

USO DE GERMOPLASMA EXÓTICO NO MELHORAMENTO

**LUCIANO LOURENÇO NASS¹
JOSÉ B. MIRANDA FILHO²
MANOEL XAVIER DOS SANTOS³**

¹Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, C.P. 02372 - CEP: 70770-900 - Brasília, DF.

²Depto. de Genética - USP/ESALQ, C.P. 83 - CEP: 13400-970 - Piracicaba, SP.

³Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 65 - CEP: 35701-970 - Sete Lagoas, MG.

1. INTRODUÇÃO

A origem das plantas cultivadas tem sido objeto de investigação de inúmeros pesquisadores. Embora seja difícil até o presente momento definir a exata origem das espécies, existe um certo consenso sobre a provável localização geográfica inicial da maior parte das plantas de interesse econômico. As viagens exploratórias, na tentativa de descobrir novas fronteiras, tiveram papel relevante na dispersão das plantas cultivadas pelo planeta.

O Brasil figura entre os países com maior biodiversidade do mundo e, mesmo assim, é extremamente dependente de germoplasma de outros países. Desta forma, pode-se afirmar que nenhum país é auto-suficiente em termos de recursos genéticos vegetais, ou seja, todos os povos são dependentes em maior ou menor grau de germoplasma.

Na literatura é possível encontrar diferentes conotações para germoplasma exótico. A palavra exótico é de origem grega e apresenta diferentes significados, entre eles: procedente de país estrangeiro, animal ou planta que não é natural do país onde vive, estrangeiro, esquisito, extravagante, não nativo, entre outros.

Para exemplificar o conceito de germoplasma exótico adotado nesse capítulo será utilizado o milho, que é, provavelmente, a espécie mais cosmopolita entre os vegetais, sendo cultivado desde 58°N até 40°S de latitude, desenvolvendo-se desde o nível do mar até altitudes superiores a 3.800 m. Devido à importância econômica deste cereal e a facilidade que ele apresenta para estudos de genética, o milho é uma das espécies mais estudadas e que serve de modelo para as espécies de plantas alógamas.

Na opinião de Lonnquist (1974), milho exótico foi considerado como oriundo de outra área, estando representado por adaptações diferentes a altitudes, latitudes, tipos de solo, fatores ambientais etc. Por sua vez, Hallauer (1978) definiu germoplasma exótico como todas as fontes de germoplasma que não são imediatamente úteis ou adaptadas. Em uma extensão desse conceito, Hallauer & Miranda Filho (1988) consideraram que germoplasma exótico, para programas aplicados de melhoramento genético, envolve todo germoplasma que não tem utilidade imediata sem a seleção para uma determinada área. Assim, genótipos oriundos da região Amazônica ou do Rio Grande do Sul podem perfeitamente ser considerados exóticos para as condições ambientais do Estado de São Paulo (Santos, 1985; Nass, 1992; Santos & Miranda Filho, 1992; Nass & Miranda Filho, 1995). No caso de forrageiras em países com grande extensão territorial, observam-se situações curiosas, em que o germoplasma obtido a poucos quilômetros de linhas de fronteiras próximas às áreas experimentais é considerado exótico, enquanto amostras trazidas de centenas ou milhares de quilômetros de distância no mesmo país recebem o tratamento reservado às espécies nativas (Valls, 1990).

2. IMPORTÂNCIA DO INTERCÂMBIO

A movimentação espacial do homem e o intercâmbio de sementes e propágulos são práticas que remontam à era da domesticação de plantas. Migrantes, viajantes e exploradores sempre levaram e/ou trouxeram germoplasma que, de algum modo, contribuiu para ampliar a base da diversidade das espécies vegetais. No Brasil, raças antigas de milho foram preservadas durante séculos pelas tribos indígenas da Bacia Amazônica e, seguramente, as migrações e intercâmbios contribuíram para a miscigenação do germoplasma, ampliação da base genética e criação de oportunidades para o aparecimento de novas raças (Brieger *et al.*, 1958).

O exemplo clássico da contribuição de germoplasma exótico é o das variedades anãs e semi-anãs de trigo e arroz liberadas na década de 60, as quais tiveram grande impacto tanto nos países em desenvolvimento quanto nos países desenvolvidos. As variedades anãs de trigo e arroz devem suas altas produtividades aos genes que as tornaram mais responsivas aos insumos como os fertilizantes químicos. Esses genes estão espalhados ao redor do mundo, sendo que foram inicialmente encontrados no Japão e China, respectivamente (Jain, 1993). A variedade Norin 10 (PI 156641), introduzida nos Estados Unidos da América em 1946 oriunda do Japão, foi fundamental para o melhoramento do trigo semi-anão no Noroeste do Pacífico e no México (Reitz, 1970). As variedades de trigo de porte reduzido são um exemplo marcante da produção de um complexo de germoplasma que inclui insensibilidade ao fotoperíodo, estatura reduzida pela introgressão de genes de Norin 10, ampla resistência a doenças e a capacidade de atingir altas produtividades com fertilização e irrigação adequadas (Creech & Reitz, 1971). Para o arroz, o primeiro grande sucesso foi obtido com a liberação da variedade IR 8, desenvolvida pelo Instituto Internacional de Pesquisa de Arroz (IRRI). Posteriormente, foram desenvolvidas outras variedades da série IR, na tentativa de corrigir algumas deficiências apresentada pela IR 8, sendo que em 1982, a IR 36 foi cultivada em 11 milhões de hectares, constituindo-se na variedade de arroz mais cultivada da história (Holden *et al.*, 1993).

O intercâmbio de germoplasma tem sido realizado, na maioria das vezes, livremente ao longo do tempo, garantindo no mínimo uma certa ampliação da base genética das culturas entre os países participantes desse processo. Caso os novos acessos permaneçam apenas conservados nos bancos de germoplasma, evidentemente não estarão cumprindo a finalidade básica do intercâmbio, que seria a de disponibilizar novos genótipos e/ou genes para outros ambientes específicos. Todavia, a maior barreira para utilização dos materiais introduzidos é função das diferenças entre as condições ambientais existentes no local de origem do acesso e o novo local onde o material será introduzido. Valls (1990) salientou que qualquer amostra quando é retirada de sua área específica de ocorrência na natureza e trazida para condições de cultivo em uma estação experimental, assume o caráter de introdução, não no sentido político-geográfico, mas no sentido utilitário. Desta forma, passa a ser apenas mais um acesso a testar, devendo receber a mesma avaliação dinâmica de outros acessos para exame do seu potencial de adaptação e produção nas condições locais.

Em uma divisão simplista do ambiente pode-se considerar dois tipos bem contrastantes: clima temperado e clima tropical. Paterniani (1990, 1993) identificou as principais diferenças entre esses tipos de ambientes, indicando que a transferência quase exata de técnicas e materiais empregados nos climas temperados têm sido responsável pelo insucesso de inúmeras tentativas de introdução de germoplasma em condições tropicais, especialmente no caso do milho. O autor ressaltou a importância da precipitação pluviométrica, a qual é bem definida em regiões de clima temperado se comparada aos ambientes de clima tropical. Isso determina uma estratégia distinta na avaliação de genótipos para os dois ambientes, sendo que em condições temperadas tem-se procurado utilizar maior número de locais, enquanto que para as condições tropicais, maior ênfase deve ser dada para época de semeadura. Tal estratégia tem por finalidade melhor representar a situação do agricultor, que nos ambientes tropicais, dispõe de uma ampla faixa de tempo para decidir o momento oportuno para efetuar a semeadura.

Na utilização de germoplasma exótico no melhoramento podem ser empregados cruzamentos tanto intra como interespecíficos, inclusive envolvendo gêneros distintos. Inúmeras tentativas têm sido realizadas em diferentes espécies ao longo do tempo, sendo que muitas foram frustradas devido a barreiras existentes quando utilizados métodos convencionais de hibridação. Com o advento das técnicas baseadas no DNA recombinante tais impedimentos estão sendo superados rapidamente, o que tem viabilizado as mais distintas alternativas até então não disponíveis. Se por um lado as modernas técnicas de biotecnologia têm favorecido a quebra de barreiras para os cruzamentos, por outro lado a tendência da lei de proteção de cultivares é dificultar a troca de germoplasma com elevado potencial de aproveitamento para os países em desenvolvimento, podendo trazer, como consequência, prejuízos significativos para a sociedade.

Harlan & de Wet (1971) sugeriram uma metodologia para classificar as plantas cultivadas para uso no melhoramento genético. Na oportunidade, os autores apresentaram o conceito de conjunto gênico (*gene pool*), sendo identificadas três categorias (Figura 1):

- a) conjunto gênico primário (GP-1): este nível corresponde ao conceito tradicional de espécie biológica. Nesse conjunto gênico o cruzamento é fácil, produzindo híbridos férteis com adequado pareamento cromossômico, ou seja, a transferência de genes é geralmente simples. A espécie biológica inclui raças cultivadas e raças espontâneas, respectivamente, designadas de subespécies A e B.
- b) conjunto gênico secundário (GP-2): inclui outras espécies biológicas que podem ser cruzadas com a espécie de interesse, produzindo níveis variáveis de fertilidade e esterilidade. A transferência de genes é possível porém com certa dificuldade, exigindo grande esforço por parte dos pesquisadores.
- c) conjunto gênico terciário (GP-3): o cruzamento das espécies desse nível com a espécie de interesse (GP-1) resulta em progênies anômalas, com índice significativo de letalidade e/ou completa esterilidade. A transferência de genes não é possível com hibridações usuais, sendo necessárias outras técnicas na tentativa de se obter algum sucesso.

