

FOL 05434
2001
FL-05434

Caracterização de germoplasma de arroz de acordo com o ambiente de origem: Mapeamento em SIG



República Federativa do Brasil

Fernando Henrique Cardoso
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Marcus Vinicius Pratini de Moraes
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Márcio Fortes de Almeida
Presidente

Alberto Duque Portugal
Vice-Presidente

Dietrich Gerhard Quast
José Honório Accarini
Sérgio Fausto
Urbano Campos Ribeiral
Membros

Diretoria-Executiva da Embrapa

Alberto Duque Portugal
Diretor-Presidente

Dante Daniel Giacomelli Scolari
Bonifacio Hideyuki Nakasu
José Roberto Rodrigues Peres
Diretores-Executivos

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Luiz Antonio Barreto de Castro
Chefe-Geral

Arthur da Silva Mariante
Chefe-Adjunto de Administração

Bonifacio Peixoto Magalhães
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

José Manuel Cabral Sousa Dias
Chefe-Adjunto de Comunicação, Negócios e Apoio

Embrapa

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Recursos Genéticos e Biotecnologia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 0102 - 0110

Outubro, 2001

Documentos 63

**Caracterização de Germoplasma
de Arroz de Acordo com o
Ambiente de Origem:
Mapeamento em SIG**

Marília Lobo Burle
Jaime Roberto Fonseca
Rosa de Belém das Neves Alves
Célia Maria Torres Cordeiro
Marlene Silva Freire
Luis Alberto Martins Palhares de Melo
Paulo Hideo Nakano Rangel
Helôisa Torres da Silva

Brasília, DF
2001

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Serviço de Atendimento ao Cidadão

Parque Estação Biológica, Av. W5 Norte (Final) - Brasília, DF

CEP 70770-900 - Caixa Postal 02372

PABX: (61) 448-4600

Fax: (61) 340-3624

<http://www.cenargen.embrapa.br>

e-mail: sac@cenargen.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: José Manuel Cabral de Souza Dias

Secretária-Executiva: Miraci de Arruda Camara Pontual

Membros: Antônio Costa Allem

Marcos Rodrigues de Faria

Marta Aguiar Sabo Mendes

Sueli Correa Marques de Mello

Vera Tavares Campos Carneiro

Suplentes: Edson Junqueira Leite

José Roberto de Alencar Moreira

Supervisor editorial: Miraci de Arruda Camara Pontual

Revisor de texto: Miraci de Arruda Camara Pontual

Normalização bibliográfica: Maria Iara Pereira Machado

Ermelindo Antônio Quilambo

Tratamento de ilustrações: Alysson Messias da Silva

Editoração eletrônica: Alysson Messias da Silva

Capa: Gustavo Coelho de Souza

1ª edição

1ª impressão (2001): tiragem 150 exemplares.

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº. 9.610).

BURLE, M. L.; FONSECA, J. R.; ALVES, R. de B. das N.; CORDEIRO, C. M. T.; FREIRE, M. S.; MELO, L. A. M. P. de; RANGEL, P. H. N.; SILVA, H. T. da. **Caracterização de germoplasma de arroz de acordo com o ambiente de origem: mapeamento em SIG.** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2001. 51p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 63)

ISSN 0102 - 0110

1. Arroz - caracterização de germoplasma 2. Germoplasma - origem - condições ambientais I.Fonseca, J. R. II.Alves, R. de B. das N. III.Cordeiro, C. M. T. IV.Freire, M. S. V.Melo, L. A. M. P. de VI.Rangel, P. H. N. VII.Silva, H. T. da. VIII.Título IX.Série.

CDD 633.18

© Embrapa 2001

Autores

Marília Lobo Burle

Eng^a. Agr^a., M. Sc., Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, e-mail: marilia@cenargen.embrapa.br

Jaime Roberto Fonseca

Eng. Agr., Dr., Embrapa Arroz e Feijão, e-mail: jfonseca@cnpaf.embrapa.br

Rosa de Belém das Neves Alves

Bióloga, M.Sc., Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Tel.: 448-4618, e-mail: rbelem@cenargen.embrapa.br

Célia Maria Torres Cordeiro

Eng^a. Agr^a., M. Sc., Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Tel.: 448-4748, e-mail: celia@cenargen.embrapa.br

Marlene Silva Freire

Eng^a. Agr^a., Dra., Embrapa Arroz e Feijão

Sumário

Luis Alberto Martins Palhares de Melo

Analista de Sistemas, M. Sc., Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, e-mail: palhares@cenargen.embrapa.br

Paulo Hideo Nakano Rangel

Eng. Agr., Dr., Embrapa Arroz e Feijão, e-mail: phrangel@cnpaf.embrapa.br

Heloísa Torres da Silva

Eng^a. Agr^a., Dra., Embrapa Arroz e Feijão, e-mail: heloisa@cnpaf.embrapa.br

Resumo	7
Abstract	9
Introdução	11
Objetivos	12
Antecedentes	13
Metodologia	19
Resultados	24
Discussão	43
Referências Bibliográficas	46

Embrapa

Código Cenargen

Data aquisição 2002

Nº N. FIC. 123

Fornecedor Doacas

Nº DCB 101

Código 101

RANCO 101

101

Caracterização de Germoplasma de Arroz de Acordo com o Ambiente de Origem: Mapeamento em SIG

Resumo

Um dos fatores que limitam a plena utilização das grandes coleções de germoplasma é a falta de conhecimento sobre as características do germoplasma nelas armazenado. As condições ecogeográficas dos locais de coleta do germoplasma constituem informação importante, pois, normalmente, estas condições estão associadas a diferentes padrões de variabilidade genética, refletindo processos de adaptação do germoplasma a fatores ambientais.

Apesar da importância das informações ambientais da origem do germoplasma, normalmente, elas não estão disponíveis nos dados de passaporte dos acessos.

Nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) podem ser armazenados mapas ambientais diversos, e, através da plotagem simultânea dos locais de coleta do germoplasma sobre estes mapas, pode-se inferir as condições ambientais da origem do germoplasma, constituindo-se em um novo tipo de caracterização e gerando o que alguns autores já nomeiam de "descritores ecológicos".

Este trabalho mostra um exemplo de uso desta nova metodologia, aplicada ao Banco Ativo de Germoplasma de Arroz do Brasil. Para a cultura do arroz ressalta-se a importância de se facilitar o uso deste Banco no programa de melhoramento, tendo em vista o estreitamento da base genética das cultivares de arroz mais plantadas atualmente no Brasil. Neste estudo, foi dada ênfase aos aspectos ambientais relacionados ao atual programa de melhoramento de arroz,

vegetation. It was also mapped the wild species of rice in Brasil. Finally, it was identified regions for future collection expeditions of rice, considering the available genetic diversity, regions with few collection expedition, and regions that presented the environmental conditions of stress related to the present genetic breeding program of rice in Brazil. Characterization of germplasm according to environmental conditions of origin in GIS is a key tool to improve the use of large germplasm collections.

Introdução

Um dos fatores que limitam a plena utilização de recursos genéticos armazenados em grandes coleções de germoplasma é a falta de conhecimento sobre as características deste germoplasma. Os processos de caracterização morfológica, agrônômica e molecular de grandes coleções constituem tarefa que exige elevada disponibilidade de tempo e recursos financeiros. Além disto, a recuperação de acessos portadores de características de interesse é, em geral, tarefa que demanda procedimentos muito mais específicos do que aqueles usados em uma caracterização preliminar.

Atualmente, grande esforço tem sido feito no desenvolvimento de estratégias que facilitem o acesso a estas coleções, ou seja, que melhorem a sua utilização. Neste contexto, insere-se a busca de novos tipos de descritores exógenos que permitam obter informações e que facilitem a busca de germoplasma com características específicas, de acordo com os procedimentos de avaliação agrônômica dos acessos. Dois grupos de descritores relativamente novos podem se enquadrar neste referencial: 1. aqueles que resgatam o uso, manejo e características específicas do germoplasma nas comunidades de origem (descritores etnobotânicos); 2. aqueles que descrevem as condições ecogeográficas de origem do germoplasma (descritores ecológicos).

