2009) a viabilidade de pólen do híbrido de *A. gregoryi* V 14957 x *A. krapovickasii* Wi 1291 foi de 0,4% e a porcentagem de sucesso por cruzamento foi de 3,5%.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. krapovickasii* Wi 1291 possui genoma B x genoma K, o genoma B foi proveniente de *A. valida* e o genoma K de *A. krapovickasii* (Tabela 7). O acesso Wi 1291 de *A. krapovickasii* foi resistente à lagarta do cartucho no trabalho de Ramos (2007) e o acesso V 13514 de *A. valida* à mancha preta (Fávero et al. 2009). O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. krapovickasii* Wi 1291 pode ser usado em cruzamentos com espécies possuidoras de genoma A, no pré-melhoramento do amendoim, para posterior incorporação de genes de resistência à lagarta do cartucho.

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis krapovickasii* Wi 1291

Eixo central ereto, cilíndrico, viloso, tanto as plântulas, como as plantas adultas. Nas plantas adultas o eixo central tem duas ramificações na base. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é estreito elíptico, 40,8-45,3 mm de comprimento por 18,2-19,4 mm de largura, o par apical é elíptico, 48,7-52,2 mm de comprimento por 23,1-24,3 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior vilosa, pelos compridos na nervura central, margens vilosas com pelos compridos e cerdas. Pecíolo 42,4-47,5 mm de comprimento por 1,6-1,8 mm de largura, canaliculado, viloso e com cerdas. Ráquis 10,2-12,3 mm de comprimento por 1,3-1,5 mm de largura, canaliculada, vilosa e com cerdas. Pulvino viloso. Estípula comprimento total, 28,5-32,3 mm de comprimento por 2,8-3,6 mm de largura, porção livre 16,1-20,2 mm de comprimento, porção adnata 11,5-11,8 mm de comprimento, superfície superior com cerdas, margens vilosas. Ramos prostados, vilosos, arroxeados. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par de folíolos basal é elíptico a

ovado, 23,7-29,1 mm de comprimento por 15,1-18,7 mm de largura, o par apical é largo elíptico a obovado, 26,9-35,8 mm de comprimento por 17,8-23,1 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior vilosa e com cerdas, com pelos compridos na nervura central, margens vilosas com pelos compridos. Pecíolo 19,7-25,2 mm de comprimento por 1,2-1,5 mm de largura, canaliculado, viloso e com cerdas. Ráquis 6,8-10,1 mm de comprimento por 0,7-1,2 mm de largura, canaliculada, vilosa e com cerdas. Pulvino viloso. Estípula comprimento total, 17,3-18,9 mm de comprimento por 3,2-4,4 mm de largura, porção livre 11,6-13,1 mm de comprimento, porção adnata 6,02-7,2 mm de comprimento, superfície superior com cerdas, margens vilosas. Flores com estandarte laranja claro com 10,3-12,9 mm de comprimento por 15,5-17,9 mm de largura e asas amarelas. Hipanto com 38,8-64,5 mm de comprimento por 0,7-1,1 mm de largura.

5.1.2 Grupo 2

No grupo 2 são encontradas as combinações de cruzamento com porcentagem de sucesso de 40,1 a 50%. As quatro combinações de cruzamento: *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* Wi 1508-2A, *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* K 30080 tall, *A. valida* K 30147 x *A. ipaënsis* K 30076 e *A. valida* K 30147 x *A. magna* K 30097 yf tiveram 50% de sucesso do cruzamento (Tabela 7).

5.1.2.1 Cruzamento entre *Arachis valida* K 30147 x *Arachis batizocoi* Wi 1508-2A

No cruzamento entre *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* Wi 1508-2A foram feitas seis polinizações, foram colhidos quatro segmentos de fruto e foram obtidas três plantas híbridas pela germinação de sementes em câmara de germinação (Tabela 7). As plantas tinham eixo central ereto e curto e algumas folhas mal formadas com três folíolos (Figura 11 a). O ápice dos folíolos variou de obtuso a mucronado. As plântulas eram híbridas porque pela análise morfológica, os ramos laterais, o pecíolo, a ráquis e as estípulas eram vilosos e com cerdas (Figura 11 b), e a superfície inferior dos folíolos das plantas híbridas era vilosa, que são características de *A. batizocoi* (Krapovickas & Gregory 1994). Os híbridos tinham flores amarelas, o que também é característico em *A. batizocoi* (Krapovickas & Gregory 1994). As plantas híbridas apresentaram bom desenvolvimento chegando a fase adulta. Houve a produção de flores, porém não foram

produzidos *pegs* e segmentos de fruto (Tabela 7). Essa formação de flores sem *pegs*, nem segmentos de fruto, indica que o híbrido era estéril. A viabilidade de pólen das flores das plantas híbridas dessa combinação de cruzamento não foi analisada. O híbrido de *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* Wi 1508-2A possui genoma B x genoma K, o genoma B proveniente de *A. valida* e o genoma K de *A. batizocoi* (Tabela 7).

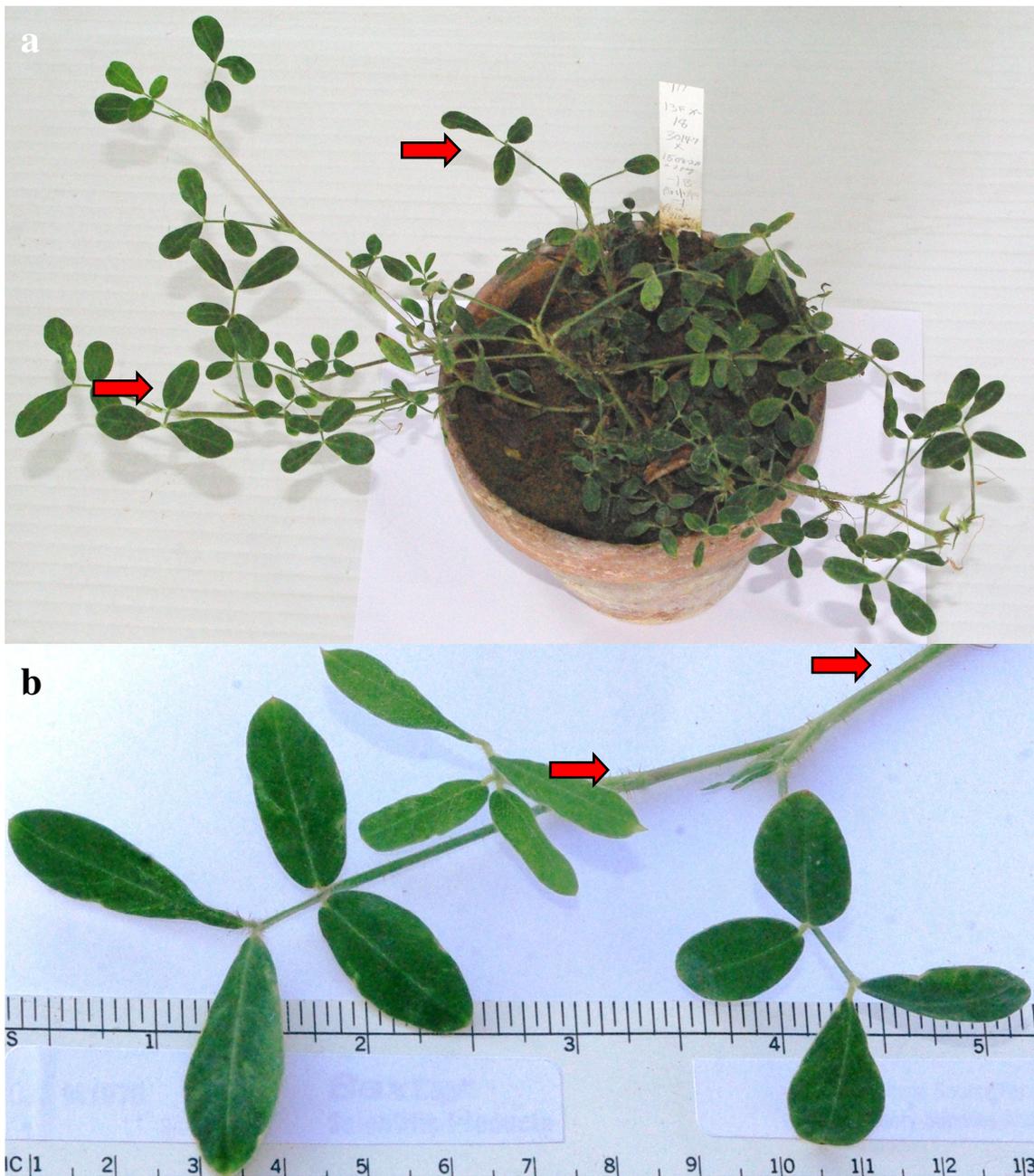


Figura 11. a) Planta adulta do híbrido de *Arachis valida* Krapov. W.C Greg. K 30147 x *Arachis batizocoi* Krapov. W.C. Greg. Wi 1508-2A, as folhas com três folíolos são indicadas pelas setas. **b)** Ramo lateral da planta adulta do híbrido, as cerdas na estípula e no ramo são indicadas pelas setas. Fotos: C.E. Simpson.

5.1.2.2 Cruzamento entre *Arachis valida* K 30147 x *Arachis batizocoi* K 30080 tall

No cruzamento entre *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* K 30080 tall foram feitas oito polinizações, foram colhidos cinco segmentos de fruto e foram obtidas quatro plantas híbridas pela germinação das sementes em câmara de germinação (Tabela 7). Uma das plantas híbridas tinha duas ramificações na parte superior do eixo central, muitas flores amarelas saindo do mesmo ponto ao longo do eixo central e algumas folhas com dois ou três folíolos. Uma parte do eixo central teve crescimento atípico (Figura 12). A superfície superior dos folíolos era glabra, a inferior vilosa, a nervura central e a margens eram vilosas, as nervuras e as margens eram marcadas, o ápice dos folíolos era mucronado, os ramos, o pecíolo, a ráquis, o pulvino e as estípulas eram vilosos. As estípulas tinham cerdas. As flores amarelas, a superfície inferior vilosa dos folíolos e as cerdas nas estípulas foram herdadas do genitor masculino *A. batizocoi* (Krapovickas & Gregory 1994). As plantas híbridas apresentaram bom desenvolvimento chegando a fase adulta. Houve a produção de flores, porém não foram produzidos *pegs* e segmentos de fruto (Tabela 7), indicando que o híbrido era estéril. A viabilidade de pólen das flores das plantas híbridas dessa combinação de cruzamento não foi analisada. O híbrido de *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* K 30080 tall também tem genoma B x genoma K (Tabela 7).



Figura 12. Planta adulta do híbrido de *Arachis valida* Krapov. W.C Greg. K 30147 x *Arachis batizocoi* Krapov. W.C. Greg. K 30080 tall, as setas indicam a flor amarela e uma folha com três folíolos. Foto: C.E. Simpson.

5.1.2.3 Cruzamento entre *Arachis valida* K 30147 x *Arachis ipaënsis* K 30076

No cruzamento entre *A. valida* K 30147 x *A. ipaënsis* K 30076 foram feitas seis polinizações, foram colhidos 11 segmentos de fruto e foram obtidas três plântulas híbridas que germinaram espontaneamente nos vasos (Tabela 7). Os ramos, o pecíolo, a ráquis, o pulvino e as estípulas eram vilosos. Os folíolos basais e apicais dos ramos laterais eram elípticos. A superfície superior dos folíolos era glabra, a superfície inferior dos folíolos possuía pelos, a nervura central e as margens tinham pelos. O ápice dos folíolos era mucronado (Figura 13). A presença de pelos na superfície inferior dos folíolos das plantas híbridas é característica herdada do genitor masculino *A. ipaënsis* (Krapovickas & Gregory 1994). As flores tinham estandarte laranja e asas amarelas. As plantas híbridas apresentaram bom desenvolvimento chegando a fase adulta. Houve a

produção de flores, porém não foram produzidos *pegs* e segmentos de fruto (Tabela 7). A viabilidade de pólen das flores das plantas híbridas dessa combinação de cruzamento não foi analisada. Na formação dessas plantas híbridas pode ter agido um dos mecanismos pós-zigóticos, que é a esterilidade do híbrido (Stebbins 1958).



Figura 13. Ramo da planta adulta do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. K 30147 x *Arachis ipaënsis* Krapov. & W.C. Greg. K 30076. Foto: C.E. Simpson.

Em outros trabalhos de cruzamentos com *A. ipaënsis* também foram obtidas plantas híbridas. No trabalho de Fávero (2004), no cruzamento entre *A. ipaënsis* K 30076 x *A. duranensis* V 14167, que possuem genoma B x genoma A platino, foram obtidas cinco plantas híbridas com 0,98% de viabilidade de pólen e 20,83% de sucesso para cada cruzamento. No cruzamento entre *A. ipaënsis* K 30076 e *A. villosa* V 12812, que assim como *A. duranensis* possui genoma A platino, foram obtidas 17 plantas híbridas com 19,32% de sucesso para cada cruzamento.

No trabalho de Rodrigues (2006), no cruzamento entre *A. vallsii* V 7635 x *A. ipaënsis* K 30076, foram obtidas três plantas híbridas com 0,26% de viabilidade de pólen e 11,54% de sucesso do cruzamento. No trabalho de Custodio (2009), no

cruzamento entre *A. gregoryi* V 14957 x *A. ipaënsis* K 30076 foram obtidas três plantas híbridas com 5,4% de viabilidade de pólen e 2,8% de sucesso por cruzamento.

O acesso K 30076 de *A. ipaënsis* é resistente à mancha castanha (Pande & Rao 2001) e foi resistente à lagarta do cartucho no trabalho de Ramos (2007). *Arachis valida* V 13514 é resistente à mancha preta (Fávero et al. 2009). O híbrido de *A. valida* K 30147 x *A. ipaënsis* K 30076, que possui genoma B x genoma B (Tabela 7), pode ser utilizado na piramidização de genes pelo lado do genoma B do amendoim em programas de melhoramento devido às resistências encontradas no acesso de *A. ipaënsis* e no acesso de *A. valida*.

5.1.2.4 Cruzamento entre *Arachis valida* K 30147 x *Arachis magna* K 30097 yf

No cruzamento entre *A. valida* K 30147 x *A. magna* K 30097 yf foram feitas nove polinizações, foram colhidos nove segmentos de fruto e foram obtidas três plantas híbridas pela germinação de sementes em câmara de germinação (Tabela 7). As plantas híbridas tinham ramos longos e florescimento abundante. No eixo central, os folíolos basais e os apicais eram elípticos. Nos ramos laterais, os folíolos eram ovados (Figura 14). A nervura central e a margens dos folíolos tinham pelos. O ápice dos folíolos era mucronado. Os ramos, o pecíolo, a ráquis e o pulvino eram vilosos, as estípulas eram vilosas e tinham cerdas. As flores tinham estandarte e asas amarelas, o genitor masculino *A. magna* K 30097 yf também têm flores amarelas e cerdas nas estípulas. Já *A. valida* tem flores laranja e não tem cerdas nas estípulas (Krapovickas & Gregory 1994). As plantas híbridas apresentaram bom desenvolvimento chegando a fase adulta. Houve a produção de flores e *pegs*. As plantas ainda não terminaram seu ciclo reprodutivo, por isso ainda não foi possível verificar a formação de segmentos de fruto e sementes (Tabela 7). A viabilidade de pólen das flores das plantas híbridas desse cruzamento não foi analisada.



Figura 14. Planta adulta do híbrido de *Arachis valida* Krapov. W.C. Greg. K 30147 x *Arachis magna* Krapov. & W.C. Greg. K 30097 yf com flor amarela. Foto: C.E. Simpson.

Em outros trabalhos de cruzamentos com *A. magna*, no trabalho de Fávero (2004), *A. magna* K 30097, que possui genoma B, foi utilizada como genitor feminino cruzamentos com espécies possuidoras do genoma A. No cruzamento entre *A. magna* K 30097 x *A. simpsonii* V 13710, *A. magna* K 30097 x *A. kuhlmannii* V 10506, *A. magna* K 30097 x *A. kempff-mercadói* V 13250 e *A. magna* K 30097 x *A. diogoi* G 10602 não foram obtidas plantas híbridas. Já no trabalho de Simpson & Valls (2006), no

cruzamento entre *A. gregoryi* V 6389 x *A. magna* K 30097 yf, a viabilidade de pólen do híbrido foi de 13,5%, mesmo as duas espécies utilizadas no cruzamento possuindo o genoma B.

O híbrido de *A. valida* K 30147 x *A. magna* K 30097 yf possui genoma B x genoma B (Tabela 7). *Arachis magna* K 30097 foi resistente à mancha castanha e à lagarta do cartucho no trabalho de Ramos (2007) e o sugere-se o uso do híbrido na piramidização de genes pelo lado B do amendoim em programas de melhoramento, por possivelmente, esse híbrido possuir essas resistências.

5.1.3 Grupo 3

No grupo 3 são encontradas cinco combinações de cruzamento com porcentagem de sucesso de 30,1 a 40%. No cruzamento entre *A. valida* K 30147 x *A. herzogii* K 36030 e entre *A. valida* K 30147 x *A. simpsonii* V 13724-2 a porcentagem de sucesso foi de 33,3%. No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. correntina* Clos 5930 a porcentagem de sucesso foi de 32,8%. Nos cruzamentos entre *A. valida* V 13514 x *A. cardenasii* G 10017 e *A. valida* V 13514 x *A. diogoi* Vp 5000, a porcentagem de sucesso foi de 31,6% (Tabela 7).

5.1.3.1 Cruzamento entre *Arachis valida* K 30147 x *Arachis herzogii* K 36030

No cruzamento entre *A. valida* K 30147 x *A. herzogii* K 36030 foram feitas 12 polinizações, foram colhidos sete segmentos de fruto e quatro plantas híbridas germinaram espontaneamente nos vasos (Tabela 7). As plantas híbridas tinham folíolos com a superfície inferior coberta por pelos, com margens ciliadas (Figura 15 a), assim como as plantas do genitor *A. herzogii* (Krapovickas & Gregory 1994) (Figura 15 b). O pecíolo, a ráquis, o pulvino e as estípulas eram vilosos. O pecíolo e as estípulas também tinham algumas cerdas. As nervuras e as margens dos folíolos eram marcadas, a nervura central tinha pelos e o ápice dos folíolos era mucronado. As flores tinham estandarte laranja e asas amarelas. As plantas híbridas apresentaram bom desenvolvimento chegando a fase adulta. Houve a produção de flores, porém não foram produzidos pegs e segmentos de fruto (Tabela 7), o que indica esterilidade desse híbrido. A viabilidade de pólen das flores das plantas híbridas desse cruzamento não foi analisada.

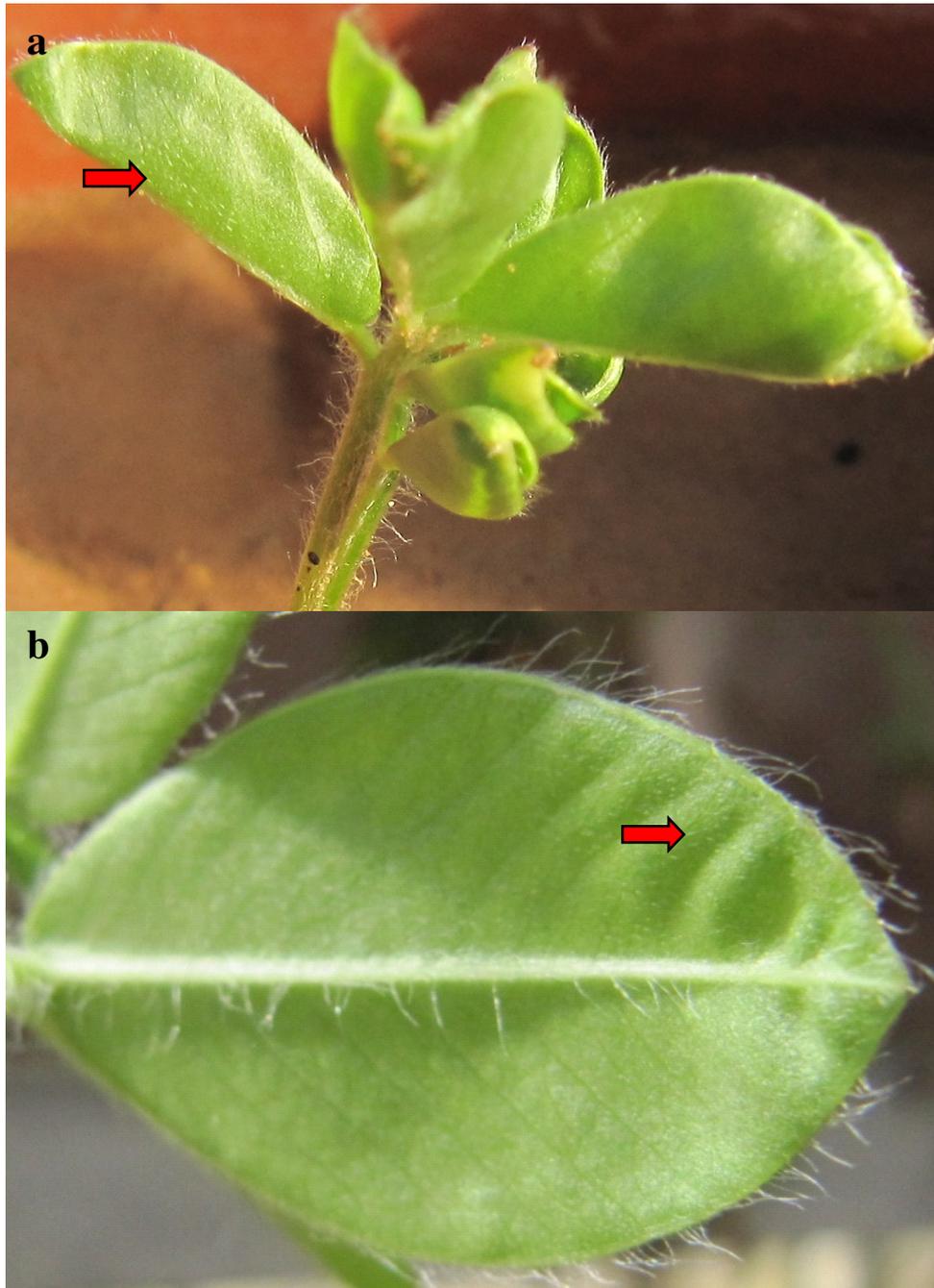


Figura 15. a) Germinação espontânea do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. K 30147 x *Arachis herzogii* Krapov. & W.C. Greg. K 36030. b) Superfície inferior do folíolo do genitor masculino *Arachis herzogii* Krapov. & W.C. Greg. K 36030. As setas indicam a presença de pelos na superfície inferior dos folíolos.

O híbrido de *A. valida* K 30147 x *A. herzogii* K 36030 tem o conjunto genômico B x A, o genoma B proveniente de *A. valida* e o genoma A chiquitano de *A. herzogii* (Tabela 7). A presença do par de cromossomos A é um indicador de afinidade genética com *A. hypogaea* (Krapovickas & Gregory 1994). A viabilidade de pólen das flores das plantas híbridas dessa combinação de cruzamento não foi analisada.

5.1.3.2 Cruzamento entre *Arachis valida* K 30147 x *Arachis simpsonii* V 14724-2

No cruzamento entre *A. valida* K 30147 x *A. simpsonii* V 13724-2 foram feitas 12 polinizações, foram colhidos cinco segmentos de fruto e quatro plântulas híbridas germinaram espontaneamente nos vasos (Tabela 7) O eixo central das plantas híbridas era ereto, com muitas ramificações na base da planta, os ramos eram procumbentes e tiveram florescimento abundante. As plantas híbridas tiveram a mesma arquitetura das plantas adultas do genitor *A. simpsonii*. Os folíolos do eixo central eram elípticos (Figura 16). Os folíolos basais e apicais dos ramos laterais eram elípticos. A superfície inferior dos folíolos tinha pelos adpressos, o que também ocorre no genitor masculino *A. simpsonii* (Krapovickas & Gregory 1994), as nervuras eram marcadas, as margens tinham pelos e o ápice era mucronado. O pecíolo, a ráquis, o pulvino e as estípulas tinham pelos. As flores tinham estandarte laranja e asas amarelas. As plantas híbridas apresentaram bom desenvolvimento chegando a fase adulta. Houve a produção de flores. Não foram produzidos *pegs* e segmentos de fruto (Tabela 7). Isso indica que o híbrido obtido era estéril. A viabilidade de pólen das flores das plantas híbridas desse cruzamento não foi analisada.



Figura 16. Planta adulta do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. K 30147 x *Arachis simpsonii* Krapov. & W.C. Greg. V 14724-2. Foto: C.E. Simpson.

No trabalho de Custodio (2009), no cruzamento entre *A. gregoryi* V 14957, que possui genoma B, e *A. simpsonii* V 13728, que possui genoma A chiquitano, foram obtidas duas plantas híbridas que não floresceram. A porcentagem de sucesso obtida por cruzamento naquele trabalho foi de 2,5%.

O híbrido de *A. valida* K 30147 x *A. simpsonii* V 13724-2 tem genoma B x genoma A chiquitano. O genoma B é proveniente de *A. valida* e o genoma A chiquitano de *A. simpsonii* (Tabela 7). O par de cromossomos A indica que o híbrido pode ter afinidade genética com *A. hypogaea* (Krapovickas & Gregory 1994). Foi observada a presença de grãos de pólen maiores do que os encontrados nos demais híbridos, sugerindo a ocorrência de gametas não reduzidos. A presença de gametas não reduzidos pode ser interessante no melhoramento do amendoim para formação de híbridos triplóides.

5.1.3.3 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis correntina* Clos 5930

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. correntina* Clos 5930 foram feitas 61 polinizações, foram colhidos 12 segmentos de fruto e 21 plantas germinaram espontaneamente no vaso do genitor feminino (Tabela 7). Uma das 21 plantas foi proveniente de autofecundação, pois a viabilidade de pólen foi acima de 99,0% e a das outras plantas abaixo de 1,5% (Tabela 7) e não tinha muitas ramificações na base, como em *A. correntina*. Ocorreu aborto de embriões em uma semente (Tabela 7). Cinco plantas híbridas foram analisadas pelo uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e foram comparadas com a descrição de *A. correntina* (Krapovickas & Gregory 1994).

As plântulas do híbrido tinham folíolos elípticos a obovados (Figura 17 a), assim como as folhas dos ramos laterais das plantas adultas de *A. correntina* (Krapovickas & Gregory 1994). Nas plantas híbridas foram observadas muitas ramificações na base da planta (Figura 17 b), assim como no genitor masculino em que os ramos são geralmente cobertos com solo em direção à base da planta (Krapovickas & Gregory 1994). Em *A. valida*, existem somente duas ramificações na base das plantas. A superfície superior dos folíolos de algumas plantas híbridas tinha pelos curtos mais ou menos densos e margens com pelos esbranquiçados, adpressos (Figura 17 c). Em *A. correntina*, a superfície superior dos folíolos pode ser lisa, às vezes glabra, ou com pilosidade variada (Krapovickas & Gregory 1994) (Figura 17 d). As plantas híbridas apresentaram bom

desenvolvimento chegando a fase adulta. Houve a produção de flores, porém não foram produzidos *pegs* e segmentos de fruto (Tabela 7), o que indica esterilidade do híbrido.

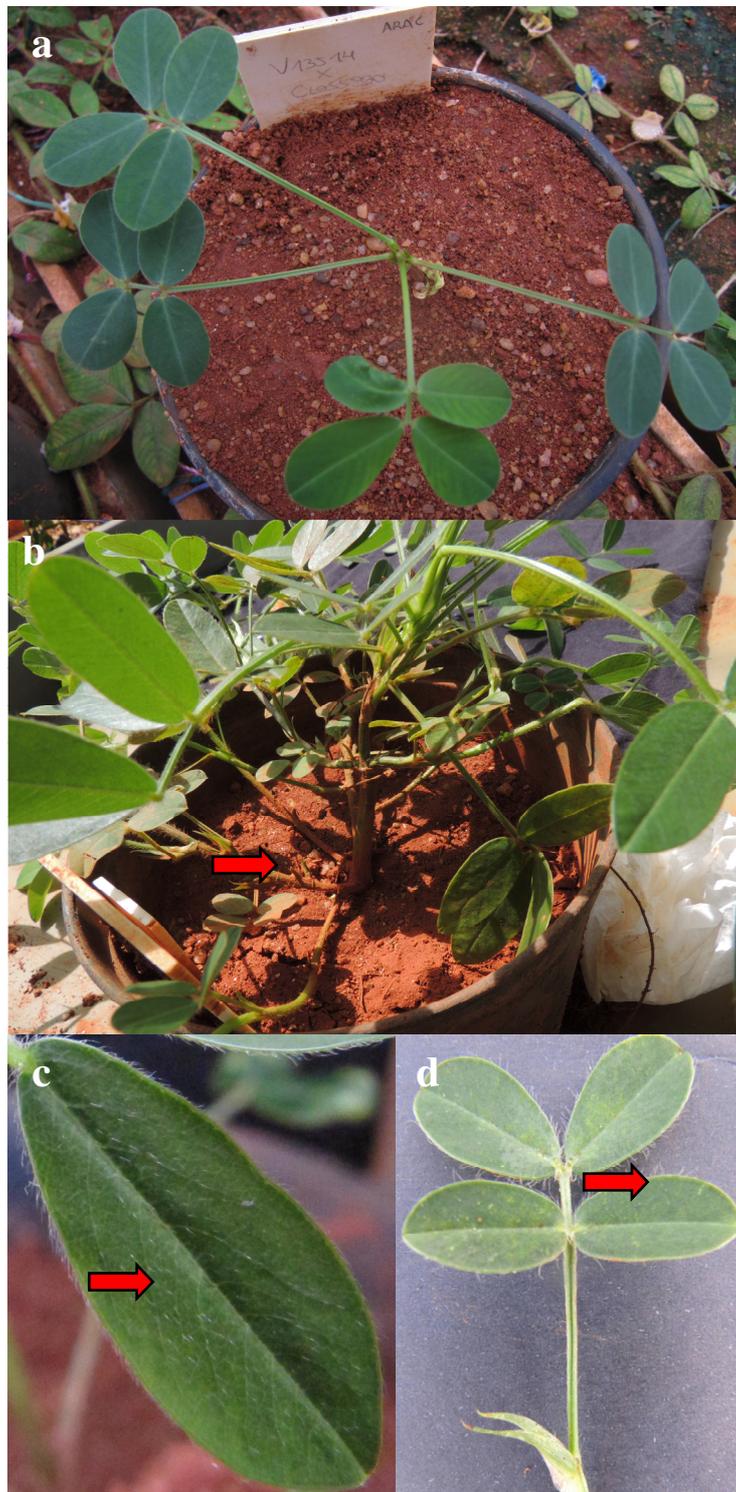


Figura 17. a) Plântula do híbrido de *Arachis validia* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis correntina* (Burkart) Krapov. & W.C. Greg. Clos 5930. b) Planta adulta do híbrido, com ramificações na base indicadas pela seta. Foto: R.T. Queiroz. c) Superfície superior do folíolo do híbrido. d) Folha da planta adulta do genitor masculino *Arachis correntina* (Burkart) Krapov. & W.C. Greg. Clos 5930. A presença de pelos adpressos e pelos nas margens dos folíolos são indicadas pelas setas.

A viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. correntina* Clos 5930 foi de 1,4% (Tabela 7), valor considerado baixo. Essa baixa viabilidade indica que existem diferenças genéticas entre *A. valida* e *A. correntina*.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. correntina* Clos 5930 tem genoma B x genoma A platino (Tabela 7) e pode ser usado em programas de pré-melhoramento do amendoim, pois tem afinidade genética com *A. hypogaea* por possuir o par de cromossomos A (Krapovickas & Gregory 1994) e o acesso V 13514 de *A. valida* é resistente à mancha preta (Fávero et al. 2009).

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis correntina* Clos 5930

Eixo central ereto, cilíndrico, com pelos adpressos, com muitas ramificações na base, de três a seis. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é estreito elíptico a lanceolado, 14,7-26,1 mm de comprimento por 7,1-9,3 mm de largura, o par apical de folíolos é estreito elíptico a elíptico, 17,7-28,2 mm de comprimento por 8,6-12,5 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra ou com pelos curtos mais ou menos densos, superfície inferior glabra ou com pelos adpressos, nervuras bem marcadas, nervura central com pelos compridos, margens com pelos mais ou menos adpressos. Pecíolo 26,1-42,2 mm de comprimento por 0,8-1,5 mm de largura, canaliculado, com pelos compridos. Ráquis 5,7-8,7 mm de comprimento por 0,4 mm de largura, canaliculada, glabra com pelos. Pulvino com pelos. Estípula comprimento total, 18,8-31,3 mm de comprimento por 1,6-2,9 mm de largura, porção livre 10,9-14,7 mm de comprimento, porção adnata 6,4-20,6 mm de comprimento, margens com pelos. Ramos laterais vilosos. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é elíptico, 28,0-37,2 mm de comprimento por 13,7-16,4 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior glabra ou com pelos adpressos, nervuras bem marcadas. Pecíolo 24,7-52,8 mm de comprimento por 1,1-1,3 mm de largura, canaliculado, com pelos adpressos ou pelos. Ráquis 7,4-10,9 mm de comprimento por 0,7-1,0 mm de largura, canaliculada, com pelos. Pulvino com pelos. Estípula comprimento total, 19,0-25,8 mm de comprimento por 2,3-3,6 mm de largura, porção livre, 15,0-18,7 mm de comprimento, porção adnata 6,0-7,9 mm de comprimento, margens com pelos curtos ou pelos compridos. Flores com estandarte laranja 10,2-13,2 mm de comprimento por 14,0-15,4 mm de largura e asas amarelas. Hipanto com 63,2-78,0 mm de comprimento por 0,8-1,0 mm de largura.

5.1.3.4 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis cardenasii* G 10017

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. cardenasii* G 10017 foram feitas 19 polinizações, foi colhido um segmento de fruto e seis plantas híbridas germinaram espontaneamente no vaso do genitor feminino *A. valida* V 13514 (Tabela 7). Quatro plantas foram analisadas pelo uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e foram comparadas com a descrição de *A. cardenasii* feita por Krapovickas & Gregory (1994).