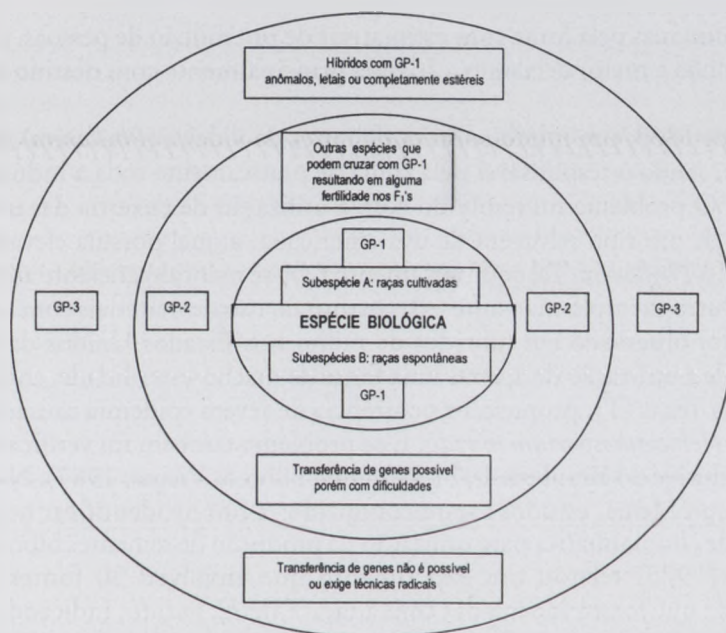


FIGURA 1. Esquema dos conjuntos gênicos primário (GP-1), secundário (GP-2) e terciário (GP-3) de acordo com Harlan & de Wet (1971).

3. VULNERABILIDADE E DIVERSIDADE GENÉTICA

O início da agricultura, há cerca de 10.000 anos atrás, com a domesticação das plantas pelo homem, é sem dúvida um dos acontecimentos de maior importância na história da vida na Terra. Aproximadamente 300.000 espécies de plantas foram descritas e o homem usou para sua alimentação cerca de 3.000. Hoje são usadas em torno de 300 espécies e destas apenas 15 representam 90% de toda a alimentação humana (Paterniani, 1988). As 15 espécies mais utilizadas são arroz, trigo, milho, sorgo, cevada, cana-de-açúcar, beterraba, batata, batata-doce, mandioca, feijão, soja, amendoim, coco e banana (Goodman, 1990). Com base nessas estimativas é de se esperar que a vulnerabilidade genética seja uma preocupação constante por parte dos pesquisadores. O esforço no estabelecimento de bancos de germoplasma não tem feito com que a agricultura mundial fique menos vulnerável à doenças e pragas. Apesar da conservação de uma vasta quantidade de variabilidade nos bancos de germoplasma, as culturas de importância econômica continuam se tornando cada vez mais uniformes (Jain, 1993). A existência dessa vulnerabilidade deve-se especialmente à utilização de genótipos uniformes em extensas áreas de cultivo, sendo vários os exemplos na literatura de problemas advindos dessa uniformidade genética.

Em meados do século XIX, na Irlanda, houve uma catástrofe envolvendo a utilização de clones de batata, os quais eram, quase na sua totalidade, suscetíveis ao fungo *Phytophthora infestans*. Este fungo foi acidentalmente introduzido na Europa a partir do México, possivelmente via Estados Unidos da América (Robinson, 1996). Além dos prejuízos causados aos agricultores da época, o maior agravante foi a perda

de vidas humanas pela fome com estimativas de um milhão de pessoas. Outras (cerca de um milhão e meio) deixaram a Irlanda principalmente com destino à América do Norte.

Em 1860, um inseto parasita de raízes da videira (*Phylloxera*) foi observado na França, sendo o responsável pela ruína de praticamente toda a indústria européia de vinho. O problema foi resolvido com a utilização de enxertia das uvas européias em raízes de um tipo selvagem de uva americana, a qual possuía elevada resistência horizontal à *Phylloxera*. Tal comportamento tem-se mantido eficiente até o momento.

Outro exemplo marcante e desastroso do uso de materiais com uniformidade genética foi observado em híbridos de milho nos Estados Unidos da América em 1970, onde a utilização de apenas uma fonte de macho-esterilidade, conhecida como citoplasma Texas (T), propiciou a ocorrência de severa epidemia causada pela raça T do fungo *Helminthosporium maydis*. Esse problema também foi verificado em outros países, inclusive no Brasil em 1971 (Miranda Filho & Viégas, 1987). Na tentativa de resolver o problema, estudos foram conduzidos a fim de identificar novas fontes de esterilidade citoplasmática para utilização na produção de sementes híbridas de milho. Cochran (1975) relatou um experimento que envolveu 30 fontes distintas de esterilidade que foram inoculadas com a raça T de *H. maydis*, indicando duas fontes (C e S) como resistentes. O tipo C, originário da raça brasileira Charrua, teve a preferência para utilização no programa de melhoramento de Illinois (EUA), pois conferiu estabilidade completa as linhagens, sendo menos variável em relação às alterações do ambiente. Miranda Filho & Viégas (1987) relacionaram outras fontes de citoplasma macho-estéril disponíveis para o milho.

Um caso interessante sobre a vulnerabilidade aconteceu com a seringueira (*Hevea* spp.) que ocorre naturalmente por toda a Bacia Amazônica, seu próprio centro de origem. Interessada na exploração comercial da borracha, a Fundação Ford estabeleceu grandes plantações de clones de seringueira em municípios do Estado do Pará. O plantio de *Hevea brasiliensis* em Fordlândia ocorreu em 1928. Posteriormente, em 1932 outro plantio foi efetuado em Belterra, com introdução de outras espécies como *H. benthamiana*, *H. guianensis*, *H. spruceana*, *H. pauciflora* e outras além de *H. brasiliensis* (Valois, A.C.C. – Comunicação Pessoal). O plantio de Fordlândia sofreu uma das grandes epidemias que se tem notícia no Reino Vegetal, pois os genótipos foram totalmente dizimados pelo fungo *Microcyclus ulei*, causador da doença conhecida como “mal-das-folhas”. O fungo ocorre naturalmente na Amazônia em nível endêmico e não causa prejuízos sérios às plantas quando ocorrem dispersas na mata natural. Porém em plantações adensadas a concentração de esporos, aliada às condições ambientais propícias à doença, tornam a situação favorável à ocorrência de epidemia. Por outro lado, plantios adensados de seringueira foram viáveis em condições de escape, caracterizada por umidade baixa na época da troca de folhas, tendo sido este o motivo do sucesso da cultura no planalto paulista. A vulnerabilidade da seringueira em plantios conduzidos artificialmente na Amazônia, abre oportunidade de sucesso da cultura em ambientes estranhos em relação ao seu ambiente de melhor adaptação na condição natural. É possível que fatos como este tenham ocorrido em outras espécies, onde nem sempre o melhor ambiente de adaptação, para culturas conduzidas artificialmente, é o próprio local de origem.

Em 1970 foi formado um comitê sobre vulnerabilidade genética, designado pela Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos da América, com o objetivo de quantificar a situação daquele país. Os dados apontaram para a dependência de um número reduzido de cultivares, sendo que 6 cultivares de algodão ocupavam 68% da área plantada, 6 cultivares de soja 56%, 6 cultivares de trigo 41% e 6 linhagens de milho eram usadas nos híbridos que ocupavam 71% da área cultivada com milho nos Estados Unidos (National Academy of Sciences, 1972). A conclusão do comitê foi que a produção agrícola americana era de fato vulnerável geneticamente. Posteriormente, Duvick (1984) conduziu um levantamento sobre a situação das culturas de algodão, soja, milho, trigo e sorgo, nos Estados Unidos da América e concluiu que a base genética aumentou em relação ao levantamento de 1970, porém a produção americana ainda concentrava-se em poucas cultivares. As raças locais (*landraces*) foram consideradas, pela maioria, como a principal fonte para ampliar a base genética das cultivares. O autor ressaltou ainda que, para todas as culturas estudadas, os materiais elites adaptados foram as fontes mais utilizadas para resistência a pragas e doenças, assim como para outros estresses ambientais. O levantamento também identificou as principais críticas dos melhoristas em relação aos serviços oferecidos pelo sistema nacional americano de germoplasma: (a) as coleções não eram suficientemente grandes e as atividades de coleta não contavam com o suporte necessário; (b) os acessos mantidos pelo sistema estavam sendo perdidos devido ao suporte financeiro insuficiente para a adequada regeneração e conservação; (c) as coleções necessitavam ser melhor avaliadas com relação aos caracteres agrônômicos de interesse para os melhoristas.

Uma avaliação da diversidade genética nas variedades utilizadas na América Latina foi realizada por Paterniani (1987), envolvendo 40 especialistas do Brasil e 14 de outros países. O autor utilizou uma escala subjetiva de diversidade genética (0 a 100), sendo o limite inferior representado por uma linhagem de espécie autógama e o superior representado por muitas variedades de polinização livre de espécie alógama. A porcentagem de retorno para o Brasil foi de 75%, enquanto para os demais países foi de 50%. Um resumo dos resultados desse levantamento pode ser verificado na Tabela 1. Segundo esse levantamento, para quase a totalidade das espécies existe variabilidade suficiente, provavelmente maior que a capacidade que os melhoristas têm de explorá-la. Quanto à conservação da variabilidade em bancos de germoplasma, foi observado uma situação ótima para as espécies autógamas, enquanto que para as alógamas e de reprodução vegetativa prevalece uma situação de intermediária a deficiente. O autor enfatizou que provavelmente isso seja devido a grande dificuldade de manutenção adequada dessas culturas nos bancos de germoplasma. De maneira geral, os resultados obtidos no levantamento indicaram que na América Latina a situação com relação à variabilidade genética não é tão crítica.