O conhecimento das condições ecogeográficas dos locais de coleta do germoplasma pode ser uma informação importante, pois normalmente estas condições estão associadas a diferentes padrões de variabilidade genética, refletindo processos de adaptação do germoplasma a diferentes fatores ambientais.

Apesar de as condições ecogeográficas dos ambientes de origem do germoplasma constituírem importantes informações para facilitar o seu uso, até recentemente, a obtenção destas informações era de difícil implementação prática. Normalmente, as cadernetas de campo dos coletores registram apenas os locais de coleta e sua altitude. Transformar estas informações de passaporte do germoplasma em informações de interesse para a utilização do germoplasma é uma etapa que, recentemente, pode ser facilitada pelo uso dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Nos SIG podem ser armazenados mapas ambientais de grandes áreas (de solos, de vegetação original, de clima). Através da

germoplasma que foram previamente expostos ao respectivo estresse ambiental (Hawtin et al., 1996).

Sayed (1985) avaliou a tolerância à salinidade em 5.072 acessos de germoplasma de trigo e encontrou uma grande diversidade nos genótipos de diferentes regiões. O autor recomenda a seleção do germoplasma de regiões áridas e semi-áridas, especialmente daquelas regiões com solos salinos, quando o objetivo for encontrar germoplasma tolerante à salinidade.

Estudos realizados com feijão mostraram variabilidade na eficiência de aproveitamento de fósforo (P) em genótipos de feijão comum (variedades tradicionais, cultivares e espécies silvestres), evidenciando que esta variabilidade estava relacionada à origem geográfica do germoplasma (Beebe et al., 1997). Neste estudo, os autores verificaram que os genótipos que apresentaram maior eficiência de aproveitamento de P foram, preponderantemente, aqueles coletados em regiões com solos criticamente deficientes em P e ácidos. Outro aspecto interessante observado neste estudo é que as variedades tradicionais de feijão apresentaram maior tolerância à deficiência de P do que as espécies silvestres de *Phaseolus vulgaris*. Tais observações relacionam-se, provavelmente, ao fato de as espécies silvestres de *P. vulgaris* não terem sido expostas à deficiência de P durante sua evolução anteriormente à domesticação, e, portanto, não terem sido submetidas às pressões de seleção natural que poderiam levar à maior eficiência de utilização deste elemento. Os autores apontam, ainda, que uma classificação geográfica mais precisa, provavelmente, resultaria em maiores correlações entre eficiência de aproveitamento de P e origem geográfica do germoplasma.

A tolerância à geada em um grande número de espécies nativas e introduzidas de leguminosas mediterrâneas anuais foi avaliada, evidenciando-se que a maioria das espécies nativas mostraram uma relação significativa entre a tolerância à geada e a intensidade de frio nos locais de coleta (Cocks & Ehrman, 1987).

Em relação ao arroz, Glaszmann (1988) estudou os padrões geográficos de variações isoenzimáticas entre variedades tradicionais de arroz asiático (*Oryza sativa* L.) e detectaram, considerando-se a espécie como um todo, que o polimorfismo isoenzimático exibiu forte correlação com parâmetros ambientais, por exemplo, altitude, e parâmetros macrogeográficos, como por exemplo, latitude.

· *Uso do SIG em estudos com recursos genéticos*

Em revisão recente, Guarino et al. (2000) descreveram métodos e forneceram exemplos de usos de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) em diferentes aplicações de manejo de recursos genéticos vegetais, como levantamentos ecogeográficos, explorações de campo (coletas), planejamento de áreas de conservação *in situ*, avaliação do germoplasma e utilização dos recursos genéticos. Guarino et al (1995) descreve as aplicações dos SIG e do sensoriamento remoto para coletores de germoplasma vegetal.

Em relação ao uso de SIG em estudos com recursos genéticos, deve ser mencionada a metodologia desenvolvida pelo CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), que utiliza uma base de informações climáticas e, através do conhecimento dos locais de coleta de germoplasma, torna possível estimar outras regiões com condições climáticas semelhantes e, portanto, propícias à ocorrência de determinado recurso genético. O uso desta metodologia na exploração da biodiversidade está descrita (Jones et al., 1997), e a metodologia está disponível para utilização através do programa "Floramap" (Jones & Gladkov, 1999).

Os "descritores ecológicos", descritores que consideram as condições ambientais dos locais de coleta do germoplasma foram propostos inicialmente por Steiner & Greene (1996). Considerando-se a falta de informação nos dados de passaporte do germoplasma sobre as feições ambientais naturais dos locais de coleta e a falta de uniformidade das informações disponíveis, estes autores propuseram o uso de bases de dados de SIG, ou mapas, para classificar os acessos de germoplasma de acordo com atributos ecológicos ou geográficos. Também denominaram esta classificação, aplicada aos acessos já coletados e armazenados nos Bancos de Germoplasma, de "retroclassificação de acessos".

O uso da informação geográfica dos locais de coleta na decisão sobre a inclusão de novos acessos de germoplasma de leguminosas forrageiras nas coleções *ex situ* é descrito no estudo de Greene et al. (1999b). Neste estudo as informações geográficas foram obtidas localmente, durante as expedições de coleta ou, posteriormente, através do SIG.

Chapman & Barreto (1996) comentam a possibilidade de utilizar as bases de dados espaciais para auxiliar na identificação de acessos de germoplasma a serem utilizados em programas de melhoramento genético. Os autores comentam

os estudos de Chapman e Taba (dados não publicados), nos quais eles cruzaram, em SIG, as localizações de acessos de germoplasma do Chile sobre o mapa de solos da FAO com o objetivo de restringir uma grande lista de acessos àqueles oriundos de locais alcalinos e, portanto, com maior potencial de apresentar um bom desempenho em tais ambientes.

Desde 1996, a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia vem desenvolvendo pesquisas no sentido de utilização de mapas ambientais em SIG para conduzir estudos ecogeográficos dos recursos genéticos. Um procedimento computacional foi desenvolvido para sobrepor os locais de coleta com mapas ambientais diversos, utilizando-se SIG (Melo et al., 1998), permitindo a indicação de rotas para futuras expedições de coleta (Melo, 1999).

Coleção de germoplasma de arroz e o programa de melhoramento do produto

A importância de um maior conhecimento da coleção de germoplasma de arroz visando o seu uso no programa de melhoramento é, de sobremaneira, justificada para esta cultura. Pedroso (1990), Guimarães (1993) e Rangel et al. (1996) relatam o estreitamento da base genética das cultivares de arroz irrigado e de terras altas mais plantadas no Brasil. Segundo Rangel (1994), até o início da década de 80, foram obtidos ganhos expressivos para produtividade de grãos com o melhoramento genético devido à substituição das cultivares tradicionais de arroz irrigado de porte alto pelas modernas de porte baixo. No entanto, após a década de 80, os ganhos genéticos para produtividade, quando obtidos, foram de pequena magnitude, evidenciando a ocorrência de patamar de produtividade. Isto deve-se, em parte, ao estreitamento da base genética, onde apenas 10 ancestrais são responsáveis por 68% do conjunto gênico do arroz irrigado (Rangel et al., 1996). A base genética das cultivares de arroz de terras altas é ainda um pouco mais estreita do que a do arroz irrigado, pois, neste caso, 10 ancestrais acumulam 78% dos genes (Montalvan et al., 1998). Evidencia-se, portanto, a importância da ampliação da base genética das populações utilizadas nos programas de melhoramento, seja através das variedades tradicionais, ou até de espécies silvestres.

O Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de arroz da Embrapa conta, atualmente, com cerca de 9.500 acessos. Deste total, 3.920 foram introduzidos, 3.400 são cultivares melhoradas e 2.179 são de variedades tradicionais oriundas de

coletas. Existem ainda as coletas realizadas no ano de 2000, que ainda não foram introduzidas no BAG. As variedades tradicionais foram coletadas nas mais diversas regiões do país e, em geral, foram introduzidas no Brasil há cerca de 100 anos atrás.