Nas plântulas híbridas, o eixo central tinha antocianina e o par basal e o par apical de folíolos era oblongo (Figura 18 a). Nos ramos laterais, os folíolos eram arredondados (Figura 18 b), com margens ciliadas ou com cerdas (Figura 18 c), assim como os folíolos das plantas adultas do genitor masculino *A. cardenasii* (Figura 18 d) (Krapovickas & Gregory 1994). As plantas híbridas apresentaram bom desenvolvimento chegando a fase adulta. Houve a produção de flores, porém não foram produzidos *pegs* e segmentos de fruto (Tabela 7). Essa esterilidade do híbrido é um mecanismo pós-zigótico que pode ocorrer em híbridos (Stebbins 1958).



Figura 18. a) Germinação espontânea do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis cardenasii* Krapov. & W.C. Greg. G 10017. b) Planta adulta do híbrido. Foto: R.T. Queiroz. c) Folha da planta adulta do híbrido. d) Folha do genitor masculino *Arachis cardenasii* Krapov. & W.C. Greg. G 10017. As margens ciliadas são indicadas pelas setas.

A viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. cardenasii* G 10017 foi de 0,2% (Tabela 7). Essa baixa viabilidade indica que existe uma grande distância

genética entre *A. valida* e *A. cardenasii*. No trabalho de Fávero (2004) no cruzamento entre *A. magna*, que assim como *A. valida* também possui genoma B, com *A. cardenasii* que possui genoma A, a viabilidade de pólen do híbrido de *A. magna* V 13751 x *A. cardenasii* G 10017 também foi baixa, 4,76%. No cruzamento entre *A. batizocoi* K 9484, que possui genoma K, e *A. cardenasii* G 10017, que possui genoma A chiquitano, foram obtidas 12 plantas híbridas com 0,13% de viabilidade de pólen e 30,77% de sucesso para cada cruzamento. No cruzamento entre *A. gregoryi* V 6389, que ainda não havia sido descrita em 2004, e *A. cardenasii* G 10017 não foram obtidas plantas híbridas. Já no cruzamento entre *A. magna* V 13751 x *A. cardenasii* G 10017 (genoma B x genoma A chiquitano) foram obtidas duas plantas híbridas, e a porcentagem de sucesso para cada cruzamento foi de 3,70%. No cruzamento entre *A. hoehnei* K 30006 x *A. cardenasii* G 10017, as duas espécies possuidoras do genoma A, foi obtida uma planta híbrida com 25,81% de viabilidade de pólen e a porcentagem de sucesso para cada cruzamento foi de 0,38%. No estudo feito por Rodrigues (2006), no cruzamento entre *A. vallsii* V 7635, que ainda não tem genoma esclarecido, e *A. cardenasii* G 10017 não foi obtida nenhuma planta híbrida.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. cardenasii* G 10017 tem genoma B x genoma A chiquitano (Tabela 7). O híbrido pode ter afinidade genética com o amendoim, pois possui o par de cromossomos A (Krapovickas & Gregory 1994). O acesso G 10017 de *A. cardenasii* possui resistência aos nematóides das galhas *Meloidogyne arenaria* raça 1, *M. hapla* Chitwood (Nelson et al. 1989) e *M. javanica* (Sharma et al. 1999), *Groundnut rosette virus* (Subrahmanyam et al. 2001), *Peanut bud necrosis virus* (Reddy et al. 2000), ferrugem (*Puccinia arachidis* Speg.), mancha castanha e mancha preta (Fávero et al. 2009) e à lagarta do pescoço vermelho (*Stegasta bosquella* Chambers) (Janini 2009). Esse acesso de *A. cardenasii* já foi utilizado em programas de melhoramento para a introgressão de genes de resistência no amendoim cultivado (Simpson & Starr 2001). É um material interessante para a incorporação em programas de melhoramento do amendoim, pois possui genoma AB, assim como *A. hypogaea* e pode possuir múltiplas resistências. *Arachis cardenasii* G 10017 já foi utilizada na introgressão de genes de resistência aos nematóides das galhas no desenvolvimento da cultivar COAN (Starr & Simpson 2001).

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis cardenasii* G 10017

Eixo central ereto, cilíndrico, com pelos adpressos, com duas ramificações na base. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é elíptico, 40,0-44,8 mm de comprimento por 17,3-22,0 mm de largura, o par apical é elíptico, 28,3-38,1 mm de comprimento por 12,3-18,1 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior glabra ou com pelos adpressos, pelos compridos na nervura central, margens com pelos e cerdas. Pecíolo 40,0-49,7 mm de comprimento por 1,2-1,4 mm de largura, canaliculado, com pelos. Ráquis 6,8-10,8 mm de comprimento por 0,8-1,1 mm de largura, canaliculada, com pelos. Pulvino com pelos. Estípula comprimento total, 26,4-30,2 mm de comprimento por 2,9 mm de largura, porção livre 16,2-19,3 mm de comprimento, porção adnata 9,1-11,0 mm de comprimento, margens com pelos. Ramos laterais vilosos, com antocianina. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é elíptico, 28,3-35,6 mm de comprimento por 12,3-18,1 mm de largura, o par apical é elíptico, 40,0-44,8 mm de comprimento por 17,3-22,1 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior glabra ou com pelos adpressos, pelos compridos na nervura central, margens com pelos compridos e cerdas. Pecíolo 15,2-27,9 mm de comprimento por 1,2-1,7 mm de largura, canaliculado, com pelos. Ráquis 7,3-9,8 mm de comprimento por 0,7-1,1 mm de largura, canaliculada, com pelos. Pulvino viloso. Estípula comprimento total, 19,8-24,0 mm de comprimento por 3,1-3,5 mm de largura, porção livre 15,6-16,5 mm de comprimento, porção adnata 5,7-7,9 mm de comprimento, margens com pelos. Flores com estandarte laranja com 9,4-13,6 mm de comprimento por 13,0-15,0 mm de largura e asas amarelas. Hipanto com 33,9-59,3 mm de comprimento por 0,6-1,1 mm de largura.

5.1.3.5 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis diogoi* Vp 5000

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. diogoi* Vp 5000 foram feitas 19 polinizações, não foram obtidos segmentos de fruto e seis plântulas germinaram espontaneamente no vaso do genitor feminino. Porém, somente três plantas sobreviveram (Tabela 7) e duas foram analisadas, pois uma das três plantas morreu antes da análise. Foram obtidas três plantas híbridas. As plantas híbridas foram analisadas pelo emprego de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e foram

comparadas com a descrição de *A. diogoi* publicada na monografia de Krapovickas & Gregory (1994).

Arachis diogoi tem folíolos de estreito a oblongo-lanceolados (Figura 19 a). Na superfície superior dos folíolos das plantas híbridas foram observados muitos pelos adpressos, assim como no genitor masculino *A. diogoi* (Krapovickas & Gregory 1994). As plântulas do híbrido tinham eixo central, nervuras e margens dos folíolos arroxeados e folhas estreitas (Figura 19 b). Foram observadas plântulas com folhas mal formadas (Figura 19 c, Tabela 7). A inviabilidade e/ou a fragilidade das plantas obtidas sugere que houve a ação de mecanismos pós-zigóticos na formação do híbrido (Stebbins 1958).



Figura 19. a) Ramo da planta adulta do genitor masculino *Arachis diogoi* Hoehne Vp 5000. b) Germinação espontânea do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis diogoi* Hoehne Vp 5000. c) Plântula do híbrido com folhas mal formadas indicadas pelas setas.

Não foi possível fazer a análise da viabilidade de pólen do híbrido, pois não foram produzidas flores (Tabela 7), que também é um mecanismo pós-zigótico na formação de híbridos (Stebbins 1958). Mas, quando Simpson (Simpson, Dados Não Publicados) fez cruzamentos entre *A. valida* KG 30011 x *A. diogoi* K 30005 com flor amarela, a viabilidade de pólen do híbrido foi de 4,2% e foram observadas plantas com flores amarelas e também plantas com flores laranja. No trabalho de Fávero (2004), no cruzamento entre *A. gregoryi* V 6389 x *A. diogoi* G 10602, também não foram obtidas plantas híbridas. No trabalho de Rodrigues (2006), no cruzamento entre *A. vallsii* V 7635 x *A. diogoi* Vp 5000, foram colhidos quatro segmentos de fruto com as sementes germinando. Duas sementes apodreceram e as outras duas produziram plântulas frágeis que tinham o formato dos folíolos que indicava que poderiam ser híbridas. Porém, morreram pouco tempo depois. No trabalho de Custodio (2009), no cruzamento entre *A. gregoryi* V 14957 e *A. diogoi* Vp 5000, foram obtidas três plantas híbridas. A porcentagem de sucesso por cruzamento foi de 5,4%. As plantas não floresceram, assim como no presente estudo.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. diogoi* Vp 5000 possui genoma B x genoma A pantaneiro, o genoma B proveniente de *A. valida* e o genoma A pantaneiro de *A. diogoi* (Tabela 7). Possivelmente possui afinidade genética com o amendoim, pois tem o par de cromossomos A (Krapovickas & Gregory 1994). A espécie *A. diogoi* já foi utilizada na incorporação de genes de resistência a doenças e pragas no amendoim cultivado no desenvolvimento da cultivar COAN (Simpson & Starr 2001). Além disso, *A. diogoi*, assim como *A. valida*, é encontrada em locais alagados na cheia do pantanal (Krapovickas & Gregory 1994) e provavelmente é tolerante ao alagamento.

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis diogoi* Vp 5000

Eixo central ereto, cilíndrico, com pelos adpressos, com cinco ramificações na base. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é estreito elíptico a lanceolado, 16,0-28,1 mm de comprimento por 7,4-12,1 mm de largura, o par apical de folíolos é estreito elíptico a elíptico, 17,5-21,8 mm de comprimento por 4,7-9,1 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra ou com pelos curtos mais ou menos densos, superfície inferior glabra ou com pelos adpressos, nervuras e margens marcadas, nervura central com pelos compridos, margens com pelos mais ou menos adpressos. Pecíolo 16,4-23,7 mm de comprimento por 0,7 mm de largura,

canaliculado, com pelos. Ráquis 3,0-5,5 mm de comprimento por 0,5-0,6 mm de largura, canaliculada, com pelos. Pulvino com pelos. Estípula comprimento total, 9,1-11,3 mm de comprimento por 1,7-1,9 mm de largura, porção livre 5,5-5,6 mm de largura, porção adnata 4,5-5,4 mm de comprimento, margens com pelos adpressos. Ramos laterais vilosos. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é lanceolado, 19,1-23,6 mm de comprimento por 3,1-7,1 mm de largura, o par apical de folíolos é lanceolado, 24,9-26,9 mm de comprimento por 8,5-9,1 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior com pelos adpressos, densos, superfície inferior com pelos adpressos, nervuras e margens marcadas, nervura central com pelos compridos, margens com pelos mais ou menos adpressos. Pecíolo 26,0-34,0 mm de comprimento por 1,0 mm de largura, canaliculado, com pelos. Ráquis 4,3-6,8 mm de comprimento por 0,6-0,7 mm de largura, canaliculada, com pelos. Pulvino com pelos. Estípula comprimento total, 14,6-16,8 mm de comprimento por 2,-2,2 mm de largura, porção livre 7,0-9,3 mm de comprimento, porção adnata 4,7-7,0 mm de comprimento, margens com pelos. Sem flores.

5.1.4 Grupo 4

No grupo 4 são encontradas cinco combinações de cruzamento com 20,1-30% de sucesso do cruzamento. No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. microsperma* V 14042 a porcentagem de sucesso do cruzamento foi de 27,3%. Nos cruzamentos entre *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* Wi 1265 e *A. valida* K 30147 x *A. magna* K 30093 a porcentagem de sucesso do cruzamento foi de 25,0%. No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. duranensis* V 14167 a porcentagem de sucesso do cruzamento foi de 23,6%. No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. cruziana* Wi 1302-3 a porcentagem de sucesso do cruzamento foi de 22,2% (Tabela 7).

5.1.4.1 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis microsperma* V 14042

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. microsperma* V 14042 foram feitas 11 polinizações e foram obtidos cinco segmentos de fruto (Tabela 7). As sementes foram colocadas para germinar em câmara de germinação e foi analisada a viabilidade do pólen das plantas resultantes. As plantas não eram híbridas, pois a viabilidade de pólen foi acima de 99,0%, que foi a viabilidade de pólen do genitor feminino *A. valida*

V 13514. Três plântulas germinaram espontaneamente no vaso do genitor feminino *A. valida* V 13514 e possivelmente eram híbridas. As três plântulas tinham aspecto frágil e morreram depois de serem transplantadas (Tabela 7). Essa aparência frágil pode ter ocorrido devido a um dos mecanismos pós-zigóticos para evitar a formação de híbridos, a inviabilidade ou fragilidade do híbrido (Stebbins 1958). Foram observados folíolos mal formados nas plântulas (Figura 20).



Figura 20. Plântula do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis microsperma* Krapov., W.C. Greg. & Valls V 14042 com folíolos mal formados indicados pelas setas.

Devido à morte das plântulas do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. microsperma* V 14042 não foi possível avaliar a viabilidade de pólen, pois não ocorreu a produção de flores (Tabela 7). Já Custodio (2009), em seu trabalho obteve oito plantas híbridas a partir da combinação de cruzamento de *A. gregoryi* V 14957, que assim como *A. valida* possui genoma B, com *A. microsperma* V 14042, que possui genoma A pantaneiro. A porcentagem de sucesso por cruzamento foi de 12,5%. A viabilidade de pólen do híbrido de *A. gregoryi* V 14957 x *A. microsperma* V 14042 não foi avaliada, pois as plantas não floresceram.

As plântulas do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. microsperma* V 14042 têm genoma B x genoma A pantaneiro (Tabela 7). A presença do par de cromossomos A nesse híbrido indica afinidade genética com *A. hypogaea* (Krapovickas & Gregory 1994). O híbrido pode ser usado na introgressão de genes de resistência à mancha preta, pois os acessos V 14042 de *A. microsperma* e V 13514 de *A. valida* são resistentes a essa doença (Fávero et al. 2009).

5.1.4.2 Cruzamento entre *Arachis valida* K 30147 x *Arachis batizocoi* Wi 1265

No cruzamento entre *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* Wi 1265 foram feitas oito polinizações e foram colhidos dois segmentos de frutos. As duas sementes foram colocadas em câmara de germinação e as duas plântulas que germinaram eram híbridas. As plantas adultas não tinham eixo central, somente ramos, com crescimento atípico em uma parte do ramo (Tabela 7). As flores tinham estandarte e asas amarelas, assim como o genitor masculino *A. batizocoi*. Ocorreu florescimento abundante, mas sem formação de *pegs*, indicando esterilidade do híbrido (Figura 21). Nos ramos laterais, o par basal e o apical de folíolos eram ovados, a nervura central tinha pelos compridos e as margens eram vilosas, as nervuras eram marcadas e o ápice era mucronado. Os ramos laterais, o pecíolo, a ráquis, o pulvino e as estípulas eram vilosos. A superfície inferior dos folíolos era vilosa e as estípulas tinham cerdas, esses caracteres foram herdados do genitor masculino *A. batizocoi* Wi 1265. O híbrido possui genoma B x genoma K. A viabilidade de pólen das flores das plantas híbridas desse cruzamento não foi analisada (Tabela 7).



Figura 21. Planta adulta do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. K 30147 x *Arachis batizocoi* Krapov. & W.C. Greg. Wi 1265, com flor amarela indicada pela seta. Foto: C.E. Simpson.

5.1.4.3 Cruzamento entre *Arachis valida* K 30147 x *Arachis magna* K 30093

No cruzamento entre *A. valida* K 30147 x *A. magna* K 30093 foram feitas 12 polinizações, foram colhidos 13 segmentos de frutos e foram obtidas três plantas híbridas pela germinação de sementes em câmara de germinação (Tabela 7). As plantas tiveram bom desenvolvimento, com ramos laterais compridos e florescimento abundante, porém sem formação de *pegs* e segmentos de fruto (Tabela 7, Figura 22). Essa ausência de *pegs* e segmentos de fruto indicam esterilidade do híbrido. Os folíolos do eixo central eram elípticos. Nos ramos laterais, o par basal e o par apical de folíolos eram elípticos, o ápice era mucronado. A nervura central e as margens eram vilosas, as nervuras eram bem marcadas. Os ramos, o pecíolo, a ráquis, o pulvino e as estípulas eram vilosos. A superfície inferior dos folíolos era glabra. As flores tinham estandarte laranja e asas amarelas. O híbrido possui genoma B x genoma B. A viabilidade de pólen das flores das plantas híbridas desse cruzamento não foi analisada (Tabela 7).



Figura 22. Planta adulta do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. K 30147 x *Arachis magna* Krapov. & W.C. Greg K 30093. Foto: C.E. Simpson.

5.1.4.4 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis duranensis* V 14167

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. duranensis* V 14167 foram feitas 55 polinizações e foram colhidos 20 segmentos de frutos. Treze plântulas germinaram espontaneamente no vaso do genitor feminino usado nos cruzamentos e as 13 plântulas eram híbridas. Ocorreu o aborto de embriões em duas sementes (Tabela 7). Cinco plantas foram analisadas pelo uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e foram comparadas com a descrição de *A. duranensis* (Krapovickas & Gregory 1994).

Nas plântulas do híbrido, os folíolos apicais eram oblongos e os folíolos apicais eram suborbiculares (Figura 23 a). Nas plantas adultas, o eixo central era ereto, os folíolos eram elípticos. Nos ramos laterais os folíolos basais eram oblongos e os apicais eram obovados (Figura 23 b). As flores tinham estandarte e asas amarelas (Figura 23 c), como *A. duranensis*. As margens dos folíolos tinham pelos compridos (cílios), bem como as margens dos folíolos do genitor masculino *A. duranensis* V 14617 (Figura 23 d). As plantas híbridas apresentaram bom desenvolvimento, com formação de *pegs* que secaram. Não foram obtidos segmentos de fruto, nem sementes (Tabela 7). A ausência de segmentos de fruto indica que o híbrido era estéril.

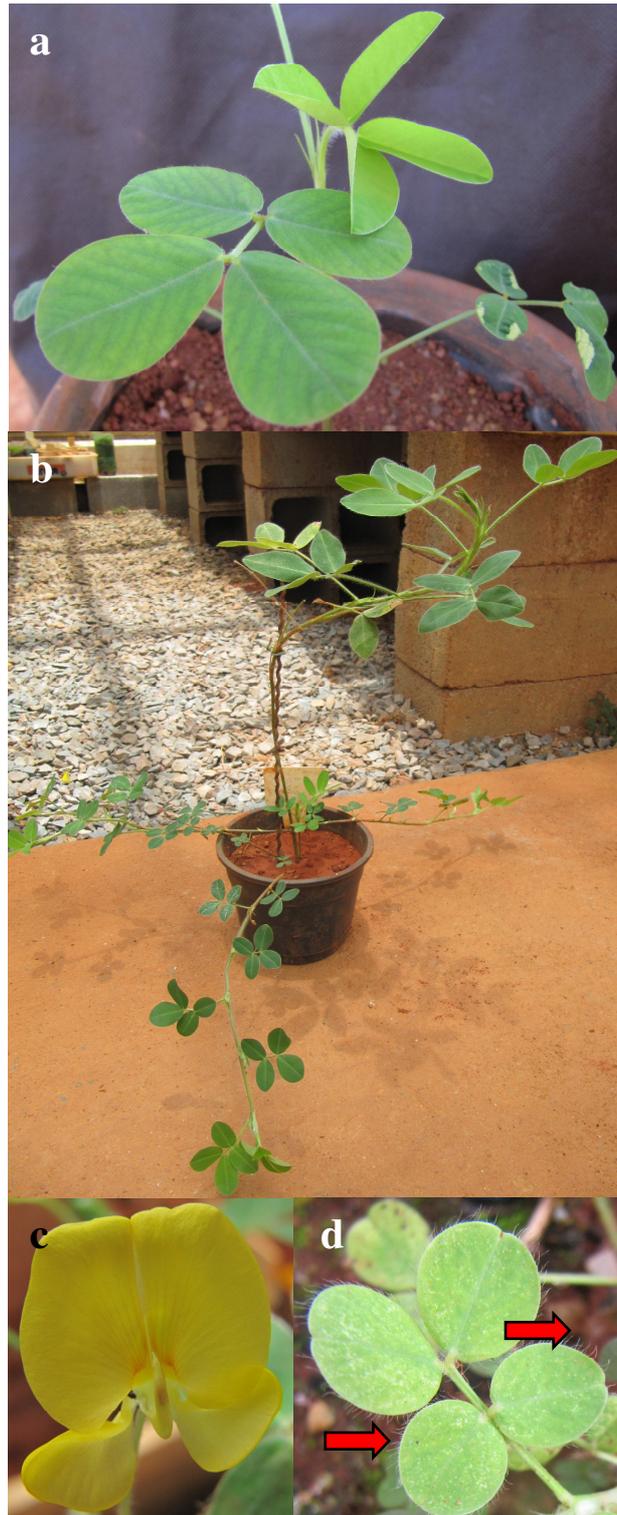


Figura 23. a) Plântula do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis duranensis* Krapov. & W.C. Greg. V 14167. b) Planta adulta do híbrido. c) Flor do híbrido. d) Folha da planta adulta do genitor masculino *Arachis duranensis* Krapov. & W.C. Greg. V 14167 com cílios indicados pelas setas.

A viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. duranensis* V 14167 foi de 3,4% (Tabela 7). Essa baixa viabilidade indica que *A. valida* e *A. duranensis* são

distantes geneticamente. No trabalho de Simpson (Simpson, Dados Não Publicados), no cruzamento entre *A. valida* K 30011 x *A. duranensis* G 10038, a viabilidade de pólen do híbrido também foi baixa, 1,11%. Já no cruzamento entre *A. valida* K 30011 x *A. duranensis* K 36003, a viabilidade de pólen do híbrido foi de 21,1% e 26,8% no cruzamento *A. valida* K 30011 x *A. duranensis* K 30075. No estudo de Fávero (2004), no cruzamento entre *A. batizocoi* K 9484 x *A. duranensis* V 14167, foram obtidas quatro plantas híbridas com 0,38% de viabilidade de pólen e 21,05% de sucesso para cada cruzamento. No cruzamento entre *A. gregoryi* V 6389 x *A. duranensis* V 14167 foram obtidas duas plantas híbridas com viabilidade de pólen de 4,25% e 22,2% de sucesso para cada cruzamento. No trabalho de Simpson & Valls (2006), a viabilidade de pólen do híbrido de *A. gregoryi* V 6389 x *A. duranensis* K 7988 foi de 3,2%. No trabalho de Rodrigues (2006) utilizando o mesmo acesso de *A. duranensis* usado nesse trabalho, V 14167, no cruzamento entre *A. vallsii* V 7635 com *A. duranensis* V 14167, nenhuma planta híbrida foi obtida. No trabalho de Custodio (2009), no cruzamento entre *A. gregoryi* V 14957 x *A. duranensis* V 14167, foi obtida somente uma planta híbrida que não floresceu. A porcentagem de sucesso por cruzamento foi de 1,1%.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. duranensis* V 14167 possui genoma B x genoma A, o genoma B proveniente de *A. valida* e o genoma A platino de *A. duranensis* (Tabela 7). O híbrido pode ter afinidade genética com o amendoim por possuir o par de cromossomos A (Krapovickas & Gregory 1994). O híbrido pode ser usado na incorporação de genes de resistência à mancha preta no melhoramento do amendoim, pois *A. valida* V 13514 é resistente à mancha preta (Fávero et al. 2009).

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis duranensis* V 14167

Eixo central ereto, cilíndrico, com pelos adpressos, com duas a quatro ramificações na base. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos elíptico, 29,5-39,5 mm de comprimento por 13,2-18,7 mm de largura, o par apical de folíolos é elíptico, 33,7-42,9 mm de comprimento por 16,7-22,4 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos, nervuras e margens marcadas, nervura central com pelos compridos, margens com pelos compridos (cílios) e algumas cerdas. Pecíolo 42,5-54,6 mm de comprimento por 1,1-1,6 mm de largura, canaliculado, viloso. Ráquis 10,9-15,7 mm de comprimento por 0,8-1,0 mm de largura, canaliculada, vilosa. Pulvino viloso. Estípula comprimento total, 27,4-

34,6 mm de comprimento por 2,7-3,1 mm de largura, porção livre 19,4-21,1 mm de comprimento, porção adnata 10,6-22,1 mm de comprimento, margens vilosas. Ramos laterais vilosos. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é oblongo, 11,1-24,0 mm de comprimento por 7,5-14,8 mm de largura, o par apical de folíolos é obovado, 13,0-29,1 mm de comprimento por 9,4-18,6 mm de largura, ápice obtuso com múcron, superfície superior glabra, nervuras e margens marcadas, nervura central com pelos compridos, margens com pelos compridos (cílios) e algumas cerdas. Pecíolo 18,3-29,1 mm de comprimento por 0,8-1,2 mm de largura, canaliculado, viloso. Ráquis 5,6-10,1 mm de comprimento por 0,5-0,7 mm de largura, canaliculada, vilosa. Pulvino viloso. Estípula comprimento total, 12,4-21,0 mm de comprimento por 1,2-3,3 mm de largura, porção livre 8,7-14,6 mm de comprimento, porção adnata 4,8-6,6 mm de comprimento, margens vilosas. Flores com estandarte amarelo com 8,4-11,0 mm de comprimento por 8,0-16,3 mm de largura e asas amarelas. Hipanto com 20,7-60,6 mm de comprimento por 0,8-1,0 mm de largura.

5.1.4.5 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis cruziana* Wi 1302-3

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. cruziana* Wi 1302-3 foram feitas 45 polinizações, foram colhidos dois segmentos de fruto que foram armazenados e, 10 plantas híbridas germinaram espontaneamente no vaso do genitor feminino *A. valida* V 13514. Ocorreu o aborto de embrião em uma semente (Tabela 7). Cinco plantas foram analisadas pelo uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e foram comparadas com a descrição de *A. cruziana* feita por Krapovickas & Gregory (1994).

Os folíolos do eixo central e dos ramos laterais das plantas híbridas tinham margens vilosas e as flores eram laranja (Figura 24 a). A superfície inferior, o pecíolo e a ráquis dos folíolos dos híbridos (Figura 24 b), e do genitor masculino *A. cruziana* Wi 1302-3 eram vilosos (Figura 24 c). As estípulas das plantas híbridas tinham cerdas e foram herdadas do genitor masculino *A. cruziana* (Krapovickas & Gregory 1994). As plantas híbridas tiveram bom desenvolvimento. Foram produzidas flores. Não foram observados *pegs* e segmentos de frutos nas plantas híbridas (Tabela 7). A formação somente de flores indica que o híbrido era estéril.



Figura 24. a) Planta adulta do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis cruziana* Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson Wi 1302-3, a margem vilosa é indicada pela seta. b) Superfície inferior da folha jovem do híbrido. c) Superfície inferior da folha da planta adulta do genitor masculino *Arachis cruziana* Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson Wi 1302-3 e flor laranja, as superfícies vilosas são indicadas pelas setas.

A viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. cruziana* Wi 1302-3 foi de 4,6% (Tabela 7). Esse resultado indica que as duas espécies são distantes geneticamente. No trabalho de Simpson & Valls (2006), a viabilidade de pólen do híbrido de *A. gregoryi* V 6389 x *A. cruziana* K 36024 foi de 3,8%. No trabalho de

Rodrigues (2006), no cruzamento de *A. vallsii* V 7635 x *A. cruziana* Wi 1302-3, nenhuma planta híbrida foi obtida. No cruzamento de *A. gregoryi* V 14957 com *A. cruziana* Wi 1302-2, no trabalho de Custodio (2009), foram obtidas três plantas híbridas com viabilidade de pólen de 5,22% e a porcentagem de sucesso por cruzamento foi de 2,5%.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. cruziana* Wi 1302-3 pode ser utilizado no pré-melhoramento do amendoim para obtenção de híbridos. Esse híbrido pode ser cruzado com espécies de *Arachis* possuidoras do genoma A para a incorporação de genes de resistência no amendoim cultivado, porque *A. cruziana* Wi 1302 é resistente à lagarta do cartucho (Ramos 2007) e à mancha preta (Fávero et al. 2009) e o acesso V 13514 de *A. valida* também é resistente à mancha preta (Fávero et al. 2009).

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis cruziana* Wi 1302-3

Eixo central ereto, cilíndrico, viloso, com uma a quatro ramificações na base. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é elíptico, 37,7-39,7 mm de comprimento por 12,4-17,8 mm de largura, o par apical é elíptico, 33,4-48,9 mm de comprimento por 16,2-21,2 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior vilosa e com algumas cerdas, pelos compridos na nervura central, nervuras e margens marcadas, margens vilosas com algumas cerdas. Pecíolo 27,4-41,0 mm de comprimento por 1,2-1,6 mm de largura, canaliculado, viloso e com cerdas. Ráquis 8,9-10,4 mm de comprimento por 0,8-1,2 mm de largura, canaliculada, vilosa e com cerdas. Pulvino viloso. Estípula comprimento total, 25,8-31,4 mm de comprimento por 2,6-4,2 mm de largura, porção livre 15,0-20,2 mm de comprimento, porção adnata 10,4-13,0 mm de comprimento, superfície superior com cerdas, margens vilosas. Ramos prostados, vilosos, arroxeados. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par de folíolos basal é ovado, 27,5-34,6 mm de comprimento por 13,1-19,2 mm de largura, o par apical é largo elíptico, 31,2-38,6 mm de comprimento por 17,3-22,3 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior vilosa e com algumas cerdas, pelos compridos na nervura central, nervuras e margens marcadas, margens vilosas com algumas e cerdas. Pecíolo 11,3-20,7 mm de comprimento por 1,3-1,6 mm de largura, canaliculado, viloso e com cerdas. Ráquis 7,1-8,0 mm de comprimento por 0,9-1,5 mm de largura, canaliculada, vilosa e com cerdas. Pulvino viloso. Estípula comprimento total, 16,7-22,3 mm de comprimento por 3,6-4,4

mm de largura, porção livre 5,5-14,9 mm de comprimento, porção adnata 4,7-11,2 mm de comprimento, superfície superior com cerdas, margens vilosas. Flores com estandarte laranja com 9,1-11,9 mm de comprimento por 13,8-16,4 mm de largura e asas amarelas. Hipanto com 33,3-57,5 mm de comprimento por 0,5-1,0 mm de largura.

5.1.5 Grupo 5

No grupo 5 estão agrupadas as 14 combinações de cruzamento com 10,1 a 20% de sucesso do cruzamento. No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. batizocoi* K 9484 a porcentagem de sucesso do cruzamento foi de 20,9%. No cruzamento entre *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* Wi 1504w a porcentagem de sucesso do cruzamento foi de 19,1%. No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. kempff-mercadoi* V 13250 a porcentagem de sucesso do cruzamento foi de 18,8%. No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. linearifolia* V 9401 a porcentagem de sucesso do cruzamento foi de 17,7%. Nos cruzamentos entre *A. valida* V 13514 x *A. benensis* K 35005 e *A. valida* V 13514 x *A. stenosperma* V 10309 as porcentagens de sucesso dos cruzamentos foram de 16,7%. No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. valida* V 15096 a porcentagem de sucesso do cruzamento foi de 14,7%. No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. magna* K 30097 of a porcentagem de sucesso do cruzamento foi de 13,3%. Nos cruzamentos entre *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14727 e *A. valida* V 13514 x *A. williamsii* Wi 1118 as porcentagens de sucesso dos cruzamentos foram de 12,5%. No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. schininii* V 9923 a porcentagem de sucesso do cruzamento foi de 12,2%. No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. villosa* V 14316 a porcentagem de sucesso do cruzamento foi de 11,1%. Nos cruzamentos entre *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* Wi 1282 e *A. valida* V 13514 x *A. praecox* V 14682 as porcentagens de sucesso dos cruzamentos foram de 10,7% (Tabela 7).

5.1.5.1 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis batizocoi* K 9484

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. batizocoi* K 9484 foram feitas 10 polinizações. Não foram obtidos segmentos de fruto e duas plantas híbridas germinaram espontaneamente no vaso do genitor feminino *A. valida* V 13514 (Tabela 7). As duas plantas foram analisadas com o emprego de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT

1992) e foram comparadas com a descrição de *A. batizocoi* (Krapovickas & Gregory 1994).

Nas plântulas do híbrido, os folíolos basais eram oblongos e os folíolos apicais suborbiculares, com margens vilosas (Figura 25 a). O eixo central era ereto, com duas ramificações na base da planta. A superfície inferior dos folíolos, o pecíolo e a ráquis dos híbridos eram vilosos (Figura 25 b), bem como a superfície inferior dos folíolos, o pecíolo e a ráquis das plantas do genitor masculino *A. batizocoi* K 9484 (Figura 25 c). A arquitetura das plantas do híbrido, como por exemplo, o eixo central e o formato dos folíolos, foram os mesmos das plantas adultas do genitor masculino *A. batizocoi*. As plantas híbridas tiveram bom desenvolvimento, com a produção somente de flores, que são amarelas e não houve a formação de *pegs* nem de segmentos de fruto (Tabela 7).



Figura 25. a) Plântula do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis batizocoi* Krapov. & W.C. Greg. K 9484. b) Superfície inferior dos folíolos do híbrido. c) Superfície inferior dos folíolos do genitor masculino *Arachis batizocoi* Krapov. & W.C. Greg. K 9484. Os pelos são indicados pelas setas.

A viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. batizocoi* K 9484 foi de 0,6% (Tabela 7). No cruzamento entre *A. valida* KG 30011 x *A. batizocoi* K 9484 feita por Simpson (Simpson, Dados Não Publicados), a viabilidade de pólen do híbrido foi de 0,36%, valor considerado baixo e próximo do valor encontrado no presente estudo. A baixa viabilidade encontrada nas plantas do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A.*

batizocoi K 9484 indica que o híbrido é estéril, que é um dos mecanismos pós-zigótico envolvido na formação de híbridos (Stebbins 1948), e que *A. valida* e *A. batizocoi* são distantes geneticamente. No estudo de Rodrigues (2006), no cruzamento entre *A. vallsii* V 7635 x *A. batizocoi* K 9484, foram obtidas oito plantas híbridas, com uma porcentagem de sucesso do cruzamento de 13,33%. No trabalho de Custodio (2009), no cruzamento entre *A. gregoryi* V 14957 x *A. batizocoi* K 9484 foi obtida uma planta híbrida que não floresceu. A porcentagem de sucesso por cruzamento foi de 1,2%.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. batizocoi* K 9484 possui genoma B x genoma K (Tabela 7). A utilização do híbrido no pré-melhoramento do amendoim, com o cruzamento posterior desse híbrido com espécies possuidoras do genoma A, é interessante, pois *A. batizocoi* K 9484 é resistente ao nematóide das galhas *M. arenaria* raça 1 (Nelson et al. 1989), à lagarta do cartucho (Ramos 2007) e à mancha preta e mancha castanha (Fávero et al. 2009) e o híbrido pode possuir resistência múltipla a doenças e pragas. Além disso, *A. valida* V 13514 é resistente à mancha preta (Fávero et al. 2004).