Nass *et al.* (1993) realizaram um levantamento entre os melhoristas de milho e soja de instituições públicas e privadas do Brasil, a fim de quantificar o nível de utilização dos bancos de germoplasma e as principais fontes empregadas nos programas de melhoramento dessas culturas. Os resultados indicaram que o banco de germoplasma é mais utilizado pelos melhoristas de soja, provavelmente pelo maior nível de caracterização e avaliação dos acessos disponíveis. A qualidade das informações

foi considerada satisfatória para ambas as culturas, entretanto a quantidade de informações foi considerada insuficiente por 70% dos melhoristas de milho. Para o melhoramento da produtividade, as cultivares elites adaptadas são a principal fonte de germoplasma em ambas as culturas. Esses resultados evidenciam que os melhoristas encontram suficiente variabilidade genética nos materiais agronomicamente adaptados. As mesmas tendências foram observadas nos Estados Unidos da América (Duvick, 1984), na Europa (Peeters & Galwey, 1988) e no Brasil e outros países da América Latina (Paterniani, 1987).

Para o melhoramento visando à resistência a pragas, doenças e outros estresses, os melhoristas de milho utilizam principalmente sua própria coleção de trabalho, enquanto os de soja buscam essa variabilidade no intercâmbio de materiais (Tabela 2). Para ambas as culturas, os materiais elites adaptados são a fonte mais utilizada em programas de melhoramento para resistência, embora as linhagens experimentais tenham sido consideradas muito importantes pelos melhoristas de soja. Os autores também observaram uma utilização considerável das raças locais na busca de materiais resistentes. Duvick (1984) enfatizou a contribuição das raças locais no sentido de ampliar a base genética de cinco importantes culturas (algodão, milho, soja, sorgo e trigo) nos Estados Unidos da América.

TABELA 1. Variabilidade genética de espécies autógamas, alógamas e de reprodução vegetativa (asexual) na América Latina.

Cultura	Nível de variação genética existente	Conservação em bancos de germoplasma	Base genética das variedades cultivadas	Nível de diversidade
Autógamas				
Sorgo	Alta	Intermediária	Restrita	15
Trigo	Alta	Ótima	Restrita	15
Soja	Alta	Ótima	Restrita	15
Feijão	Alta	Ótima	Normal	25
Amendoim	Média	Intermediária	Restrita	15
Tomate	Alta	Ótima	Restrita	15
Alógamas				
Milho	Alta	Intermediária	Ampla	90
Milheto	Alta	Intermediária	Ampla	60
Forrageiras	Alta	Deficiente	Restrita	60
Girassol	Alta	Deficiente	Restrita	40
Brássicas	Média	Deficiente	Ampla	60
Cucurbitáceas	Alta	Intermediária	Normal	40
Reprodução Vegetativa				
Mandioca	Alta	Pouca	Restrita	15
Cana-de-açúcar	Alta	Boa	Normal	50
Batata	Alta	Boa	Restrita	15
Batata doce	Alta	Boa	Restrita	15
Citros	Alta	Intermediária	Restrita	15
Banana	Reduzida	Deficiente	Restrita	5

Fonte: Adaptada de Paterniani (1987)

TABELA 2. Principais fontes de germoplasma utilizadas no melhoramento para resistência a pragas (P), doenças (D) e outros estresses (E) em milho e soja no Brasil.

	MILHO (%) ^a			SOJA (%) ^a		
	P	D	E	P	D	E
Fontes para resistência						
Bancos de germoplasma	22	14	21	35	22	21
Coleta de trabalho	44	50	49	19	28	24
Troca de materiais entre melhoristas	32	36	30	46	47	52
Outras	2	0	0	0	3	3
Material no melhoramento para resistência						
Seleção	5	2	2	14	8	29
Raças locais (landraces)	21	17	28	18	25	24
Linhaagem experimentalis	15	14	15	36	22	24
Cultivares avançadas / elites	59	67	55	32	45	43

^aPorcentagem de respondentes. Fonte: Nass *et al.* (1993)

4. PROPORÇÃO DE INTROGRESSÃO

Várias tentativas para determinar a porcentagem de germoplasma exótico a ser incorporado em populações adaptadas têm sido realizadas, porém, não há informações conclusivas sobre essa questão. Obviamente, tal informação depende tanto da espécie que se está trabalhando, quanto das condições ambientais onde se pretende introduzir genes exóticos.

Na realidade, a proporção (p) ideal de germoplasma exótico pode estar no intervalo $0 < p \leq 1$, dependendo da origem do germoplasma e do grau de adaptabilidade. Em síntese, estes parâmetros devem ser estabelecidos experimentalmente em cada caso, respeitando-se os limites toleráveis de decréscimo no valor genético como consequência da introgressão. A introgressão será efetivada como resultado de cruzamentos e retrocruzamentos de acordo com a proporção p desejada. Após o último retrocruzamento o material deverá ser inter cruzado para fins de recombinação de genes e quebra dos blocos de ligação, o que deverá proporcionar oportunidade de expressão da variabilidade potencial. Esse processo é teoricamente assintótico e pode requerer diversas gerações de inter cruzamento para atingir o grau de homogeneização desejável (Miranda Filho, 1996).

Para a incorporação de uma população exótica (V_E) em uma população local adaptada (V_0), considere-se inicialmente o cruzamento $V_E \times V_0$; após a recombinação do híbrido inter populacional a população resultante será equivalente a um composto de tamanho $k = 2$, com 50% de genes de cada genitor. A média esperada deste composto é $C_2 = \bar{V} + \frac{1}{2}h$, sendo $\bar{V}$ a média dos pais e h a heterose em relação à média dos pais. Considere-se uma situação em que uma população exótica tem média igual a 50% da população adaptada e que não há heterose no cruzamento ($h=0$); mesmo em uma situação desfavorável como esta o composto resultante (C_2) terá média equivalente a 75% de V_0 , proporção esta que poderá aumentar substancialmente com alguns ciclos de seleção recorrente. Em situação similar, mas com heterose (h) de 20%, resulta C_2 igual a 82,5% de V_0 .

Assumindo,

p : a proporção de germoplasma exótico no composto C_2 ;

λ : média da população exótica em relação à adaptada ($\lambda = \bar{V}_E / \bar{V}_0$);

ω : quociente entre heterose e a média dos pais ($\omega = h / \bar{V}$);

φ : proporção da média do composto em relação à média da população adaptada;

a média do composto será expressa por:

$$\bar{C}_2 = [1 - p(1 - \lambda) + p(1 - p)\omega(1 + \lambda)] \bar{V}_0, \text{ ou seja, } \bar{C}_2 = \varphi \bar{V}_0$$

Portanto, a porção entre colchetes representa a proporção (φ) da média do composto em relação à média da população adaptada. Exemplos de valores de φ para valores variáveis de p , ω e λ são apresentados na Tabela 3.

Uma população exótica pode apresentar baixa expressão de diversos caracteres quantitativos, inclusive produtividade, não exatamente por uma questão de adaptabilidade, mas possivelmente por problemas de depressão por endogamia. Assim sendo, uma forte heterose deve se expressar no cruzamento entre as populações exótica e adaptada. Contudo, esta heterose corresponde, em parte, a uma recuperação da depressão por endogamia. Miranda Filho (1999) mostrou que a heterose (h_0), no cruzamento de duas populações não endógamas, aumenta na mesma proporção da depressão causada por endogamia nos pais. Assim, chamando de h_F a heterose entre pais endógamos, com as respectivas depressões representadas por I_1 e I_2 , tem-se $h_F = h_0 + \frac{1}{2}(I_1 + I_2) = h_0 + \bar{I}$, sendo $\bar{I}$ a depressão endogâmica média. Portanto, nem sempre a baixa expressão de caracteres na população deve ser interpretada de imediato como falta de adaptação. Este problema tende a desaparecer no primeiro cruzamento e em gerações avançadas quando ele advém de efeitos de endogamia; neste caso, a heterose tende a ser elevada, conforme mostrado acima. Quando o problema advém realmente de falta de adaptação, ele deve permanecer por diversas gerações, mas tende a dissipar-se em função da seleção tanto artificial como natural. Hallauer & Sears (1972) mostraram que a falta de adaptação na população ETO, introduzida no *Corn Belt* americano, foi dissipada gradativamente ao longo de seis ciclos de seleção fenotípica. Paterniani & Lonnquist (1963) constataram que a heterose em relação à média dos pais variou de -11% a 101% (média de 33%) em cruzamentos entre 12 raças tropicais de milho. Agrupando os genitores segundo o critério de alta (H) vs. baixa (L) produtividade, constataram heteroses de 19%, 31% e 46% nos

TABELA 3. Valores de $\varphi = [1 - p(1 - \lambda) + p(1 - p)\omega(1 + \lambda)]^*$ para valores variáveis de p , ω e λ .

p	0,5			0,7			0,9			← λ
	10%	20%	30%	10%	20%	30%	10%	20%	30%	← ω
0,5	0,788	0,825	0,863	0,893	0,935	0,978	0,998	1,045	1,093	
0,6	0,736	0,772	0,808	0,861	0,902	0,942	0,986	1,031	1,077	
0,7	0,682	0,713	0,745	0,826	0,861	0,897	0,970	1,010	1,050	
0,8	0,624	0,648	0,672	0,787	0,814	0,842	0,950	0,981	1,011	
0,9	0,564	0,577	0,591	0,745	0,761	0,776	0,927	0,944	0,961	
1,0	0,500	0,500	0,500	0,700	0,700	0,700	0,900	0,900	0,900	

*Ver texto

cruzamentos H x H, H x L e L x L, respectivamente, dando suporte à hipótese de existência de alta homozigose na classe L, a qual também revelou baixa adaptação nas condições do estudo. Paterniani (1980) relatou sobre heterose em cruzamentos entre seis populações locais de milho. A heterose média foi de 18,8%, variando de 5,6% a 36,8%. O cruzamento mais heterótico foi Piracar x Cristal, sendo o primeiro um sintético de base genética estreita e o segundo um tipo de endosperma duro e de baixa produtividade proveniente do Paraguai. As evidências sugeriam que pelo menos um dos pais deveria exibir uma grande taxa de homozigose.