Em relação às espécies silvestres de arroz, Morishima & Martins (1994) relatam a existência de quatro espécies de *Oryza* no continente americano: *Oryza grandiglumis*, *O. glumaepatula*, *O. latifolia*, *O. alta*. Destas espécies, apenas *O. glumaepatula* é diplóide e possui genoma semelhante ao de *Oryza sativa*, o que a torna a espécie silvestre de arroz brasileira mais facilmente utilizável em programas de melhoramento do produto. As demais espécies são tetraplóides, apresentando genoma CCDD.

Entre os períodos de 1992 e 1994, a Embrapa Arroz e Feijão, juntamente com a ESALQ (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz), o CENA (Centro de Energia Nuclear para a Agricultura), o INPA (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia) e o National Institute of Genetics, do Japão, realizaram expedições de coleta de espécies silvestres de arroz na Amazônia (Morishima & Martins, 1994) e no Pantanal mato-grossense (Rangel, manuscrito de relatório de viagem). Na região amazônica, foram coletados acessos de *O. glumaepatula*, *O. grandiglumis* e *O. alta* (supostamente), enquanto que, no Pantanal mato-grossense foram coletados acessos de *O. glumaepatula* e *O. latifolia*.

As variedades tradicionais de arroz vêm sendo caracterizadas morfológicamente e avaliadas agronomicamente na Embrapa Arroz e Feijão desde a década de 70. A avaliação agrônômica foi voltada, principalmente, para resistência a brusone e mancha parda, índices de acamamento, degrana, dormência das sementes e fenologia (Fonseca et al., 1981; Fonseca et al., 1982; Fonseca & Bedendo, 1984). Além destas avaliações, caracterização geral, alguns acessos foram caracterizados de acordo com metodologias próprias, para condições adversas específicas, tais como resistência à seca.

Considerando-se a necessidade de ampliar a base genética do programa de melhoramento de arroz, a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, conjuntamente com a Embrapa Arroz e Feijão, conduziu, recentemente, estudos de análises genéticas de espécies silvestres e variedades tradicionais de arroz através de marcadores moleculares.

Buso et al. (1998) avaliaram a variabilidade genética de populações de espécie silvestre de arroz (*Oryza glumaepatula*) com isoenzimas e RAPD e constataram que grande parte da variabilidade genética observada foi associada à divergência geográfica. Também foi realizada análise genética de acessos de arroz vermelho (*Oryza spp.*) com o uso de RAPD (Lins et al., 1999). Neste estudo, observou-se que acessos anteriormente considerados como variedades tradicionais de *O. sativa* formaram um grupo intermediário entre *O. sativa* e espécies silvestres de arroz, e que existia um alto nível de similaridade genética entre o arroz vermelho e as cultivares plantadas nas lavouras de onde ele era oriundo.

Ferreira et al. (1996) realizaram um estudo de diversidade genética de variedades tradicionais de arroz (*O. sativa*), comparando-as com cultivares melhoradas para cultivo irrigado e de terras altas. Os resultados sugeriram altos níveis de homogeneidade intravarietal e níveis variáveis de similaridade genética entre variedades tradicionais de arroz e os controles. Também na mesma linha de objetivo, Silva et al. (1999) utilizaram Fingerprinting de DNA para avaliar as duplicações de genótipos no banco de germoplasma de arroz. Neste estudo foram avaliadas 94 variedades tradicionais de arroz coletadas no Sudeste do Brasil, e observou-se que, de forma geral, variedades com o mesmo nome tenderam a se agrupar e apresentar um alto índice de similaridade genética, enquanto que algumas sinonímias (mesmo nome comum da variedade tradicional) apresentaram-se geneticamente diferentes.

O atual programa de melhoramento de arroz irrigado está voltado para a obtenção de cultivares adaptadas aos seguintes aspectos abióticos: tolerância ao frio e tolerância à salinidade na região Sul do Brasil e na região Nordeste (Rangel, 1994). Estes últimos aspectos edáficos tornam-se acentuados sob condições de irrigação, segundo o autor. Em termos de fatores bióticos, ressalta-se a preocupação com as doenças, brusone e mancha do grãos, que estão associadas com umidades relativas e temperaturas altas.

Em termos de fatores abióticos, o programa de melhoramento de arroz de terras altas está voltado principalmente para a resistência ao déficit hídrico e aos problemas de baixa fertilidade dos solos (baixos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e alta saturação de alumínio) (Morais, 1998). As doenças brusone e mancha dos grãos são igualmente importantes para o arroz de terras altas.

Metodologia

Dados de passaporte

Neste estudo trabalhou-se com 2.212 acessos de variedades tradicionais de arroz (*Oryza sativa* L.). Deste total, 2.180 já se encontravam, em junho de 2000, armazenados e devidamente registrados no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de Arroz, e foram coletados no período entre 1979 e 1999. Os outros 32 acessos coletados em julho de 2000, e ainda não registrados no BAG, também foram considerados neste estudo.

Os dados de passaporte destes acessos foram organizados na Embrapa Arroz e Feijão. Para a maior parte dos acessos coletados entre 1979 e 1997 esses dados não informavam a localização geográfica (latitude e longitude) dos pontos de coleta, mas apenas o nome do município ou indicações de proximidades a vilas, distritos. Nestes casos a localização geográfica foi obtida através de duas formas: 1. quando a informação disponível era apenas o nome do município (a maior parte dos acessos), realizou-se consulta, no programa do IBGE Cidades e Vilas, considerando-se as informações da sede do município (latitude, longitude e altitude); 2. quando os dados de passaporte dispunham também de informações de distâncias, através de rodovias específicas, a localização geográfica foi obtida consultando-se a Carta da Aeronáutica. Para as coletas realizadas em 1998, no estado do Maranhão, as localizações dos pontos foram obtidas através do uso do GPS (Global Positioning System).

Para as espécies silvestres de arroz (*O. glumaepatula*, *O. grandiglumis*, *O. alta*, *O. latifolia*), que foram coletadas no período entre 1992 e 1994, as informações sobre os locais de coleta foram obtidas com GPS.

Mapas utilizados

Para a classificação dos acessos de acordo com os regimes térmicos, utilizou-se o mapa Brasil Climas (IBGE, 1978), em escala 1:5.000.000, que utiliza a classificação climática descrita por Nimer (1979). Este autor descreve os regimes climáticos térmicos e pluviométricos dentro de cada região geográfica do Brasil (Sul; Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Norte) e, em relação ao comportamento térmico, os seguintes domínios climáticos em cada região do Brasil:

Região Centro-oeste

Clima quente – Este tipo climático predomina na região Centro-Oeste, onde é frequente ocorrer em temperaturas elevadas, sendo comum, em Mato Grosso, Tocantins e na região do Pantanal, temperaturas superiores a 38°C. Neste domínio climático são comuns bruscas mudanças de temperaturas no inverno, devido ao anticiclone polar, principalmente nas áreas um pouco mais elevadas das chapadas. No inverno registram-se, freqüentemente, temperaturas muito baixas nos meses de junho e julho, ocorrendo, também, temperaturas elevadas e, portanto, as médias mensais não chegam a ser inferiores a 18°C.

Clima subquente – Este tipo climático ocorre em Mato Grosso do Sul, devido às latitudes mais elevadas e às maiores altitudes das chapadas; reaparece em áreas restritas de Goiás, em altitudes maiores que 1.000, no Distrito Federal e no município de Anápolis.

Os tipos climáticos de maior interesse quando se buscam acessos de arroz resistentes ao frio são os tipos mesotérmicos, principalmente os que ocorrem em maiores altitudes, onde até mesmo no verão, período de cultivo do arroz, as temperaturas são mais amenas. O domínio climático mesotérmico mediano, por exemplo, apresenta temperaturas médias mensais de verão menores que 17°C na região sudeste e menores que 20°C na região sul. Também o domínio mesotérmico brando da região sul, no qual as altitudes são maiores, como, por exemplo, no estado do Paraná, também apresenta verão relativamente mais frio, com médias mensais menores que 22°C neste período.