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis batizocoi* K 9484

Eixo central ereto, angular, viloso, com cerdas e com duas ramificações na base. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é elíptico, 42,5-45,6 mm de comprimento por 20,0-21,6 mm de largura, o par apical é largo elíptico, 47,8-51,5 mm de comprimento por 25,2-26,4 mm de largura, ápice mucronado, superfícies superior e inferior vilosas, pelos compridos na nervura central, nervuras e margens marcadas, margens vilosas, com algumas cerdas. Pecíolo 49,9-51,1 mm de comprimento por 1,4-1,6 mm de largura, canaliculado, viloso e com cerdas. Ráquis 12,0-13,0 mm de comprimento por 1,4 mm de largura, canaliculada, vilosa e com cerdas. Pulvino viloso. Estípula comprimento total, 28,2-31,9 mm de comprimento por 3,0-4,0 mm de largura, porção livre 17,3-19,9 mm de comprimento, porção adnata 10,4-10,7 mm de comprimento, superfície com cerdas, margens vilosas. Ramos prostados, vilosos, com cerdas, arroxeados. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par de folíolos basal é ovado, 22,1-26,7 mm de comprimento por 17,8-19,5 mm de largura, o par apical é suborbicular, 30,8-32,8 mm de comprimento por 21,0-24,8 mm de largura, ápice mucronado, superfícies superior e inferior vilosas, pelos compridos na nervura central, nervuras e margens marcadas, margens vilosas, com algumas cerdas.

Pecíolo 20,4-24,3 mm de comprimento por 1,1-1,4 mm de largura, canaliculado, viloso e com cerdas. Ráquis 5,7-7,8 mm de comprimento por 1,0 mm de largura, canaliculada, vilosa e com cerdas. Pulvino viloso. Estípula comprimento total, 17,3-18,4 mm de comprimento por 3,3-3,6 mm de largura, porção livre 12,5 mm de comprimento, porção adnata 4,7-5,9 mm de comprimento, superfície com cerdas, margens vilosas. Flores com estandarte amarelo com 10,0-11,3 mm de comprimento por 13,5-16,2 mm de largura e asas amarelas. Hipanto com 63,6-74,4 mm de comprimento por 0,5-1,1 mm de largura.

5.1.5.2 Cruzamento entre *Arachis valida* K 30147 x *Arachis batizocoi* Wi 1504w

No cruzamento entre *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* Wi 1504w foram feitas 21 polinizações e foram colhidos 14 segmentos de fruto. Ocorreu o aborto de embriões em seis segmentos de frutos. Foram colocadas para germinar quatro sementes que deram origem a quatro plantas híbridas (Tabela 7). As plantas híbridas tinham o eixo central ereto, com ramos longos na base da planta e florescimento abundante, sem a formação de *pegs*. Em uma das plantas, também foram observados ramos na parte superior do eixo central (Figura 26). Os ramos laterais eram vilosos e com cerdas. Nos ramos laterais, os folíolos basais eram ovados e os folíolos apicais obovados. A superfície inferior dos folíolos era vilosa, a nervura central e as margens tinham pelos compridos, nas margens foram encontradas algumas cerdas. O ápice dos folíolos era obtuso. O pecíolo, a ráquis, o pulvino e as estípulas eram vilosos e o pecíolo, a ráquis e as estípulas tinham cerdas. O estandarte e as asas das flores eram amarelos. *Arachis batizocoi* também possui cerdas nas estípulas, superfície inferior dos folíolos vilosa e flores amarelas (Krapovickas & Gregory 1994). Esses caracteres foram herdados do genitor masculino *A. batizocoi* Wi 1504w. As plantas tiveram bom desenvolvimento, com a produção somente de flores (Tabela 7), o que indica que o híbrido era estéril. A viabilidade de pólen das flores das plantas híbridas desse cruzamento não foi analisada. O híbrido possui genoma B x genoma K (Tabela 7).



Figura 26. Planta adulta do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. K 30147 x *Arachis batizocoi* Krapov. & W.C. Greg. Wi 1504w. Foto: C.E. Simpson.

5.1.5.3 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis kempff-mercadoi* V 13250

No cruzamento de *A. valida* V 13514 x *A. kempff-mercadoi* V 13250 foram feitas 50 polinizações e foram colhidos 14 segmentos de fruto que foram armazenados em câmara fria. Ocorreu o aborto de embriões em duas sementes. Nove plântulas germinaram espontaneamente no vaso do genitor feminino *A. valida* V 13514 (Tabela 7). As nove plantas eram híbridas. Cinco plantas foram analisadas pelo uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e foram comparadas com a descrição de *A. kempff-mercadoi* (Krapovickas & Gregory 1994).

As plantas híbridas tinham o eixo central arroxeadado com pelos adpressos (Figura 27 a), assim como o genitor masculino *A. kempff-mercadoi*. O formato dos folíolos de *A. kempff-mercadoi* V 13250 (Figura 27 b) é o mesmo das plantas do híbrido. A superfície superior dos folíolos das plantas híbridas era glabra (Figura 27 c), a superfície inferior tinha pelos adpressos, a nervura central era arroxeadada e saliente, as nervuras eram marcadas e as margens eram glabras (Figura 27 d), bem como em *A. kempff-mercadoi*. Nas plântulas e nas plantas adultas do híbrido foram observadas folhas com folíolos mal formados (Tabela 7), com um, dois ou três folíolos. Não foram observadas flores, *pegs* e segmentos de fruto nas plantas híbridas (Tabela 7). A ausência de flores, *pegs* e segmentos de fruto indicam que o híbrido era estéril. A esterilidade do híbrido é um dos mecanismos pós-zigóticos que agem na formação de híbridos (Stebbins 1958).



Figura 27. **a)** Germinação espontânea do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis kempff-mercadoidi* Krapov. & W.C. Greg. V 13250. **b)** Plântula do genitor masculino *Arachis kempff-mercadoidi* Krapov. & W.C. Greg. V 13250. **c)** Superfície superior da folha do híbrido. **d)** Superfície inferior da folha do híbrido.

Como não foram produzidas flores, não foi possível analisar a viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. kempff-mercadoidi* V 13250. No trabalho feito por Fávero (2004), na combinação de cruzamento *A. batizocoi* K 9484 (genoma K) x *A. kempff-mercadoidi* V 13250 (genoma A chiquitano), foram obtidas 21 plantas híbridas com viabilidade de pólen de 0,4% 28,0% de sucesso para cada cruzamento. No trabalho de Custodio (2009), no cruzamento entre *A. gregoryi* V 14957 x *A. kempff-mercadoidi* V

13250, foram obtidas sete plantas híbridas que não floresceram, assim como as plantas híbridas obtidas no presente estudo. A porcentagem de sucesso por cruzamento foi de 14,0%.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. kempff-mercadói* V 13250 possui genoma B x genoma A chiquitano (Tabela 7). Por possuir o par de cromossomos A, o híbrido pode ter afinidade genética com *A. hypogaea* (Krapovickas & Gregory 1994). O híbrido pode ser usado na incorporação de genes de resistência a doenças e pragas no melhoramento do amendoim, porque *A. kempff-mercadói* V 13250 é resistente à mancha castanha (Fávero et al. 2009), à lagarta do pescoço vermelho (Janini 2009) e ao tripses do prateamento *Enneothrips flavens* Moulton (Janini et al. 2010) e o acesso V 13514 de *A. valida* é resistente à mancha preta (Fávero et al. 2009).

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis kempff-mercadói* V 13250

Eixo central ereto, cilíndrico, com pelos adpressos. Não tem ramificações ou pode ter até quatro ramos na base. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é ovado a oblongo, 5,8-18,1 mm de comprimento por 3,4-11,0 mm de largura, o par apical é obovado, 6,2-26,3 mm de comprimento por 4,6-11,2 mm de largura, ápice agudo a obtuso, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos, nervura central glabra, margens glabras. Pecíolo 4,3-33,8 mm de comprimento por 0,7-1,0 mm de largura, canaliculado, com pelos adpressos. Ráquis 2,4-8,0 mm de comprimento por 0,4-0,7 mm de largura, canaliculada, com pelos adpressos. Pulvino com pelos adpressos. Estípula comprimento total, 4,6-8,9 mm de comprimento por 1,2-2,0 mm de largura, porção livre 1,2-4,1 mm de comprimento, porção adnata 3,1-6,11 mm de comprimento, margens com pelos adpressos. Ramos laterais eretos, com pelos adpressos. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par de folíolos basal é suborbicular, ovado ou elíptico, 6,6-19,8 mm de comprimento por 4,7-10,4 mm de largura, o par apical é obovado a oblongo lanceolado, 7,8-25,1 mm de comprimento por 3,6-11,4 mm de largura, ápice obtuso a indentado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos, nervura central glabra, margens glabras. Pecíolo 7,9-17,0 mm de comprimento por 0,5-1,1 mm de largura, canaliculado, com pelos adpressos. Ráquis 2,0-4,8 mm de comprimento por 0,4-1,0 mm de largura, canaliculada, com pelos adpressos. Pulvino com pelos adpressos. Estípula comprimento

total, 3,9-9,3 mm de comprimento por 1,4-1,7 mm de largura, porção livre 1,0-3,4 mm de comprimento, porção 3,0-6,0 adnata mm de comprimento, margens com pelos adpressos. Sem flores.

5.1.5.4 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis linearifolia* V 9401

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. linearifolia* V 9401 foram feitas 50 polinizações, foram colhidos dois segmentos de fruto que foram armazenados, e nove plantas híbridas germinaram espontaneamente no vaso do genitor feminino *A. valida* V 13514 (Tabela 7). Ocorreu o aborto de embriões em uma semente. Cinco plantas foram analisadas pelo uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e foram comparados com a descrição de *A. linearifolia* (Valls & Simpson 2005).

As plântulas e as plantas adultas do híbrido tinham folíolos linear-lanceolados (Figura 28 a, b). O genitor masculino *A. linearifolia* V 9401 também tem folíolos linear-lanceolados (Figura 28 c). As plantas híbridas tiveram bom desenvolvimento. Não ocorreu a produção de flores, *pegs* e segmentos de fruto (Tabela 7) indicando que o híbrido era estéril.



Figura 28. a) Germinação espontânea do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis linearifolia* Valls, Krapov. & C.E. Simpson V 9401. b) Planta adulta do híbrido. Foto: R.T. Queiroz. c) Planta adulta do genitor masculino *Arachis linearifolia* Valls, Krapov. & C.E. Simpson V 9401. Foto: R.T. Queiroz.

Não foi feita a análise da viabilidade de pólen do híbrido, pois foram produzidas somente duas flores que não puderam ser avaliadas. No trabalho de Fávero (2004) a espécie *A. linearifolia* ainda não havia sido descrita e foi identificada como *A. aff. diogoi*. No cruzamento entre *A. gregoryi* V 6389 x *A. linearifolia* V 9401 foram obtidas duas plantas híbridas. Na combinação de cruzamento entre *A. magna* V 13751 x *A. linearifolia* V 9401 foram obtidas três plantas híbridas com porcentagem de sucesso para cada cruzamento de 4,29%.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. linearifolia* V 9401 tem genoma B x genoma A pantaneiro (Tabela 7). Pode possuir afinidade genética com *A. hypogaea*, pois tem o par de cromossomos A (Krapovickas & Gregory 1994). É um material que pode ser usado na introgressão de genes de resistência a doenças no melhoramento do

amendoim, pois o acesso V 9401 de *A. linearifolia* é resistente à mancha castanha e mancha preta (Fávero et al. 2009) e cresce em região alagada na cheia no pantanal (Valls & Simpson 2005), possuindo, possivelmente tolerância ao alagamento. *Arachis valida* também cresce em região inundada na época da cheia no pantanal (Krapovickas & Gregory 1994) e o acesso V 13514 de *A. valida* é resistente à mancha preta (Fávero et al. 2009).

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis linearifolia* V 9401

Eixo central ereto, cilíndrico, com pelos adpressos. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é linear-lanceolado, 26,9-44,3 mm de comprimento por 5,5-11,2 mm de largura, o par apical é linear-lanceolado, 31,5-53,9 mm de comprimento por 7,6-11,1 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, margens e nervuras marcadas, superfície inferior com pelos adpressos, nervura central com pelos curtos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos e algumas cerdas. Pecíolo 33,4-59,1 mm de comprimento por 1,0-1,3mm de largura, canaliculado, com pelos. Ráquis 9,0-13,2 mm de comprimento por 0,9-1,2 mm de largura, canaliculada, com pelos. Pulvino com pelos adpressos. Estípula comprimento total, 19,1-28,6 mm de comprimento por 3,3-4,1mm de largura, porção livre 11,2-19,6 mm de comprimento, porção adnata 7,3-11,6 mm de comprimento, margens com pelos adpressos, algumas cerdas na superfície superior das estípulas. Ramos laterais prostados, com pelos adpressos ou vilosos. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é linear-lanceolado, 28,4-36,6 mm de comprimento por 8,6-11,7 mm de largura, o par apical é linear-lanceolado, 33,1-38,8 mm de comprimento por 10,4-11,8 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, margens e nervuras marcadas, superfície inferior com pelos adpressos, nervura central com pelos curtos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos. Pecíolo 29,7-45,7 mm de comprimento por 1,3 mm de largura, canaliculado, com pelos. Ráquis 9,8-11,3 mm de comprimento por 0,8-1,1 mm de largura, canaliculada, com pelos. Pulvino com pelos adpressos. Estípula comprimento total, 23,5-30,2 mm de comprimento por 3,2-4,2 mm de largura, porção livre 13,0-22,6 mm de comprimento, porção adnata 5,9-9,2 mm de comprimento, margens com pelos adpressos, algumas cerdas na superfície superior das estípulas. Sem flores.

5.1.5.5 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis benensis* K 35005

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. benensis* K 35005, no primeiro ciclo de cruzamentos, foi colhido um segmento de fruto. A semente germinou, mas não ocorreu o desenvolvimento do epicótilo, nem das raízes secundárias. Morreu algum tempo depois de ser transplantada para o copo plástico, o que indica que houve a ação de mecanismos pós-zigóticos no desenvolvimento do híbrido (Stebbins 1958) observados pela fragilidade e morte da plântula. No segundo ciclo de cruzamentos foram feitas seis polinizações e foi colhido um segmento de fruto. A semente, que germinou em câmara de germinação, deu origem a uma plântula híbrida (Tabela 7). A planta foi analisada com o uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e foi comparada com a descrição de *A. benensis* (Krapovickas & Gregory 1994).

No eixo central da planta adulta do híbrido, o pecíolo das folhas era longo e os folíolos eram elípticos. Nos ramos, nas folhas mais velhas, mais próximas do eixo central, os folíolos basais eram ovados e os apicais obovados. A flor tinha estandarte laranja e asas amarelas (Figura 29).



Figura 29. Planta adulta do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis benensis* Krapov. & W.C. Greg. K 35005. Foto: R.T. Queiroz.

A viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. benensis* K 35005 foi de 1,1% (Tabela 7). Essa baixa viabilidade indica que as duas espécies são distantes geneticamente.

O acesso K 35005 de *A. benensis* é resistente ao *Peanut bud necrosis virus* (Reddy et al. 2000), à mancha castanha e à ferrugem (Pande & Rao 2001), à lagarta do cartucho (Ramos 2007) e à lagarta do pescoço vermelho (Janini 2009) e *A. valida* V 13514 é resistente à mancha preta (Fávero et al. 2009). Por isso, o híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. benensis* K 35005 pode ser utilizado no pré-melhoramento do amendoim em cruzamentos com espécies de *Arachis* com genoma A na incorporação de resistência a doenças e pragas no melhoramento do amendoim.

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis benensis* K 35005

Eixo central ereto, cilíndrico, glabro, com dois ramos na base da planta. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é elíptico, mm de comprimento por mm de largura, o par apical é elíptico, 25,3 mm de comprimento por 9,4 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos. Pecíolo 17,0 mm de comprimento por 0,8 mm de largura, canaliculado, viloso. Ráquis 4,9 mm de comprimento por 0,8 mm de largura, canaliculada, viloso. Pulvino viloso. Estípula comprimento total, 20,9 mm de comprimento por 2,3 mm de largura, porção livre 14,9 mm de comprimento, porção adnata 7,1 mm de comprimento, margens vilosas. Ramos laterais prostados, com pelos adpressos. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é elíptico, 15,7 mm de comprimento por 7,6 mm de largura, o par apical é obovado, 17,9 mm de comprimento por 10,4 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos. Pecíolo 7,1 mm de comprimento por 1,0 mm de largura, canaliculado, viloso. Ráquis 3,5 mm de comprimento por 0,6 mm de largura, canaliculada, viloso. Pulvino viloso. Estípula comprimento total, 18,9 mm de comprimento por 2,3 mm de largura, porção livre 14,2 mm de comprimento, porção adnata 5,2 mm de comprimento, margens vilosas. Flores com estandarte laranja e asas amarelas.

5.1.5.6 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis stenosperma* V 10309

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. stenosperma* V 10309 foram feitas 18 polinizações e três plântulas híbridas germinaram espontaneamente no vaso do genitor feminino *A. valida* V 13514 (Tabela 7). Porém, somente duas plantas foram analisadas, devido à morte da terceira planta antes da caracterização morfológica. As plantas foram analisadas com o uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e foram comparadas com a descrição de *A. stenosperma* (Krapovickas & Gregory 1994).

Os folíolos basais das plântulas do híbrido eram ovados e os folíolos apicais obovados. A superfície superior dos folíolos era glabra e brilhosa (Figura 30 a). Nas plantas adultas, no eixo central os folíolos eram elípticos, nos ramos laterais os folíolos basais eram ovados e os folíolos apicais obovados (Figura 30 b). As plantas tiveram bom desenvolvimento. Foram observadas somente flores, sem o desenvolvimento de *pegs* e segmentos de fruto (Tabela 7) indicando esterilidade do híbrido. As flores amarelas foram herdadas do genitor masculino *A. stenosperma*.



Figura 30. a) Plântula do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis stenosperma* Krapov., W.C. Greg & Valls V 10309. **b)** Planta adulta do híbrido.

A viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. stenosperma* V 10309 foi de 14,2% (Tabela 7). É considerada baixa e indica que as duas espécies envolvidas no cruzamento são distante geneticamente. Em outros trabalhos de cruzamentos com *A. stenosperma* também foram obtidas plantas híbridas. No trabalho de Fávero (2004), no cruzamento entre *A. magna* V 13751, que possui genoma B x *A. stenosperma* Lm 3, que possui genoma A pantaneiro, foram obtidas seis plantas híbridas com 2,86% de viabilidade de pólen e 9,84% de sucesso para cada cruzamento. No trabalho de Rodrigues (2006), no cruzamento entre *A. vallsii* V 7635 x *A. stenosperma* V 10229, foram obtidas nove plantas híbridas com viabilidade de pólen nula e porcentagem de sucesso do cruzamento de 7,63%. No trabalho de Simpson & Valls (2006), no cruzamento entre *A. gregoryi* V 6389 x *A. stenosperma* HLK 410, a viabilidade de pólen do híbrido foi de 6,8%. No trabalho de Custodio (2009), no

cruzamento entre *A. gregoryi* V 14957 x *A. stenosperma* V 10309, foram obtidas 16 plantas híbridas que não floresceram e a porcentagem de sucesso por cruzamento foi de 11,9%.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. stenosperma* V 10309 tem genoma B x genoma A pantaneiro (Tabela 7). O híbrido pode ter afinidade genética com o amendoim, porque, assim como *A. hypogaea*, possui o par de cromossomos A (Krapovickas & Gregory 1994). É um material interessante para o melhoramento do amendoim, pois pode possuir vários tipos de resistência. O acesso V 10309 de *A. stenosperma* é resistente aos nematóides das galhas *M. javanica* (Sharma et al. 1999) e *M. arenaria* (Guimarães et al. 2010), à ferrugem (Pande & Rao 2001), à mancha preta (Fávero et al. 2009) e à lagarta do pescoço vermelho (Janini 2009). Além disso, *Arachis valida* V 13514 é resistente à mancha preta (Fávero et al. 2009). É um ótimo material para uso no programa de melhoramento do amendoim para incorporação de genes de resistência a doenças devido às múltiplas resistências encontradas no acesso de *A. stenosperma*.

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis stenosperma* V 10309

Eixo central ereto, cilíndrico, viloso ou com pelos adpressos, com quatro ramos na base da planta. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é elíptico, 30,7-37,2 mm de comprimento por 12,0-16,3 mm de largura, o par apical é elíptico, 36,1-42,7 mm de comprimento por 13,9-19,5 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos esparsos, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos. Pecíolo 6,4-37,2 mm de comprimento por 1,2 mm de largura, canaliculado, com pelos compridos. Ráquis 8,0-11,2 mm de comprimento por 0,9-1,0 mm de largura, canaliculada, com pelos compridos. Pulvino com pelos compridos. Estípula comprimento total, 24,6-29,8 mm de comprimento por 3,0-3,5 mm de largura, porção livre 14,4-16,5 mm de comprimento, porção adnata 10,8-11,3 mm de comprimento, margens com pelos compridos. Ramos laterais prostados, vilosos, nos quais dois ramos vegetativos são alternados com dois ramos reprodutivos e novamente dois ramos vegetativos, sucessivamente. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é ovado, 27,7-28,6 mm de comprimento por 14,7-15,2 mm de largura, o par apical é obovado, 30,7-31,7 mm de comprimento por 17,5-18,3 mm de largura,

ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos. Pecíolo 25,6-29,2 mm de comprimento por 1,1-1,2 mm de largura, canaliculado, com pelos compridos. Ráquis 8,8-9,5 mm de comprimento por 0,8 mm de largura, canaliculada, com pelos compridos. Pulvino com pelos compridos. Estípula comprimento total, 22,9-22,4 mm de comprimento por 2,8 mm de largura, porção livre 14,7-15,3 mm de comprimento, porção adnata 6,6-7,7 mm de comprimento, margens com pelos compridos. Flores com estandarte com 6,8-11,6 mm de comprimento por 9,0-16,0 mm de largura e asas amarelas. Hipanto com 16,2-50,7 mm de comprimento por 0,7-1,0 mm de largura.

5.1.5.7 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis valida* V 15096

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 e *A. valida* V 15096 foram feitas 34 polinizações e foram colhidos oito segmentos de fruto. Cinco sementes foram colocadas para germinar em câmara de germinação, e as cinco plântulas que germinaram possivelmente eram híbridas. As cinco plantas foram analisadas com o uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e foram comparadas com a descrição de *A. valida* (Krapovickas & Gregory 1994).

Nas plântulas híbridas, as folhas do eixo central eram elípticas e as folhas do eixo central eram oblongas. O eixo central e os ramos cotiledonares tinham antocianina e as flores eram laranja (Figura 31 a). As folhas das plantas adultas eram elípticas. As plantas tiveram bom desenvolvimento com produção de flores, *pegs* e segmentos de fruto (Tabela 7, Figura 31 b).



Figura 31. a) Plântula do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 15096. **b)** Ramos da planta adulta do híbrido com *pegs*. Foto: R.T. Queiroz.

A viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. valida* V 15096 foi de 98,4% (Tabela 7), valor mais alto encontrado nesse trabalho, visto que foi um cruzamento intraespecífico. A porcentagem de fertilidade nos híbridos permite a avaliação das barreiras genéticas que podem ser muito importantes na especiação de populações simpátricas. Além disso, existem exemplos de baixa viabilidade de pólen em híbridos obtidos com genitores que supostamente pertencem à mesma espécie devido a sua aparência similar (Krapovickas & Gregory 1994). Por isso, a alta

viabilidade de pólen do híbrido indica que os dois acessos utilizados nos cruzamentos correspondem a espécie *A. valida*. Possivelmente não existem barreiras reprodutivas entre os dois acessos. Também, estudos têm apresentado evidências indicando a correlação entre a porcentagem de grãos de pólen normais e a fertilidade de plantas híbridas. Em plantas híbridas, as diferenças na produção de pólen variam conforme a constituição genética dos híbridos. As constituições genéticas mais férteis possuem uma proporção maior de pólen viável do que constituições menos férteis (Poole 1932). Estudos complementares necessitam serem feitos para confirmar o caráter híbrido.

No trabalho de Custodio (2009), na análise molecular por marcadores microssatélites, os dois acessos de *A. valida* utilizados nos cruzamentos no presente estudo, V 13514 e V 15096, apresentam distância genética, pois mesmo dentro do mesmo subgrupo, foram agrupados em posições diferentes.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. valida* V 15096 tem genoma B x genoma B (Tabela 7) e pode ser usado na piramidização de genes de resistência a doenças e pragas no melhoramento do amendoim, pois o acesso V 13514 de *A. valida* é resistente à mancha preta (Fávero et al. 2009) e o acesso V 15096 é resistente à lagarta do cartucho (Ramos 2007).

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis valida* V 15096

Eixo central ereto, cilíndrico, com pelos adpressos, com dois ramos na base da planta. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é elíptico, 24,5-31,2 mm de comprimento por 7,8-11,6 mm de largura, o par apical é elíptico, 27,3-34,9 mm de comprimento por 9,1-14,5 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior glabra, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos. Pecíolo 16,0-34,6 mm de comprimento por 1,1-1,5 mm de largura, canaliculado, com pelos compridos. Ráquis 4,7-8,5 mm de comprimento por 0,9-1,1 mm de largura, canaliculada, com pelos compridos. Pulvino com pelos. Estípula comprimento total, 19,0-27,6 mm de comprimento por 2,8-3,8 mm de largura, porção livre 12,0-15,8 mm de comprimento, porção adnata 7,3-12,4 mm de comprimento, margens com pelos. Ramos laterais prostados, vilosos. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é elíptico, 24,3-26,2 mm de comprimento por 9,8-11,5 mm de largura, o par apical é elíptico, 27,7-29,3 mm de comprimento por 11,6-13,7 mm de largura, ápice

mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior glabra, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos. Pecíolo 12,9-19,9 mm de comprimento por 1,1-1,5 mm de largura, canaliculado, com pelos. Ráquis 3,8-6,9 mm de comprimento por 0,8-1,2 mm de largura, canaliculada, com pelos compridos. Pulvino com pelos compridos. Estípula comprimento total, 18,8-23,4 mm de comprimento por 3,4-4,5 mm de largura, porção livre 13,1-16,5 mm de comprimento, porção adnata 4,0-7,5 mm de comprimento, margens com pelos. Flores com estandarte com 6,8-11,6 mm de comprimento por 9,0-16,0 mm de largura e asas amarelas. Hipanto com 16,2-50,7 mm de comprimento por 0,7-1,0 mm de largura.

5.1.5.8 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis magna* K 30097 of

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 e *A. magna* K 30097 of foram feitas 30 polinizações e foram colhidos sete segmentos de fruto. Quatro sementes germinaram em câmara de germinação e as quatro plântulas eram híbridas. As quatro plantas foram analisadas com o uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e foram comparadas com a descrição de *A. magna* feita por Krapovickas & Gregory (1994).

O eixo central das plântulas do híbrido era arroxeadado e coberto por pelos. Os folíolos basais eram oblongos e os folíolos apicais obovados (Figura 32), como nos ramos laterais do genitor *A. magna* (Krapovickas & Gregory 1994). As plantas do híbrido tiveram bom desenvolvimento com produção de flores, *pegs* e segmentos de fruto (Tabela 7).



Figura 32. Plântula do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis magna* Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson K 30097 of.

A viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. magna* K 30097 of foi de 25,3% (Tabela 7). No trabalho de Simpson (Simpson, Dados Não Publicados), no cruzamento entre *A. magna* K 30097 of x *A. valida* KG 30011, a viabilidade de pólen do híbrido foi de 15,0%. As duas espécies, *A. valida* e *A. magna*, mesmo possuindo o mesmo genoma apresentam diferenças genéticas, indicada pela baixa viabilidade de pólen do híbrido. Algumas das diferenças foram estudadas por Custodio e colaboradores (2013). No trabalho de Custodio (2009), no cruzamento entre *A. gregoryi* V 14957 x *A. magna* K 30097 of, foram obtidos 11 plantas híbridas com 7,12% de viabilidade de pólen e 9,5% de sucesso por cruzamento.

O híbrido de *A. valida* V 13514 e *A. magna* K 30097 of possui genoma B x genoma B (Tabela 7). Como o acesso K 30097 de *A. magna* possui resistência à mancha castanha e à lagarta do cartucho (Ramos 2007) e o acesso V 13514 de *A. valida* é resistente à mancha preta (Fávero et al. 2009), o híbrido pode ser usado na piramidização de genes de resistência à doenças e pragas no melhoramento do amendoim, pois pode possuir essas resistências.

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis magna* K 30097 of

Eixo central ereto, cilíndrico, glabro ou com pelos adpressos, com dois ramos na base da planta. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é elíptico, 22,9-39,9 mm de comprimento por 9,3-15,6 mm de largura, o par apical é elíptico, 28,5-39,3 mm de comprimento por 11,9-17,9 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos compridos. Pecíolo 21,6-39,6 mm de comprimento por 1,1-1,5 mm de largura, canaliculado, com pelos compridos. Ráquis 6,7-13,0 mm de comprimento por 0,8-1,2 mm de largura, canaliculada, com pelos compridos. Pulvino com pelos compridos. Estípula comprimento total, 25,0-39,4 mm de comprimento por 2,6-5,0 mm de largura, porção livre 13,1-25,1 mm de comprimento, porção adnata 8,3-13,6 mm de comprimento, margens com pelos compridos. Ramos laterais prostados, vilosos. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é ovado, 11,9-30,0 mm de comprimento por 7,4-12,5 mm de largura, o par apical é obovado, 14,3-31,4 mm de comprimento por 9,5-15,5 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos. Pecíolo 3,3-20,3 mm de comprimento por 1,0-1,2 mm de largura, canaliculado, com pelos compridos. Ráquis 4,0-8,0 mm de comprimento por 0,8-1,2 mm de largura, canaliculada, com pelos compridos. Pulvino com pelos compridos. Estípula comprimento total, 14,7-24,2 mm de comprimento por 3,1-4,1 mm de largura, porção livre 9,0-17,6 mm de comprimento, porção adnata 4,7-7,8 mm de comprimento, margens com pelos compridos. Flores com estandarte laranja com 7,0-10,9 mm de comprimento por 11,4-17,4 mm de largura e asas amarelas. Hipanto com 20,6-81,4 mm de comprimento por 0,7-0,9 mm de largura.

5.1.5.9 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis magna* V 14727

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 e *A. magna* V 14727 foram feitas 40 polinizações e foram colhidos 14 segmentos de fruto. Cinco sementes foram colocadas para germinar em câmara de germinação, e as cinco plântulas eram híbridas (Tabela 7). As cinco plantas foram analisadas com o uso de descritores morfológicos

(IBPGR/ICRISAT 1992) e foram comparadas com a descrição de *A. magna* (Krapovickas & Gregory 1994).

Nas plantas adultas, no eixo central, os folíolos eram lanceolados (Figura 33 a). Na superfície inferior dos folíolos do híbrido é possível a visualização dos pelos adpressos (Figura 33 b), que foram herdados do genitor masculino *A. magna* (Krapovickas & Gregory 1994). As plantas tiveram bom desenvolvimento, produção de flores, *pegs* e segmentos de fruto (Tabela 7).



Figura 33. a) Planta adulta do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis magna* Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson V 14727. Foto: R.T. Queiroz. b) Superfície inferior dos folíolos da plântula do híbrido, com os pelos adpressos indicados pela seta.

A viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14727 foi de 29,6% (Tabela 7). Em uma planta do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. magna* V

14727, que é considerada geração F₁, ocorreu autofecundação. Duas plântulas germinaram espontaneamente no vaso desse híbrido, floresceram e tiveram viabilidade de pólen mais alta, 51,3%, do que o genitor feminino *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14727 que teve 29,6% de viabilidade de pólen (Tabela 7), indicando que com a autofecundação houve aumento da fertilidade. Esse aumento da fertilidade, com uma viabilidade de pólen mais alta, ocorreu provavelmente devido a um pareamento mais regular na meiose, pela homologia dos cromossomos. Essa obtenção de plantas (geração F₂) a partir do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14727 (geração F₁) indica que *A. valida* é próxima geneticamente de *A. magna*.

No trabalho de Simpson & Valls (2006), na combinação de cruzamento *A. gregoryi* V 6389 x *A. magna* 6408-XL, (genoma B x genoma B), a viabilidade de pólen do híbrido foi de 0,4%. No trabalho de Custodio (2009), no cruzamento entre *A. gregoryi* V 14957 x *A. magna* V 13761 (=V 14727), foram feitas 16 polinizações, porém não foram obtidos nenhum segmento de fruto e nenhuma planta híbrida.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14727 tem genoma B x genoma B. *Arachis magna* V 14727 (=V 13761) é resistente à lagarta do cartucho (Ramos 2007) e *A. valida* V 13514 à mancha preta (Fávero et al. 2009). O híbrido pode ser usado na piramidização de genes de resistência a pragas e doenças no pré-melhoramento do amendoim.

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis magna* V 14727

Eixo central ereto, cilíndrico, glabro ou com pelos adpressos, com dois ramos na base da planta. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é lanceolado, 23,9-40,4 mm de comprimento por 7,2-14,6 mm de largura, o par apical é lanceolado, 26,5-44,5 mm de comprimento por 8,8-17,5 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos compridos. Pecíolo 20,6-36,4 mm de comprimento por 1,1-1,4 mm de largura, canaliculado, com cerdas e pelos compridos. Ráquis 5,4-10,4 mm de comprimento por 0,9-1,2 mm de largura, canaliculada, com cerdas e pelos compridos. Pulvino com pelos compridos. Estípula comprimento total, 29,4-38,1 mm de comprimento por 2,2-4,5 mm de largura, porção livre 19,0-26,5 mm de comprimento, porção adnata 11,0-12,3 mm de comprimento, superfície superior com algumas cerdas, margens com pelos compridos.

Ramos laterais prostados, vilosos. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é ovado a elíptico, 18,7-30,2 mm de comprimento por 10,3-15,2 mm de largura, o par apical é obovado, 24,0-32,0 mm de comprimento por 14,0-17,6 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos. Pecíolo 9,0-18,0 mm de comprimento por 1,0-1,4 mm de largura, canaliculado, com cerdas e pelos compridos. Ráquis 4,5-6,2 mm de comprimento por 0,8-1,0 mm de largura, canaliculada, com cerdas e pelos compridos. Pulvino com pelos compridos. Estípula comprimento total, 21,1-25,0 mm de comprimento por 3,7-5,8 mm de largura, porção livre 14,9-16,7 mm de comprimento, porção adnata 5,7-7,7 mm de comprimento, superfície superior com algumas cerdas, margens com pelos compridos. Flores com estandarte laranja com 9,9-16,9 mm de comprimento por 12,6-15,3 mm de largura e asas amarelas. Hipanto com 52,7-64,0 mm de comprimento por 0,7-1,1 mm de largura.