A seguir serão apresentados alguns estudos conduzidos para determinar a proporção de germoplasma exótico a ser incorporado nos materiais adaptados nas culturas de milho e soja.

Em milho, Griffing & Lindstrom (1954) relataram que os híbridos F_1 mais produtivos foram aqueles em que houve a participação de linhagens com 25% a 50% de exóticos em cruzamentos com linhagens adaptadas. Wellhausen (1965) recomendou incorporar proporções menores ou iguais a 25% de germoplasma exótico dentro de materiais adaptados do *Corn Belt* dos Estados Unidos da América. Hallauer (1978) conduziu quatro programas de seleção recorrente mostrando as taxas de progresso esperado e o comportamento da variabilidade genética em populações com diferentes proporções de germoplasma exótico. Os resultados de dois anos de ensaios de avaliação com progênies S_2 , indicaram que a variância genética e o progresso esperado, foram maiores para as populações semi-exóticas que para a população adaptada, entretanto o aumento da variabilidade não foi muito encorajador. Crossa & Gardner (1987) não observaram diferenças significativas para produção de grãos entre as populações com 75% e 100% de germoplasma adaptado, sendo que ambas foram superiores as populações com 50% de germoplasma adaptado. Na avaliação de materiais com diferentes níveis de introgressão (0%, 25%, 50%, 75% e 100%), Michelini & Hallauer (1993) constataram que os cruzamentos mais produtivos foram obtidos com 50% de germoplasma exótico. Os autores destacaram ainda o elevado potencial a ser explorado pelos programas de milho híbrido dos Estados Unidos do grupo heterótico exótico formado por Suwan-1 e Tuxpeño. A proporção adequada de germoplasma exótico a ser incorporada é dependente dos objetivos do melhoramento (curto ou longo prazo), como também do desempenho do germoplasma exótico e adaptado (Bridges & Gardner, 1987).

O uso de germoplasma exótico em híbridos americanos de milho triplicou nos últimos 12 anos, passando de 1% em 1984 a 3% em 1996. A maior parte deste aumento é devido ao uso de germoplasma exótico temperado, sendo que o uso de germoplasma exótico tropical é muito reduzido, com estimativas da ordem de 0,1% em 1984 e 0,3% em 1996. Este cenário pode mudar rapidamente nos próximos cinco anos, haja vista a iniciativa que vem sendo conduzida pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (ARS/USDA), uma vez que o programa GEM (*Germplasm Enhancement of Maize*) tem identificado excelentes fontes de origem tropical em cruzamentos com linhagens de empresas privadas de sementes, tanto para aumento da produtividade quanto para características qualitativas (Pollak, L.M. – Comunicação Pessoal). Dentre os híbridos americanos mais vendidos que apresentam germoplasma exótico, a maioria contém uma porcentagem pequena de

germoplasma temperado (2% a 6%), representado principalmente pela introgressão de genes de resistência a insetos a partir de uma cultivar argentina denominada Maíz Amargo, introduzida via B68. Outros híbridos têm uma porcentagem maior de exóticos, entre 12% a 25%, geralmente relacionados com as linhagens F2 e F7 de origem francesa. Os híbridos americanos que contêm germoplasma tropical mostram o mesmo padrão, porém com nível menor de germoplasma exótico; os híbridos mais vendidos com germoplasma tropical geralmente contêm de 1% a 5% de introgressão, entretanto existem outros híbridos, menos populares, que apresentam entre 25% a 50% de germoplasma tropical (Goodman, 1999).

No Brasil, a introdução de germoplasma exótico tem sido bastante utilizada para ampliar a variabilidade genética na cultura do milho (Moro *et al.*, 1981; Lima *et al.*, 1982; Miranda Filho & Vencovsky, 1984; Magnavaca *et al.*, 1989; Miranda Filho, 1992; Nishikawa *et al.*, 1997; Regitano Neto *et al.*, 1997; Nass *et al.*, 1998; Santos *et al.*, 2000). O potencial genético de raças brasileiras de milho, para fins de melhoramento, também tem merecido a atenção de diversos pesquisadores. Dentre as raças brasileiras estudadas por Brieger *et al.* (1958) e Paterniani & Goodman (1977) mereceram destaque a Cravo e a Entrelaçado, por apresentarem, respectivamente, grande número de fileiras por espiga e acentuado comprimento de espiga. A raça Cravo é originária do Rio Grande do Sul, enquanto a raça Entrelaçado é cultivada por índios da região Amazônica. Santos (1985) iniciou um estudo dessas raças em cruzamento com a variedade de polinização livre ESALQ-PB1, adaptada às condições ambientais do Estado de São Paulo, o qual evidenciou ampla variabilidade genética nas populações semi-exóticas (50%) para vários caracteres de interesse. O potencial dessas populações semi-exóticas para fins de melhoramento foi demonstrado por Santos *et al.* (1990) para arquitetura da planta, Santos & Miranda Filho (1992) e Nass (1992) para produção de grãos e Nass & Miranda Filho (1995) na avaliação da depressão por endogamia.

Trabalhando com duas variedades adaptadas e seis populações exóticas de clima tropical e de diferentes origens, Santos *et al.* (2000) procuraram estudar a proporção de genes exóticos que deve ser incorporada em populações adaptadas de origem tropical. Os resultados obtidos mostraram que para produção, acamamento, quebraimento do colmo e espigas doentes, a melhor proporção de genes exóticos a ser incorporada variou de 6,25% a 12,5%. Esta tendência, entretanto, não foi observada para os caracteres altura da planta e altura da espiga.

Em soja, os melhoristas americanos têm utilizado as PI's (*Plant Introduction*), denominação dos acessos mantidos pelo sistema de conservação dos Estados Unidos da América, na tentativa de ampliar a variabilidade genética das suas cultivares. Embora as PI's contribuam com genes úteis que não estão disponíveis nas cultivares adaptadas, geralmente elas atuam no sentido de reduzir a produtividade (Vello *et al.*, 1984). Todavia, Thorne & Fehr (1970) relataram que a utilização das PI's no melhoramento de populações de soja aumentou a variabilidade para produção de grãos. Schoener & Fehr (1979) desenvolveram populações com diferentes proporções de introgressão (100%, 75%, 50%, 25% e 0%) de parentais PI's. Os autores observaram produtividade média e variabilidade genética suficiente na população com 50% de introgressão.

Kenworthy (1980) enfatizou que o uso de germoplasma exótico em programas de melhoramento amplia a base genética do germoplasma para seleção e disponibiliza maior variabilidade na descendência como resultado da hibridação. Além disso, a curto prazo, a incorporação de 25% de germoplasma exótico pode contribuir para o desenvolvimento de linhagens mais produtivas e, a longo prazo, manter a variabilidade genética para ciclos subsequentes de seleção. Populações de soja com diferentes proporções de PI's também foram estudadas por Vello *et al.* (1984): AP10 (100%), AP11 (75%), AP12 (50%), AP13 (25%) e AP14 (0% de exóticos). As quatro populações com algum nível de introgressão apresentaram maior variabilidade genética e menor produtividade média que a população adaptada (AP14). Os autores ressaltaram a importância do uso de elevado número de PI's no desenvolvimento de populações para programas de longo prazo e concluíram que 25% de germoplasma exótico deve permitir uma combinação adequada entre produtividade e variabilidade. Na continuidade desse trabalho, Ininda *et al.* (1996) reportaram os ganhos com seleção para produção de grãos após três ciclos de seleção recorrente. Os ganhos observados foram 5,4%, 2,8%, 3,1%, 2,0% e 2,5%, para as populações AP14, AP13, AP12, AP11 e AP10, respectivamente. Os resultados indicaram que, após três ciclos de seleção recorrente, as PI's usadas na composição das populações AP10 até AP13 não aumentaram o ganho genético para produção de grãos quando comparadas com AP14, que foi desenvolvida a partir de cultivares e linhagens experimentais adaptadas.

No Brasil, Zimback (1992) avaliou as gerações F_2 obtidas por cruzamentos em cadeia entre genótipos adaptados e exóticos de soja. Foram observadas diferenças entre as médias das cadeias de cruzamentos, sendo que a cadeia formada por 50% de materiais exóticos foi superior apenas para o caráter peso de 100 sementes, similar para porcentagem de óleo e inferior para a maioria das características estudadas em relação à cadeia com 100% de materiais adaptados. Montañó-Velasco (1994) na análise genética das progênies F_2 , verificou que a variabilidade observada diferiu entre as cadeias de cruzamentos, sendo ligeiramente superior na cadeia de cruzamentos de linhagens exóticas com adaptadas, apenas para os caracteres peso de 100 sementes e porcentagem de óleo, enquanto para os demais caracteres avaliados, incluindo produção de grãos e produção de óleo, a variabilidade foi maior na cadeia adaptada.