Para a identificação dos acessos de arroz de condições mais áridas, bem como os coletados em regiões que apresentam solos salinos, utilizou-se o mapa do Zoneamento Agroecológico do Nordeste, em escala 1:2.000.000 (Silva et al., 1993). Este zoneamento define as Unidades Geoambientais, que são entidades espacializadas nas quais o substrato (material de origem dos solos), a vegetação natural, o modelado, a natureza e distribuição dos solos em função da topografia constituem um conjunto homogêneo, cuja variabilidade é mínima, de acordo com a escala cartográfica. Neste zoneamento, para cada uma das 172 Unidades Geoambientais existentes na região Nordeste existem informações de precipitação média anual, vegetação original, tipos de solos e sua distribuição ao longo da paisagem, altitudes.

Para a identificação dos acessos coletados em condições mais áridas do Brasil, consideram-se as regiões onde, de acordo com o Silva et al. (1993), predominam formas de vegetação típicas do semi-árido brasileiro, quais sejam Caatinga hiperxerófila, Caatinga hipoxerófila e Floresta caducifólia. Ainda dentre os acessos coletados em regiões onde predominam Florestas caducifólias, consideram-se, como acessos do semi-árido brasileiro, apenas aqueles coletados em regiões que apresentam precipitações médias anuais menores que 1.000mm.

A identificação dos acessos possivelmente mais resistentes à seca, como sendo aqueles coletados nas regiões mais áridas, somente se aplica para os acessos de arroz de terras altas, pois os acessos de arroz irrigado não são submetidos ao estresse hídrico.

Para a identificação dos acessos coletados em regiões que apresentam solos salinos, consideram-se como “Unidades Geoambientais com salinidade”, aquelas que apresentavam pelo menos uma classe de solo com problemas de salinidade. Normalmente, os solos salinos não ocupam toda a área destas Unidades Geoambientais e, portanto, não se pode assegurar que os acessos de arroz coletados nestas unidades classificadas como “com salinidade” tenham sido coletados de fato em solos salinos. Esta é uma questão decorrente da limitação do detalhamento do mapa deste zoneamento (escala baixa), considerando-se a alta variabilidade do fator pedológico. No entanto, na ausência de outras informações, pode-se considerar que, ao se buscar acessos resistentes à salinidade, sejam observados, primeiramente, aqueles coletados nas Unidades Geoambientais para as quais este zoneamento descreve a presença de solos salinos.

Também deve-se considerar, para a questão da salinidade, uma diferenciação entre os acessos de arroz de terras altas e irrigado, pois o problema de salinidade dos solos torna-se muito mais acentuado sob condições de irrigação.

Para uma identificação preliminar dos acessos coletados em regiões que apresentam solos de baixa fertilidade e ácidos, típicos do ambiente de Cerrado, utilizou-se, principalmente, as informações edáficas e de formas de vegetação do mapa do Delineamento Macroagroecológico do Brasil, em escala 1:5.000.000. (Embrapa, 1993). Considerou-se, como acessos de regiões com solos de baixa fertilidade e ácidos, típicos de Cerrado, aqueles acessos coletados em regiões

para as quais este delineamento classifica a fertilidade dos solos como muito baixa e classifica, concomitantemente, a vegetação como Cerrado subcaducifólio ou Campo Cerrado. Para os acessos coletados na região Nordeste foram utilizadas as informações de vegetação do Zoneamento Agroecológico do Nordeste. Foram considerados, como acessos de regiões típicas de Cerrado, apenas aqueles coletados nas Unidades Geoambientais em que predominam vegetação de Cerrado ou Campos. Também deve-se mencionar a limitação do grau de detalhamento do mapa utilizado para discriminar as regiões nas quais predominam solos de baixa fertilidade (Delineamento Macroagroecológico do Brasil, escala 1:5.000.000), principalmente considerando-se que o fator edáfico apresenta alta variabilidade espacial.

A ferramenta de SIG utilizada foi o ArcInfo v. 7.03 (em ambiente Unix), no qual foram digitalizados os mapas ambientais, através do qual realizaram-se os cruzamentos entre o plano de informação de locais de coleta do germoplasma e os planos de informação de condições ambientais (mapas). Também foi utilizado o ArcView para elaboração de mapas e consultas à base digital.

Resultados

Distribuição geral das coletas de variedades tradicionais de arroz

Dentre os 2.212 acessos de germoplasma de variedades tradicionais de arroz disponíveis na Embrapa Arroz e Feijão até o ano de 2000, foi possível realizar o mapeamento geográfico de apenas 1.781, pois os demais não possuíam, em seus dados de passaporte, informações de localização geográfica dos seus locais de coleta. Dos 431 acessos que não puderam ser geoprocessados, a maior parte (413) pertence a uma coleta realizada pela EMATER, em 1978, em diversos estados do Brasil. Destes, 401 não possuem informações sobre seus respectivos sistemas de cultivo; 26 são de condições de terras altas, dois são de condições irrigadas e dois são de ambas condições, irrigado e terras altas.

Na Fig. 1 está apresentado o mapa com os locais de coleta das variedades tradicionais de arroz que apresentavam localização geográfica (latitude/longitude) para sobreposição em mapas. Observa-se grande número de coletas nos estados do Maranhão, Goiás e Piauí.

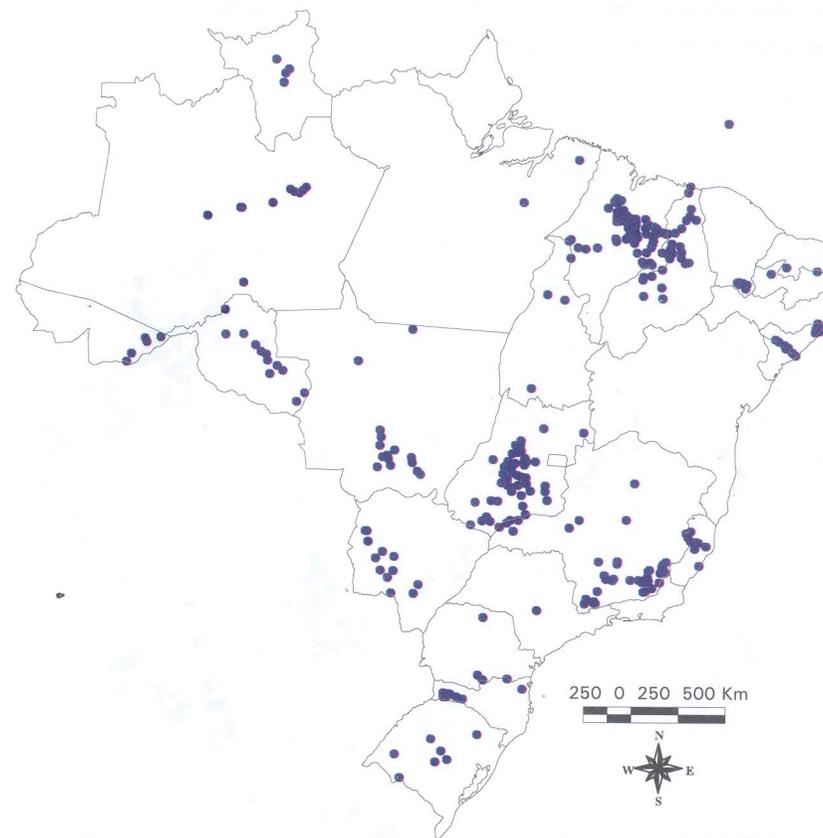


Fig. 1. Locais de coleta do germoplasma de variedades tradicionais de arroz.

Em relação aos tipos de cultivo, dentre os acessos avaliados geograficamente, 1427 são de condições de terras altas, 262 de condições irrigadas, 78 acessos de ambas condições e 14 têm forma de cultivo desconhecida.

Na Fig. 2 estão apresentados os locais de coleta dos acessos de variedades tradicionais de arroz de terras altas, com maior número de coletas nos estados do Maranhão, Goiás e Piauí.



Fig. 2. Locais de coleta do germoplasma de variedades tradicionais de arroz de terras altas.

Na Fig. 3 estão apresentados os locais de coleta dos acessos de variedades tradicionais de arroz irrigado, que se concentram nos estados de Minas Gerais, Maranhão, Alagoas e Piauí.