5.1.5.10 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis williamsii* Wi 1118

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. williamsii* Wi 1118 foram feitas 16 polinizações e foram colhidos cinco segmentos de fruto. Três sementes foram colocadas para germinar em câmara de germinação. Porém, somente duas plântulas sobreviveram até o momento da caracterização morfológica (Tabela 7). As duas plantas foram analisadas pelo uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e foram comparadas com a descrição de *A. williamsii* (Krapovickas & Gregory 1994).

As plântulas do híbrido tinham o eixo central arroxeadado com pelos, os folíolos basais eram ovados e os apicais obovados (Figura 34 a). As plantas adultas tinham, no eixo central, folíolos basais e apicais lanceolados, e ramos laterais longos com folíolos basais e apicais elípticos (Figura 34 b). Houve bom desenvolvimento das plantas adultas, com produção somente de flores (Tabela 7), o que indica a esterilidade do híbrido.



Figura 34. a) Plântula do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis williamsii* Krapov. & W.C. Greg. Wi 1118. b) Planta adulta do híbrido. Foto: R.T. Queiroz.

A viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. williamsii* Wi 1118 foi de 18,6% (Tabela 7) indicando esterilidade do híbrido. Essa baixa viabilidade indica que *A. valida* e *A. williamsii*, mesmo possuindo o mesmo genoma, o genoma B, devem possuir diferenças genéticas. No trabalho de Custodio (2009), no cruzamento entre *A. gregoryi* V 14957 x *A. williamsii* Wi 1118, a viabilidade de pólen do híbrido foi de 2,6% e a porcentagem de sucesso por cruzamento foi de 14,3%.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. williamsii* Wi 1118 tem genoma B x genoma B e pode ser usado na piramidização de genes para resistência a doenças e pragas no melhoramento do amendoim, pois o acesso Wi 1118 de *A. williamsii* tem

resistência à lagarta do cartucho (Ramos 2007) e à mancha preta (Fávero et al. 2009) e *A. valida* V 13514 à mancha preta (Fávero et al. 2009).

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis williamsii* Wi 1118

Eixo central ereto, cilíndrico, com pelos adpressos, com dois ramos na base da planta. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é lanceolado, 21,2-26,2 mm de comprimento por 8,3-9,4 mm de largura, o par apical é lanceolado, 24,7-28,9 mm de comprimento por 8,5-10,1 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos compridos. Pecíolo 13,3-15,2 mm de comprimento por 0,8-1,1 mm de largura, canaliculado, com pelos compridos. Ráquis 2,9-3,5 mm de comprimento por 0,7-0,8 mm de largura, canaliculada, com pelos compridos. Pulvino com pelos compridos. Estípula comprimento total, 21,4-22,9 mm de comprimento por 2,3-2,8 mm de largura, porção livre 13,3-14,4 mm de comprimento, porção adnata 8,9-10,5 mm de comprimento, margens com pelos compridos. Ramos laterais prostados com pelos. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é elíptico, 19,5-22,8 mm de comprimento por 8,8-11,3 mm de largura, o par apical é elíptico, 24,7-26,5 mm de comprimento por 13,3-14,1 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos. Pecíolo 7,0-11,3 mm de comprimento por 0,6-0,9 mm de largura, canaliculado, com pelos compridos. Ráquis 3,7-4,4 mm de comprimento por 0,6-0,8 mm de largura, canaliculada, com pelos compridos. Pulvino com pelos compridos. Estípula comprimento total, 19,6-20,1 mm de comprimento por 2,7-3,5 mm de largura, porção livre 12,7-14,3 mm de comprimento, porção adnata 5,0-7,9 mm de comprimento, margens com pelos compridos. Flores com estandarte laranja com 8,4-10,8 mm de comprimento por 12,6-16,1 mm de largura e asas amarelas. Hipanto com 41,0-86,6 mm de comprimento por 0,6-0,8 mm de largura.

5.1.5.11 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis schininii* V 9923

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. schininii* V 9923 foram feitas 98 polinizações e foram colhidos quatro segmentos de fruto que foram armazenados e

câmara fria. Treze plantas germinaram espontaneamente no vaso do genitor feminino *A. valida* V 13514 e 12 plantas eram híbridas (Tabela 7). Quatro plantas foram analisadas com o uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e foram comparadas com a descrição de *A. schinonii* feita por Valls & Simpson (2005).

As plantas do híbrido tinham folíolos tanto no eixo central (Figura 35 a) como nos ramos laterais (Figura 35 b) com margens ciliadas, bem como o genitor masculino *A. schinonii* (Figura 35 c), que é característico nessa espécie (Krapovickas & Gregory 1994). As plantas do híbrido tiveram bom desenvolvimento. Foram observadas somente flores, sem produção de *pegs* ou segmentos de frutos (Tabela 7), o que indica esterilidade do híbrido.



Figura 35. a) Planta adulta do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis schinonii* Krapov., Valls & C.E. Simpson V 9923. b) Folha do híbrido. c) Folha da planta adulta do genitor masculino *Arachis schinonii* Krapov., Valls & C.E. Simpson V 9923. Os cílios são indicados pelas setas.

A viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. schinonii* V 9923 foi de 0,3% (Tabela 7). Essa baixa viabilidade indica que as duas espécies são distantes geneticamente. No trabalho de Simpson & Valls (2006), a viabilidade de pólen do híbrido de *A. gregoryi* V 6389 x *A. schinonii* V 9923 foi de 14,8%, valor mais alto do que o encontrado no presente trabalho. Já no trabalho de Custodio (2009), no cruzamento entre *A. gregoryi* V 14957 x *A. schinonii* V 9923, as plantas do híbrido não floresceram.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. schinonii* V 9923 tem genoma B x genoma A platino (Tabela 7). O híbrido pode ter afinidade genética com o amendoim, pois

possui o par de cromossomos A (Krapovickas & Gregory 1994). O híbrido pode ser utilizado na introgressão de genes de resistência ao nematóide das galhas *M. arenaria* raça 1 e à mancha preta no melhoramento do amendoim, pois *A. schinonii* V 9923 é resistente ao nematóide das galhas *M. arenaria* raça 1 (Nelson et al. 1989) e *A. valida* V 13514 à mancha preta (Fávero et al. 2009).

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis schinonii* V 9923

Eixo central ereto, cilíndrico, com pelos adpressos, com até dois ramos na base da planta. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é elíptico a lanceolado, 31,4-34,3 mm de comprimento por 12,7-14,4 mm de largura, o par apical é elíptico, 27,7-30,9 mm de comprimento por 10,9-12,5 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos compridos (ciliada). Pecíolo 33,2-44,0 mm de comprimento por 1,1-1,5 mm de largura, canaliculado, com pelos compridos. Ráquis 7,6-10,2 mm de comprimento por 0,7-0,9 mm de largura, canaliculada, com pelos compridos. Pulvino com pelos compridos. Estípula comprimento total, 23,3-31,7 mm de comprimento por 2,8-3,4 mm de largura, porção livre 17,2-19,2 mm de comprimento, porção adnata 10,7-13,2 mm de comprimento, superfície superior com cerdas, margens com pelos compridos. Ramos laterais prostados, vilosos. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par basal é elíptico, 13,1-26,9 mm de comprimento por 6,6-13,3 mm de largura, o par apical de folíolos é obovados, 14,6-30,9 mm de comprimento por 7,7-16,4 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos compridos (ciliada). Pecíolo 10,0-26,5 mm de comprimento por 0,7-1,2 mm de largura, canaliculado, com pelos compridos. Ráquis 5,3-7,6 mm de comprimento por 0,5-0,7 mm de largura, canaliculada, com pelos compridos. Pulvino com pelos compridos. Estípula comprimento total, 14,7-23,0 mm de comprimento por 2,5-3,0 mm de largura, porção livre 7,5-16,5 mm de comprimento, porção adnata 5,9-9,0 mm de comprimento, superfície superior com cerdas, margens com pelos compridos. Flores com estandarte laranja com 7,6-11,6 mm de comprimento por 11,7-17,0 mm de largura e asas amarelas. Hipanto com 20,0-47,8 mm de comprimento por 0,6-0,9 mm de largura.

5.1.5.12 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis villosa* V 14316

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 com *A. villosa* V 14316 foram feitas nove polinizações. Não foi obtido nenhum segmento de fruto e uma planta híbrida germinou espontaneamente no vaso do genitor feminino *A. valida* V 13514 (Tabela 7). A planta foi analisada com o uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e comparada com a descrição de *A. villosa* (Krapovickas & Gregory 1994).

A plântula do híbrido tinha eixo central ereto, viloso, coberto por estípulas e ramos laterais vilosos. Os folíolos do eixo central eram lanceolados (Figura 36 a). Na superfície inferior dos folíolos, a nervura central era proeminente, as nervuras e as margens eram brancas (Figura 36 b), como no genitor masculino *A. villosa* V 14316. Porém, a planta utilizada como genitor masculino tinha a superfície superior dos folíolos glabra e não vilosa como no tipo de *A. villosa*. A planta do híbrido obtida também tinha a superfície superior dos folíolos glabra e a superfície inferior vilosa. A planta teve bom desenvolvimento. Foram observadas somente flores (Tabela 7), o que indica que o híbrido era estéril.



Figura 36. a) Planta adulta do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis villosa* Benth. V 14316. b) Superfície inferior dos folíolos do híbrido. Fotos: R.T. Queiroz.

A viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 com *A. villosa* V 14316 foi de 1,4% (Tabela 7). Essa baixa viabilidade de pólen indica esterilidade desse híbrido causada provavelmente por um mecanismo pós-zigótico e sugere que as duas espécies, *A. valida* e *A. villosa* são distantes geneticamente. No trabalho de Fávero (2004), a viabilidade do pólen do híbrido de *A. gregoryi* V 6389 x *A. villosa* V 12812 também foi

baixa, 7,67%, porém mais alta do que a encontrada no presente estudo. A porcentagem de sucesso na combinação de cruzamento *A. gregoryi* V 6389 x *A. villosa* V 12812 foi de 0,92%. No trabalho de Rodrigues (2006), no cruzamento entre *A. vallsii* V 7635 x *A. villosa* V 14309, foram obtidas 13 plantas híbridas, com uma porcentagem de sucesso nos cruzamentos de 12,87%. No trabalho de Custódio (2009), também no cruzamento entre *A. gregoryi* V 14957 x *A. villosa* V 14309, foram obtidos quatro plantas híbridas. Porém, as plantas não floresceram e a porcentagem de sucesso por cruzamento foi de 8,2%.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. villosa* V 14316 tem genoma B x genoma A platino (Tabela 7) e pode ser usado no melhoramento do amendoim pela resistência à mancha preta encontrada no acesso V 13514 de *A. valida* (Fávero et al. 2009). Além de possuir o par de cromossomos A, que indica que o híbrido tem afinidade genética com o amendoim (Krapovickas & Gregory 1994).

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis villosa* V 14316

Eixo central ereto, quadrado, viloso, com três ramos na base da planta. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é lanceolado, 42,9 mm de comprimento por 16,3 mm de largura, o par apical é lanceolado, 50,2mm de comprimento por 20,3 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens brancas marcadas, margens com pelos compridos. Pecíolo 49,3 mm de comprimento por 1,6 mm de largura, canaliculado, com pelos compridos. Ráquis 12,8 mm de comprimento por 1,1 mm de largura, canaliculada, com pelos compridos. Pulvino com pelos compridos. Estípula comprimento total, 34,3 mm de comprimento por 3,3 mm de largura, porção livre 22,0 mm de comprimento, porção 11,1 adnata mm de comprimento, margens com pelos compridos. Ramos laterais prostados, roxos, vilosos. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é oblongo, 31,7 mm de comprimento por 17,7 mm de largura, o par apical é obovado, 36,5 mm de comprimento por 21,0 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens brancas marcadas, margens com pelos. Pecíolo 21,7 mm de comprimento por 1,5 mm de largura, canaliculado, com pelos compridos. Ráquis 9,7 mm de comprimento por 1,0 mm de largura, canaliculada, com pelos compridos.

Pulvino com pelos compridos. Estípula comprimento total, 22,2 mm de comprimento por 4,0 mm de largura, porção livre 16,6 mm de comprimento, porção adnata 6,4 mm de comprimento, margens com pelos compridos. Flores com estandarte laranja com 7,4-11,5 mm de comprimento por 11,8-16,3 mm de largura e asas amarelas. Hipanto com 14,4-62,2 mm de comprimento por 0,7-1,0 mm de largura.

5.1.5.13 Cruzamento entre *Arachis valida* K 30147 x *Arachis batizocoi* Wi 1282

No cruzamento entre *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* Wi 1282 foram feitas 28 polinizações e foram colhidos 10 segmentos de fruto. Três sementes germinaram em câmara de germinação sendo obtidas três plantas híbridas (Tabela 7). As plantas do híbrido tinham eixo central ereto, florescimento ao longo do eixo central e dos ramos laterais. Os ramos laterais eram decumbentes (Figura 37). Os ramos laterais eram vilosos e tinham cerdas. Nos ramos laterais, os folíolos basais eram ovados e os folíolos apicais obovados. A superfície inferior dos folíolos era vilosa, a nervura central e as margens tinham pelos compridos, nas margens também foram encontradas algumas cerdas, as nervuras eram marcadas. O ápice dos folíolos era mucronado. O pecíolo, a ráquis, o pulvino e as estípulas eram vilosos e o pecíolo, a ráquis e as estípulas tinham cerdas (Figura 38). As flores tinham estandarte e asas amarelas. Os caracteres como presença de cerdas nas estípulas, pecíolo e na ráquis, superfície inferior dos folíolos vilosa e flores amarelas foram herdados do genitor masculino *A. batizocoi* Wi 1282. Não foram observados *pegs*, nem segmentos de fruto, o que indica esterilidade do híbrido. A viabilidade de pólen das flores das plantas híbridas desse cruzamento não foi analisada. O híbrido tem genoma B x genoma K (Tabela 7).



Figura 37. Planta adulta do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. K 30147 x *Arachis batizocoi* Krapov. & W.C. Greg. Wi 1282. Foto: C.E. Simpson.

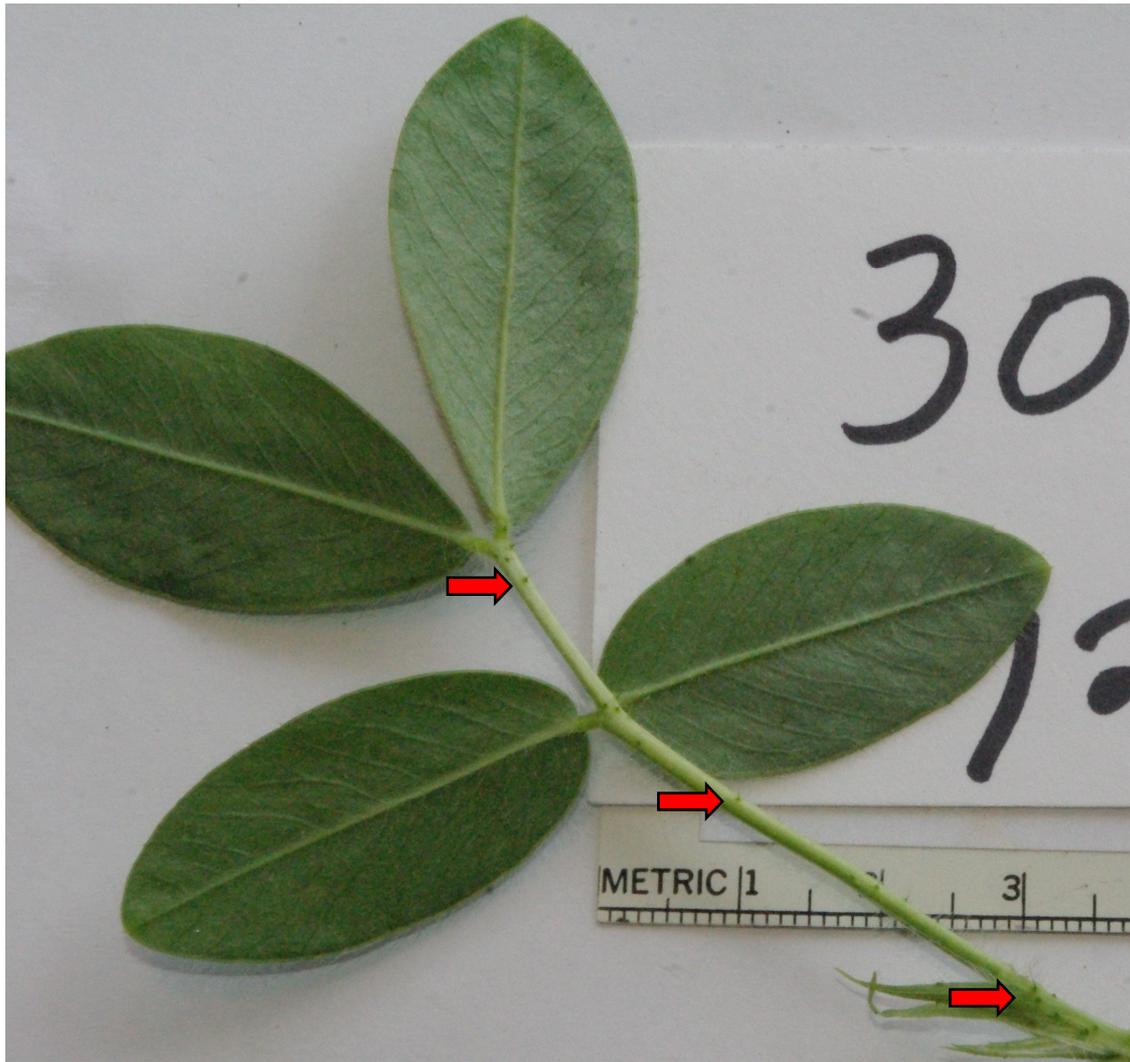


Figura 38. Superfície inferior da folha do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. K 30147 x *Arachis batizocoi* Krapov. & W.C. Greg. Wi 1282, com cerdas no pecíolo, ráquis e estípulas indicadas pelas setas. Foto: C.E. Simpson.

5.1.5.14 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 V 13514 x *Arachis praecox* V 14682

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. praecox* V 14682 foram feitas 28 polinizações, foram colhidos 15 segmentos de fruto e três plântulas germinaram na câmara de germinação. As três plântulas eram híbridas (Tabela 7). Das 15 sementes obtidas, uma era mal formada. A caracterização morfológica foi feita com o uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e pela comparação das plantas com a descrição de *A. praecox* (Krapovickas & Gregory 1994). Também foi feita a caracterização citogenética pela contagem de cromossomos. As três plantas têm 19 cromossomos (Figura 39 a), o que confirmou a hibridação, pois o genitor feminino *A*

valida V 13514 tem 20 cromossomos (Fernández & Krapovickas 1994) e o genitor masculino *A. praecox* V 14682 (Lavia 1998) tem 18 cromossomos.

Os folíolos basais e apicais do genitor masculino *A. praecox* V 14682, das plântulas do híbrido (Figura 39 b) e das plantas adultas do híbrido (Figura 39 c) são lanceolados. O ápice do eixo central das plantas adultas era coberto por estípulas. As plantas tiveram bom desenvolvimento, com produção de flores e *pegs* (Tabela 7). Porém, os *pegs* secaram pouco tempo depois de seu surgimento.



Figura 39. a) Célula em metáfase do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis praecox* Krapov., W.C Greg. & Valls V 14682, com 19 cromossomos. Aumento de 40x. b) Plântula do híbrido. c) Planta adulta do híbrido.

A viabilidade de pólen do híbrido foi de 1,8% (Tabela 7). As duas espécies, *A. valida*, que possui 20 cromossomos e *A. praecox*, que possui 18 cromossomos, têm número cromossômico diferente e são distantes geneticamente, o que é indicado pela baixa viabilidade de pólen do híbrido. No trabalho de Rodrigues (2006), no cruzamento entre *A. vallsii* V 7635, que como *A. valida* também possui 20 cromossomos (Fernández & Krapovickas 1994) com *A. praecox* V 14682 a viabilidade de pólen do híbrido também foi baixa, 0,69% e a porcentagem de sucesso do cruzamento foi de 5,55%.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. praecox* V 14682 possui genoma B x genoma G. O genoma B foi proveniente do genitor feminino *A. valida* e o genoma G do genitor masculino *A. praecox* (Tabela 7). Em *A. praecox*, em aproximadamente 45 dias, ocorre a produção de sementes, o que confere precocidade na formação e maturação das sementes, e é uma característica interessante para ser transferida para o amendoim cultivado. O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. praecox* V 14682 pode ser uma opção no melhoramento para a diminuição do ciclo de vida de cultivares de amendoim.

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 V 13514 x *Arachis praecox* V 14682

Eixo central ereto, cilíndrico, glabro, com dois ramos na base da planta. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é lanceolado, 25,3-36,1 mm de comprimento por mm de largura, o par apical é lanceolado, 28,3-42,4 mm de comprimento por 9,9-12,3 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos esparsos, nervura central com pelos compridos, margens com pelos. Pecíolo 26,6-30,2 mm de comprimento por 0,9-1,1 mm de largura, canaliculado, com pelos compridos. Ráquis 5,7-6,1 mm de comprimento por 0,8 mm de largura, canaliculada, com pelos compridos. Pulvino com pelos compridos. Estípula comprimento total, 23,6-37,9mm de comprimento por 1,7-2,5 mm de largura, porção livre 15,1-22,1 mm de comprimento, porção adnata 9,3-11,9 mm de comprimento, com cerdas, margens com pelos compridos. Ramos laterais prostados, glabros. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par basal é elíptico, 14,6-23,7 mm de comprimento por 7,5-12,5 mm de largura, o par apical de folíolos é elíptico, 20,5-22,4 mm de comprimento por 10,0-11,3 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos, nervura central com pelos compridos, margens com pelos. Pecíolo 6,3-9,6 mm de comprimento por 0,9 mm de largura,

canaliculado, com pelos compridos. Ráquis 3,0-4,3 mm de comprimento por 0,8 mm de largura, canaliculada, com pelos compridos. Pulvino com pelos compridos. Estípula comprimento total, 17,7-18,4 mm de comprimento por 2,6-3,1 mm de largura, porção livre 13,5-15,9 mm de comprimento, porção adnata 2,6-4,8 mm de comprimento, margens com pelos compridos. Flores com estandarte laranja com 6,8-8,7 mm de comprimento por 9,2-14,2 mm de largura e asas amarelas. Hipanto com 33,1-46,2 mm de comprimento por 0,6-0,8 mm de largura.

5.1.6 Grupo 6

No grupo 6 são encontradas sete combinações de cruzamento com 0,1 a 10% de sucesso do cruzamento. No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. gregoryi* V 14957 a porcentagem de sucesso foi de 9,1%. No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. ipaënsis* K 30076 a porcentagem de sucesso foi de 8,3%. No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. hypogaea* V 12548 a porcentagem de sucesso foi de 7,0%. No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14724 a porcentagem de sucesso foi de 5,8%. No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. vallsii* V 7635 a porcentagem de sucesso do cruzamento foi de 5,6%. No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. chiquitana* K 36027 a porcentagem de sucesso foi de 2,1%. No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14707 a porcentagem de sucesso do cruzamento foi de 2,0% (Tabela 7).

5.1.6.1 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis gregoryi* V 14957

No cruzamento de *A. valida* V 13514 x *A. gregoryi* V 14957 foram feitas 22 polinizações, foram colhidos quatro segmentos de fruto e duas plântulas híbridas foram obtidas a partir da germinação de três sementes em câmara de germinação (Tabela 7). Das quatro sementes obtidas, uma delas era mal formada. A caracterização morfológica das duas plantas foi feita com o uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e pela comparação com a descrição de *A. gregoryi* (Valls & Simpson 2005).

As plântulas do híbrido tinham eixo central arroxeadado e viloso. Os folíolos apicais eram oblongos e os apicais ovados (Figura 40 a). A superfície inferior e as margens dos folíolos dos híbridos e do genitor masculino *A. gregoryi* V 14957 eram vilosos (Figura 40 b, c). Segundo a descrição de *A. gregoryi* feita por Valls & Simpson (2005), os folíolos no eixo central têm pelos longos com 1,5 mm de comprimento nas

margens e nos folíolos. As plantas do híbrido tiveram bom desenvolvimento, com produção de flores e *pegs*. Porém, ainda não foi possível verificar a formação de segmentos de fruto (Tabela 7).

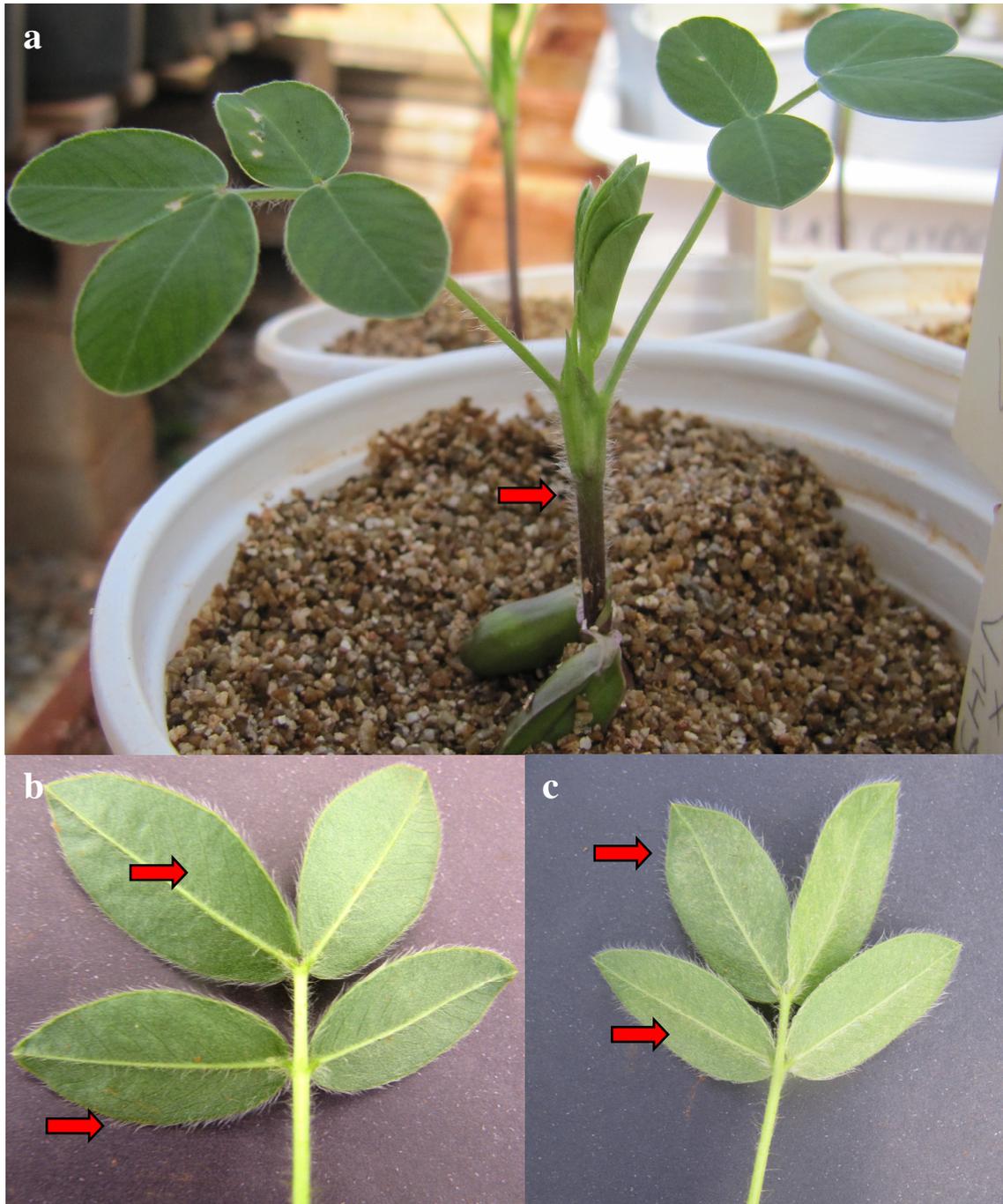


Figura 40. a) Plântula do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis gregoryi* C.E. Simpson, Krapov. & Valls V 14957. b) Superfície inferior da folha da planta adulta do híbrido. c) Superfície inferior da folha do genitor masculino *Arachis gregoryi* C.E. Simpson, Krapov. & Valls V 14957, a vilosidade é indicada pelas setas.

A viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. gregoryi* V 14957 foi de 10,5% (Tabela 7). Essa viabilidade baixa de pólen do híbrido indica que *A. valida* e *A. gregoryi*, mesmo possuindo o genoma B, têm diferenças genéticas, que foram estudadas por Custodio e colaboradores (2013). No cruzamento entre *A. gregoryi* V 14957 x *A. valida* V 13514, no trabalho de Custodio (2009), que é o cruzamento recíproco do presente estudo, foram obtidas 11 plantas híbridas com viabilidade de pólen de 5,45%. Houve a formação de *pegs* e segmentos de fruto e a porcentagem de sucesso por cruzamento foi de 9,6%.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. gregoryi* V 14957 tem genoma B x genoma B e pode ser usado na piramidização de genes de resistência a doenças e pragas no melhoramento do amendoim. O acesso V 14957 de *A. gregoryi* é resistente ao tripses do prateamento (*Enneothrips flavens* Moulton) (Janini et al. 2010) e pode ser tolerante à inundação, pois a espécie cresce no limite oeste de Mato Grosso na fronteira com a Bolívia numa área que provavelmente é inundada em pelo menos uma parte do ano, durante a estação chuvosa (Krapovickas & Gregory 1994). O acesso de *A. valida* V 13514 é resistente à mancha preta (Fávero et al. 2009).

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis gregoryi* V 14957

Eixo central ereto, cilíndrico, viloso, com dois ramos na base da planta. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é elíptico, 25,0-36,6 mm de comprimento por 9,7-15,3 mm de largura, o par apical é elíptico a lanceolado, 28,9-38,8 mm de comprimento por 10,4-17,5 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior vilosa, nervura central com pelos compridos, margens marcadas e vilosas. Pecíolo 19,4-33,3 mm de comprimento por 1,0-1,2 mm de largura, canaliculado, com cerdas, viloso. Ráquis 5,4-9,6 mm de comprimento por 0,7-1,0 mm de largura, canaliculada, com cerdas, vilosa. Pulvino viloso. Estípula comprimento total, 25,3-29,9 mm de comprimento por 2,0-2,3 mm de largura, porção livre 15,1-18,8 mm de comprimento, porção adnata 9,7-11,0 mm de comprimento, superfície superior com cerdas, margens vilosas. Ramos laterais prostados, vilosos. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é ovado, 16,1-19,8 mm de comprimento por 8,9-11,1 mm de largura, o par apical é obovado, 19,2-23,8 mm de comprimento 11,0-14,4 por mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior vilosa, nervura central com pelos compridos, margens marcadas e vilosas. Pecíolo 5,9-

7,5 mm de comprimento por 0,7-0,8 mm de largura, canaliculado, com cerdas, vilosa. Ráquis 3,3-5,3 mm de comprimento por 0,6-0,7 mm de largura, canaliculada, com cerdas, vilosa. Pulvino viloso. Estípula comprimento total, 12,9-16,6 mm de comprimento por 2,7-2,8 mm de largura, porção livre 9,2-11,2 mm de comprimento, porção adnata 4,1-4,5 mm de comprimento, superfície superior com cerdas, margens vilosas. Flores com estandarte laranja com 9,0-11,4 mm de comprimento por 11,6-16,0 mm de largura e asas amarelas. Hipanto com 49,4-59,1 mm de comprimento por 0,7-0,9 mm de largura.

5.1.6.2 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis ipaënsis* K 30076

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. ipaënsis* K 30076 foram feitas 12 polinizações. Foram colhidos dois segmentos de fruto e foi obtida uma planta híbrida pela germinação em câmara de germinação (Tabela 7). A planta do híbrido foi analisada com o uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e comparada com a descrição de *A. ipaënsis* feita por Krapovickas & Gregory (1994).

A plântula do híbrido tinha eixo central arroxeadado com pelos. Os folíolos basais eram oblongos e os apicais obovados (Figura 41 a). Na planta adulta, no eixo central, os folíolos eram elípticos e tinham margens vilosas (Figura 41 b). A planta adulta teve bom desenvolvimento. Foi observada a produção de flores e *pegs*, sem formação de segmentos de fruto (Tabela 7). Essa ausência de segmentos de fruto sugere que deve existir algum mecanismo pós-zigótico que impeça a formação de segmentos de fruto e sementes.