5. ALTERNATIVAS DE INTROGRESSÃO

Dentre os fatores que influenciam nos resultados de um programa de melhoramento, a escolha do germoplasma é o que pode ser alterado com maior facilidade e com menor custo, sendo talvez o fator de maior importância para o sucesso do programa (Goodman, 1985).

Várias são as alternativas para incorporar novas características nos materiais adaptados, sendo que a escolha da metodologia a ser empregada depende da natureza genética do caráter, número de genes envolvidos, herdabilidade e das interações com o ambiente. Segundo Hallauer (1978) a seleção recorrente é considerada o método mais indicado para adaptação de germoplasma exótico, sendo que inicialmente a seleção massal pode ser satisfatória para caracteres com alta herdabilidade e, posteriormente, métodos mais elaborados e que exploram melhor a variância genética devem ser empregados.

Simmonds (1993) propôs uma distinção entre os termos introgressão e incorporação para as atividades que visam a ampliação da base genética. Segundo o autor, denomina-se de introgressão aqueles programas que têm por objetivo a transferência de um único gene ou um complexo de genes para um germoplasma elite adaptado. Isso tem sido usual na transferência de genes maiores de resistência a doenças e em alguns casos de tolerância a estresses. Por outro lado, denomina-se de incorporação aqueles programas que visam ao desenvolvimento de populações base para o melhoramento, como por exemplo a síntese de novos compostos de ampla base genética. Todavia, a distinção entre esses dois termos não parece ser necessária, uma vez que nos programas de pré-melhoramento (*pre-breeding*) ambas as estratégias têm sido usadas, sendo portanto, complementares. Desta forma, ambos os termos indicam ampliação ou enriquecimento da base genética para futuros programas de melhoramento, independentemente do período de tempo. Os programas de pré-melhoramento têm sido considerados como o mecanismo mais eficiente para aumentar a utilização tanto de germoplasma exótico quanto dos acessos disponíveis nos bancos de germoplasma (Smith & Duvick, 1989; Cooper *et al.*, 1998; Nass, 1999; Nass & Paterniani, 2000).

O método do retrocruzamento é uma alternativa eficiente para a transferência de caracteres de herança simples e na adaptação de germoplasma exótico. O primeiro retrocruzamento para o germoplasma adaptado foi considerado por Eberhart (1971) como a melhor população base para a prática de seleção. Estudos através de simulação em computadores demonstraram que, com o aumento do nível de dominância e com a utilização de parentais mais contrastantes, é recomendável lançar mão de gerações adicionais de retrocruzamentos antes de iniciar a seleção (Dudley, 1982). Quando o germoplasma exótico não é adaptado para um determinado local, um ou dois retrocruzamentos para o material adaptado são necessários. Entretanto, quando a população exótica tiver sido previamente selecionada para adaptabilidade, podem ser obtidos efeitos positivos imediatos (Crossa *et al.*, 1987; Mungoma & Pollak, 1988).

Crossa (1989) baseado na probabilidade de fixação de alelos verificou que se a população exótica tiver sido selecionada para adaptabilidade e possuir alelos favoráveis em alta frequência, a população de cruzamento pode ser utilizada diretamente como população base no processo de seleção. Caso o retrocruzamento para o parental adaptado seja utilizado, então um aumento no tamanho da população é necessário para conservar os alelos favoráveis previamente incorporados.

Outra alternativa para utilização de germoplasma exótico é a síntese de novas populações e sua posterior introdução em programas de melhoramento. Esta é uma das principais contribuições do Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT) para os programas de melhoramento de milho tropicais e temperados. O CIMMYT tem desenvolvido compostos (*pools*) com base no ciclo vegetativo dos materiais, zoneamento climático, coloração e endosperma dos grãos (Salhuana, 1987).

6. TIPOS DE INTRODUÇÃO

O aproveitamento das características úteis para o melhoramento presentes no germoplasma exótico pode ser conseguido de diferentes maneiras. Neste termos, exótico não significa necessariamente germoplasma de outro país, mas qualquer

material que apresenta adaptação a condições diferenciadas em relação ao ambiente onde está sendo introduzido. De acordo com Miranda Filho (1996) introdução de germoplasma refere-se a uma designação generalizada que envolve a introdução de quaisquer materiais genéticos.

Quando se trata de introdução, há uma preocupação quanto ao problema de amostragem e/ou de tamanho efetivo populacional. Esta preocupação não existe quando se trata de linhagens homozigóticas e clones, pois uma única semente ou um propágulo pode representar o genótipo. No caso de populações, o problema de amostragem só é preocupante quando se tem interesse em preservar as propriedades genéticas da população de referência, entretanto para o melhoramento, raramente este é o caso. Na maioria das vezes o material introduzido entra em um esquema de cruzamentos e retrocruzamentos para fins de introgressão e um tamanho de amostra reduzido pode ser suficiente para atender as necessidades do melhorista (Miranda Filho, 1996). Deve-se ressaltar que, em se tratando de introdução para fins de conservação dos recursos genéticos, o rigor e a atenção em relação aos critérios de amostragem assumem papéis extremamente importantes (Vencovsky, 1986; Vilela-Morales *et al.*, 1997).

A seguir serão identificados os possíveis tipos de introdução, os quais podem auxiliar na ampliação da variabilidade genética disponível para os melhoristas.

6.1 INTRODUÇÃO DE ESPÉCIE

A introdução de uma espécie é sem dúvida uma das formas mais eficientes de ampliar a variabilidade genética de um país. Uma vez que cada espécie deve ter se originado em locais específicos no mundo, fica evidente que praticamente todos os países do mundo já se beneficiaram e continuam se beneficiando desse tipo de atividade. Geralmente a decisão de introduzir uma nova espécie é respaldada pela semelhança entre o ambiente onde a espécie existe naturalmente e o novo ambiente no qual se deseja a sua introdução. Esse tipo de atividade é tão importante que muitos pesquisadores a consideram como um método de melhoramento de plantas.

Desde a época do descobrimento da América, tem-se observado inúmeros exemplos de intercâmbio e introdução de espécies, com resultados benéficos para inúmeros países. Cite-se, por exemplo, o milho (*Zea mays* L.), originário da América Central, que se espalhou rapidamente na era pós-Colombo e hoje é cultivado praticamente em todas as áreas agrícolas do mundo (Hallauer & Miranda Filho, 1995). Outras espécies importantes da América que se espalharam pelo mundo foram o tomate (*Lycopersicon esculentum*), a batata (*Solanum tuberosum*), o amendoim (*Arachis hypogaea*), o tabaco (*Nicotiana tabacum*) e o algodão (*Gossypium* spp.), entre outros inúmeros exemplos. Em contraposição, muitas espécies do Velho Mundo foram introduzidas nas Américas, trazendo inúmeros benefícios e inclusive alterando o hábito de alimentação dos povos. Dentre as espécies introduzidas, destacam-se o trigo (*Triticum* spp.), o arroz (*Oryza sativa*), as frutas cítricas (*Citrus* spp.) e o café (*Coffea arabica* e outras espécies). A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) no Brasil foi introduzida logo após o descobrimento, mas outras espécies afins (*S. robustum*, *S. spontaneum* etc.) foram introduzidas posteriormente como fontes de resistência a diversas doenças da espécie.

Outro exemplo do sucesso na introdução de uma espécie foi o caso da soja no Brasil. Essa introdução foi realizada na Bahia em fins do século XIX, entretanto essa espécie foi melhor explorada comercialmente somente a partir de 1970, sendo muito cultivada entre as latitudes 22° a 30° S, uma vez que as cultivares e as linhagens introduzidas do sul dos Estados Unidos da América desenvolviam-se satisfatoriamente nessa faixa de latitude. A maioria das cultivares de soja é sensível às variações do fotoperíodo. Nos ambientes tropicais o fotoperíodo curto provoca, na maior parte do germoplasma de soja, uma floração e maturação muito rápidas não permitindo um crescimento adequado e, conseqüentemente, proporcionando uma produção irrelevante (Toledo *et al.*, 1994). O caráter período juvenil longo tem sido utilizado eficientemente para atrasar o florescimento sob condições de dias curtos, permitindo que os materiais adquiram porte adequado para viabilizar a colheita mecânica. O desenvolvimento de cultivares com essa característica permitiu o cultivo de soja em regiões de baixa latitude e certamente constitui-se em uma expressiva contribuição do melhoramento genético para a agricultura nacional.

6.2 INTRODUÇÃO DE CULTIVAR

Neste caso, geralmente, o objetivo é a utilização direta de uma cultivar no sistema produtivo. Entretanto, também existe a possibilidade dela ser utilizada como genitor em cruzamentos com materiais adaptados. Tratando-se de variedades, há que se tomar cuidado com a representatividade genética da amostra introduzida, a fim de que os efeitos da deriva genética sejam minimizados. No caso de híbridos, pode-se introduzir diretamente a semente híbrida ou seus genitores homozigóticos.