Fig. 3. Locais de coleta do germoplasma de variedades tradicionais de arroz irrigado.

Na Fig. 4 estão apresentados os locais de coleta das variedades tradicionais de arroz de acordo com o período (anos) em que foram realizadas as coletas. Através desta apresentação é possível verificar regiões, ou estados, que foram amostrados há mais tempo e que necessitam uma reprogramação de coletas.

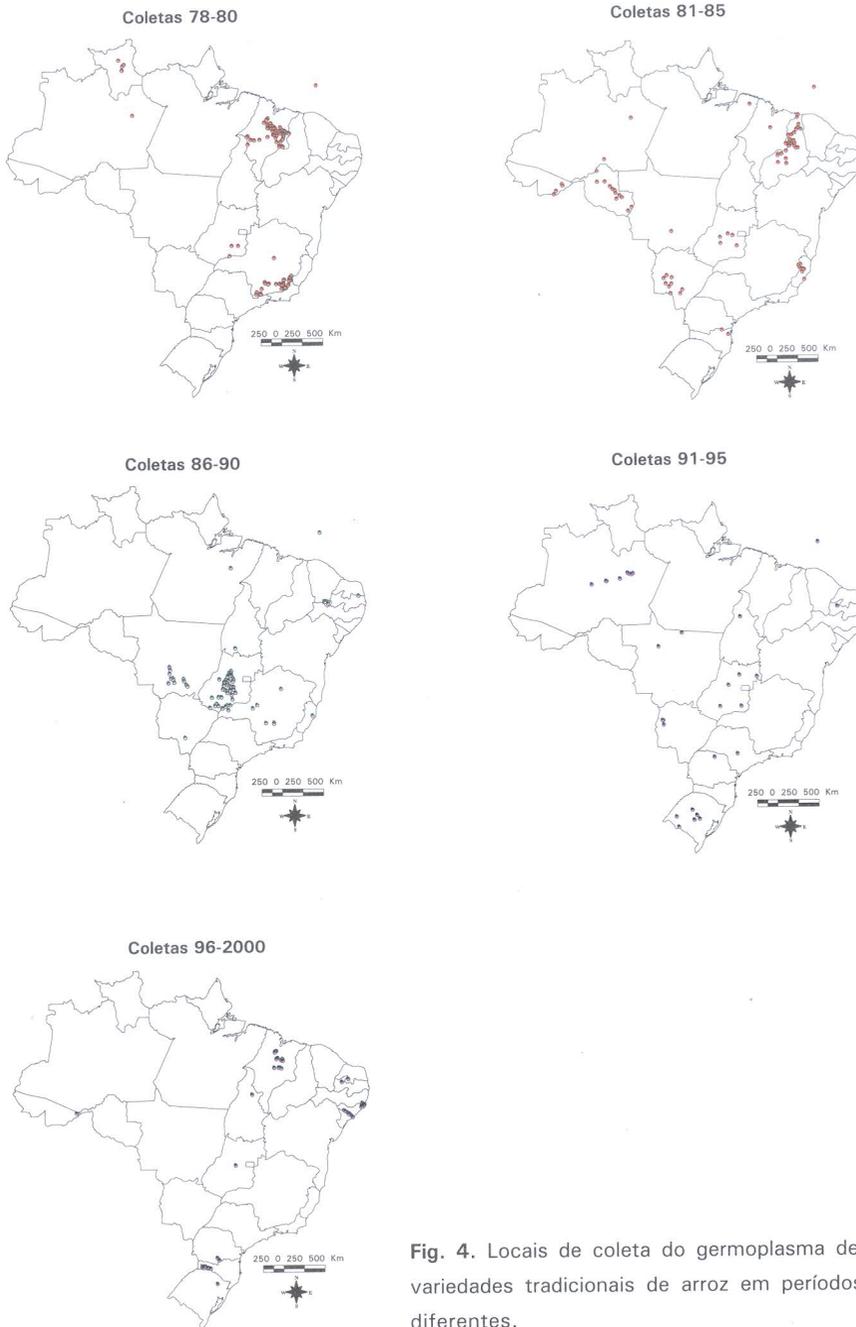


Fig. 4. Locais de coleta do germoplasma de variedades tradicionais de arroz em períodos diferentes.

· *Germoplasma com origem em condições ambientais de interesse*

· *Acessos de clima frio*

Na Fig. 5 estão apresentados os locais de coleta dos 89 acessos de germoplasma de arroz das regiões classificadas como de domínio climático mais frio, que são os tipos mesotérmico mediano e mesotérmico brando. Dos acessos coletados em tais regiões, 50 são de arroz de terras altas, 20 de arroz irrigado e 19 de ambas condições, irrigado e de terras altas.

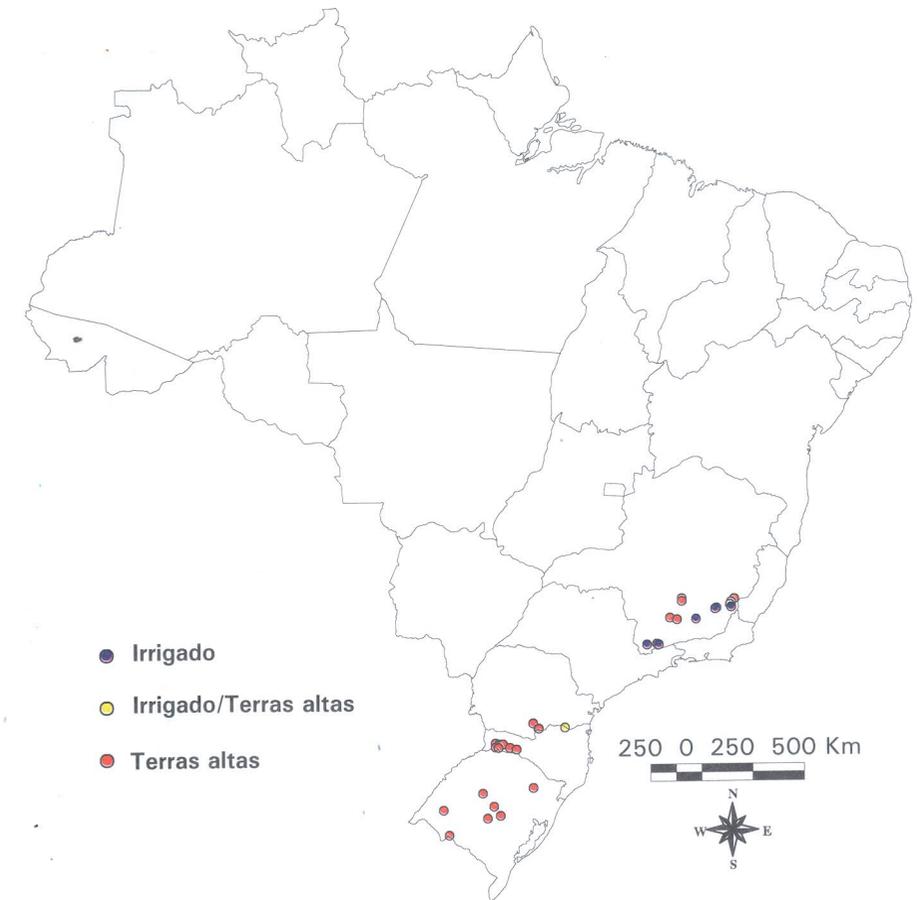


Fig. 5. Locais de coleta do germoplasma de variedades tradicionais de arroz de clima frio (mesotérmico).

No domínio climático mesotérmico mediano, tipo climático mais frio, no qual até o verão apresenta temperaturas amenas, foram coletados apenas dois acessos de arroz, na região da Serra da Mantiqueira, no estado de Minas Gerais.

Dentre os acessos coletados no domínio climático mesotérmico brando, 43 foram coletados em Minas Gerais, 29 em Santa Catarina, 11 no Rio Grande do Sul e quatro no Paraná.