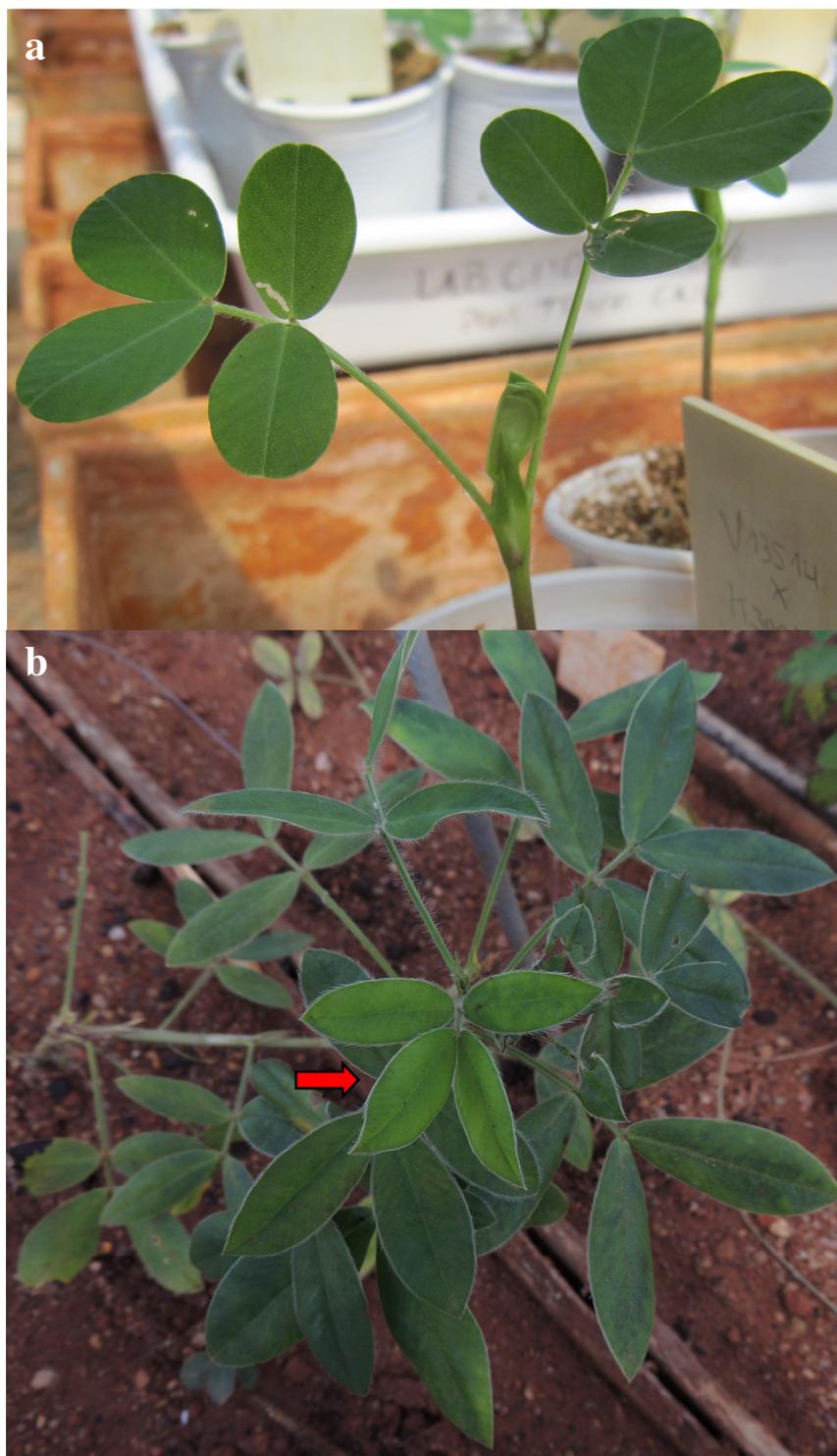


Figura 41. a) Plântula do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis ipaënsis* Krapov. & W.C. Greg. K 30076. b) Planta adulta do híbrido, com margens vilosas indicada pela seta. Foto: R.T. Queiroz.

A viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. ipaënsis* K 30076 foi de 25,3% (Tabela 7). No cruzamento entre *A. valida* KG 30011 x *A. ipaënsis* KMoF 19455 feita por Simpson (Simpson, Dados Não Publicados), a viabilidade de pólen do híbrido foi de 10,3%. A baixa viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A.*

ipaënsis K 30076 indica um mecanismo pós-zigótico na formação os híbridos que é a esterilidade do híbrido (Stebbins 1958). Além disso, *A. valida* e *A. ipaënsis*, mesmo possuindo o mesmo genoma, o genoma B, possuem diferenças genéticas (Custodio et al. 2013).

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. ipaënsis* K 30076 possui genoma B x genoma B e pode ser usado na piramidização de genes de resistência a doenças no melhoramento do amendoim, pois o acesso V 13514 de *A. valida* é resistente à mancha preta (Fávero 2009) e o acesso K 30076 de *A. ipaënsis* é resistente à mancha castanha (Pande & Rao 2001) e à lagarta do cartucho (Ramos 2007).

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis ipaënsis* K 30076

Eixo central ereto, cilíndrico, viloso, com dois ramos na base da planta. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é lanceolado, 42,6 mm de comprimento por 17,9 mm de largura, o par apical é elíptico, 37,0 mm de comprimento por 13,1 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos esparsos, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos compridos. Pecíolo 29,8 mm de comprimento por 1,4 mm de largura, canaliculado, com pelos compridos. Ráquis 8,2 mm de comprimento por 1,2 mm de largura, canaliculada, com pelos compridos. Pulvino com pelos compridos. Estípula comprimento total, 32,8 mm de comprimento por 3,2 mm de largura, porção livre 20,7 mm de comprimento, porção adnata 13,3 mm de comprimento, margens com pelos compridos. Ramos laterais prostados, vilosos. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é elíptico, 23,5 mm de comprimento por 12,4 mm de largura, o par apical é obovado, 29,0 mm de comprimento por 17,7 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos esparsos, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos. Pecíolo 12,7 mm de comprimento por 1,1 mm de largura, canaliculado, com pelos compridos. Ráquis 7,0 mm de comprimento por 0,7 mm de largura, canaliculada, com pelos compridos. Pulvino com pelos compridos. Estípula comprimento total, 21,4 mm de comprimento por 3,9 mm de largura, porção livre 16,5 mm de comprimento, porção adnata 5,4 mm de comprimento, margens com pelos compridos. Flores com estandarte laranja com 8,4-11,4 mm de

comprimento por 13,9-17,0 mm de largura e asas amarelas. Hipanto com 41,7-62,5 mm de comprimento por 0,6-0,9 mm de largura.

5.1.6.3 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis hypogaea* subsp. *hypogaea* V 12548

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. hypogaea* subsp. *hypogaea* V 12548 foram feitas 60 polinizações. Oito plântulas germinaram espontaneamente nos vasos do genitor feminino *A. valida* V 13514, porém quatro eram híbridas (Tabela 7), com 30 cromossomos (Figura 42 a). As plantas foram analisadas com o uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e foram comparadas com a descrição de *A. hypogaea* subsp. *hypogaea* (Krapovickas & Gregory 1994) e pela análise de células mitóticas em metáfase. As plantas adultas dos híbridos eram maiores do que as plantas do genitor feminino *A. valida* V 13514. (Figura 42 b). A arquitetura das plantas do híbrido e do genitor masculino *A. hypogaea* subsp. *hypogaea* V 12548 foi a mesma. Cada ramo se ramificou novamente. O formato dos folíolos dos híbridos que estão ao longo dos ramos laterais (Figura 42 c) foi similar ao formato dos folíolos do genitor masculino (Figura 42 d). As plantas do híbrido tiveram bom desenvolvimento, com produção de algumas flores somente em duas plantas (Tabela 7).



Figura 42. a) Célula em metáfase do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg V 13514 x *Arachis hypogaea* subsp. *hypogaea* V 12548, com 30 cromossomos. Aumento de 40x. b) Planta adulta do híbrido. c) Folha do híbrido. d) Folha do genitor masculino *Arachis hypogaea* subsp. *hypogaea* V 12548.

A viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. hypogaea* subsp. *hypogaea* V 12548 foi de 0,8% (Tabela 7).

No trabalho de Rodrigues (2006), usando *A. vallsii* V 7635 como genitor feminino nos cruzamentos, foi obtido um híbrido triplóide na combinação de cruzamento *A. vallsii* V 7635 x *A. hypogaea* subsp. *hypogaea* V 12548, com 4,76% de porcentagem de sucesso do cruzamento, assim como no presente estudo no cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. hypogaea* subsp. *hypogaea* V 12548 (Tabela 7). No estudo de Rodrigues (2006) também foi obtido um híbrido triplóide no cruzamento entre *A. vallsii* V 7635 x *A. hypogaea* subsp. *fastigiata* var. *peruviana* Mf 1560, com 5,88% de porcentagem de sucesso do cruzamento e um híbrido a partir do cruzamento entre *A. vallsii* V 7635 x *A. hypogaea* subsp. *fastigiata* var. *aequatoriana* Mf 1678 com 8,33% de porcentagem de sucesso do cruzamento. Já nos cruzamentos entre *A. vallsii* V 7635 x *A. hypogaea* Tipo Xingu V 12549, *A. vallsii* V 7635 x *A. hypogaea* var. *hirsuta* Mf 1538, *A. vallsii* V 7635 x *A. hypogaea* subsp. *fastigiata* var. *fastigiata* cv. Tatu e *A. vallsii* V 7635 x *A. hypogaea* subsp. *fastigiata* var. *vulgaris* cv. Tatuí não foram obtidos híbridos.

Custodio (2009) também obteve híbridos estéreis triplóides utilizando como genitor feminino *A. gregoryi* V 14957, outra espécie diplóide, nos cruzamentos com *A. hypogaea* var. *aequatoriana* Mf 1678, *A. hypogaea* subsp. *fastigiata* var. *fastigiata* cv. Tatu e *A. hypogaea* var. *hirsuta* Mf 1538. Nenhum dos híbridos floresceu. Quando fez o cruzamento de *A. gregoryi* com *A. hypogaea* var. *vulgaris* cv. Tatuí nenhum híbrido foi obtido (Custodio 2009). Assim como nesse trabalho, quando *A. valida* foi cruzado com *A. hypogaea* subsp. *fastigiata* var. *vulgaris* cv. Tatuí não foi produzido nenhum híbrido. No cruzamento de *A. gregoryi* com *A. hypogaea* subsp. *hypogaea* V 12548, nenhum híbrido foi obtido (Custodio 2009). Já no presente estudo, no cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. hypogaea* subsp. *hypogaea* V 12548, foram obtidos quatro híbridos (Tabela 7), todos triplóides e somente duas plantas floresceram.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. hypogaea* subsp. *hypogaea* acesso V 12548 é triplóide ($2n=3x=30$) e possui genoma B x genoma AB (Tabela 7). O sucesso na obtenção de híbridos entre *A. valida* e *A. hypogaea* confirma o posicionamento de *A. valida* dentro da secção *Arachis*.

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis hypogaea* subsp. *hypogaea* V 12548

Eixo central prostado, angular, glabro ou com pelos compridos, com dois a quatro ramos na base da planta que se ramificam novamente. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal é elíptico estreito, 37,7-44,2 mm de comprimento por 14,6-16,8 mm de largura, o par apical de folíolos é elíptico estreito, 41,0-49,4 mm de comprimento por 15,6-22,0 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior glabra, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos. Pecíolo 35,5-42,8 mm de comprimento por 1,4-1,7 mm de largura, canaliculado, com cerdas e pelos. Ráquis 5,4-11,0 mm de comprimento por 0,9-1,2 mm de largura, canaliculada, com pelos. Pulvino com pelos. Estípula comprimento total, 28,4-40,1 mm de comprimento por 2,1-4,2 mm de largura, porção livre 17,5-26,2 de comprimento, porção adnata 13,6-16,9 mm de comprimento, com cerdas, margens com pelos. Ramos laterais prostados, com pelos adpressos ou vilosos. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par basal é elíptico, 32,2-48,3 mm de comprimento por 14,1-17,7 mm de largura, o par apical de folíolos é elíptico, 41,0-48,8 mm de comprimento por 18,8-20,0 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior glabra, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos. Pecíolo 23,7-43,7 mm de comprimento por 1,0-1,7 mm de largura, canaliculado, com cerdas e pelos. Ráquis 5,6-10,3 mm de comprimento por 1,0 mm de largura, canaliculada, com pelos. Pulvino com pelos. Estípula comprimento total, 26,1-37,6 mm de comprimento por 1,7-4,3 mm de largura, porção livre 15,9-23,9 mm de comprimento, porção adnata 9,3-15,9 mm de comprimento, margens com pelos. Flores com estandarte laranja com 6,3-9,2 mm de comprimento por 6,3-8,0 mm de largura e asas amarelas. Hipanto com 6,0-18,1 mm de comprimento.

5.1.6.4 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis magna* V 14724

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14724 foram feitas 86 polinizações e foram colhidos 20 segmentos de frutos. Ocorreu o aborto de embriões em um segmento de fruto. Cinco sementes foram colocadas para germinar em câmara de germinação e as cinco plântulas que germinaram eram híbridas (Tabela 7). A

caracterização morfológica das cinco plantas foi feita com o uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e comparação com a descrição de *A. magna* (Krapovickas & Gregory 1994).

Os folíolos no eixo central e nos ramos laterais tinham margens vilosas (Figura 43 a). A superfície inferior dos folíolos tinha pelos adpressos (Figura 43 b). As estípulas das plantas do híbrido tinham cerdas, assim como no genitor masculino *A. magna* V 14724. As plantas tiveram bom desenvolvimento. Foram observadas flores, *pegs* e segmentos de fruto (Tabela 7). Foram obtidos três segmentos de fruto bem formados.

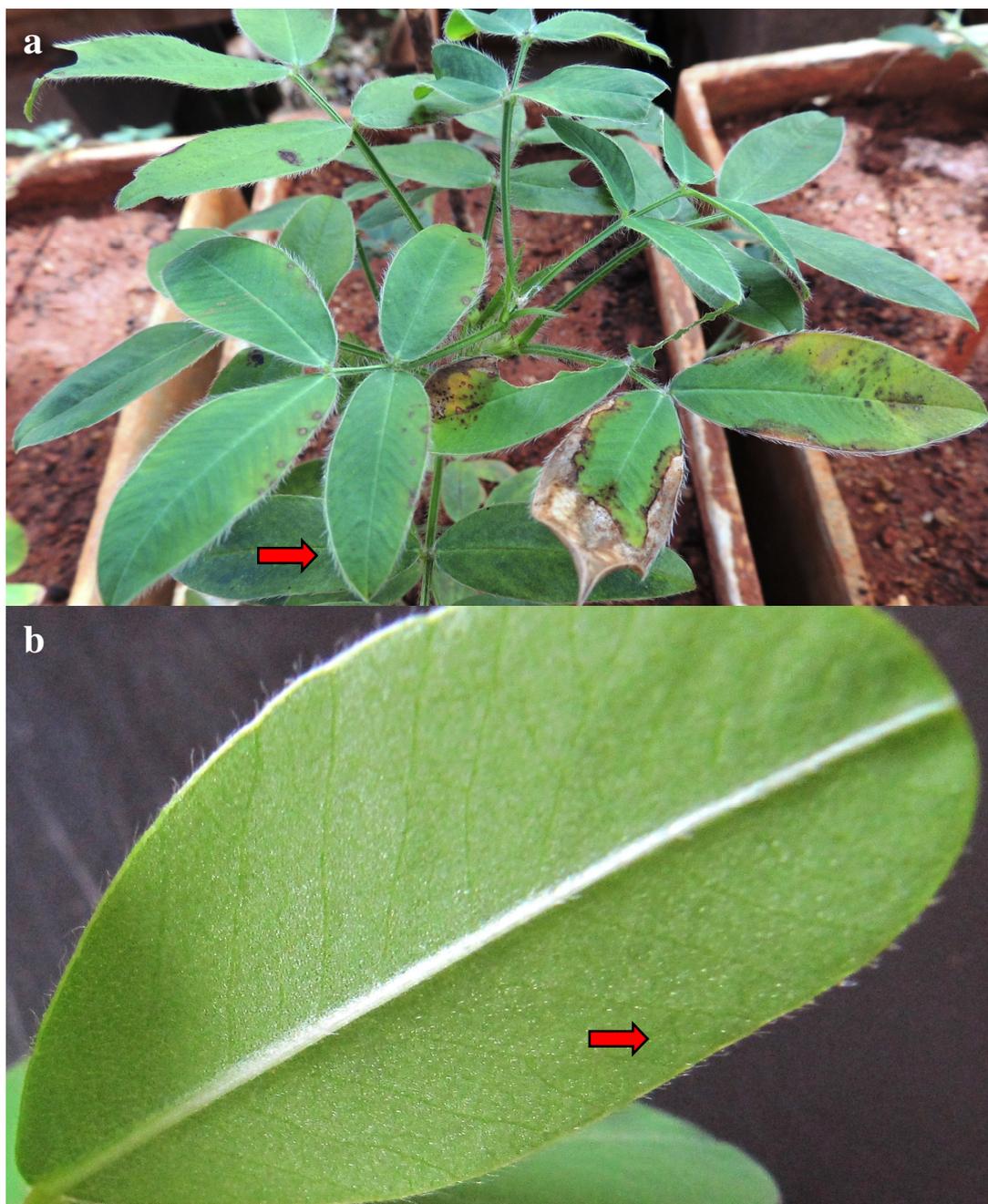


Figura 43. a) Planta adulta do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis magna* Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson V 14724, margens vilosas indicadas pela seta. Foto: R.T. Queiroz. b) Superfície inferior do folíolo do híbrido com pelos adpressos indicados pela seta.

A viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14724 foi de 27,5% (Tabela 7). No trabalho de Custodio (2009), no cruzamento entre *A. gregoryi* V 14957 x *A. magna* V 14724, a viabilidade de pólen do híbrido foi de 10,45% e a porcentagem de sucesso por cruzamento foi de 2,2%.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14724 possui genoma B x genoma B e pode ser usado na piramidização de genes de resistência a pragas pelo lado

B do genoma do amendoim nos programas de melhoramento, pois o acesso V 14724 de *A. magna* é resistente à lagarta do cartucho (Ramos 2007) e *A. valida* V 13514 à mancha preta (Fávero et al. 2009).

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis magna* V 14724

Eixo central ereto, cilíndrico, glabro, com dois ramos na base da planta. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é lanceolado, 29,0-38,6 mm de comprimento por 9,9-16,1 mm de largura, o par apical é lanceolado, 33,1-48,2 mm de comprimento por 12,6-19,6 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos compridos. Pecíolo 22,1-34,9 mm de comprimento por 1,2-1,7 mm de largura, canaliculado, com pelos compridos. Ráquis 5,3-10,8 mm de comprimento por 1,0-1,4 mm de largura, canaliculada, com cerdas e pelos compridos. Pulvino com pelos compridos. Estípula comprimento total, 29,3-34,2 mm de comprimento por 2,7-4,6 mm de largura, porção livre 17,0-19,1 mm de comprimento, porção adnata 9,2-14,1 mm de comprimento, com cerdas, margens com pelos compridos. Ramos laterais prostados, vilosos. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é ovado, 11,9-30,0 mm de comprimento por 7,4-12,5 mm de largura, o par apical é obovado, 14,3-31,4 mm de comprimento por 9,5-15,5 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos. Pecíolo 3,3-20,3 mm de comprimento por 1,0-1,2 mm de largura, canaliculado, com cerdas e pelos compridos. Ráquis 4,0-8,0 mm de comprimento por 0,8-1,2 mm de largura, canaliculada, com pelos compridos. Pulvino com pelos compridos. Estípula comprimento total, 14,7-24,2 mm de comprimento por 3,1-4,1 mm de largura, porção livre 9,0-17,6 mm de comprimento, porção adnata 4,7-7,8 mm de comprimento, com cerdas, margens com pelos compridos. Flores com estandarte laranja com 9,9-11,9 mm de comprimento por 14,6-17,5 mm de largura e asas amarelas. Hipanto com 58,8-83,3 mm de comprimento por 0,8-1,5 mm de largura. Houve a formação de *pegs* e segmentos de fruto.

5.1.6.5 Cruzamento entre *Arachis valida* V 3514 x *Arachis vallsii* V 7635

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 e *A. vallsii* V 7635 foram feitas 18 polinizações. Uma plântula germinou espontaneamente no vaso do genitor feminino *A. valida* V 13514 (Tabela 7). Essa plântula tinha eixo central arroxeadado, nenhum ramo, um folíolo e uma flor (Figura 44). Houve florescimento precoce, que é uma característica de *A. vallsii*. Porém, depois que foi transplantada para outro vaso morreu. Também houve a formação de dois segmentos de fruto vazios. A inviabilidade ou fragilidade do híbrido, seja pela desarmonia entre os genomas das espécies genitoras, pela desarmonia entre o genoma de um dos genitores o citoplasma do outro genitor ou pelas desarmonias entre o genótipo do zigoto híbrido e os genótipos do endosperma ou do tecido materno, é um mecanismo pós-zigótico (Stebbins 1958) para impedir a sobrevivência de híbridos entre espécies. *Arachis valida* e *A. vallsii* têm o mesmo habitat, crescem em pastagens com presença de carandá (*Copernicia* sp.) inundadas periodicamente na época da cheia no Pantanal e são encontradas somente na cidade de Corumbá, MS, Brasil (Krapovickas & Gregory 1994). Essa dificuldade na formação de híbridos entre essas duas espécies indica que existe isolamento reprodutivo entre elas.



Figura 44. Germinação espontânea do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 3514 x *Arachis vallsii* Krapov. & W.C. Greg. V 7635.

No trabalho de Rodrigues (2006), no cruzamento entre *A. vallsii* V 7635 x *A. valida* V 13514, não foi produzido nenhum híbrido. Já no presente estudo, no cruzamento recíproco, *A. valida* V 13514 x *A. vallsii* V 7635, foi obtida uma plântula que morreu (Tabela 7).

Simpson (Simpson, Dados não publicados) obteve um híbrido a partir do cruzamento entre *A. vallsii* 9902 x *A. valida* KG 30011 com viabilidade de pólen de 2,6%. No trabalho de Rodrigues (2006), foi feito o cruzamento de *A. vallsii*, que tem 20 cromossomos, com as três espécies da secção *Arachis* que possuem 18 cromossomos: *A. decora*, *A. palustris* e *A. praecox*. Todos os híbridos obtidos tinham 19 cromossomos, No cruzamento entre *A. vallsii* V 7635 x *A. decora* V 9955 foram obtidas três plantas híbridas com 0,5% de viabilidade de pólen do híbrido e 7,69% de sucesso do cruzamento. No cruzamento entre *A. vallsii* V 7635 x *A. palustris* V 13023 foi obtida uma planta híbrida com 0,21% de viabilidade de pólen e porcentagem de sucesso do cruzamento de 4,0%. No mesmo estudo, no cruzamento entre *A. vallsii* V 7635 e *A. paraguariensis* subsp. *paraguariensis* V 7677 foram obtidas três plantas híbridas com 0,12% de viabilidade de pólen e 30,0% de sucesso do cruzamento. No cruzamento entre *A. vallsii* V 7635 x *A. porphyrocalyx* V 7303, espécie pertencente à secção *Erectoides* que possui 19 cromossomos, não foi obtida nenhuma planta híbrida. No cruzamento entre *A. vallsii* V 7635 x *A. pintoii* W 647, espécie da secção *Caulorrhizae*, foram obtidas sete plantas híbridas com viabilidade de pólen de 12,11% e 5,69% de sucesso do cruzamento. Na combinação de cruzamento *A. vallsii* V 7635 x *A. pflugeae* V 14050, da secção *Procumbentes*, não foi obtida nenhuma planta híbrida. Já no cruzamento entre *A. vallsii* V 7635 x *A. lignosa* V 13570, espécie da mesma secção que *A. pflugeae*, foram obtidas oito plantas híbridas. A porcentagem de sucesso do cruzamento foi de 12,31%. No cruzamento entre *A. vallsii* V 7635 x (*A. paraguariensis* subsp. *paraguariensis* V 7677 x *A. pflugeae* V 14050) foram obtidas três plantas híbridas. A porcentagem de sucesso do cruzamento foi de 10,71%. No trabalho de Custodio (2009), no cruzamento entre *A. gregoryi* V 14957 x *A. vallsii* V 7635 foram obtidas 10 plantas híbridas. A porcentagem de sucesso por cruzamento foi de 11,90%. As plantas não floresceram.

O uso de *A. vallsii* e *A. valida* no melhoramento do amendoim é interessante, pois como são encontradas em locais periodicamente inundados na época da cheia no pantanal (Krapovickas & Gregory 1994), podem ser tolerância ao alagamento e podem possuir resistência a doenças relacionadas ao excesso de umidade. Além disso, *A. vallsii* V 7635 é resistente à mancha preta e à lagarta do cartucho (Ramos 2007) e *A. valida* V 13514 à mancha preta (Fávero et al. 2009).

5.1.6.6 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis chiquitana* K 36027

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. chiquitana* K 36027 foram feitas 47 polinizações e foram colhidos 14 segmentos de fruto que foram armazenados em câmara de germinação. Três plântulas germinaram espontaneamente no vaso do genitor feminino *A. valida* V 13514, Porém, duas delas morreram depois de serem transplantadas para outros vasos e não puderam ser analisadas. A caracterização morfológica da planta foi feita com o uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e pela comparação com a descrição de *A. chiquitana* (Krapovickas & Gregory 1994).

A planta adulta do híbrido tinha eixo central ereto, glabro com muitas ramificações na base (Figura 45 a) e pelos e cerdas nas margens dos folíolos (Figura 45 b). O eixo central ereto da planta híbrida foi herdado do genitor feminino *A. valida*, pois o genitor masculino, *A. chiquitana* tem o eixo central prostrado. As cerdas nas margens dos folíolos foram herdadas do genitor masculino *A. chiquitana* K 36027. A planta do híbrido teve bom desenvolvimento, com a produção de poucas flores. Não foram obtidos *pegs* nem segmentos de fruto (Tabela 7).

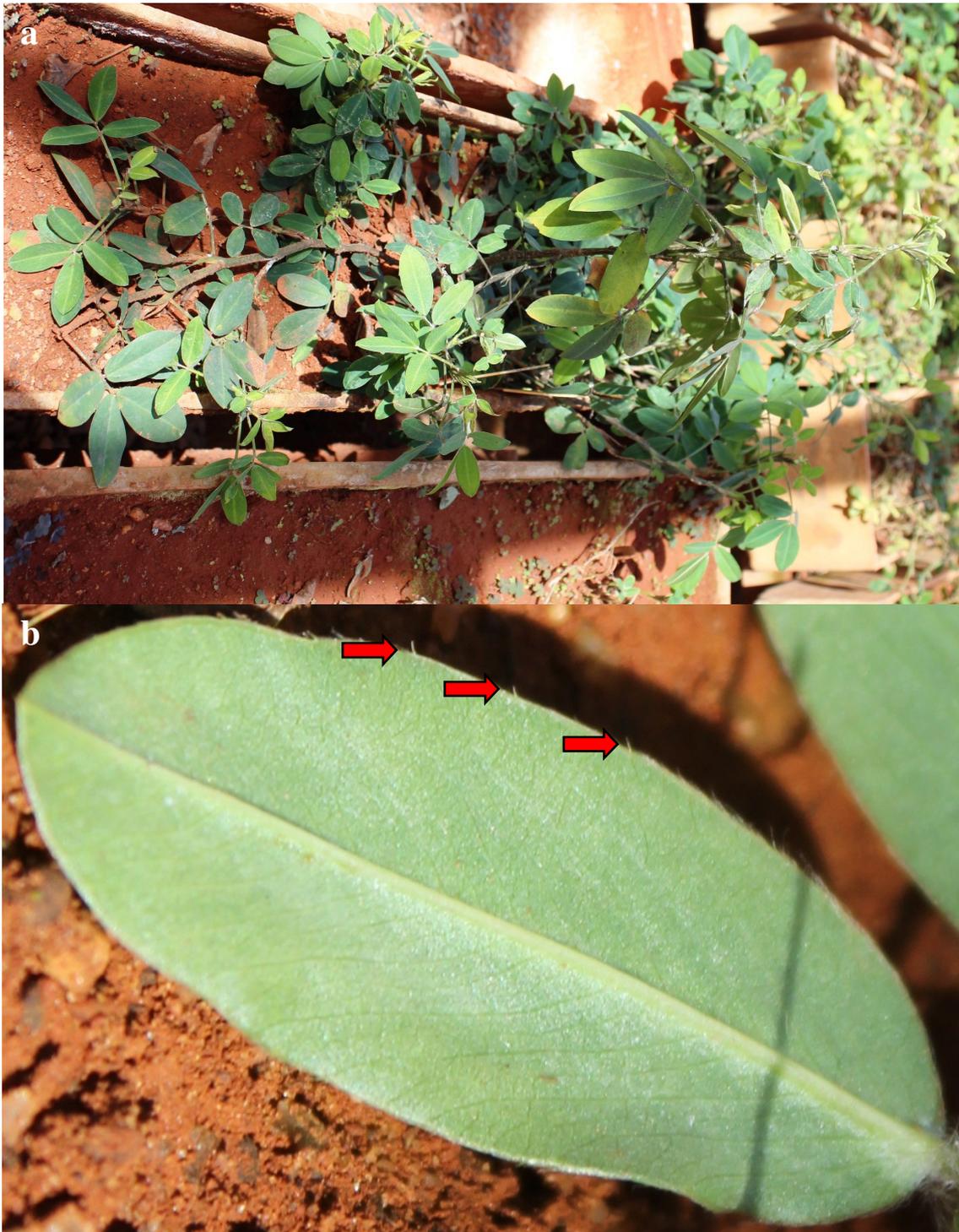


Figura 45. a) Planta adulta do híbrido de *Arachis valida* V 13514 Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis chiquitana* Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson K 36027. b) Folíolo do híbrido, com cerdas nas margens indicadas pelas setas. Fotos: I. Lüdke.

A viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. chiquitana* K 36027 foi de 8,6% (Tabela 7). Essa baixa viabilidade indica que as duas espécies são distantes geneticamente.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. chiquitana* K 36027 tem genoma B x genoma A chiquitano (Tabela 7) e, por possuir o par de cromossomos A, pode ter afinidade com *A. hypogaea* (Krapovickas & Gregory 1994). O híbrido pode ser usado na introgressão de genes de resistência à mancha preta no melhoramento do amendoim, pois o acesso V 13514 de *A. valida* é resistente à mancha preta (Fávero et al. 2009).

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis chiquitana* K 36027

Eixo central ereto, cilíndrico, glabro, com dois ramos na base da planta que se ramificam. No eixo central, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é elíptico, 37,7 mm de comprimento por 17,1 mm de largura, o par apical é elíptico, 41,9 mm de comprimento por 20,0 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com cerdas e pelos. Pecíolo 28,9 mm de comprimento por 1,3 mm de largura, canaliculado, com pelos compridos. Ráquis 4,4 mm de comprimento por 1,0 mm de largura, canaliculada, com pelos compridos. Pulvino com pelos. Estípula comprimento total, 27,5 mm de comprimento por 2,4 mm de largura, porção livre 20,6 mm de comprimento, porção adnata 10,0 mm de comprimento, margens com pelos. Ramos laterais prostados, glabros. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é lanceolado, 25,0 mm de comprimento por 9,0 mm de largura, o par apical é elíptico, 27,4 mm de comprimento por 12,1 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com cerdas e pelos. Pecíolo 23,7 mm de comprimento por 1,3 mm de largura, canaliculado, com pelos compridos. Ráquis 5,6 mm de comprimento por 1,0 mm de largura, canaliculada, com pelos compridos. Pulvino com pelos. Estípula comprimento total, 27,9 mm de comprimento por 4,3 mm de largura, porção livre 15,9 mm de comprimento, porção adnata 9,3 mm de comprimento, margens com pelos. Flores com estandarte laranja e asas amarelas.

5.1.6.7 Cruzamento entre *Arachis valida* V 13514 x *Arachis magna* V 14707

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14707 no primeiro ciclo de cruzamentos foi colhido um segmento de fruto. A semente colocada na câmara de germinação deu origem a uma planta híbrida. Na plântula do híbrido, no eixo central e nos ramos laterais os folíolos eram oblongos, ocasionalmente um pouco ovados. A superfície inferior dos folíolos tinha pelos adpressos, que foram herdados de *A. magna*. A planta adulta tinha dois ramos laterais na base (Figura 46 a). A flor tinha estandarte laranja e asas amarelas (Figura 46 b). Foi observado florescimento sem produção de *pegs* (Figura 46 c). A planta teve desenvolvimento lento, que pode ser causado por mecanismos pós-zigóticos para retardar a formação de híbridos (Stebbins 1958).



Figura 46. a) Planta adulta do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis magna* Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson V 14707 no primeiro ciclo de cruzamentos. b) Ramo com flores. c) Ramo com flores secas e ausência de *pegs*.

No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14707 no segundo ciclo de cruzamentos, foram feitas cinco polinizações e também foi colhido um segmento de fruto. A semente foi colocada na câmara de germinação e a plântula que germinou era híbrida (Tabela 7). A caracterização morfológica da planta do híbrido foi feita com o uso de descritores morfológicos (IBPGR/ICRISAT 1992) e pela comparação com a descrição de *A. magna* (Krapovickas & Gregory 1994).

Os folíolos basais e apicais dos ramos laterais da planta do híbrido eram elípticos. A planta teve bom desenvolvimento. Foram produzidas flores. Ocorreu a formação de *pegs* (Tabela 7, Figura 47).



Figura 47. Ramo lateral da planta adulta do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis magna* Krapov. & W.C. Greg. V 14707 no segundo ciclo de cruzamentos, com *pegs* indicados pela seta. Foto: R.T. Queiroz.

A viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14707 foi de 39,4% (Tabela 7), a mais alta dentre todos os híbridos interespecíficos obtidos. Mesmo as duas espécies genitoras possuindo o mesmo genoma, o genoma B, a baixa viabilidade de pólen indica que *A. valida* e *A. magna* possuem diferenças genéticas, o que foi constatado por Custodio e colaboradores (2013). Rodrigues (2006) utilizando o mesmo acesso de *A. magna* usado no presente trabalho, no cruzamento entre *A. vallsii* V 7635 x *A. magna* V 14707, obteve uma planta híbrida com viabilidade de pólen de 0,50% e porcentagem de sucesso do cruzamento de 4,35%.

O híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14707 tem genoma B x genoma B e pode ser utilizado no pré-melhoramento do amendoim na piramidização de genes de resistência a doenças e pragas nos programas de melhoramento do amendoim. O acesso V 14707 (=V 13765) de *A. magna* é resistente à lagarta do cartucho (Ramos 2007), mancha castanha e mancha preta (Fávero et al. 2009) e *A. valida* V 3514 também é resistente à mancha preta (Fávero et al. 2009).

A) Descrição do híbrido de *Arachis valida* V 13514 x *Arachis magna* V 14707

Eixo central ereto, cilíndrico, glabro ou com pelos adpressos, com dois ramos na base da planta. Ramos laterais prostados, vilosos. Nos ramos laterais, as folhas são tetrafolioladas, o par basal de folíolos é elíptico, 21,2 mm de comprimento por 10,4 mm de largura, o par apical é elíptico, 26,3 mm de comprimento por 12,1 mm de largura, ápice mucronado, superfície superior glabra, superfície inferior com pelos adpressos, nervura central com pelos compridos, nervuras e margens marcadas, margens com pelos compridos. Pecíolo 18,7 mm de comprimento por 1,1 mm de largura, canaliculado, com pelos compridos. Ráquis 6,0 mm de comprimento por 0,8 mm de largura, canaliculada, com pelos compridos. Pulvino com pelos compridos. Estípula comprimento total, 17,7 mm de comprimento por 3,0 mm de largura, porção livre 11,5 mm de comprimento, porção adnata 6,7 mm de comprimento, margens com pelos compridos. Flores com estandarte laranja e asas amarelas. Houve a formação de *pegs*.