Existem inúmeros casos de introdução direta de cultivares tanto por instituições públicas como privadas. No caso de empresas privadas, em milho, a maioria das introduções é usada de forma direta na composição de híbridos ou como fontes para a melhoria de determinada característica de interesse nos programas de obtenção de híbridos. Por sua vez, nas instituições públicas, após a identificação dos materiais introduzidos com potencial para melhoramento, os mesmos são incorporados aos programas passando a se constituir parte da coleção ativa de germoplasma. Um exemplo importante é caso da população de milho Suwan 1, que foi introduzida e, posteriormente, lançada como BR-105. Esta variedade foi originada de 36 introduções provenientes das ilhas Caribe, América do Sul, Índia, México, América Central, de germoplasma Tuxpeño e Caribe dos Estados Unidos. Após quatro recombinações, feitas na Tailândia, iniciou-se o processo de seleção para *downy mildew* (*Peronosclerospora sorghi*). Denominado de Thai Composite - C1, em 1971 foi cruzado com duas variedades resistentes ao *downy mildew* e retrocruzado três vezes com ciclos mais avançados de seleção do Thai Composite. Após forte pressão de seleção exercida pela doença, foi liberado em 1974 e passou a ser denominado de Suwan 1. Com sua introdução no Brasil, foram iniciados os trabalhos de melhoramento pela Embrapa Milho e Sorgo. Até o ano de 1985 havia passado por cinco ciclos de seleção recorrente com irmãos germanos, sendo que a partir desta data, iniciou-se um programa de seleção recorrente recíproca com a variedade BR-106. Este programa tem continuidade até hoje. A variedade BR 105 foi distribuída para diversas empresas privadas de sementes, que passaram a utilizá-la como fonte para extração de linhagens de excelente capacidade combinatória.



Colhedoras e Semeadoras para parcelas experimentais

**Seu parceiro em equipamentos no melhoramento
de plantas e pesquisa no Brasil.**

**O FOCO DE NOSSAS ATIVIDADES: MELHORAMENTO DE PLANTAS
E PESQUISA AGRÍCOLA**

Nossos **equipamentos** são importantes no trabalho de pesquisa na agricultura.

Os equipamentos utilizados para este propósito são específicos para pesquisa, e utilizam componentes especiais e detalhes que diferem dos utilizados na agricultura comercial.

A tecnologia moderna de nossas máquinas, torna o trabalho dos pesquisadores muito mais rápido e eficiente.

Consulte nosso representante mais próximo.

HEGE  **Maschinen**

 **SEEDMECH**
do Brasil

WINTERSTEIGER

SEEDMECH DO BRASIL, estabeleceu-se em setembro de 2001. Centro de distribuição no Brasil, para prover peças de reposição,

WILEY-INTERSCIENCE

Colloid and Polymer Science Special Issue

See page 100 for a complete list of contents.

Editor: H. Markovitz, University of California, San Diego, La Jolla, California 92037, U.S.A.

Subscription prices (1980) for institutions: Dfl. 120.00 (DM 120.00) per volume; \$36.00 per volume.

For a complete list of subscription agents, please apply to the nearest office of the publisher.

For a complete list of subscription agents, please apply to the nearest office of the publisher.

A complete list of subscription agents, please apply to the nearest office of the publisher.

For a complete list of subscription agents, please apply to the nearest office of the publisher.

For a complete list of subscription agents, please apply to the nearest office of the publisher.

For a complete list of subscription agents, please apply to the nearest office of the publisher.

For a complete list of subscription agents, please apply to the nearest office of the publisher.

For a complete list of subscription agents, please apply to the nearest office of the publisher.

For a complete list of subscription agents, please apply to the nearest office of the publisher.

Germek (1992) destacou que as cultivares de algodão norte-americanas, como *Express*, *Texas Bigball*, *Stoneville*, *Alburn*, *Acala*, *Delfos* e *Delta Pineland*, inicialmente foram utilizadas diretamente e, posteriormente, tiveram grande influência no desenvolvimento de novas cultivares no Brasil.

Vieira *et al.* (1999) relataram sobre o programa de melhoramento genético do feijoeiro da Universidade Federal de Viçosa iniciado em 1955. Os acessos introduzidos eram colocados em ensaios comparativos de produtividade, onde foi possível identificar a cultivar Rico 23, um feijão preto introduzido da Costa Rica e lançado em 1959, chegando a ser recomendado para sete Estados: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Goiás.

Inúmeros exemplos podem ser citados, os quais reforçam a importância e o interesse na introdução de cultivares, uma vez que muitos dos acessos introduzidos podem ser utilizados como fonte direta em programas de melhoramento ou apenas como fonte para incorporação de genes específicos.

6.3 INTRODUÇÃO DE CITOPLASMA

A introdução de um determinado tipo de citoplasma pode ter interesse em programas de desenvolvimento de híbridos, através da exploração de fontes para macho-esterilidade, ou quando existe herança materna envolvida no controle genético da característica que se deseja melhorar.

Um citoplasma específico de milho (citoplasma T ou Texas, dos Estados Unidos), que confere macho-esterilidade, foi introduzido no Brasil quando iniciou-se a produção de semente híbrida com fêmeas macho-estéreis, que dispensavam a operação de emasculação ou despendoamento, contribuindo para reduzir o custo de produção de sementes. Quando ocorreu a epidemia de *Helminthosporium maydis*, nos Estados Unidos em 1970 e no Brasil em 1971, aboliu-se o uso do citoplasma-T (Miranda Filho & Viégas, 1987). Posteriormente descobriu-se, no Brasil, uma fonte alternativa de citoplasma estéril (citoplasma C ou Charrua), não suscetível a *H. maydis*, que foi então exportada para os Estados Unidos para novas pesquisas sobre o uso da macho-esterilidade.

6.4 INTRODUÇÃO DE GENES

Nesta situação o interesse é centrado na introdução de um ou mais genes específicos. Por meios convencionais é obvio que não se consegue introduzir apenas o gene de interesse, entretanto, as técnicas que utilizam o DNA recombinante têm permitido tal procedimento. Deve-se, aqui, enfatizar o interesse pelo(s) gene(s), sendo que o veículo de introdução pode ser representado por qualquer material (linhagens, variedades etc.). Após a introdução, seguem-se cruzamentos e retrocruzamentos para a introgressão do gene desejado no material adaptado.

Como exemplos de introdução de genes pode ser citado o gene opaco-2 (o_2), que na condição homozigota recessiva confere elevado teor de lisina e triptofano no milho; situação similar ocorreram com os genes recessivos su_2 (*sugary*) e sh_1 (*shrunk*) que são utilizados para produção comercial de milho doce. O gene *Ht* (dominante) confere resistência a *Exserohilum turcicum* e foi introduzido no Brasil para fins de incorporação nos híbridos comerciais. Inúmeros outros exemplos são disponíveis para ilustrar a importância da introdução de genes específicos.

7. FORMAS DE UTILIZAÇÃO DE EXÓTICOS

Diante das diferentes possibilidades de introdução descritas no item anterior, inúmeras alternativas são possíveis para a seqüência dos trabalhos tanto de pré-melhoramento quanto dos programas de melhoramento. A seguir são apontadas as diferentes possibilidades de utilização dos materiais exóticos introduzidos.

7.1 USO DIRETO NA PRODUÇÃO

Refere-se ao aproveitamento de qualquer tipo de material genético diretamente no sistema produtivo. Aqui, podem ser incluídos os diversos tipos de cultivares (variedades ou híbridos), como já exemplificados no item 6.2. Além disso, híbridos de dendê e de coqueiro foram introduzidos da Costa do Marfim para uso direto em cultivos comerciais na região Nordeste do Brasil. Nas espécies de reprodução vegetativa, a introdução de clones para uso direto também tem ocorrido, como é o caso de clones de seringueira de alta produtividade, introduzidos da Malásia para utilização direta nas regiões de não ocorrência do fungo *Microcyclus ulei*.

7.2 USO DIRETO EM CRUZAMENTOS PARA PRODUÇÃO

Empresas de produção de sementes híbridas de milho têm feito introduções de linhagens elite que entram diretamente, sem qualquer modificação genética para adaptação ou quaisquer outras características, em cruzamento para produção comercial de híbridos. Estas linhagens são preservadas como tais e o seu valor genético só é explorado na condição híbrida. Germek (1992) relatou que nas introduções de videiras efetuadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas, predominaram as procedentes dos Estados Unidos, as quais contribuíram por meio de hibridações para a obtenção de diversas cultivares.

7.3 USO DIRETO EM PROGRAMAS DE PESQUISA

Em grande parte dos casos, o material introduzido (variedades ou populações, híbridos, linhagens, clones etc.) é utilizado diretamente em programas de pesquisa, sem qualquer informação anterior. Neste caso o material exótico pode seguir por três caminhos: (a) Utilização direta em cruzamento com material adaptado, seguida de retrocruzamentos para estabelecer uma proporção adequada de germoplasma exótico a ser incorporado; (b) Utilização direta em cruzamento com material adaptado, seguida de recombinação para fins de geração de compostos de ampla base genética. O composto ESALQ-PB1 de milho, foi sintetizado a partir de intercruzamentos entre variedades locais e exóticas, visando à redução do porte da planta (Miranda Filho, 1974); (c) Seleção recorrente diretamente na população introduzida, uma vez comprovada a existência de variabilidade genética. A população de milho Suwan-1, já mencionada neste capítulo, foi utilizada diretamente como especificado no item 6.2., mas em seguida submetida a vários ciclos de seleção recorrente intrapopulacional e interpopulacional (recíproca), em par com a população BR-106 (Santos *et al.*, 2000). A seleção recorrente fenotípica ou seleção massal pode ser utilizada para melhorar o grau de adaptação da população introduzida. Hallauer & Sears (1972) relataram sobre seis ciclos de seleção para adaptação às condições de clima temperado dos Estados Unidos, na população ETO da Colômbia, tipicamente de clima tropical, obtendo resultados surpreendentes.