Devem ser feitas algumas considerações em relação às diferenças quanto ao fator altitude, entre distintas regiões dentro deste domínio climático, principalmente entre as regiões Sudeste e Sul, e dentro desta última. Na região Sul este domínio climático ocorre nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul devido às mais altas latitudes destes estados. No Paraná este tipo climático está, de certa forma, associado às maiores altitudes do estado. Também na região sudeste este tipo climático está associado às regiões mais elevadas, como a serra do Espinhaço, serra do Mar e Mantiqueira. Nestas regiões onde o clima ameno é fortemente influenciado pelo fator altitude (em Minas Gerais, por exemplo), há, normalmente, verões mais amenos do que os que ocorrem neste tipo climático de maiores latitudes como no Rio Grande do Sul, por exemplo. Considerando-se que o período de cultivo do arroz na região Sudeste é o verão (outubro a março), os acessos de variedades tradicionais coletados nas regiões de clima ameno com maiores altitudes seriam, possivelmente, aqueles acessos mais expostos ao fator ambiental frio.

· **Acessos de regiões com solos salinos**

Foram coletados 81 acessos de arroz em regiões do Nordeste brasileiro que apresentam solos salinos, principalmente no estado do Piauí (69 acessos), representados na Fig. 6. Dos acessos coletados nessas regiões, 49 são de variedades de arroz de terras altas, 28 de arroz irrigado e quatro de variedades de arroz que se prestam tanto ao regime de terras altas quanto ao irrigado. Devido à escala do mapa de solos utilizado para descrever as regiões com solos salinos, não se pode afirmar que estes acessos selecionados e apresentados na Fig. 6 tenham sido de fato coletados em área sobre solos salinos.

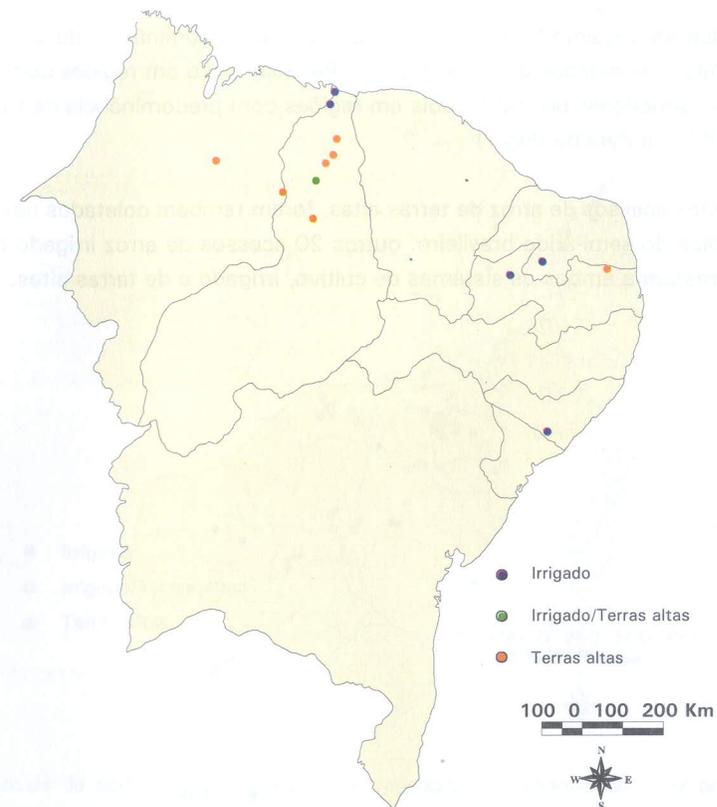


Fig. 6. Locais de coleta do germoplasma de variedades tradicionais de arroz onde ocorrem solos salinos.

Ao se procurar variedades tradicionais adaptadas a solos salinos, os acessos de arroz irrigado indicados na Fig. 6 deveriam ser os primeiros acessos a serem avaliados agronomicamente para resistência a este estresse ambiental, pois é sabido que este ocorre de forma muito mais pronunciada em condições de cultivo irrigado.

· **Acessos da região semi-árida**

Dentre as variedades tradicionais de arroz consideradas neste estudo, identificara-se 29 acessos de arroz de terras altas coletados em regiões do semi-árido brasileiro, nas quais a vegetação natural é composta, predominantemente, por Caatingas ou Florestas caducifólias e nas quais as precipitações médias anuais variam entre 616 e 960 mm. Estes acessos estão

distribuídos da seguinte forma: 22 em regiões com predominância de Caatinga hipoxerófila, nos estados do Piauí, Ceará e Paraíba; cinco em regiões com Florestas caducifólias no Piauí e dois em regiões com predominância de Caatinga hiperxerófila na Paraíba (Fig.7)

Além destes acessos de arroz de terras altas, foram também coletados nesta região típica do semi-árido brasileiro, outros 20 acessos de arroz irrigado e três que se prestam a ambos os sistemas de cultivo, irrigado e de terras altas.

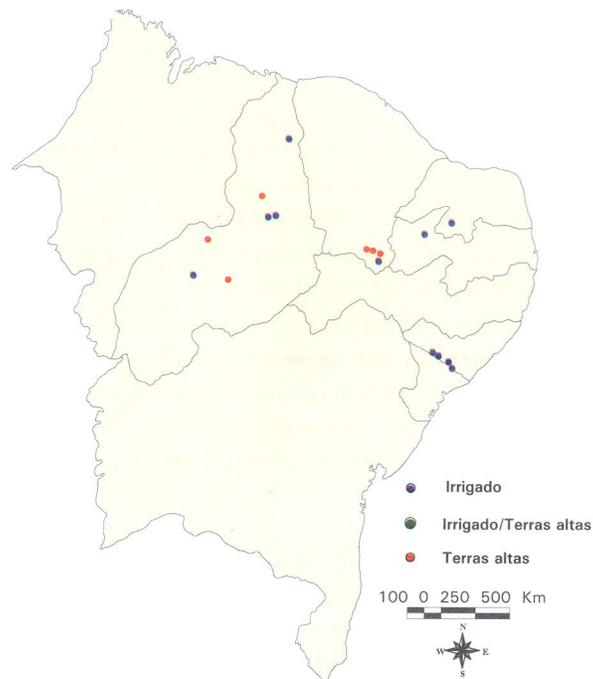


Fig. 7. Locais de coleta do germoplasma de variedades tradicionais de arroz na região semi-árida.

Acessos de regiões com solos de fertilidade muito baixa, típicos dos Cerrados.

Foram identificados 381 acessos coletados nos estados de Goiás, Mato Grosso e Piauí, em regiões com predominância de solos com fertilidade muito baixa e vegetação natural de Cerrado subcaducifólio e/ou Campo cerrado (Fig. 8). Destes acessos, 358 são de arroz de terras altas, 13 são de arroz irrigado e 10 são de ambas condições de cultivo, irrigado e de terras altas.

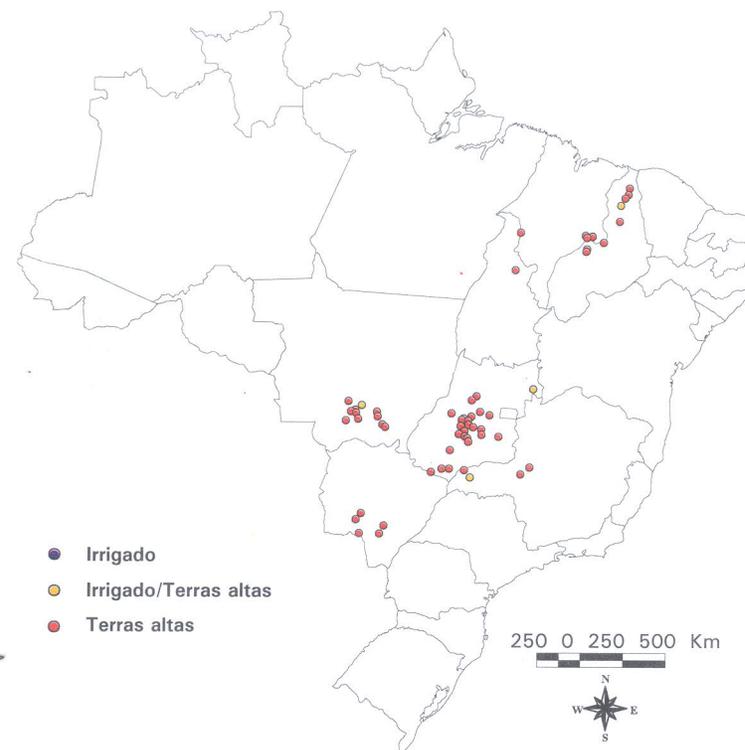


Fig. 8. Locais de coleta do germoplasma de variedades tradicionais de arroz onde predominam solos de fertilidade muito baixa e vegetação original de Cerrado.