5.1.7 Grupo 7

No grupo 7 são encontradas sete combinações de cruzamento com 0% de sucesso do cruzamento (Tabela 7).

Em alguns cruzamentos: *A. valida* V 13514 x *A. correntina* Clos 5930, *A. valida* V 13514 x *A. duranensis* V 14167, *A. valida* V 13514 x *A. cruziana* Wi 1302-3, *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* Wi 1504w, *A. valida* V 13514 x *A. linearifolia* V 9401, *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14724, *A. valida* V 13514 x *A. A. valida* V 13514 x *A. vallsii* V 7635, *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* K 30079 e *A. valida* K 30147 x *A. vallsii* V 9902-1 ocorreu a formação de segmentos de fruto vazios, segmentos de fruto com sementes pequenas e mal formadas ou resquícios de sementes e, possivelmente

com embriões abortados. No cruzamento entre *A. valida* V 13514 x *A. glandulifera* V 13738, houve a produção de 16 segmentos de fruto vazios, com sementes mal formadas ou com resquícios de sementes (Figura 48) de um total de 27 segmentos de frutos (Tabela 7). No trabalho de Custodio (2009), no cruzamento entre *A. gregoryi* V 14957 com o mesmo acesso de *A. glandulifera* usado no presente estudo, V 13738, também houve o aborto de embriões. Foram obtidos 27 segmentos de fruto, porém em 25 deles não houve a formação de sementes. Foi obtida somente uma planta híbrida pelo resgate de embriões, que apresentou bom desenvolvimento. No mesmo trabalho, nos cruzamentos entre *A. gregoryi* x *A. hypogaea* e *A. gregoryi* x *A. monticola*, foram obtidas algumas sementes com embriões abortados nos estágios iniciais de desenvolvimento.



Figura 48. Segmento de fruto do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis glandulifera* Krapov. & W.C. Greg. V 13738 com semente mal formada e possivelmente com embrião abortado.

Gregory (1946), quando cruzou *A. hypogaea* x *A. villosulicarpa*, que são de secções diferentes e têm níveis de ploidia diferentes, obteve frutos maduros que continham somente resquícios de sementes. Os frutos eram menores do que os frutos produzidos por autofecundação do genitor feminino. No estudo de Johansen & Smith (1956), todas as sementes obtidas a partir do cruzamento entre *A. hypogaea* x *A. diogeni*, que também possuem níveis diferentes de ploidia, estavam abortadas. Esses autores verificaram a falha do embrião associada com o atraso do alongamento do fruto e do crescimento do endosperma e embrião, falha na diferenciação do embrião e hiperplasia dos integumentos. Além disso, no cruzamento entre *A. hypogaea* x *A. glabrata* a fertilização também falhou e a maioria dos embriões permaneceu pequena. Nos cruzamentos realizados por Pompeu (1983) entre *A. hypogaea* e *A. archeri* também foram encontradas algumas sementes com embriões abortados.

Tallury e colaboradores (2005) também encontraram segmentos de fruto com sementes abortadas nos cruzamentos entre *A. duranensis* com *A. benensis*, *A. cruziana*,

A. palustris e *A. praecox*. No mesmo estudo, nos cruzamentos entre *A. batizocoi* com *A. benensis*, *A. palustris* e *A. praecox* foram obtidos segmentos de fruto com embriões abortados. Todas as espécies de *Arachis* produzem vagens abaixo do solo, o que torna o monitoramento reprodutivo difícil em cruzamentos interespecíficos onde o embrião freqüentemente é abortado. Embora os *pegs* possam parecer saudáveis durante várias semanas depois da fertilização, os embriões de muitos cruzamentos interespecíficos exibem crescimento lento durante esse período, o que leva ao aborto em um estágio posterior (Tallury et al. 1995). Isso pode ter ocorrido na combinação de cruzamento *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* Wi 1282. O crescimento dos *pegs* foi lento, os *pegs* eram frágeis e mais finos do que os *pegs* de outras plantas do mesmo acesso de *A. valida*. Na colheita dos segmentos de fruto foi verificado que os embriões estavam abortados.

O aborto de embriões é um mecanismo pós-zigótico, que pode ser causado pelas desarmonias entre o genótipo do zigoto híbrido e os genótipos do endosperma ou do tecido materno (Stebbins 1958) e isso pode ter ocorrido nos híbridos.

5.2 Caracterização morfológica das plântulas dos híbridos

As plântulas dos híbridos de *Arachis* manifestam precocemente características dos genitores masculinos, como, por exemplo, a pilosidade no eixo central da plântula. Se o eixo central da plântula do genitor masculino é viloso, o eixo central da plântula híbrida também é viloso. As plântulas dos híbridos de *A. valida* V 13514 x *A. cruziana* Wi 1302-3, *A. valida* V 13514 x *A. krapovickasii* Wi 1291, *A. valida* V 13514 x *A. villosa* V 14316, *A. valida* V 13514 x *A. batizocoi* K 9484 têm o epicótilo viloso (Tabela 8) e as plantas adultas dos híbridos de *A. valida* V 13514 x *A. cruziana* Wi 1302-3, *A. valida* V 13514 x *A. krapovickasii* Wi 1291, *A. valida* V 13514 x *A. villosa* V 14316, *A. valida* V 13514 x *A. batizocoi* K 9484, *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* K 30080 tall, *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* Wi 1265, *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* Wi 1282, *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* Wi 1504w e *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* Wi 1508-2A têm o eixo central viloso. As plântulas dos híbridos avaliadas tinham pelos no epicótilo. Já a presença de antocianina no epicótilo foi variável. O hipocótilo de todas as plântulas era glabro. O hipocótilo tinha antocianina somente nos híbridos com genoma B x B, *A. valida* V 13514 x *A. gregoryi* V 14957, *A. valida* V 13514 x *A. ipaënsis* K 30076, *A. valida* V 13514 x *A. magna* K 30097 of, *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14724, *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14727 e *A. valida* V

13514 x *A. valida* V 15096, com exceção do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14707. O genitor feminino *A. valida* V 13514 não tem antocianina no hipocótilo, já o genitor masculino *A. valida* V 15096 tem antocianina no hipocótilo. A presença de antocianina nos pecíolos cotiledonares e nos cotilédones foi variável nas plântulas. A superfície cotiledonar de todas as plântulas era sulcada (Tabela 8). Carpes (2010), no seu estudo sobre germinação de espécies de *Arachis*, encontrou uma grande variação nos mesmos caracteres analisados nas plântulas no presente estudo. Um caráter que pode auxiliar na identificação de plantas híbridas é a pilosidade no epicótilo. As plântulas do genitor feminino *A. valida* têm pelos no epicótilo, porém, o epicótilo não é viloso. A presença de antocianina no hipocótilo também pode auxiliar na identificação das plantas, pois só foi encontrada antocianina no hipocótilo das plântulas dos híbridos com genoma B x genoma B.

Não foi feita a caracterização morfológica das plântulas dos híbridos de *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* Wi 1265, *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* Wi 1282, *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* Wi 1504w, *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* Wi 1508-2A, *A. valida* K 30147 x *A. batizocoi* K 30080 tall, *A. valida* K 30147 x *A. ipaënsis* K 30076, *A. valida* K 30147 x *A. magna* K 30093, *A. valida* K 30147 x *A. magna* K 30097 yf, *A. valida* K 30147 x *A. herzogii* K 36030, *A. valida* K 30147 x *A. simpsonii* V 13724-2, *A. valida* V 13514 x *A. benensis* K 35005, *A. valida* V 13514 x *A. hypogaea* subsp. *hypogaea* V 12548, *A. valida* V 13514 x *A. microsperma* V 14042, *A. valida* V 13514 x *A. praecox* V 14682, *A. valida* V 13514 x *A. stenosperma* V 10309 e *A. valida* V 13514 x *A. vallsii* V 7635.

Tabela 8. Caracterização morfológica das plântulas dos híbridos de *Arachis*: epicótilo, hipocótilo e cotilédones. ±: presença ou ausência. +: presença. -: ausência. 0: ausência da estrutura para avaliação.

Cruzamento Genitor ♀ <i>A. valida</i> V 13514 x Genitor ♂	Epicótilo			Hipocótilo			Cotilédones			
	Comprimento (mm)	Pilosidade	Antocianina	Comprimento (mm)	Pilosidade	Antocianina	Comprimento pecíolo (mm)	Antocianina pecíolo	Superfície cotiledonar	Antocianina cotilédone
<i>A. aff. hoehnei</i> V 9140	19,0-60,0	pelos adpressos	-	18,0-50,0	-	-	5,1-8,6	+	sulcada	-
<i>A. krapovickasii</i> Wi 1291	21,0-73,0	viloso	±	20,0-83,0	-	-	3,9-12,6	-	sulcada	-
<i>A. correntina</i> Clos 5930	35,0-134,0	pelos	±	16,0-62,0	-	-	5,1-40,2	-	sulcada	-
<i>A. cardenasii</i> G 10017	31,0-51,5	pelos	-	43,0-61,9	-	-	4,9-8,4	-	sulcada	-
<i>A. diogoi</i> Vp 5000	39,0-58,0	pelos	±	29,0	-	-	0	0	0	0
<i>A. duranensis</i> V 14167	35,0-121,0	pelos	-	33,0-93,0	-	-	3,4-4,2	-	sulcada	-
<i>A. cruziana</i> Wi 1302-3	19,0-85,0	viloso	±	15,5-17,0	-	-	3,4-9,5	-	sulcada	-
<i>A. batizocoi</i> K 9484	23,0-50,0	viloso	±	19,0-23,0	-	-	0	0	0	0
<i>A. kempff-mercadoi</i> V 13250	32,0-85,5	pelos	+	35,0-96,0	-	-	4,7-13,5	+	sulcada	-
<i>A. linearifolia</i> V 9401	22,3-119,0	pelos	-	24,0-65,0	-	-	4,8-5,4	+	sulcada	-
<i>A. valida</i> V 15096	19,9-25,5	pelos	+	6,1-8,9	-	+	3,4-5,0	+	sulcada	-
<i>A. magna</i> K 30097 of	55,5-66,6	pelos	+	9,8-12,8	-	+	2,5-6,5	+	sulcada	-
<i>A. magna</i> V 14727	54,0-69,8	pelos	+	6,5-8,6	-	+	4,9-7,0	+	sulcada	+
<i>A. williamsii</i> Wi 1118	26,7-40,5	pelos	+	5,9-7,1	-	+	4,4-6,3	+	sulcada	-

Tabela 8. Continuação.

Cruzamento		Epicótilo		Hipocótilo			Cotilédones			
Genitor ♀ <i>A. valida</i> V 13514 x Genitor ♂	Comprimento (mm)	Pilosidade	Antocianina	Comprimento (mm)	Pilosidade	Antocianina	Comprimento pecíolo (mm)	Antocianina pecíolo	Superfície cotiledonar	Antocianina cotilédone
<i>A. schinirii</i> V 9923	13,0-97,0	pelos	-	28,0-83,0	-	-	4,0-12,5	-	sulcada	-
<i>A. villosa</i> V 14316	33,0	viloso	+	57,0	-	-	0	0	0	0
<i>A. magna</i> V 14707	101,9	pelos	+	10,3	-	-	3,9-5,7	+	sulcada	-
<i>A. gregoryi</i> V 14957	28,1	vilosa	+	6,3	-	+	3,9-5,3	+	sulcada	-
<i>A. ipaënsis</i> K 30076	69,4	pelos	+	9,8	-	+	5,4-5,4	+	sulcada	-
<i>A. magna</i> V 14724	8,3-38,5	pelos	+	7,3-10,3	-	+	4,4-6,7	±	sulcada	±
<i>A. chiquitana</i> K 36027	19,1-64,3	pelos adpressos	+	9,1-9,8	-	-	3,2-4,5	0	0	0

subsp: subespécie.

5.3 Comparação de caracteres morfológicos dos genitores masculinos, femininos e dos híbridos de *Arachis*

Na maioria das plantas adultas dos híbridos obtidos, os folíolos no eixo central têm o mesmo formato ou formato parecido com os folíolos do genitor feminino *A. valida*. Porém, nos ramos laterais, os folíolos têm o mesmo formato ou o formato parecido com os folíolos das plantas adultas dos genitores masculinos. Nas plântulas e nas plantas adultas dos híbridos de *A. valida* V 13514 x *A. batizocoi* K 9484, *A. valida* V 13514 x *A. diogoi* Vp 5000, *A. valida* V 13514 x *A. kempff-mercadoi* V 13250, *A. valida* V 13514 x *A. linearifolia* V 9401 e *A. valida* V 13514 x *A. praecox* V 14682 os folíolos tanto do eixo central quanto dos ramos laterais têm o mesmo formato das plantas adultas dos genitores masculinos. Foi observado o formato lanceolado dos folíolos do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. diogoi* Vp 5000, o formato linear-lanceolado dos folíolos do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. linearifolia* V 9401 e *A. valida* V 13514 x *A. praecox* V 14682 e o formato obovado nos folíolos do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. kempff-mercadoi* V 13250.

Foi observada a presença de pelos adpressos na superfície superior dos folíolos dos híbridos de *A. valida* V 13514 x *A. correntina* Clos 5930 e *A. valida* V 13514 x *A. diogoi* Vp 5000 (Tabela 9), que também são encontrados na superfície superior dos folíolos dos dois genitores masculinos *A. correntina* e *A. diogoi* (Krapovickas & Gregory 1994). Outro caráter observado nos híbridos foi a pilosidade na superfície inferior dos folíolos, que, em quase todos os híbridos, com exceção do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. benensis* K 35005, foi herdado do genitor masculino usado no cruzamento. As margens ciliadas dos folíolos dos híbridos de *A. valida* V 13514 x *A. aff. hoehnei* V 9140, *A. valida* K 30147 x *A. herzogii* K 36030 e *A. valida* V 13514 x *A. schininii* V 9923 (Tabela 9) foi outro caráter herdado dos genitores masculinos *A. aff. hoehnei* V 9140, *A. herzogii* K 36030 (Krapovickas & Gregory 1994) e *A. schininii* V 9923 (Valls & Simpson 2005). A presença ou ausência de cerdas nas estípulas das plantas dos híbridos foi outro caráter observado. Nos híbridos que tiveram genitores masculinos com cerdas nas estípulas, também foram encontradas cerdas nas estípulas das plantas híbridas, com exceção dos híbridos de *A. valida* K 30147 x *A. simpsonii* V 13724-2 e *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14707 (Tabela 9). No genitor masculino *A. simpsonii* V 13724-2 são observadas estípulas com poucas cerdas ou estípulas sem cerdas. No genitor masculino *A. magna* V 1707 são observadas poucas cerdas nas

estípulas. Em *Arachis*, em cruzamentos entre um genitor com flores amarelas com um genitor com flores laranja, os híbridos têm flores amarelas, pois a cor amarela é dominante sobre todas as cores de flores encontradas em *Arachis* (Simpson et al. 1994). Todos os híbridos resultantes de cruzamentos com genitores masculinos que têm flores amarelas também tiveram flores amarelas (Tabela 9).

Tabela 9. Comparação de caracteres morfológicos: superfície superior e inferior dos folíolos, presença ou ausência de cílios nas margens dos folíolos, presença ou ausência de cerdas nas estípulas e cor de flor dos genitores masculinos (♂), femininos (♀) e dos híbridos (H) de *Arachis*. ±: presença ou ausência. +: presença. -: ausência. 0: sem flor. *: morte precoce do híbrido.

Cruzamento Genitor ♀ <i>A. valida</i> x Genitor ♂	Superfície superior dos folíolos com pelos adpressos ♂/♀/H	Superfície inferior dos folíolos com pelos adpressos ♂/♀/H	Superfície inferior dos folíolos vilosa ♂/♀/H	Margens dos folíolos ciliadas	Cerdas nas estípulas ♂/♀/H	Flores amarelas ♂/♀/H	Flores laranja ♂/♀/H
V 13514 x <i>A. aff. hoehnei</i> V 9140	-/-	+/-+	-/-	+/-+	+/-+	-/0	+/+0
V 13514 x <i>A. krapovickasii</i> Wi 1291	-/-	-/-	+/-+	-/-	+/-+	-/-	+/++
K 30147 x <i>A. batizocoi</i> Wi 1508-2A	-/-	-/-	+/-+	-/-	+/-+	+/-+	-+/-
K 30147 x <i>A. batizocoi</i> K 30080 tall	-/-	-/-	+/-+	-/-	+/-+	+/-+	-+/-
K 30147 x <i>A. ipaënsis</i> K 30076	-/-	+/-+	-/-	-/-	-/-	-/-	+/++
K 30147 x <i>A. magna</i> K 30097 yf	-/-	+/-+	-/-	-/-	+/-+	+/-+	-+/-
K 30147 x <i>A. herzogii</i> K 36030	-/-	+/-+	-/-	+/-+	-/-	-/-	+/++
K 30147 x <i>A. simpsonii</i> V 13724-2	+/-	+/-+	-/-	-/-	±/-	-/-	+/++
V 13514 x <i>A. correntina</i> Clos 5930	±/-+	+/-+	-/-	-/-	-/-	-/-	+/++
V 13514 x <i>A. cardenasii</i> G 10017	-/-	+/-+	-/-	-/-	-/-	-/-	+/++
V 13514 x <i>A. diogoi</i> Vp 5000	+/-+	+/-+	-/-	-/-	-/-	-/0	+/+0
V 13514 x <i>A. microsperma</i> V 14042	-/-*	+/-*	-/-*	-/-*	-/-*	-/-*	+/+*
K 30147 x <i>A. batizocoi</i> Wi 1265	-/-	-/-	+/-+	-/-	+/-+	+/-+	-+/-
K 30147 x <i>A. magna</i> K 30093	-/-	+/-	-/-	-/-	-/-	-/-	+/++
V 13514 x <i>A. duranensis</i> V 14167	-/-	+/-+	-/-	-/-	-/-	+/-+	-+/-
V 13514 x <i>A. cruziana</i> Wi 1302-3	-/-	+/-+	+/-+	-/-	+/-+	-/-	+/++
V 13514 x <i>A. batizocoi</i> K 9484	-/-	-/-	+/-+	-/-	+/-+	+/-+	-+/-
K 30147 x <i>A. batizocoi</i> Wi 1504w	-/-	-/-	+/-+	-/-	+/-+	+/-+	-+/-
V 13514 x <i>A. kempff-mercadoi</i> V 13250	-/-	+/-+	-/-	-/-	-/-	-/0	+/+0
V 13514 x <i>A. linearifolia</i> V 9401	-/-	+/-+	-/-	-/-	-/-	-/0	+/+0
V 13514 x <i>A. benensis</i> K 35005	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	+/++
V 13514 x <i>A. stenosperma</i> V 10309	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	+/-+	-+/-
V 13514 x <i>A. valida</i> V 15096	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	+/++
V 13514 x <i>A. magna</i> K 30097 of	-/-	+/-+	-/-	-/-	-/-	-/-	+/++
V 13514 x <i>A. magna</i> V 14727	-/-	+/-+	-/-	-/-	+/-+	-/-	+/++
V 13514 x <i>A. williamsii</i> Wi 1118	-/-	-/+	-/-	-/-	-/-	-/-	+/++
V 13514 x <i>A. schininii</i> V 9923	-/-	-/+	+/-	+/-+	+/-+	-/-	+/++
V 13514 x <i>A. villosa</i> V 14316	-/-	-/-	+/-+	-/-	-/-	-/-	+/++

Tabela 9. Continuação.

Cruzamento Genitor ♀ <i>A. valida</i> x Genitor ♂	Superfície superior dos folíolos com pelos ♂/♀/H	Superfície inferior dos folíolos com pelos adpressos ♂/♀/H	Superfície inferior dos folíolos vilosa ♂/♀/H	Margens dos folíolos ciliadas	Cerdas nas estípulas ♂/♀/H	Flores amarelas ♂/♀/H	Flores laranja ♂/♀/H
K 30147 x <i>A. batizocoi</i> Wi 1282	-/-	-/-	+/-/+	-/-	+/-/+	+/-/+	-/+/-
V 13514 x <i>A. praecox</i> V 14682	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	+/+/+
V 13514 x <i>A. magna</i> V 14707	-/-	+/-/+	-/-	-/-	+/-/-	-/-	+/+/+
V 13514 x <i>A. gregoryi</i> V 14957	-/-	-/-	+/-/+	-/-	+/-/+	-/-	+/+/+
V 13514 x <i>A. ipaënsis</i> K 30076	-/-	+/-/+	-/-	-/-	-/-	-/-	+/+/+
V 13514 x <i>A. benensis</i> K 35005	-/-	-/-/+	-/-	-/-	-/-	-/-	+/+/+
V 13514 x <i>A. hypogaea</i> subsp. <i>hypogaea</i> V 12548	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	+/+/+
V 13514 x <i>A. magna</i> V 14724	-/-	+/-/+	-/-	-/-	+/-/+	-/-	+/+/+
V 13514 x <i>A. vallsii</i> V 7635	-/-*	-/-*	-/-*	-/-*	+/-*	-/-*	+/+*
V 13514 x <i>A. chiquitana</i> K 36027	-/-	±/-	-/-	-/-	-/-	-/-	+/+/+

subsp: subespécie.

Uma característica observada nos híbridos de *Arachis* nesse estudo, e em outros estudos sobre cruzamentos foi a germinação espontânea das plântulas pela ausência de dormência das sementes. Outra característica observada nesse e em outros estudos (Rodrigues 2006, Custodio 2009) foi a presença dos primeiros folíolos mal formados em algumas plântulas. Depois de um tempo, a formação dos folíolos é normal, na maioria das vezes. Nos híbridos de *A. valida* V 13514 x *A. diogoi* Vp 5000 os folíolos das primeiras folhas eram unidos. Nos híbridos de *A. valida* V 13514 x *A. correntina* Clos 5930, *A. valida* V 13514 x *A. duranensis* V 14167 e *A. valida* V 13514 x *A. schininii* V 9923 os folíolos apresentaram clorose nas nervuras, encarquilhamento dos folíolos e necrose nas bordas. Nas plântulas e nas plantas do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. kempff-mercadoi* V 13250 todas as folhas eram mal formadas com um, dois, três ou quatro folíolos com diferentes tamanhos e menores que os folíolos dos genitores. Não foram observadas anomalias na formação de folhas nas plântulas dos genitores femininos e masculinos utilizados no presente estudo.

Nos cruzamentos entre *A. valida*, que é uma espécie anual da secção *Arachis* com espécies perenes da mesma secção, como *A. cardenasii*, *A. correntina*, *A. linearifolia* e *A. villosa*, os híbridos de *A. valida* V 13514 x *A. cardenasii* G 10017, *A. valida* V 13514 x *A. correntina* Clos 5930, *A. valida* V 13514 x *A. linearifolia* V 9401 e *A. valida* V 13514 x *A. villosa* V 14316 são perenes.

Mesmo *A. valida* e *A. magna* tendo ciclos anuais, o híbrido entre essas duas espécies, *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14707 obtido no primeiro ciclo de cruzamentos, viveu por mais de um ano, pois não gastou suas energias na produção de frutos, pois era estéril. Já no híbrido obtido no segundo ano houve a formação de *pegs*. Nos híbridos de *A. valida* V 13514 x *A. magna* K 30097 of, *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14724 e *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14727, houve a produção de segmentos de frutos bem formados e alguns segmentos de fruto vazios. Em uma planta do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14727 houve autofecundação e germinação espontânea de duas plântulas que floresceram e tiveram viabilidade de pólen mais alta do que o genitor feminino *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14727. Essa produção de segmentos de frutos bem formados e de plântulas híbridas F₂ indica que *A. valida* é próxima geneticamente de *A. magna*.

5.4 Análise da viabilidade de pólen dos genitores

A viabilidade de pólen dos genitores, com exceção de *A. linearifolia*, foi acima de 95%, considerado um valor satisfatório, acima de 30%, para a obtenção de sucesso em cruzamentos (Einhardt et al. 2006). A menor viabilidade de pólen foi encontrada em *A. linearifolia* V 9401 com 78,1%. Nessa espécie ocorreu uma variação na porcentagem de viabilidade no decorrer das contagens. A porcentagem mínima de viabilidade de pólen foi de 57,1% e a máxima de 98,7%. Mesmo com essa variação foram obtidas plantas híbridas a partir do cruzamento entre *A. valida* V 13514 e *A. linearifolia* V 9401, indicando que essa variação não afetou o sucesso dos cruzamentos. No estudo de Gregory & Gregory (1979), também foram encontradas variações na viabilidade polínica de 100 genitores de espécies de *Arachis*. Já no trabalho de Custodio (2009), a menor viabilidade de pólen foi encontrada em *A. helodes* V 6325, 46,75%, que não foi utilizada no presente trabalho. A maior viabilidade de pólen, 99,8%, foi encontrada em *A. magna* K 30097 of no primeiro ciclo de cruzamentos. No trabalho de Custodio (2009), a maior viabilidade também foi encontrada no mesmo acesso de *A. magna* com 99,17%.

A viabilidade de pólen do acesso V 13514 do genitor feminino *A. valida* foi de 98,1% no segundo ciclo de cruzamentos e 98,4% no terceiro ciclo de cruzamentos. No genitor masculino *A. valida* V 15096 a viabilidade de pólen foi de 99,4% no primeiro ciclo de cruzamentos e 99,3% no segundo ciclo. Os valores da viabilidade de pólen desses acessos de *A. valida* foram próximos.

No genitor feminino *A. valida* K 30147 a viabilidade de pólen foi de 95,6%. Em uma planta de *A. valida* K 30147 a média da viabilidade de pólen foi de 60,9%, pois em um dos ramos a viabilidade foi de 74,4% e no outro ramo a viabilidade foi de 53,5%. Já nas outras plantas a viabilidade de pólen foi acima de 93%. Nessa planta com viabilidade de pólen mais baixa, foram feitos cruzamentos com *A. batizocoi* Wi 1282. Os *pegs* que se desenvolveram nessa planta após as polinizações eram mais finos comparados com os *pegs* das outras plantas do mesmo genitor feminino utilizado nos cruzamentos, e o desenvolvimento dos *pegs* foi mais lento. Além da baixa viabilidade de pólen, a planta era mais baixa do que as outras plantas do mesmo acesso e foram observadas cerdas nas estípulas. Porém, a ausência de cerdas nas estípulas é uma das características que auxilia na identificação de *A. valida* (Krapovickas & Gregory 1994). Morfologicamente os três acessos de *A. valida* são idênticos.

Nas flores de *A. valida*, os grãos de pólen eram viáveis, pois eram bem formados e bem corados (Figura 49 a). Em *A. chiquitana*, foram encontrados alguns grãos de pólen inviáveis que eram mal corados e mal formados (Figura 49 b).

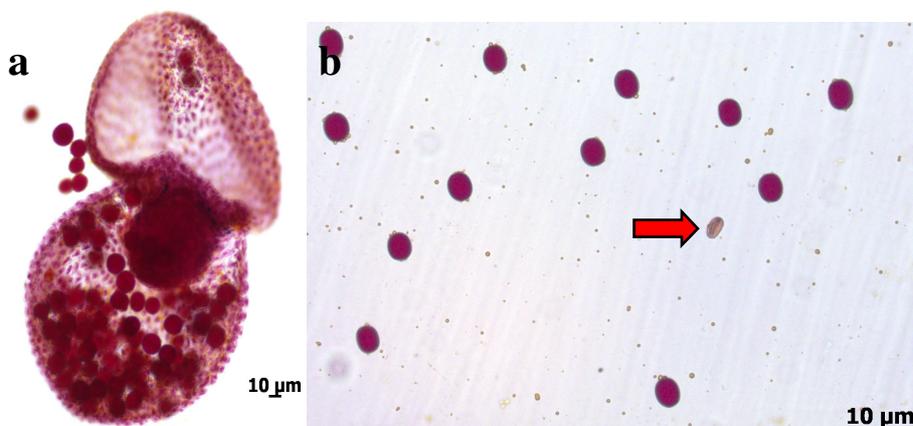


Figura 49. a) Antera oval da flor do genitor feminino *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 com grãos de pólen viáveis. Aumento de 20x. b) Pólen do genitor masculino *Arachis chiquitana* Krapov., W.C. Greg. & C.E. Simpson K 36027, o grão de pólen inviável é indicado pela seta. Aumento de 10x.

5.5 Análise da viabilidade de pólen dos híbridos

A fertilidade dos híbridos é uma das ferramentas usada para determinar o grau de isolamento genético. A deiscência das anteras é relacionada com a viabilidade de pólen. A deiscência das anteras é normal quando a viabilidade de pólen está acima de 50%. As anteras começam a abrir com dificuldade quando a viabilidade de pólen está abaixo de 50%. As anteras são indeiscentes quando a viabilidade de pólen está em torno de 25%, mas, mesmo assim, o pólen pode ser capturado por abelhas. As anteras precisam ser dissecadas para extração do pólen quando a viabilidade está abaixo de 15%. E, quando a viabilidade de pólen está abaixo de 10%, é questionado se os poucos grãos de pólen que coram podem funcionar na polinização (Krapovickas & Gregory 1994). Como a viabilidade de pólen do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. valida* V 15096 foi de 98,4% a deiscência das anteras das flores desse híbrido foi normal. Já nos híbridos de *A. valida* V 13514 x *A. magna* K 30097 of, *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14707, *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14724, *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14727, que tiveram viabilidade de pólen entre 25,0 a 40,0%, as anteras das flores desses híbridos abriram com dificuldade e soltaram o pólen quando manuseadas. Como a

viabilidade de pólen dos demais híbridos ficou abaixo de 20% as anteras desses híbridos foram indeiscentes (Tabela 7).

A menor viabilidade de pólen foi do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. cardenasii* G 10017 (genoma B x genoma A chiquitano) com 0,2% de viabilidade de pólen. A maior viabilidade de pólen foi do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. valida* V 15096 (genoma B x genoma B) com 98,4% de viabilidade de pólen. As porcentagens de viabilidade de pólen mais altas foram encontradas nos híbridos resultantes de cruzamentos entre espécies com genoma B: *A. valida* V 13514 x *A. valida* V 15096 (98,4%), *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14707 (39,4%), *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14727 (29,6%), *A. valida* V 13514 x *A. magna* V 14724 (27,55), *A. valida* V 13514 x *A. ipaënsis* K 30076 (25,3%) e *A. valida* V 13514 x *A. magna* K 30097 (25,3%) (Tabela 7). Os genitores utilizados nesses cruzamentos, *A. ipaënsis*, *A. magna*, *A. valida* e *A. williamsii* possuem genoma B, e, portanto, têm maior afinidade genética, mesmo que existam diferenças genéticas interespecíficas e intraespecíficas nesse grupo de espécies (Fernández & Krapovickas 1994, Robledo & Seijo 2010, Custodio et al. 2013). As porcentagens de viabilidade de pólen mais baixas, entre 0,2 a 8,6%, foram encontradas nos híbridos resultantes de cruzamentos entre *A. valida*, que possui genoma B, com as espécies que possuem genoma A, AB, F, G e K (Tabela 7). Nesses híbridos, grande parte dos grãos de pólen eram inviáveis, mal formados e mal corados (Figura 49). No trabalho de Lavia (1999), ao cruzar entre si as espécies anuais e perenes da secção *Arachis*, os híbridos com maior porcentagem de pólen fértil foram obtidos das espécies parentais que apresentavam o par A, independentemente do ciclo de vida (perene ou anual). Os resultados da viabilidade de pólen encontrados no presente estudo indicam que, quanto maior a viabilidade de pólen dos híbridos, provavelmente maior é a afinidade genética entre as espécies parentais que foram utilizadas nos cruzamentos.

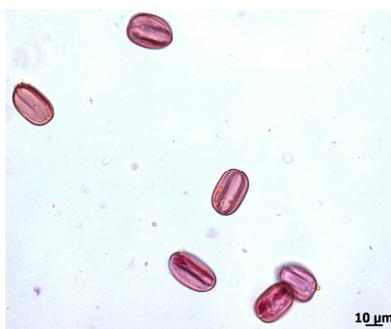


Figura 50. Grãos de pólen inviáveis do híbrido de *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. V 13514 x *Arachis krapovickasii* C.E. Simpson D.E. Williams, Valls & I.G. Vargas Wi 1291. Aumento de 40x.

5.6 Obtenção de anfidiplóides

Foram feitas 143 estacas de 12 híbridos para a tentativa de obtenção de anfidiplóides após tratamento com colchicina (Tabela 10). Muitas estacas morreram pouco tempo depois do transplante para as bandejas com areia, não sendo possível a confirmação da tetraploidização. Nas estacas sobreviventes, não ocorreu a tetraploidização, pois o pólen das flores das estacas não se soltou no manuseio das anteras, o que também aconteceu com o pólen dos híbridos obtidos nesse estudo, com exceção do híbrido de *A. valida* V 13514 x *A. valida* V 15096, devido à esterilidade dos híbridos, que impede a deiscência das anteras. Já nos híbridos interespecíficos tetraplóides com genoma AABB e nos indivíduos diplóides e tetraplóides das espécies de *Arachis*, o pólen maduro se solta das anteras com facilidade e é viável (Fávero 2004). Na análise da viabilidade de pólen das estacas foram observados muitos grãos de pólen inviáveis. Essa baixa viabilidade indica que não houve duplicação cromossômica, pois no trabalho de Fávero (2004) a viabilidade de pólen das estacas tetraploidizadas, ou seja, que tiveram seu número cromossômico duplicado foi restaurada. No trabalho de Fávero (2004), no cruzamento entre *A. ipaënsis* K 30076 x *A. duranensis* V 14167, a viabilidade de pólen por coloração no híbrido diplóide foi de 0,98% e no híbrido tetraplóide 97,74%. Já a viabilidade de pólen do híbrido diplóide de *A. gregoryi* V 6389 x *A. villosa* V 12812 foi de 16,25% e do híbrido tetraplóide 49,25%. Nesse mesmo trabalho, o tamanho das flores tetraplóides foi maior do que o tamanho das flores diplóides.

Não foram obtidos anfidiplóides, pois possivelmente a temperatura utilizada, 25°C, pode não ter sido adequada para que a colchicina agisse nas células. Já no trabalho de Fávero (2004) a temperatura utilizada no tratamento das estacas com

colchicina foi de 28-30°C por 8 e 12 horas e foram obtidos anfidiplóides. Além disso, o contato do ápice da estaca com a solução de colchicina causou a queima das folhas e do ápice. Para aperfeiçoar a técnica, deve ser feito o contato da região cortada da estaca com a solução de colchicina, o que facilitaria a absorção da solução pelos tecidos na base da estaca (Simpson, Comunicação Pessoal 2013). A concentração de colchicina e o tempo de tratamento usados nesse estudo foram os mesmos utilizados por Fávero (2004).