7.4 AVALIAÇÃO PRELIMINAR DO MATERIAL EXÓTICO *PER SE*

Quando não se conhece ou se tem pouca informação sobre as características do germoplasma exótico, é aconselhável realizar uma avaliação preliminar para esse fim. Miranda Filho (1992) avaliou 13 características quantitativas de 15 populações de milho oriundas de germoplasma temperado e cruzamentos temperado x tropical. Com base nos resultados, o autor agrupou as populações em dois conjuntos (I e II), cruzando-os com a população local ESALQ-PB1; deste programa surgiram quatro compostos: CEX-01 e CEX-02, resultantes de cruzamento de ESALQ-PB1 com os conjuntos I e II, respectivamente; e CEX-03 e CEX-04, resultantes de intercruzamentos dentro dos conjuntos I e II, respectivamente. Regitano Neto *et al.* (1997) avaliaram dez caracteres em um outro conjunto de 20 populações exóticas de origem similar às estudadas por Miranda Filho (1992); neste trabalho, deixaram indicações confiáveis sobre o possível uso das populações exóticas visando à alteração de caracteres específicos, principalmente os relacionados com a arquitetura da planta de milho.

A avaliação de populações *per se* pode incluir a estimação de parâmetros relacionados com a variabilidade. Lima *et al.* (1982) utilizaram progênies de meios irmãos e de autofecundação (S_1) para estimar a variância aditiva e o coeficiente de herdabilidade nas populações Suwan-DMR e Thai-DMR, e concluíram que a variabilidade genética em ambas as populações era de magnitude suficiente para garantir progressos em programas de seleção recorrente; de fato, dois ciclos de seleção recorrente fizeram aumentar a produtividade em 7,3% e 19,9%, respectivamente. O estudo de Lima *et al.* (1982) incluiu a estimação da depressão por endogamia em três caracteres, sendo que para produção de grãos a depressão foi de 43,0% em ambas as populações. A determinação da depressão por endogamia, como expressão da carga genética da população em estudo, pode constituir-se em informação de real valor, principalmente quando se tem em mente utilizá-la como fonte de linhagens endogâmicas para utilização em híbridos.

7.5 AVALIAÇÃO PRELIMINAR DO MATERIAL EXÓTICO EM CRUZAMENTO

Em alguns casos há o interesse direto na exploração da heterose em cruzamentos envolvendo o material exótico. A heterose pode ser explorada totalmente na geração F_1 de um cruzamento (Exótico x Local ou Exótico x Exótico) ou parcialmente em gerações avançadas (compostos) envolvendo duas ou mais populações. Paterniani (1980) identificou o híbrido Piracari x Cristal como sendo o mais heterótico (36,8%) entre uma série de cruzamentos. Regitano Neto (1998) relatou sobre estimativas de heterose em 30 cruzamentos entre populações exóticas e as populações locais BR-105 e BR-106, com possibilidade de utilização direta da heterose em alguns cruzamentos, como por exemplo (Cuba 173 x B73) x BR-105, que exibiu heterose de 32% em relação à média dos pais. Dentre as populações e ambientes estudados foram observadas variações de heterose entre 0% a 68% para produção, evidenciando a variabilidade entre as populações exóticas e o potencial desses materiais para a exploração da heterose.

O esquema dialélico de cruzamentos para a avaliação dos padrões heteróticos entre populações tem sido amplamente utilizado. Do cruzamento dialélico entre sete

populações (locais e exóticas) de porte reduzido, foi eliminada uma população sendo as demais agrupadas em dois compostos (ESALQ-PB2 e ESALQ-PB3) de tamanho $k=3$, de modo a explorar o máximo da heterose no híbrido ESALQ-PB2 x ESALQ-PB3 (Miranda Filho, 1974; Sampaio & Miranda Filho, 1988).

Há outros casos em que o interesse é identificar os materiais mais promissores como fontes futuras para programas de melhoramento de forma direta ou aumentar a proporção de genes de germoplasma adaptado. Um exemplo a ser mencionado é o acordo entre a Embrapa Milho e Sorgo e o programa GEM do Departamento de Agricultura dos EUA. Germoplasma de diferentes origens e com proporções de 50% e 75% de genes tropicais foram introduzidos no Brasil com o objetivo de identificar fontes com adaptação subtropical e tropical, tanto para produtividade quanto para características qualitativas (proteína, óleo etc.).

Neste capítulo, procurou-se enfatizar que diferentes estratégias podem ser usadas para um eficiente aproveitamento dos materiais exóticos, de tal forma que a maximização dos conhecimentos relacionados aos recursos genéticos disponíveis possa ser útil aos programas nacionais de melhoramento e, em última análise, trazer benefícios aos produtores e a sociedade em geral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRIDGES, W.C.; GARDNER, C.O. Foundation populations for adapted by exotic crosses. *Crop Science*, v.27, p.501-506, 1987.
- BRIEGER, F.G.; GURGEL, J.T.A.; PATERNIANI, E.; BLUMENSCHIN, A.; ALLEONI, M.R. *Races of maize in Brazil and other Eastern South America countries*. Washington: NAS-NRC, 1958. (Publication, 593)
- COCHRAN, D.E. Progress of cytoplasmatic and genetic sterility in hybrid seed corn production. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 30., Chicago, 1975. *Proceedings*. Washington: American Seed Trade Association, 1975. p.116-130.
- COOPER, H.D.; SPILLANE, C.; KERMALI, I.; ANISHETTY, N.M. Harnessing plant genetic resources for sustainable agriculture. *Plant Genetic Resources Newsletter*, n.114, p.1-8, 1998.
- CREECH, J.L.; REITZ, L.P. Plant germ plasm now and for tomorrow. *Advances in Agronomy*, v.23, p.1-49, 1971.
- CROSSA, J. Theoretical considerations for the introgression of exotic germplasm into adapted maize populations. *Maydica*, v.34, p.53-62, 1989.
- CROSSA, J.; GARDNER, C.O. Introgression of an exotic germplasm for improving an adapted maize population. *Crop Science*, v.27, p.187-190, 1987.
- CROSSA, J.; GARDNER, C.O.; MUMM, R.F. Heterosis among populations of maize (*Zea mays* L.) with different levels of exotic germplasm. *Theoretical and Applied Genetics*, v.73, p.445-450, 1987.
- DUDLEY, J.W. Theory for transfer of alleles. *Crop Science*, v.22, p.631-637, 1982.
- DUVICK, D.N. Genetic diversity in major farm crops on the farm and in reserve. *Economic Botany*, v.38, p.161-178, 1984.
- EBERHART, S.A. Regional maize diallels with U.S. and semi-exotic varieties. *Crop Science*, v.11, p.911-914, 1971.
- GERMEK, E.B. A importância da introdução de plantas nos trabalhos de melhoramento. Campinas: Instituto Agrônomo, 1992. 15p. (Documentos, 28).
- GOODMAN, M.M. Exotic maize germplasm: status, prospects, and remedies. *Iowa State Journal of Research*, v.59, p.497-527, 1985.
- GOODMAN, M.M. Genetic and germplasm stocks worth conserving. *Journal of Heredity*, v.81, p.11-16, 1990.
- GOODMAN, M.M. Broadening the genetic diversity in maize breeding by use of exotic germplasm. In: COORS, J.G.; PANDEY, S. (Ed.) *Genetics and exploitation of heterosis in crops*. Madison: American Society of Agronomy, 1999. p.139-148.
- GRIFFING, B.; LINDSTROM, E.W. A study of the combining abilities of corn inbreds having varying proportions of corn belt and non corn belt germplasm. *Agronomy Journal*, v.46, p.545-552, 1954.
- HALLAUER, A.R. Potential of exotic germplasm for maize improvement. In: WALDEN, D.B., (Ed.) *Maize breeding and genetics*. New York: John Wiley, 1978. p.229-247.
- HALLAUER, A.R.; SEARS, J.H. Integrating exotic germplasm into Corn Belt maize breeding programs. *Crop Science*, v. 12, p.203-206, 1972.
- HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. *Quantitative genetics in maize breeding*. Ames: Iowa University Press, 1995. 468p.