Ressalta-se que, ao se procurar acessos de variedades tradicionais de arroz tolerantes aos solos de baixa fertilidade, deve-se considerar inicialmente aqueles acessos de arroz de terras altas e que estão apresentados na Fig. 8, pois, em condições de irrigação, os nutrientes são solubilizados e tornam-se mais disponíveis para as plantas.

Também neste caso depara-se com a questão da escala do mapa utilizado para delimitar estas áreas com vegetação típica de Cerrados e solos de baixa fertilidade (Delineamento Macroagroecológico do Brasil, escala 1:5.000.000). Assim, não se pode afirmar que os acessos coletados tenham sido submetidos, de fato, ao estresse de deficiência nutricional e de acidez dos solos, pois, mesmo na região dos Cerrados brasileiros existem grandes manchas de solos eutróficos (Adámoli et al., 1986).

· *Espécies silvestres*

Na Fig. 9a estão apresentados os locais em que foram coletadas espécies silvestres de arroz na região amazônica (estado do Amazonas), em 1992 e 1993. Nesta região foram coletadas as espécies *Oryza glumaepatula* e *Oryza grandiglumis*, ao longo do rio Negro e rio Solimões e de alguns de seus afluentes.

Na Fig. 9b estão apresentados os locais em que foram coletadas espécies silvestres de arroz na região do Pantanal mato-grossense (estado de Mato Grosso do Sul), em 1994. No Pantanal mato-grossense, foram coletadas as espécies *O. glumaepatula* e *O. latifolia*, ao longo dos rios Paraguai e Taquari.

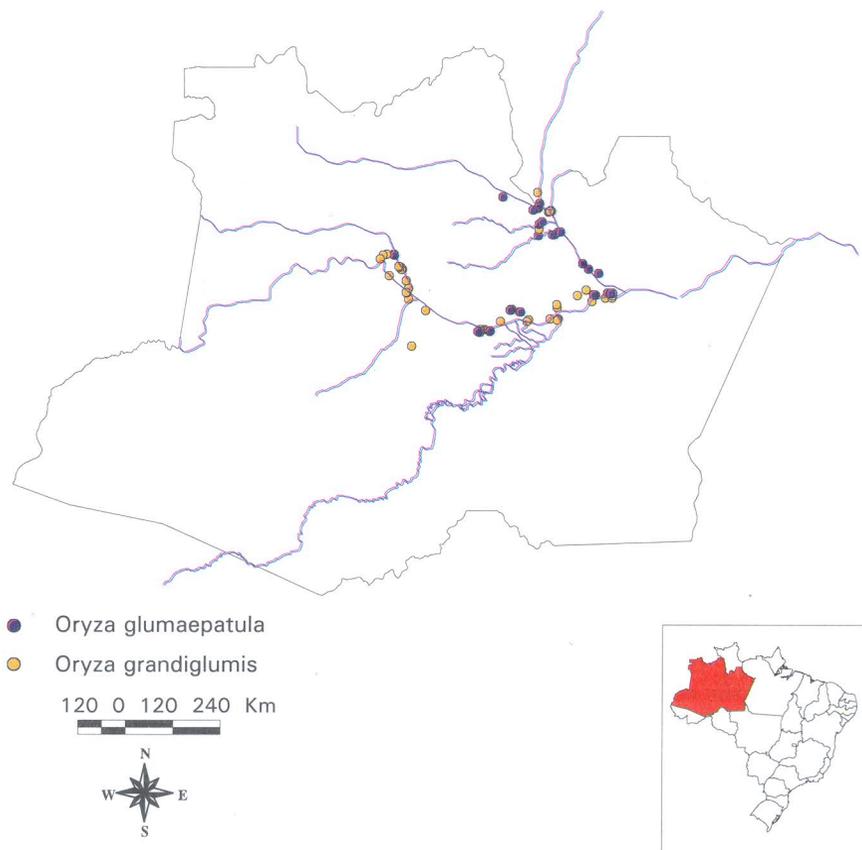


Fig. 9a. Locais de coleta de espécies silvestres de arroz na região Amazônica.

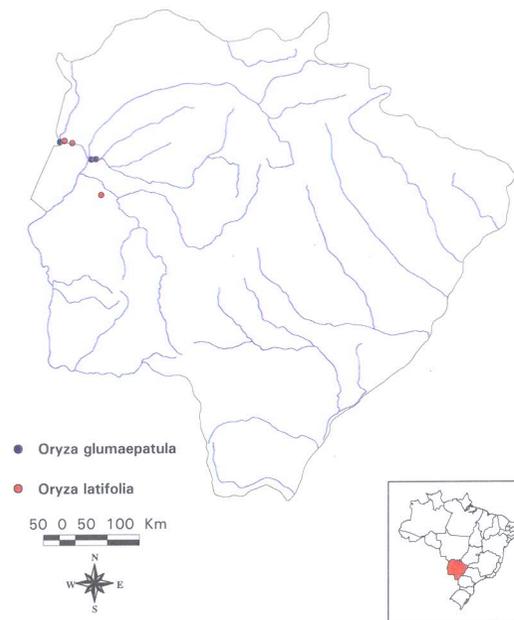


Fig. 9b. Locais de coleta de espécies silvestres de arroz na região do Pantanal mato-grossense.

· *Locais prioritários para futuras coletas*

Na definição de novas áreas para a realização de futuras expedições de coleta de germoplasma de arroz, diversos fatores devem ser considerados, tais como a diversidade e disponibilidade do material de interesse; risco de erosão genética que o material de determinada área está sofrendo; a disponibilidade de germoplasma conservado *ex situ* proveniente daquela região (região já coletada) e a existência do fator ambiental de estresse para o qual se busca resistência nos programas de melhoramento.

Diante disto, as áreas prioritárias para futuras expedições de coleta seriam os quilombos e as aldeias indígenas. Os quilombos por se terem mantidos isolados e a existência de estudos que suportam a hipótese de que o arroz tenha sido introduzido no Brasil pelos negros, trazidos da África, durante o período de colonização no Brasil, podem ser um depositário de germoplasma de inestimável valor. As populações indígenas que ainda possuem, como sistema agrícola, as roças de coivara e guardam as suas sementes ano após ano para cultivo, podem

ser detentoras de germoplasma de arroz de grande valor para o melhoramento da cultura. Na Fig. 10 estão apresentados os locais nos quais existem terras indígenas demarcadas, de acordo com informações da FUNAI, para as diferentes regiões políticas do Brasil.

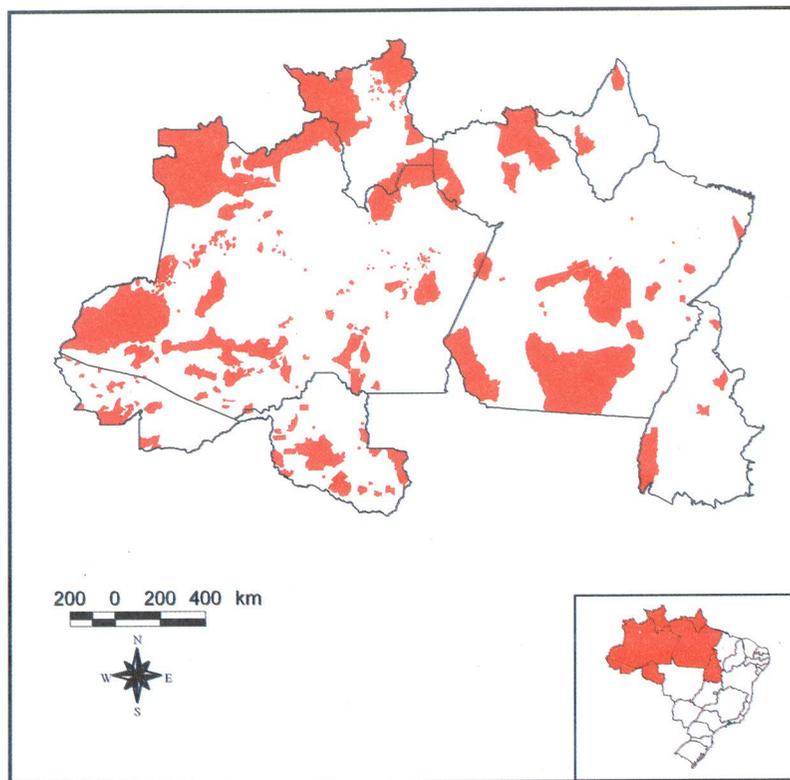


Fig. 10a. Áreas de terra indígenas demarcadas da região Norte, de acordo com informações da FUNAI.