Tabela 10. Relação das estacas dos híbridos de *Arachis* tratadas com colchicina, genomas dos híbridos, tempo de exposição à colchicina e número de estacas tratadas.

n	Híbrido	Genomas*	Tempo (h)	nº estacas
1	<i>A. valida</i> V 13514 x <i>A. batizocoi</i> K 9484	B x K	12	6
2	<i>A. valida</i> V 13514 x <i>A. cardenasii</i> G 10017	B x A _{ch}	12	12
3	<i>A. valida</i> V 13514 x <i>A. correntina</i> Clos 5930	B x A _{pl}	8	2
3	<i>A. valida</i> V 13514 x <i>A. correntina</i> Clos 5930	B x A _{pl}	12	14
4	<i>A. valida</i> V 13514 x <i>A. cruziana</i> Wi 1302-3	B x K	8	2
4	<i>A. valida</i> V 13514 x <i>A. cruziana</i> Wi 1302-3	B x K	12	14
5	<i>A. valida</i> V 13514 x <i>A. duranensis</i> V 14167	B x A _{pl}	8	6
5	<i>A. valida</i> V 13514 x <i>A. duranensis</i> V 14167	B x A _{pl}	12	18
6	<i>A. valida</i> V 13514 x <i>A. aff. hoehnei</i> V 9140	B x não esclarecido	12	10
7	<i>A. valida</i> V 13514 x <i>A. kempff-mercadoi</i> V 13250	B x A _{ch}	12	7
8	<i>A. valida</i> V 13514 x <i>A. krapovickasii</i> Wi 1291	B x K	8	1
8	<i>A. valida</i> V 13514 x <i>A. krapovickasii</i> Wi 1291	B x K	12	14
9	<i>A. valida</i> V 13514 x <i>A. linearifolia</i> V 9401	B x A _{pn}	8	1
9	<i>A. valida</i> V 13514 x <i>A. linearifolia</i> V 9401	B x A _{pn}	12	13
10	<i>A. valida</i> V 13514 x <i>A. schininii</i> V 9923	B x A _{pl}	12	4
11	<i>A. valida</i> V 13514 x <i>A. stenosperma</i> V 10309	B x A _{pn}	12	12
12	<i>A. valida</i> V 13514 x <i>A. villosa</i> V 14316	B x A _{pl}	12	7
				143

***Genomas.** FONTE: Fernández & Krapovickas (1994), Peñaloza & Valls (2005), Robledo et al. (2009), Robledo & Seijo (2010). **A_{ch}:** **A chiquitano.** **A_{pl}:** **A platino.** **A_{pn}:** **A pantaneiro.**

5.7 Cruzabilidade

Foram obtidos híbridos diplóides entre *A. valida* e espécies com genoma A chiquitano, A pantaneiro e A platino. Também foram obtidos híbridos diplóides entre *A. valida* e espécies com genomas B, Fe K. No cruzamento entre *A. valida* ($2n=2x=20$, genoma B) e *A. praecox* ($2n=2x=18$, genoma G) foi obtido um híbrido com $2n=2x=19$. Foram obtidos híbridos diplóides a partir dos cruzamentos entre *A. valida* e *A. aff. hoehnei* e *A. vallsii* que não têm seus genomas esclarecidos. Também foi obtido um híbrido triplóide resultante do cruzamento entre *A. valida* ($2n=2x=20$, genoma B) x *A. hypogaea* ($2n=4x=40$, genoma AB). Não foi obtido híbrido entre *A. valida* e *A. glandulifera*, que possui genoma D (Figura 51). Também foi obtido um híbrido F₂ a partir da autofecundação de uma planta híbrida de *A. valida* x *A. magna*.

É importante destacar que *A. valida* formou híbridos com espécies possuidoras do genoma A (Figura 51) e abre-se a possibilidade da criação de novos anfidiplóides sintéticos AABB. Isso pode despertar interesse pela inclusão de *A. valida* em programas de melhoramento genético do amendoim, pois o acesso de *A. valida* utilizado nesse estudo, V 13514, possui alta resistência à mancha preta e à mancha castanha (Fávero et al. 2009), *A. valida* V 9153 também possui alta resistência à mancha preta, *A. valida* V 9157 e V 13516 possuem resistência à mancha castanha (Fávero et al. 2009) e *A. valida* K 30011 (ICG 11548) possui resistência à ferrugem e à mancha preta (Pande & Rao 2001), que são doenças economicamente importantes no Brasil. E, *A. valida* V 15096, também utilizada nesse estudo, pode possuir resistência à lagarta do cartucho *S. frugiperda* (Ramos 2007). Devido à observação dessas resistências, pode ser feita a piramidização de genes de resistência a doenças e pragas pelo lado do genoma B do amendoim através do cruzamento entre *A. valida* e outras espécies com o mesmo genoma que possuam resistências a pragas e doenças. A espécie *A. valida* possivelmente possui tolerância a estresses bióticos como o alagamento, pois vive em região periodicamente alagada, na época da cheia, no Pantanal (Krapovickas & Gregory 1994). Existe a possibilidade de transferir essas características associadas com características já conhecidas de outras espécies de *Arachis* e aumentar a variabilidade genética em programas de melhoramento.

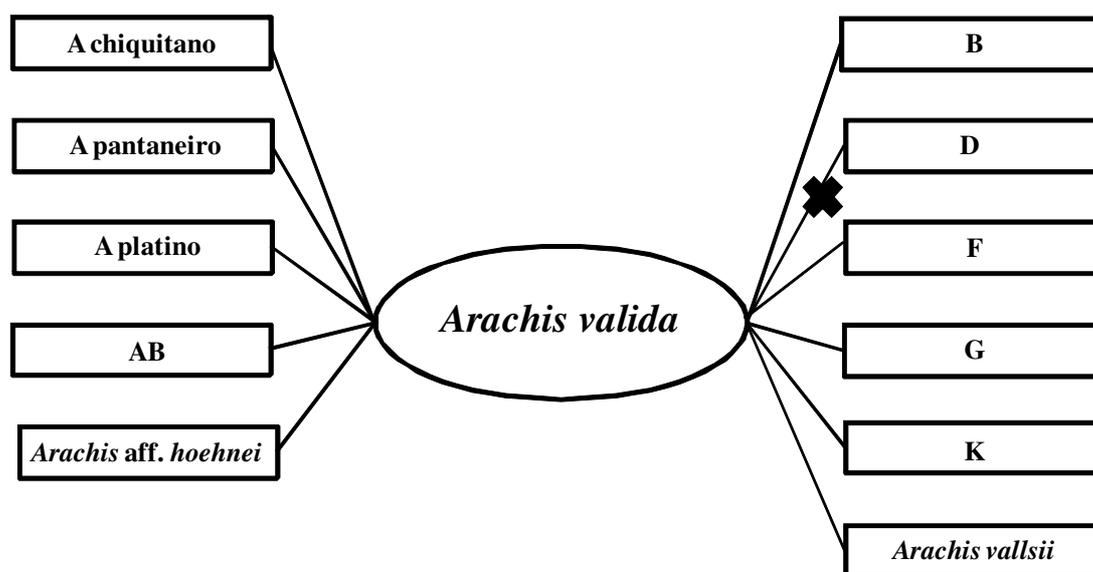


Figura 51. Relações da cruzabilidade entre *Arachis valida* Krapov. & W.C. Greg. e espécies da secção *Arachis* com diferentes genomas. **A chiquitano:** genoma A chiquitano. **A pantaneiro:** genoma A pantaneiro. **A platino:** genoma A platino. **AB:** genoma AB. **B:** genoma B. **D:** genoma D. **F:** genoma F. **G:** genoma G. **K:** genoma K. *Arachis aff. hoehnei* e *Arachis vallsii*: genomas não esclarecidos. O xis indica a falta

de cruzabilidade. FONTE: Stalker (1991), Fernández & Krapovickas (1994), Lavia (1998), Peñaloza & Valls (2005), Robledo et al. (2009), Robledo & Seijo (2010). Silvestri et al. (2014).

6. CONCLUSÕES

- *Arachis valida* é uma espécie que tem uma plasticidade de cruzamentos com os diferentes genomas da secção *Arachis*, pois formou híbridos com todos os genomas encontrados nessa secção, com exceção de *A. glandulifera*, que possui genoma D.
- Pertence ao grupo de espécies que possuem genoma B, pois foram obtidos híbridos entre *A. valida* e todas as espécies possuidoras desse genoma: *A. gregoryi*, *A. ipaënsis*, *A. magna* e *A. williamsii* que pertencem ao mesmo *pool* gênico.
- Pertence à secção *Arachis*, pois a obtenção de híbridos entre *A. valida* e *A. hypogaea* confirma a premissa de que para pertencer à secção *Arachis*, a espécie deve cruzar com *A. hypogaea*.
- É uma das espécies com genoma B com maior potencial de uso no melhoramento do amendoim.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACQUAAH, G. 2007. History and role of plant breeding in society. In ACQUAAH, G. (Ed.). Principles of Plant Genetics and Breeding. Oxford: Blackwell Publishing, p.3-15.
- ALVA, W. 1988. Discovering the New World's richest unlooted tomb. National Geographic Magazine 174(4):510-549.
- BECHARA, M.D., MORETZSOHN, M.C., PALMIERI, D.A., MONTEIRO, J.P., BACCI JR., M., MARTINS JR., J., VALLS, J.F.M., LOPES, C.R., GIMENES, M.A. 2010. Phylogenetic relationships in genus *Arachis* based on ITS and 5.8S DNAr sequences. BMC Plant Biology 10:255.
- BECKER, H.C., LÖPTIEN, H., RÖBBELEN, G. 1999. Breeding: an overview. In GÓMEZ-CAMPOS, C. (Ed.). Biology of Brassica Coenospecies. Amsterdam: Elsevier, p.413-460.
- BENTHAM, G. 1841. VII. On the structure and affinities of *Arachis* and *Voandzeia*. Transactions of the Linnean Society of London 18:155-162.
- BERTIOLI, D.J., SEJO, G., FREITAS, F.O., VALLS, J.F.M., LEAL-BERTIOLI, S.C. M., MORETZSOHN, M.C. 2011. An overview of peanut and its wild relatives. Plant Genetic Resources 9(1):134-149.
- BUROW, M.D., SIMPSON, C.E., FARIES, M.W., STARR, J.L., PATERSON, A.H. 2009. Molecular biogeographic study of recently described B- and A- genome *Arachis* species, also providing new insights into the origins of cultivated peanut. Genome 52:1-13.
- CARDOSO, G.D., GUIMARAES, F.M., SILVA, J.C.A., CARTAXO, W.V. 2011. Amendoim: "Cultivares da Embrapa para geração de emprego e renda na agricultura familiar". Campina Grande: Embrapa Algodão. Folder.
- CARPES, G.M. 2010. Morfologia da germinação das espécies de *Arachis* (Fabaceae). Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília. 90p.
- CHEVALIER, A. 1929. Nouveaux documents sur les Arachides. Revue International de Botanique Appliquee et d'Agriculture Tropical 9(6):485-496.
- CHODAT, R., HASSLER, E. 1904. Plantae Hasslerianae, soit Enumeration des Plantes récoltées au Paraguay par le Dr. Émile Hassler D'Aarau (Suisse) de 1885 à 1902. Bulletin de l'Herbier Boissier 2:448-450.

- CHURCH, G.T., STARR, J.L. & SIMPSON, C.E. 2005. A recessive gene for resistance to *Meloidogyne arenaria* in interspecific *Arachis* spp. hybrids. *Journal of Nematology* 37:178-184.
- CLEVELAND, D.A., SOLERI, D. 2002. Introduction: farmers, scientists and plant breeding: knowledge, practice and the possibilities for collaboration. In CLEVELAND, D.A., SOLERI, D. (Eds). *Farmers, scientists and plant breeding: integrating knowledge and practice*. Oxon: CAB International, p.1-18.
- CONAB. 2013. Séries históricas relativas às safras 1976/77 a 2012/2013 de área plantada, produtividade e produção. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>. Acesso em: 28 out 2013.
- CONAGIN, C.H.T.M. 1959. Desenvolvimento dos frutos nas espécies selvagens de amendoim (*Arachis* spp.). *Bragantia* 18:51-70.
- CRESTE, S., MUI TSAI, S., VALLS, J.F.M., GIMENES, M.A., LOPES, C.R. 2005. Genetic characterization of Brazilian annual *Arachis* species from sections *Arachis* and *Heteranthes* using RAPD markers. *Genetic Resources and Crop Evolution* 52:1079-1086.
- CUNHA, F., NOBILE, P.M., HOSHINO, A.A., MORETZSOHN, M.C., LOPES, C.R., GIMENES, M.A. 2008. Genetic relationships among *Arachis hypogaea* L. (AABB) and diploid *Arachis* species with AA and BB genomes. *Genetic Resources and Crop Evolution* 55:15-20.
- CUSTODIO, A.R., PEÑALOZA, A.P.S., VALLS, J.F.M. 2005. Further cytogenetic information on *Arachis stenosperma* (Leguminosae). *Cytologia* 70(3):331-335.
- CUSTODIO, A.R. 2009. Relações de cruzabilidade entre espécies e acessos de germoplasma do gênero *Arachis* associados ao genoma B do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 137p.
- CUSTODIO, A.R., SEIJO, G., VALLS, J.F.M. 2013. Characterization of Brazilian accessions of wild *Arachis* species of section *Arachis* (Fabaceae) using heterochromatin detection and fluorescence *in situ* hybridization (FISH). *Genetics and Molecular Biology* 36(3):364-370.
- EIGSTI, O.J., DUSTIN, P. 1955. Colchicine - in Agriculture, Medicine, Biology and Chemistry. Ames: Iowa State College Press. 470p.

- EINHARDT, P.M., CORREA, E.R., RASEIRA, M.C.B. 2006. Comparação entre métodos para testar a viabilidade de pólen de pessegueiro. *Revista Brasileira de Fruticultura* 28(1):5-7.
- EMBRAPA. 2014. Nova cultivar de amendoim precoce para o mercado de óleo. Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2012/outubro/3a-semana/nova-cultivar-de-amendoim-precoce-para-o-mercado-de-oleo/>. Acesso em: 25 março 2014.
- FALEIRO, F.G., JUNQUEIRA, N.T.V., FÁVERO, A.P., LOPES, M.A. 2008. Pré-melhoramento de plantas: experiências de sucesso. In FALEIRO, F.G., FARIAS NETO, A.L., RIBEIRO JUNIOR, W.Q. (Eds). *Pré-melhoramento, melhoramento e pós-melhoramento: estratégias e desafios*. Planaltina: Embrapa Cerrados, p.43-62.
- FAOSTAT. 2013a. Final 2011 data and preliminary 2012 data for 5 major commodity aggregates. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/636/DesktopDefault.aspx?PageID=636#ancor>. Acesso em: 05 nov 2013.
- FAOSTAT. 2013b. Food and agricultural commodities production. Disponível em: http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/rankings/commodities_by_regions/E. Acesso em: 02 set 2013.
- 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, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu. 165p.
- FÁVERO, A.P., SIMPSON, C.E., VALLS, J.F.M., VELLO, N. 2006. Study of the evolution of cultivated peanut through crossability studies among *Arachis ipaënsis*, *A. duranensis*, and *A. hypogaea*. *Crop Science* 46:1546-1522.
- FÁVERO, A.P., LOPES, M.A., FALEIRO, F.G. 2008. Estado da arte do pré-melhoramento de espécies vegetais. In FALEIRO, F.G., FARIAS NETO, A.L., RIBEIRO JUNIOR, W.Q. (Eds). *Pré-melhoramento, melhoramento e pós-melhoramento: estratégias e desafios*. Planaltina: Embrapa Cerrados, p.29-42.
- FÁVERO, A.P., MORAES, S.A., GARCIA, A.A.F., VALLS, J.F.M., VELLO, N.A. 2009. Characterization of rust, early and late leaf spot resistance on wild and cultivated peanut germplasm. *Scientia Agricola* 66(1):110-117.

- FERNÁNDEZ, A. & KRAPOVICKAS, A. 1994. Cromosomas y evolución em *Arachis* (Leguminosae). *Bonplandia* 8:187-220.
- FONCÉKA, D., TOSSIM, H.A., RIVALLAN, R., FAYE, I., SALL, M.N., NDOYE, O., FAVERO, A.P., BERTIOLI, D.J., GLASZMANN, J.C., COURTOIS, B., RAMI, J.F. 2009. Genetic mapping of wild introgressions into cultivated peanut: a way toward enlarging the genetic basis of a recent allotetraploid. *BMC Plant Biology* 9:103.
- FONCÉKA, D., TOSSIM, H.A., RIVALLAN, R., VIGNES, H., FAYE, I., NDOYE, O., MORETZSOHN, M.C., BERTIOLI, D.J., GLASZMANN, J.C., COURTOIS, B., RAMI, J.F. 2012a. Fostered and left behind alleles in peanut: interspecific QTL mapping reveals footprints of domestication and useful natural variation for breeding. *BMC Plant Biology* 12:26.
- FONCÉKA, D., TOSSIM, H.A., RIVALLAN, R., VIGNES, H., LACUT, E., BELLIS, F., FAYE, I., NDOYE, O., LEAL-BERTIOLI, S.C.M., VALLS, J.F.M., BERTIOLI, D.J., GLASZMANN, J.C., COURTOIS, B., RAMI, J.F. 2012b. Construction of chromosome segment substitution lines in peanut (*Arachis hypogaea* L.) using a wild synthetic and QTL mapping for plant morphology. *PLOS One* 7(11): e48642. doi:10.1371/journal.pone.0048642.
- FREITAS, F.O., PEÑALOZA, A.P.S., VALLS, J.F.M. 2003. O amendoim contador de história. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 107. 12p.
- FREITAS, F.O., MORETZSOHN, M.C., VALLS, J.F.M. 2007. Genetic variability of Brazilian Indian landraces of *Arachis hypogaea* L. *Genetics and Molecular Research* 6(3):675-684.
- FUCHS, M.C.P., SOUSA, S.M., SANMARTIN-GAJARDO, I., VICCINI, L.F. 2011. Chromosome number in meiotic stage cells and pollen viability of *Vanhouttea hilariana* Chautems, *Vanhouttea brueggeri* Chautems and an interspecific hybrid (Gesneriaceae). *Anales de Biología* 33:35-40.
- GALETTA, G.J. 1983. Pollen and seed management. In MOORE, J.N., JANIK, J. (Ed.). *Methods in fruit Breeding*. Indiana: Purdue University Press, p.23-47.
- GIPB. 2011. Pre-breeding for effective use of plant genetic resources. E-learning course. Disponível em: <http://km.fao.org/gipb/e-learning/gipb-pre-breeding-course/en/>. Acesso em: 05 maio 2013.

- GUIMARAES, P.M., BRASILEIRO, A.C.M., PROITE, K., ARAÚJO, A.C.G. LEAL-BERTIOLI, S.C.M., PIC-TAYLOR, A., SILVA, F.R., MORGANTE, C.V., RIBEIRO, S.G., BERTIOLI, D.J. 2010. A study gene expression in the nematode resistant wild peanut relative, *Arachis stenosperma*, in response to challenge with *Meloidogyne arenaria*. *Tropical Plant Biology* 3:183-192.
- GRABIELE, M., CHALUP, L., ROBLEDO, G., SEIJO, G. 2012. Genetic and geographic origin of domesticated peanut as evidenced by 5S DNAr and chloroplast DNA sequences. *Plant Systematics and Evolution* 298:1151-1165.
- GREGORY, W.C. 1946. Peanut breeding program underway. In *Research and farming. 69th Annual Report*, North Carolina Agricultural Experiment Station, North Carolina University, Raleigh, NC, USA, p.42-44.
- GREGORY, W.C. 1977. The collection of peanut germplasm 1976-1977. The International Board for Plant Genetics Resources. (Tech. Report). 118p.
- GREGORY, M.P., GREGORY, W.C. 1979. Exotic germplasm of *Arachis*: interespecific hybrids. *Journal of Heredity* 70:185-193.
- GRIFFITHS, A.J.F., WESSLER, S.R., LEWONTIN, R.C. GELBART, W.M., SUZUKI, D.T., MILLER, J.H. 2004. *Introduction to Genetic Analysis*. 8th Edition. New York: W.H. Freeman & Company. 800p.
- GUERRA, M., SOUZA, M.J.S. 2002. *Como observar cromossomos: um guia de técnicas em citogenética vegetal, animal e humana*. Ribeirão Preto: FUNPEC. 131p.
- HADLEY, H.H., OPENSHAW, S.J. 1980. Interspecific and intergeneric hybridization. In FEHR, W.R., HADLEY, H.H. (Eds.). *Hibridization of Crop Plants*. Madison: The American Society of Agronomy - Crop Science Society of America, p.133-160.
- HAMMONS R. O. 1994. The origin and history of the groundnut. In SMARTT, J. (Ed.) *The groundnut crop: a scientific basis for improvement*. London: Chapman Hall, p.24-39.
- HANDRO, O. 1958. Espécies novas de *Arachis* L. *Arquivos de Botânica do Estado de São Paulo* 3:177-181, táb. 42-47.
- HARLAN, J.R., DE WET, J.M.J. 1971. Toward a rational classification of cultivated plants. *Taxon* 20(4):509-517.
- HARLAN, J.R., DE WET, J.M.J. 1975. On Ö Winge and prayer: the origin of polyploidy. *The Botanic Review* 41(4):361-390.

- HEISER, C.B.JR. 1965. Cultivated plants and cultural diffusion in nuclear America. *American Anthropologist* 67(4):930-949.
- HOEHNE, F.C. 1919. Comissão de Linhas Telegráficas e Estratégicas do Mato Grosso. *Botânica* 18, Leguminosas, 1-99, tab. 32-159.
- HOLBROOK, C.C., TIMPER, P., CULBREATH, A.K. KVIEN, C.K. 2008. Registration of 'Tifguard' peanut. *Journal of Plant Registrations* 2:92-94.
- HULL, F.H., CARVER, W.A. 1938. Peanut improvement. In Florida Agricultural Experiment Station, Annual Report, p.39-40.
- HUSTED, L. 1933. Cytological studies on the peanut, *Arachis*. I. Chromosome number and morphology. *Cytologia* 5:109-117.
- HUSTED, L. 1936. Cytological studies on the peanut, *Arachis*. II. Chromosome number, morphology and behavior, and their application to the problem of the origin of the cultivated forms. *Cytologia* 7:396-423.
- IBPGR/ICRISAT. 1992. Descriptors for groundnut. International Board for Plant Genetic Resources, Rome Italy; International Crops Research for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, India. 125p.
- IAC- Instituto Agrônomo de Campinas. 2014. Sementes IAC. Relação de sementes. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/produtoseservicos/sementesiac/>. Acesso em: 25 março 2014.
- JANINI, J.C. 2009. Resistência de espécies silvestres de amendoim (*Arachis* spp.) ao ataque de *Enneothrips flavens* Moulton, 1941 (Thysanoptera: Thripidae) e *Stegasta bosquella* (Chambers, 1875) (Lepidoptera: Gelechiidae). Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 89p.
- JANINI, J.C., BOIÇA JR, A.L., GODOY, I.J., MICHELOTTO, M.D., FÁVERO, A.P. 2010. Avaliação de espécies silvestres e cultivares de amendoim para resistência a *Enneothrips flavens* Moulton. *Bragantia* 69(4):891-898.
- JOHANSEN, E.L., SMITH, B.W. 1956. *Arachis hypogaea* x *A. diogeni*. Embryo and seed failure. *American Journal of Botany* 43(4):250-258.
- KOCHERT, G., HALWARD, T., BRANCH, W.D., SIMPSON, C.E. 1991. RFLP variability in peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars and wild species. *Theoretical and Applied Genetics* 81:565-570.
- 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). American Journal of Botany 83(10):1282-1291.
- KOPPOLU, R., UPADHYAYA, H.D., DWIVEDI, S.L., HOISINGTON, D.A. & VARSHNEY, R.K. 2010. Genetic relationships among seven sections of genus *Arachis* studied by using SSR markers. BMC Plant Biology 10:15.
- KRAPOVICKAS, A. & RIGONI, V.A. 1949. Cromosomas de una especie silvestre de *Arachis*. IDIA 2:23-24.
- KRAPOVICKAS, A., RIGONI, V.A. 1957. Nuevas especies de *Arachis* vinculadas al problema del origen del maní. Darwiniana 11:431-458.
- KRAPOVICKAS, A., GREGORY, W.C. 1994. Taxonomía del género *Arachis* (Leguminosae). Bonplandia 8:1-186.
- KRAPOVICKAS, A. 1996. Problemas en la identificación de especies vegetales: el caso *Arachis*. Mendeliana 12:10-13.
- KRAPOVICKAS, A., LAVIA, G. 2000. Advances in the taxonomy of the genus *Arachis*. In Proceedings of American Peanut Research and Education Society, Inc., Alabama v.32, p.46.
- KRAPOVICKAS, A. 2010. Maníes arqueológicos de Argentina. Bonplandia 19(2): 183-192.
- LACORTE, C., MANSUR, E., TIMMERMAN, B., CORDEIRO, A.R. 1991. Gene transfer into peanut (*Arachis hypogaea* L.) by *Agrobacterium tumefaciens*. Plant Cell Reports 10:354-357.
- 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.
- LAVIA, G.I. 1999. Relación entre cromosomas "A" y ciclo de vida em espécies de La sección *Arachis*. In Encuentro de Especialistas en *Arachis* spp. de America Latina, 2. 1999, Córdoba. Anais...Córdoba: INTA, 1999. p.15.
- LAVIA, G.I. 2000. Chromosomes studies of wild *Arachis* (Leguminosae). Caryologia 53:177-181.
- LAVIA, G.I., ORTIZ, A.M., FERNÁNDEZ, A. 2009. Karyotypic studies in wild germplasm of *Arachis* (Leguminosae). Genetic Resources and Crop Evolution 6:755-764.

- LAVIA, G.I., ORTIZ, A.M., ROBLEDO, G., FERNANDEZ, A., SEIJO, G. 2011. Origin of triploid *Arachis pinto* (Leguminosae) by autopolyploidy evidenced by FISH and meiotic behavior. *Annals of Botany* 108:103-111.
- LEWIS, G., SCHRIRE, B. MACKINDER, B., LOCK, M. 2005. Legumes of the world. Kew: Royal Botanical Gardens. 577p.
- LINNAEUS, C. 1753. *Species Plantarum. Laurentius Salvius*. Stockholm v.2, p.741.
- MAYR, E.F.M.L.S. 1969. The biological meaning of species. *Biological Journal of the Linnean Society* 1:311-320.
- MAPA. 2014. Registro Nacional de Cultivares. CultivarWeb versão 1.0. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php?xt_ordem=&postado=1&acao=pesquisar&. Acesso em: 25 março 2014.
- MENDES, A.J.T. 1947. Estudos citológicos no gênero *Arachis*. *Bragantia* 7:257-268.
- MIKO, I., LEJEUNE, L. 2009. How does inheritance operate at the level of whole populations? Unit 5. *Essentials of Genetics*. Cambridge: NPG Education. Disponível em: <http://www.nature.com/scitable/ebooks/essentials-of-genetics-8>. Acesso em 31 março 2014.
- 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 Biology* 4:11-21.
- MORETZSOHN, M.C., GOUVEIA, E.G., INGLIS, P.W., LEAL-BERTIOLI, S.C.M., VALLS, J.F.M., BERTIOLI, D.J. 2013. A study of the relationships of cultivated peanut (*Arachis hypogaea*) and its most closely related wild species using intron sequences and microsatellite markers. *Annals of Botany* 111:113-126.
- NASS, L.L., NISHIKAWA, M.A.N., FÁVERO, A.P., LOPES, M.A. 2007. Pré-melhoramento de germoplasma vegetal. In NASS, L.L. (Ed.) *Recursos Genéticos Vegetais*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p.683-716.
- NELSON, S.C., SIMPSON, C.E., STARR, J.L. 1989. Resistance to *Meloidogyne arenaria* in *Arachis* spp. *Germplasm. Journal of Nematology* 21(4S):654-660.
- NIGAM, S.N., RAO, M.J.V., GIBBONS, R.W. 1990. Artificial hybridization in groundnut. Patancheru: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics - ICRISAT. 27p.

- OLIVEIRA, M.A.P., VALLS, J.F.M. 2002. Produção de híbridos de amendoim forrageiro por meio de hibridação artificial. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(6):885-888.
- OTTO, S.P., WHITTON, J. 2000. Polyploid incidence and evolution. *Annual Review of Genetics* 34:401-37.
- PANDE, S., RAO, N. 2001. Resistance of wild *Arachis* species to late leaf spot and rust in greenhouse trials. *Plant Disease* 85:851-855.
- PEANUT BUTTER FOR THE HUNGRY 2013. Disponível em: www.peanutbutterforthehungry.org. Acesso em: 27 ago 2013.
- PELEGRIN, C.M.G., VALLS, J.F.M., MARIATH, J.E.A. 2013. Pericarp ontogenesis in wild species of *Arachis* L. (Leguminosae; Papilionoideae). *Flora* 208(2):118-127.
- PEÑALOZA, A.P.S., POZZOBON, M.T., VALLS, J.F.M. 1996. Cytogenetic new findings in wild species of *Arachis* (Leguminosae). National Congress of Genetics, 46, Caxambu. Programs and Abstracts...Sociedade Brasileira de Genética, Caxambu, p.129.
- PEÑALOZA, A.P.S., VALLS, J.F.M. 1997. Contagem do número cromossômico em acessos de *Arachis decora* (Leguminosae). In Simpósio Latino-Americano de Recursos Genéticos Vegetais, 1, 1997. Resumos: Campinas...Campinas, IAC, p.39.
- PEÑALOZA, A.P.S. 2000. Citogenética das espécies silvestres do gênero *Arachis* (Leguminosae). In CAVALCANTI, T.B., WALTER, B.M.T., PEREIRA, S.G., RAMOS, A.E., RIBEIRO, J.F., SILVA, M.C., ALVES, R.N.B., DIAS, T.A.B. (Eds.) Tópicos Atuais em Botânica: Palestras Convidadas do 51º Congresso Nacional de Botânica. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia/Sociedade Botânica do Brasil, Brasília, 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* 14:65-72.
- PEÑALOZA, A.P.S. 2006. Citogenética e citotaxonomia do gênero *Arachis*: importância e avanços recentes. In MARIATH, J.E.A., SANTOS, R.P. (Orgs.). Os avanços da botânica no início do século XXI: morfologia, fisiologia, taxonomia, ecologia e genética: Conferências Plenárias e Simpósios do 57º Congresso Nacional de Botânica. Sociedade de Botânica do Brasil, Porto Alegre, p.142-146.

- PEÑALOZA, A.P.S., POZZOBON, M.T. 2011. Manipulação de ploidia e outros aspectos citogenéticos relevantes para o pré-melhoramento de plantas. In LOPES, M.A., FÁVERO, A.P., FERREIRA, M.A.J.F., FALEIRO, F.G., FOLLE, S.M., GUIMARÃES, E.P. (Eds). Pré-melhoramento de plantas: estado da arte e experiências de sucesso. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.39-58.
- PITTMANN, R.N., VALLS, J.F.M., SIMPSON, C.E., SILVA, G.P., PEÑALOZA, A.P.S. 1996. New findings on the geographic distribution of wild *Arachis* species in central and western Brazil. In The American Peanut Research and Educational Society, 28. Proceedings...Orlando. 1996. APRES, p.32.
- POLHILL, R.M., RAVEN, P.H. 1981. Advances in Legume Systematics. Part 1. Kew: Royal Botanic Gardens. 425p.
- POMPEU, A.S. 1983. Cruzamentos entre *Arachis hypogaea* e as espécies *A. Diogeni* e *A. ssp.* (30006, 30035). *Bragantia* 42:261-265.
- POOLE, C. 1932. Pollen grain studies as an indication of fertility in hybrids. *Genetics* 17(2):125-136.
- POTT, A., SILVA, J.S.V., SALIS, S.M., POTT, V.J., SILVA, M.P. 2000. Vegetação e uso da terra. In SILVA, J.S.V. (Ed.). Zoneamento ambiental da borda oeste do Pantanal: maciço do Urucum e adjacências. Brasília: EMBRAPA-CPAP/Embrapa Comunicação e Transferência de Tecnologia, p.111-131.
- PUCCIARIELLO, O., ORTIZ, A.M., FERNANDEZ, A., LAVIA, G.I. 2013. Análisis cromosómico del híbrido *Arachis pintoii* x *A. repens* (Leguminosae) mediante citogenética clásica y molecular. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 48(1):111-119.
- QUEIROZ, M.A., LOPES, M.A. 2007. Importância dos recursos genéticos para o agronegócio. In NASS L.L. (Ed.). Recursos Genéticos Vegetais. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p.281-305.
- RAMAN, V.S., KESAVAN, P.C. 1962. Studies on a diploid interspecific hybrid in *Arachis*. *Nucleus* 5:123-26.
- RAMOS, V.R. 2007. Caracterização da resistência às cercosporioses, lagarta do cartucho e lagarta da soja em espécies silvestres do gênero *Arachis*, para uso no melhoramento genético do amendoim. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu. 85p.
- REDDY, A.S., REDDY, L.J., MALLIKARJUNA, N., ABDURAHMAN, M.D., REDDY, Y.V.BRAMEL, P.J., REDDY, D.V.R. 2000. Identification of resistance

- to *peanut bud necrosis virus* (PBNV) in wild *Arachis* germplasm. *Annals of Applied Biology* 137:135-139.
- ROBLEDO, G., SEIJO, G. 2008. Characterization of the *Arachis* (Leguminosae) D genome using fluorescence in situ hybridization (FISH) chromosome markers and total genome DNA hybridization. *Genetics and Molecular Biology* 31(3):717-724.
- ROBLEDO, G., LAVIA, G.I., SEIJO, G. 2009. Species relations among wild *Arachis* species with the A genome as revealed by FISH mapping of DNAr loci and heterochromatin detection. *Theoretical Applied Genetic* 118:1295-1307.
- ROBLEDO, G., SEIJO, G. 2010. Species relationships among the wild B genome of *Arachis* species (section *Arachis*) based on FISH mapping of DNAr loci and heterochromatin detection: a new proposal for genome arrangement. *Theoretical and Applied Genetics* 121:1033-1046.
- RODRIGUES, L.S. 2006. Análise das relações de cruzabilidade interespecífica e interseccional no gênero *Arachis*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu. 96p.
- SANTOS, S.P. 2012. Produção e caracterização de alotetraplóides sintéticos entre espécies silvestres do gênero *Arachis*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília. 65p.
- SEIJO, J.G., LAVIA, G., 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. ipaënsis* are the wild diploid progenitors of *A. hypogaea* (Leguminosae). *American Journal of Botany* 91:1294-1303.
- SEIJO, G., LAVIA, G., FERNÁNDEZ, A., KRAPOVICKAS, A., DUCASSE, D., BERTIOLI, D.J. & MOSCONE, E.A. 2007. Genomic relationships between the cultivated peanut (*Arachis hypogaea*, Leguminosae) and its close relatives revealed by double GISH. *American Journal of Botany* 94:1963-1971.
- SERENO, M.J.C.M., WIETHÖLTER, P., TERRA, T.F. 2008. Domesticação das plantas - a síndrome que deu certo. In BARBIERI, R.L., STUMPF, E.R.T. (Eds.) *Origem e evolução de plantas cultivadas*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.37-58.
- SHARMA, S.B., ANSARI, M.A., VARAPRASAD, K.S., SINGH, A.K., REDDY, L.J. 1999. Resistance to *Meloidogyne javanica* in wild *Arachis* species. *Genetic Resources and Crop Evolution* 46:557-568.