- HARLAN, J.R.; DE WET, J.M.J. Toward a rational classification of cultivated plants. *Taxon*, v.20, p.509-517, 1971.
- HOLDEN, J.; PEACOCK, J.; WILLIAMS, T. *Genes, crops and the environment*. New York: Cambridge University Press, 1993. 162p.
- ININDA, J.; FEHR, W.R.; CIANZIO, S.R.; SCHNEBLY, S.R. Genetic gain in soybean populations with different percentages of plant introduction parentage. *Crop Science*, v.36, p.1470-1472, 1996.
- JAIN, H.K. Plant genetic resources and policy implications for a changing agriculture. *Indian Journal Genetics*, v.53, p.223-237, 1993.
- KENWORTHY, W.J. Strategies for introgressing exotic germplasm in breeding programs. In: CORBIN, F.T. (ed.) *WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE*, 2., Raleigh, 1979. *Proceedings*. Boulder: Westview Press, 1980. p.217-223.
- LIMA, M.; GIMENES-FERNANDES, N.; MIRANDA FILHO, J.B.; PEREIRA, J.C.V.A. Introduction of maize (*Zea mays* L.) germplasms as sources for downy mildew (*Peronosclerospora sorghi*) resistance. *Maydica*, v.27, p.159-168, 1982.
- LONNQUIST, J.H. Consideration and experiences with recombinations of exotic and Corn Belt maize germplasms. In: *ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE*, 29, Chicago, 1974. *Proceedings*. Washington: American Seed Trade Association, 1974. p.102-117.
- MAGNAVACA, R.; OLIVEIRA, A.C.; MORAIS, A.R.; GAMA, E.E.G.; SANTOS, M.X. Family hybrid selection of quality protein maize (*Zea mays* L.). *Maydica*, v.34, p.63-71, 1989.
- MICHELINI, L.A.; HALLAUER, A.R. Evaluation of exotic and adapted maize (*Zea mays* L.) germplasm crosses. *Maydica*, v.38, p.275-282, 1993.
- MIRANDA FILHO, J.B. Cruzamentos dialélicos e síntese de compostos de milho (*Zea mays* L.) com ênfase na produtividade e no porte da planta. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974. 116p. Tese, Doutorado.
- MIRANDA FILHO, J.B. Exotic germplasms introduced in a Brazilian maize breeding program. *Brazilian Journal of Genetics*, v.15, p.631-642, 1992.
- MIRANDA FILHO, J.B. Estrutura genética da coleção de germoplasma de milho. In: *WORKSHOP SOBRE GENÉTICA PARA RECURSOS GENÉTICOS DE MILHO*. Brasília: Embrapa, Cenargen, 1996. 9p.
- MIRANDA FILHO, J.B. Inbreeding depression and heterosis. In: COORS, J.G.; PANDEY, S. (Ed.) *Genetics and exploitation of heterosis in crops*. Madison: American Society of Agronomy, 1999. p.69-80.
- MIRANDA FILHO, J.B.; VENCOSKY, R. Analysis of diallel crosses among open-pollinated varieties of maize (*Zea mays* L.). *Maydica*, v.29, p.217-234, 1984.
- MIRANDA FILHO, J.B.; VIÉGAS, G.P. Milho híbrido. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. (Ed.) *Melhoramento e produção de milho*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.277-340.
- MONTAÑO-VELASCO, J.C. Análise genética de progênes F₃ de soja derivadas de cruzamentos em cadeia com ênfase na produção de óleo. Piracicaba: ESALQ/USP, 1994. 115p. Tese, Doutorado.
- MORO, J.R.; NASPOLINI FILHO, V.; VIANNA, R.T.; GAMA, E.E.G. Introdução de novos germoplasmas de milho no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.16, p.867-882, 1981.
- MUNGOMA, C.; POLLAK, L.M. Heterotic patterns among ten Corn Belt and exotic maize germplasm. *Crop Science*, v.28, p.500-504, 1988.
- NASS, L.L. Variabilidade genética de populações semi-exóticas de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba: ESALQ/USP, 1992. 136p. Tese, Doutorado.
- NASS, L.L. Pré-melhoramento em milho (*Zea mays* L.). In: *SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA AMÉRICA LATINA E CARIBE - SIRGEALC*, 2., 1999, Brasília. *Anais*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. 4p. /CD-ROM/
- NASS, L.L.; MIRANDA FILHO, J.B. Inbreeding depression rates of semi-exotic maize (*Zea mays* L.) populations. *Brazilian Journal of Genetics*, v.18, p.585-592, 1995.
- NASS, L.L.; PATERNIANI, E. Pre-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. *Scientia Agricola*, v.57, p.581-587, 2000.
- NASS, L.L.; PELLICANO, I.J.; VALOIS, A.C.C. Utilization of genetic resources for maize and soybean breeding in Brazil. *Brazilian Journal of Genetics*, v.16, p.983-988, 1993.
- NASS, L.L.; MIRANDA FILHO, J.B.; COSTA, F.M.P.; NISHIKAWA, M.A.N. Potencial genético de linhagens de milho introduzidas do Cimmyt. In: *CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO*, 22., Recife, 1998. *Globalização e segurança alimentar*; resumos. Recife: IPA, 1998. p.57.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. *Genetic vulnerability of major crops*. Washington: NAS-NRC, 1972.
- NISHIKAWA, M.A.N.; NASS, L.L.; MIRANDA FILHO, J.B. Avaliação de germoplasma exótico de milho (*Zea mays* L.) para resistência a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*). In: *SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS*, 1., Campinas, 1997. *Resumos*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p.81.
- PATERNIANI, E. Heterosis in intervarietal crosses of maize (*Zea mays* L.) and their advanced generations. *Brazilian Journal of Genetics*, v.3, p.235-249, 1980.
- PATERNIANI, E. An evaluation of the genetic diversity in the varieties currently utilized. In: *PLANT BREEDING RESEARCH FORUM*; Report 1987. Caracas, 1985. p.45-58.
- PATERNIANI, E. Diversidade genética em plantas. In: *ENCONTRO SOBRE RECURSOS GENÉTICOS*, 1., Jaboticabal, 1988. *Anais*. Jaboticabal: FCAV, UNESP, 1988. p.75-77.
- PATERNIANI, E. Maize breeding in the tropics. *CRC Critical Review in Plant Science*, v.9, p.125-154, 1990.

- PATERNIANI, E. Métodos tradicionais de melhoramento do milho. In: BULL, L.T.; CANTARELLA, H. (Ed.) *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Potafós, 1993. p.23-43.
- PATERNIANI, E.; GOODMAN, M.M. Races of maize in Brazil and adjacent areas. Mexico: CIMMYT, 1977. 95p.
- PATERNIANI, E.; LONNQUIST, J.H.. Heterosis in interracial crosses of corn (*Zea mays* L.). *Crop Science*, v.3, p.504-507, 1963.
- PEETERS, J.P.; GALWEY, N.W. Germplasm collections and breeding needs in Europe. *Economic Botany*, v.42, p.503-521, 1988.
- REGITANO NETO, A. Incorporação de germoplasma exótico em milho. Piracicaba: ESALQ/USP, 1998. 133p. Tese, Doutorado.
- REGITANO NETO, A.; NASS, L.L.; MIRANDA FILHO, J.B. Potential of twenty exotic germplasms to improve Brazilian maize architecture. *Brazilian Journal of Genetics*, v.20, p.691-696, 1997.
- REITZ, L.P. New wheats and social progress: improved varieties of wheat have helped make possible unprecedentedly high levels of food production. *Science*, v.169, p.952-955, 1970.
- ROBINSON, R.A. Return to resistance: breeding crops to reduce pesticide dependence. Davis: agAccess, 1996. 480p.
- SALHUANA, W. Strategies for increasing the use of germplasm. In: PLANT BREEDING RESEARCH FORUM; Report 1987. Caracas, 1985. p.141-172.
- SAMPAIO, N.F.; MIRANDA FILHO, J.B. Propriedades genéticas e potencial para o melhoramento da produtividade de dois compostos de milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., Belo Horizonte, 1986. Anais. Sete Lagoas: EMBRAPA, CNPMS, 1988. p.14-320.
- SANTOS, M.X. Estudo do potencial genético de duas raças brasileiras de milho (*Zea mays* L.) para fins de melhoramento. Piracicaba: ESALQ/USP, 1985. 186p. Tese, Doutorado.
- SANTOS, M.X.; MIRANDA FILHO, J.B. Genetic potential of two Brazilian races of maize (*Zea mays* L.) for breeding purposes. *Journal of Genetics & Breeding*, v.46, p.83-90, 1992.
- SANTOS, M.X.; MIRANDA FILHO, J.B.; SOUZA JÚNIOR, C.L. Potencial genético de duas raças brasileiras de milho para fins de melhoramento: II. Caracteres da planta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.25, p.1489-1500, 1990.
- SANTOS, M.X.; POLLAK, L.M.; PACHECO, C.A.P.; GUIMARÃES, P.E.O.; PETERNELLI, L.A.; PARENTONI, S. N.; NASS, L.L. Incorporating different proportions of exotic maize germplasm into two adapted populations. *Genetics and Molecular Biology*, v.23, p.445-451, 2000.
- SCHOENER, C.S.; FEHR, W.R. Utilization of plant introductions in soybean breeding populations. *Crop Science*, v.19, p.185-188, 1979.
- SIMMONDS, N.W. Introgression and incorporation. Strategies for the use of crop genetic resources. *Biology Reviews*, v.68, p.539-562, 1993.
- SMITH, J.C.S.; DUVICK, D.N. Germplasm collections and the private plant breeder. In: BROWN, A.H.D.; FRANKEL, O.H.; MARSHALL, D.R.; WILLIAMS, J.T. (Ed.) *The use of plant genetic resources*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. p.17-31.
- THORNE, J.C.; FEHR, W.R. Exotic germplasm for yield improvement in 2-way and 3-way soybean crosses. *Crop Science*, v.10, p.677-678, 1970.
- TOLEDO, J.F.F.; ALMEIDA, L.A.; KIHIL, R.A.S.; PANIZZI, M.C.C.; KASTER, M.; MIRANDA, L.C.; MENOSSO, O.G. Genetics and breeding. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa da soja. *Tropical soybean: improvement and production*. Rome: FAO, 1994. p.19-36. (Plant Production and Protection Series, 27)
- VALLS, J.F.M. A busca de germoplasma de plantas forrageiras e estratégias para sua coleta. *Dialogo*, n.28, p.309-318, 1990.
- VELLO, N.A.; FEHR, W.R.; BAHRENFUS, J.A. Genetic variability and agronomic performance of soybean populations developed from plant introduction. *Crop Science*, v.24, p.511-514, 1984.
- VENCOVSKY, R. Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasma de espécies alógamas. Brasília: EMBRAPA, CENARGEN, 1986. 15p. (Boletim de Pesquisa, 1)
- VILELA-MORALES, E.A.; VALOIS, A.C.C.; NASS, L.L. Recursos genéticos vegetales. Brasília: Embrapa, SPI; Embrapa, Cenargen, 1997. 78p.
- WELLHAUSEN, E.J. Exotic germplasm for improvement of Corn Belt maize. In: ANNUAL HYBRID CORN INDUSTRY RESEARCH CONFERENCE, 20., Chicago, 1965. *Proceedings*. Washington: American Seed Trade Association, 1965. p.31-45.
- ZIMBACK, L. Cruzamentos em cadeia entre genótipos adaptados e exóticos de soja com ênfase na produção de óleo. Piracicaba: ESALQ/USP, 1992. 178p. Tese, Doutorado.