- SCHIFINO-WITTMANN, M.T., DALL'AGNOL, M. 2001. Gametas não reduzidos no melhoramento de plantas. *Ciência Rural* 31(1):169-175.
- SILVA, R.R., TOZZI, A.M.G.A. 2012. Papilionoideae (Leguminosae) do Planalto Residual do Urucum, oeste do Pantanal do Mato Grosso do Sul, Brasil. *Hoehnea* 39(1):39-83.
- SILVESTRI, M.C., ORTIZ, A.M., LAVIA, G.I. 2014. DNAr loci and heterochromatin positions support a distinct genome type for 'x=9 species' of section *Arachis* (*Arachis*, Leguminosae). *Plant Systematics and Evolution*. DOI 10.1007/s00606-014-1092-y.
- SIMPSON, C.E., VALLS, J.F.M., MILES, J.W. 1994. Reproductive biology and potencial for recombination in *Arachis*. In KERRIDGE, P.C., HARDY, B. (Eds.). *Biology and Agronomy of Forage Arachis*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), p.43-52.
- SIMPSON, C.E. 2001. Use of wild *Arachis* species/introgression of genes into *A. hypogaea* L. *Peanut Science* 28:114-116.
- SIMPSON, C.E., FARIES, M.J. 2001. Advances in characterization of diversity Section *Arachis*: archeological evidence, crossing results and their relationship in understanding the origins of *Arachis hypogaea* L. In III SIRGEALC - Simpósio de Recursos Genéticos para a América Latina e Caribe. Londrina, p.103-104.
- SIMPSON, C.E., STARR, J.L. 2001. Registration of 'COAN' peanut. *Crop Science* 41:918.
- SIMPSON, C.E., KRAPOVICKAS, A., VALLS, J.F.M. 2001. History of *Arachis* including evidence of *A. hypogaea* L. progenitors. *Peanut Science* 28(2):78-80.
- SIMPSON, C.E., STARR, J.L., CHURCH, G.T., MUROW, M.D., PATERSON, A.H. 2003. Registration of 'NemaTAM' Peanut. *Crop Science* 43:1561.
- SIMPSON, C.E., VALLS, J.F.M. 2006. Variation in the crossability of *Arachis magna* x *A. Gregoryi*. Vº Encuentro Internacional de Especialistas en *Arachis*. Rio Cuarto, Córdoba - Argentina, 2006.
- SIMPSON, C. 2007. Breeding peanut (*Arachis hypogaea* L.) and root-knot nematode resistance. In ACQUAAH, G. (Ed.). *Principles of Plant Genetics and Breeding*. Oxford: Blackwell Publishing, p.529-536.
- SINGH, A.K., SMARTT, J. 1998. The genome donors of the groundnut/peanut (*Arachis hypogaea* L.) revisited. *Genetic Resources and Crop Evolution* 45:113-118.

- SMITH, B.W. 1950. *Arachis hypogaea*. Aerial flower and subterranean fruit. American Journal of Botany 37:802-815.
- STALKER, H.T., MOSS, J.P. 1987. Speciation, cytogenetics and utilization of *Arachis* species. Advances in Agronomy 41:1-40.
- STALKER, H.T. 1991. A new species in section *Arachis* of peanuts with a D genome. American Journal of Botany 78:630-637.
- STEBBINS JR, G.L. 1940. The significance of polyploidy in plant evolution. The American Naturalist 74(750):54-66.
- STEBBINS, G.L. 1958. The inviability, weakness, and sterility of interspecific hybrids. In DEMEREC, M. (Ed.). Advances in Genetics. New York: Academic Press Inc, v. 9, p.147-215.
- SUBRAHMANYAM, P., NAIDU, R.A., REDDY, L.J., LAVA KUMAR, P., FERGUSON, M.E. 2001. Resistance to groundnut rosette disease in wild *Arachis* species. Annals of Applied Biology 139:45-50.
- TALLURY, S.P., STALKER, H.T., PATEE, H.E. 1995. Early reproductive ontogeny in interspecific crosses of *Arachis hypogaea* and section *Arachis* species. Annals of Botany 76:397-404.
- TALLURY, S.P., HILU, K.W., MILLA, S.R., FRIEND, S.A., ALSAGHIR, M, STALKER, H.T. & QUANDT, D. 2005. Genomic affinities in *Arachis* section *Arachis* (Fabaceae): molecular and cytogenetic evidence. Theoretical and Applied Genetics 111:1229-1237.
- TEIXEIRA, C.C., PENALOZA, A.P.S., VALLS, J.F.M. 1998. Cruzabilidade de espécies da secção *Caulorrhizae* com as das secções *Procumbentes* e *Erectoides* do gênero *Arachis* (Leguminosae). In Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 35. Botucatu, SP. Anais... Botucatu: SBZ, 1998. v.2, p.299-301.
- TEXAS A&M AGRILIFE EXTENSION. 2014. Texas Plant Disease Handbook. Industry & Specialty > Fiber, Oil, & Specialty > Peanut. Disponível em: <http://plantdiseasehandbook.tamu.edu/industry-specialty/fiber-oil-specialty/peanut/>. Acesso em: 23 maio 2014.
- USDA. 2013a. USDA National nutrient database for standard reference, release 26. Nutrient data laboratory. Disponível em: <http://http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/4808>. Acesso em 23 maio 2014.
- USDA. 2013b. Table 13. Peanut area, yield and production. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdreport.aspx?hidReportRetrievalName=BVS>

- &hidReportRetrievalID=918&hidReportRetrievalTemplateID=1. Acesso em: 22 ago 2013.
- VALLS, J.F.M. 1997. O gênero *Arachis* L. (Leguminosae): importante fonte de proteínas na pré-história sul-americana? *Arqueologia em Conexão* n.4.
- VALLS, J.F.M., SIMPSON, C.E. 2005. New species of *Arachis* (Leguminosae) from Brazil, Paraguay and Bolivia. *Bonplandia* 14:35-63.
- VALLS, J.F.M., ALMEIDA, A.M., CUSTODIO, A.R., NORONHA, S.E. 2008. Expansão da distribuição geográfica das espécies brasileira de *Arachis*. In VI Encuentro Internacional de Especialistas en *Arachis* y el II Simposio de Maní en el Mercosur. San Lorenzo, Paraguay.
- VALLS, J.F.M. 2013. *Arachis* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB29485>). Acesso em: 08 jun 2013.
- VALLS, J.F.M., COSTA, L.C., CUSTODIO, A.R. 2013. A novel trifoliolate species of *Arachis* (Fabaceae) and further comments on the taxonomic section *Trirectoides*. *Bonplandia* 22(1):91-97.
- WANG, T.C., WANG, X.Z.; TANG, Y.Y.; CHEN, D.X.; CUI, F.G., ZHANG, J.C., YU, S.L. 2011. Phylogeny of *Arachis* based on internal transcribed spacer sequences. *Genetic Resources and Crop Evolution* 58:311-319.
- WEILER, R.L., BRUGNARA, E.C., GUERRA, D., SCHIFINO-WITTMANN, M.T., SCHWARZ, S.F. 2011. Caracterização morfológica, determinação do nível de ploidia e viabilidade de pólen de uma progênie de tangerina ‘Clementina Fina’ e ‘Montenegrina’. *Bragantia* 70(3):502-511.
- WHO. 2014. Malnutrition. Disponível em: http://www.who.int/maternal_child_adolescent/topics/child/malnutrition/en/. Acesso em: 20 maio 2014.
- WRIGHT, S. 1978. *Evolution and the genetics of populations v.4, variability within and among natural populations*. Chicago: University of Chicago Press. 590p.
- YE, G., SMITH, K.F. 2008. Marker-assisted gene pyramiding for inbred line development: basic principles and practical guidelines. *International Journal of Plant Breeding* 2:1-10.

8. ANEXOS

8.1 Mapas de distribuição geográfica das coletas realizadas em território brasileiro de algumas espécies silvestres de *Arachis* utilizadas no trabalho

As espécies em negrito foram utilizadas neste trabalho (Figuras 51 a 57).

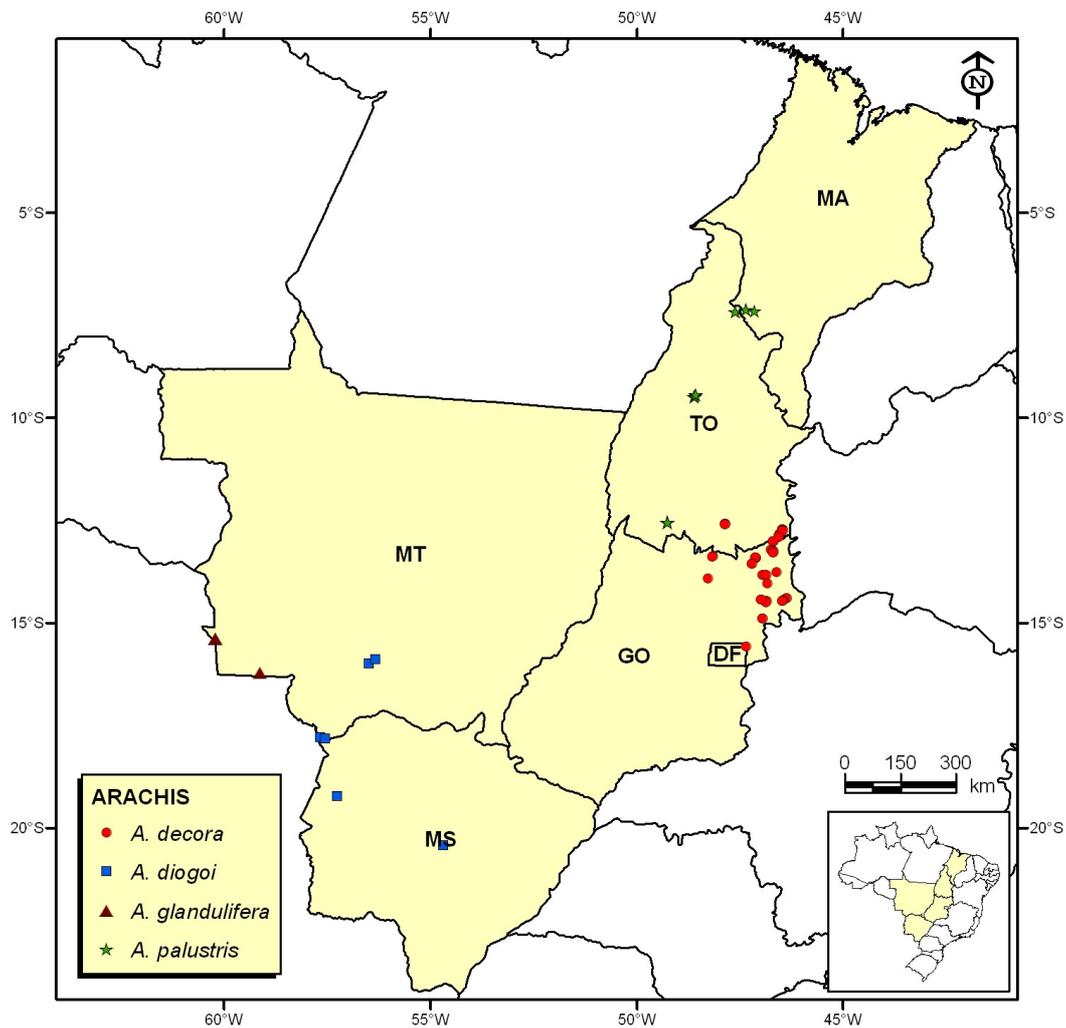


Figura 52. Mapa de distribuição geográfica de *Arachis decora* Krapov., W.C. Greg. & Valls, *Arachis diogeni* Hoehne, *Arachis glandulifera* Stalker e *Arachis palustris* Krapov., W.C. Greg. & Valls. FONTE: Valls et al. (2008).

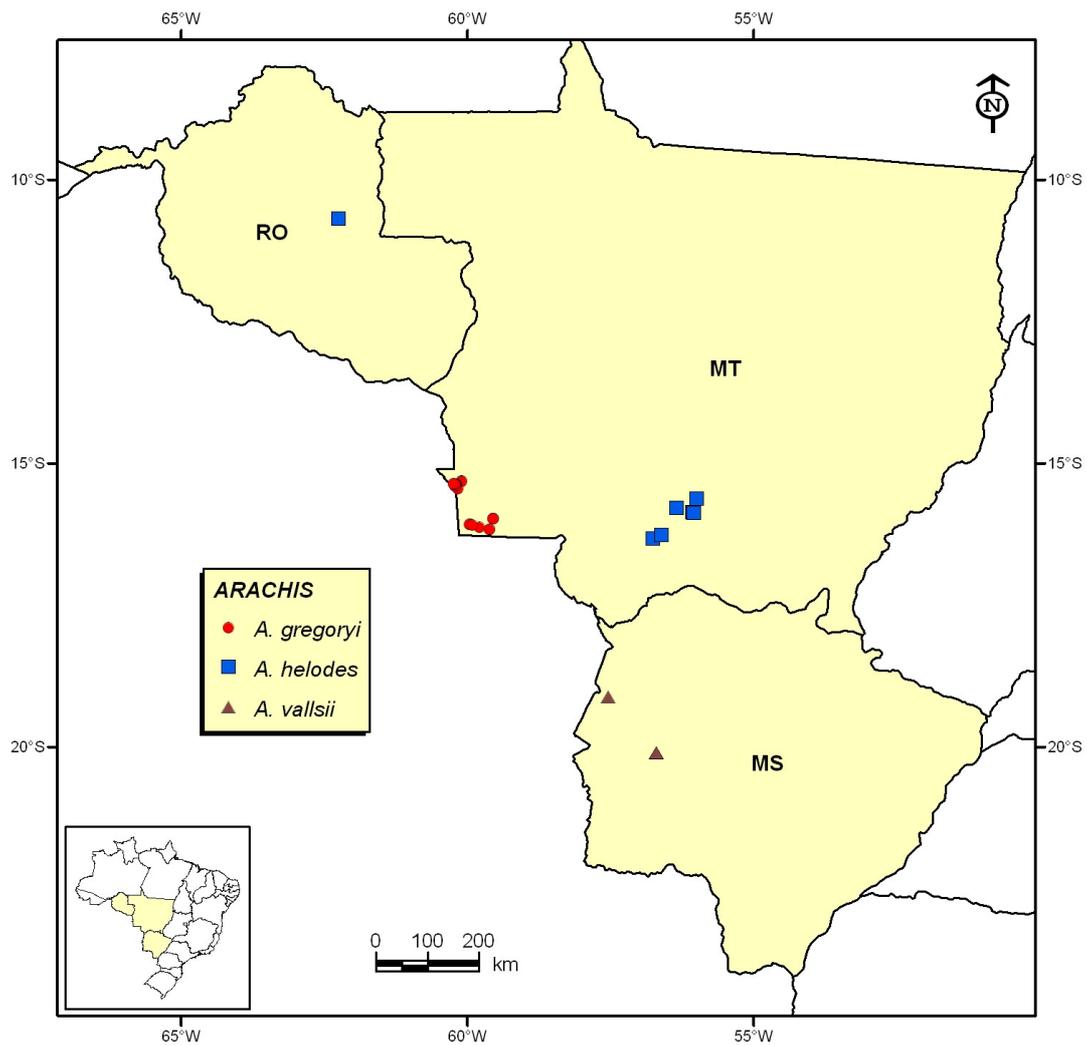


Figura 53. Mapa de distribuição geográfica de *Arachis gregoryi* C.E. Simpson, Krapov. & Valls, *Arachis helodes* Martius ex Krapov. & Rigoni e *Arachis vallsii* Krapov. & W.C. Greg. FONTE: Valls et al. (2008).

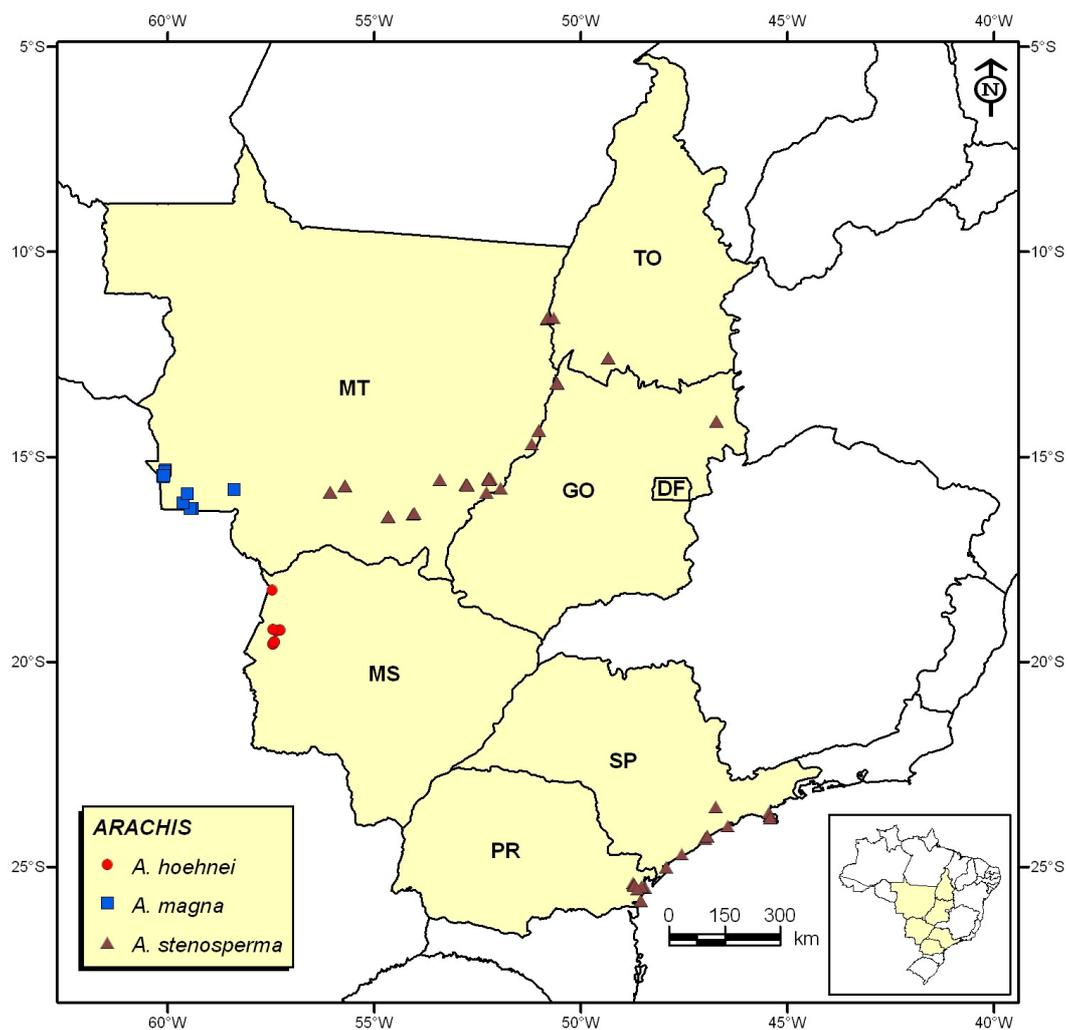


Figura 54. Mapa de distribuição geográfica de *Arachis hoehnei* Krapov. & W.C. Greg., *Arachis magna* Krapov. & W.C. Greg. e *Arachis stenosperma* Krapov., W.C. Greg. & Valls. FONTE: Valls et al. (2008).

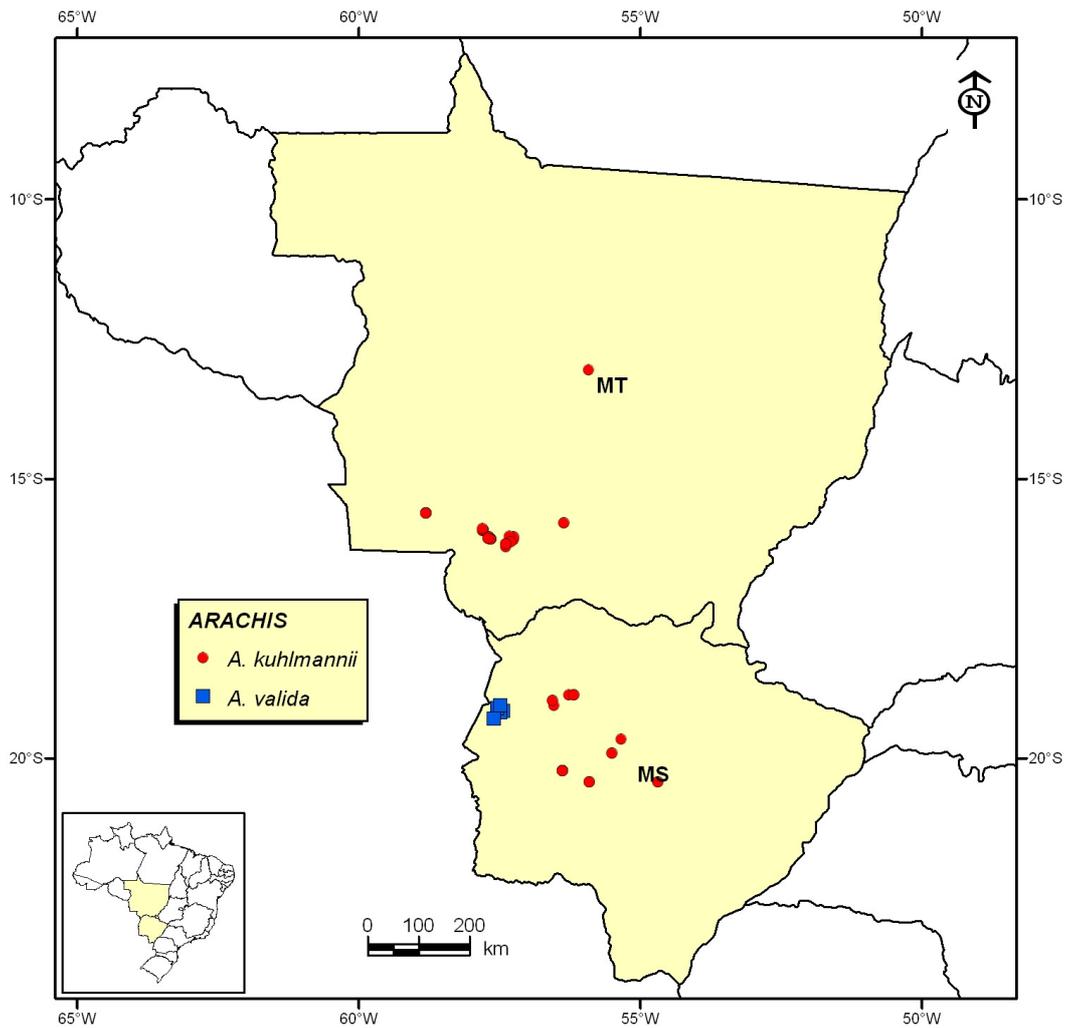


Figura 55. Mapa de distribuição geográfica de *A. kuhlmannii* Krapov. & W.C. Greg. e *A. valida* Krapov. & W.C. Greg. FONTE: Valls et al. (2008).

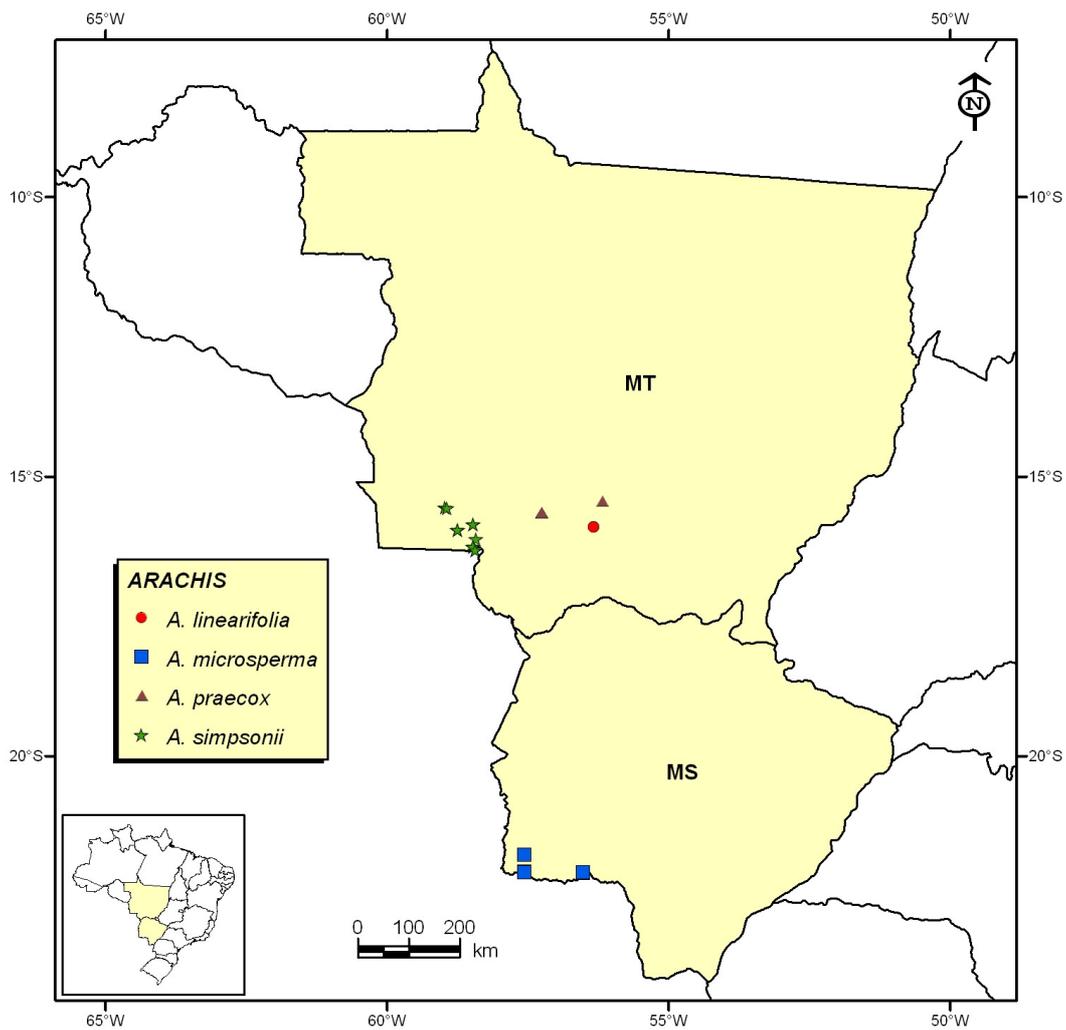


Figura 56. Mapa de distribuição geográfica de *A. linearifolia* Valls, Krapov. & C.E. Simpson, *A. microsperma* Krapov., W.C. Greg. & Valls, *A. praecox* Krapov., W.C. Greg. & Valls e *A. simpsonii* Krapov. & W.C. Greg. FONTE: Valls et al. (2008).

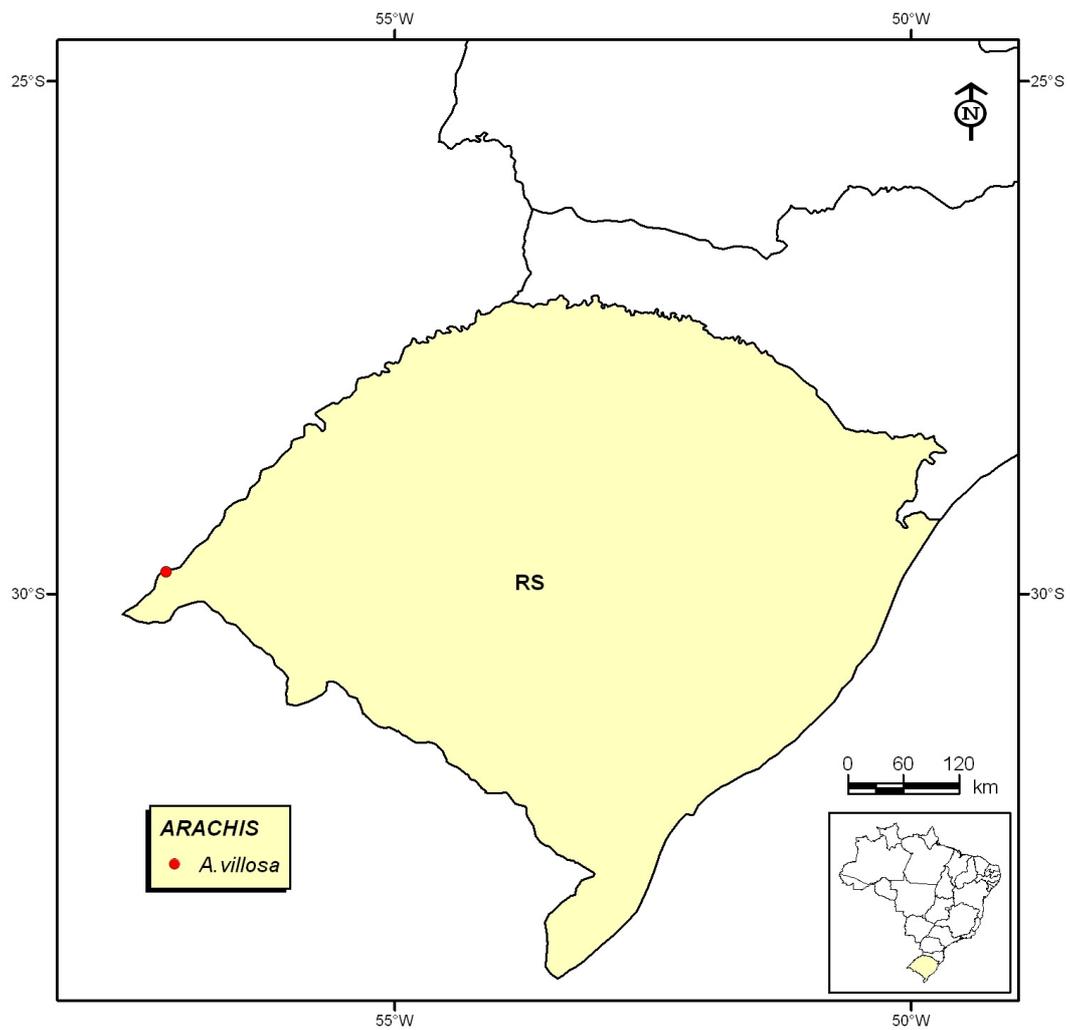


Figura 57. Mapa de distribuição geográfica de *A. villosa* Benth. FONTE: Valls et al. (2008).

8.2 Protocolos para o preparo das soluções utilizadas no trabalho

1) **Ácido acético 45% - 100 mL**

Misturar 45 mL de ácido acético glacial e 55 mL de água destilada.

2) **Carmim acético 2% - 100 mL** (Guerra & Souza 2002)

a) Dissolver 2 g de carmim em uma solução contendo 55 mL de água destilada e 45 mL de ácido acético glacial.

b) Deixar fervendo em um condensador de refluxo por 2 a 3 horas.

c) Deixar esfriar, filtrar e guardar a solução em recipiente fechado.

3) **Carmim acético glicerinado 1:1- 100 mL** (Guerra & Souza 2002)

Misturar 50 mL de carmim acético 2% com 50 mL de glicerina. Guardar a solução em recipiente fechado.

4) **Etanol 70% - 100 mL**

Misturar 70 mL de álcool etílico e 30 mL de água destilada.

5) **Ethrel 1% (ácido 2-cloroetilfosfônico - Etefom) - 1 L**

Para o produto comercial contendo 240 g de etefon/litro (Ethrel a 24% de ingrediente ativo) usa-se, para um litro de água destilada: 4,16 mL de Ethrel mais 995,84 mL de água destilada.

6) **Fixador Carnoy 3:1 - 20 mL** (Guerra & Souza 2002)

a) Misturar 15 mL de etanol e 5 mL de ácido acético glacial.

b) Agitar bastante a solução antes e depois de acrescentar o material a ser fixado.

Atenção: a solução deve ser preparada imediatamente antes de ser usada. O volume de fixador deve ser aproximadamente 10 vezes o volume do material a ser fixado.

7) **8-hidroxiquinoleína (8HQ) 0,002M - 300 mL** (Guerra & Souza 2002)

a) Dissolver 0,087 g de 8HQ em 300 mL de água destilada à temperatura ambiente. Para isso, utilizar um agitador magnético em uma capela, pois exala gases tóxicos.

b) Guardar a solução em frasco bem fechado na geladeira.

Atenção: estocar a solução por até seis meses na geladeira. Evitar expor a solução à luz. Se com o tempo a coloração da solução esmaecer pode indicar perda da atividade.

8) Tampão citrato de sódio 10X pH 4,5 - 100 mL

Misturar 40 mL de ácido cítrico e 60 mL de citrato de sódio. A concentração final é de 100 mM. Ajustar o pH para 4,5.

9) Tampão citrato de sódio 1X pH 4,5 - 20 mL

Diluir 10 mL de tampão citrato de sódio em 10 mL de água destilada.

10) Thiram (bissulfeto de tetrametiltiuram) 1:5 - 6 mL

Misturar 1 mL de bissulfeto de tetrametiltiuram e 5 mL de água destilada.

11) Solução de pectinase 12% - celulase 8% - 20 ml

a) Pesar 2,4 g de pectinase e 1,6 g de celulase.

b) Diluir em 20 mL com tampão citrato de sódio 10 mM pH 4,5.

c) Dividir os 20 mL em 10 microtubos de 2 mL cada e mante-los no congelador.

12) Solução de colchicina 0,2% - 100 mL

Dissolver 20 g de colchicina em 100 mL de água deionizada. Estocar a solução em geladeira.