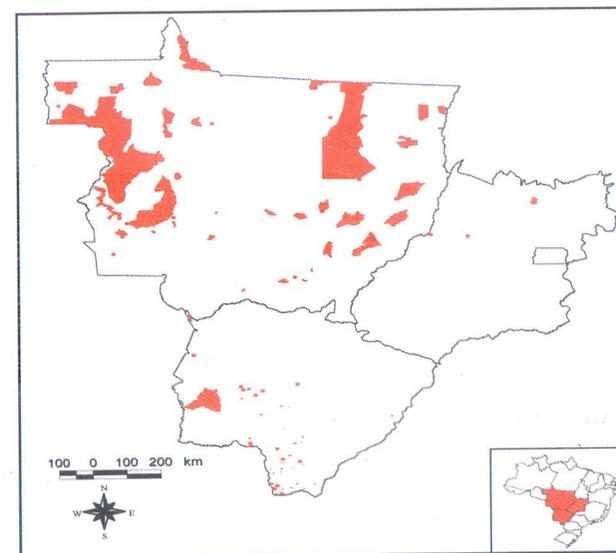


Fig. 10b. Áreas de terras indígenas demarcadas da região Centro-oeste, de acordo com informações da FUNAI.

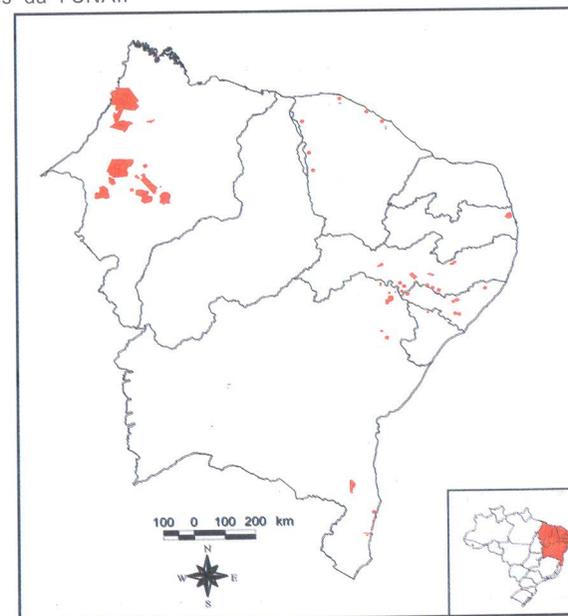


Fig. 10c. Áreas de terra indígenas demarcadas da região Nordeste, de acordo com informações da FUNAI.

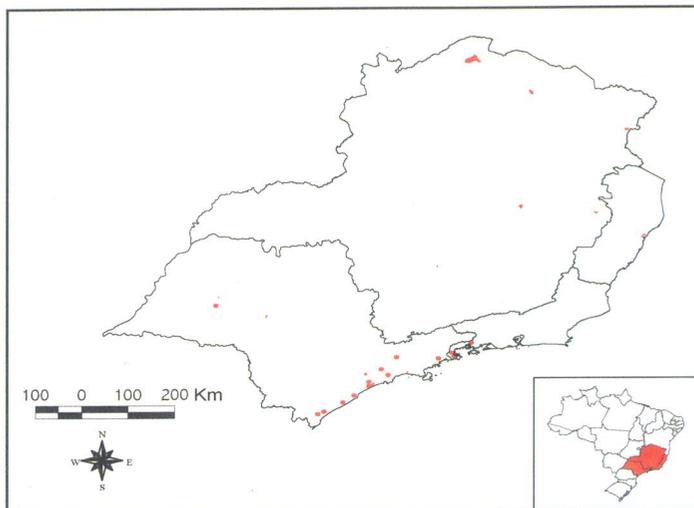


Fig. 10d. Áreas de terra indígenas demarcadas da região Sudeste, de acordo com informações da FUNAI.

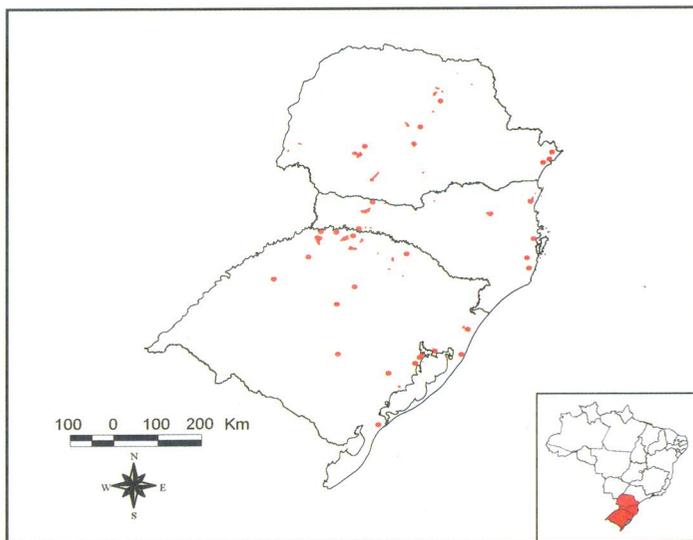


Fig. 10e - Áreas de terra indígenas demarcadas da região Sul, de acordo com informações da FUNAI.

No Rio Grande do Sul, a coleta deve se concentrar no resgate das cultivares obsoletas lançadas há várias décadas pelo Instituto Riograndense do Arroz (IRGA), ou mesmo introduzidas de outros países e que são mantidas por um pequeno número de produtores. Estas cultivares podem ter sido submetidas a uma forte seleção natural e pelo homem, e portanto, ser portadoras de alelos favoráveis adaptados às condições subtropicais.

No Amapá e no Pará existem regiões de ocorrência de variedades tradicionais de arroz que foram trazidas das áreas do Caribe, principalmente das Guianas, e que atualmente estão sendo substituídas por cultivares modernas. Além destas, ressalta-se a importância de coletas de espécies silvestres do gênero.

De acordo com a Fig. 1, especial atenção deve ser dada aos estados da Bahia e Pernambuco, onde não foram realizadas expedições de coleta, e ao estado de São Paulo, pouco amostrado.

Considerando-se apenas as condições ambientais de estresse de interesse nos programas de melhoramento, algumas regiões poderiam ser delimitadas, através dos mapas utilizados em SIG, visando a programação de futuras expedições de coletas.

· *Regiões de clima frio*

Na Fig. 11 estão apresentadas as regiões que apresentam regimes térmicos mais frios, de acordo com a classificação de Nimer (1979) e com o Mapa Brasil Climas, em escala 1:5.000.000.

O tipo climático mesotérmico mediano se constitui no domínio climático mais frio, na região Sul do Brasil, e ele se estende desde o norte do Rio Grande do Sul até o sul e norte de Santa Catarina e em alguns trechos do Paraná. Na região Sudeste, estende-se por pequenas regiões, no sul de Minas Gerais e no norte de São Paulo.

É interessante ressaltar que, entre os acessos atualmente disponíveis no BAG Arroz, existem apenas dois provenientes de região cujo domínio climático é o mesotérmico mediano, e que foram coletados em Minas Gerais.

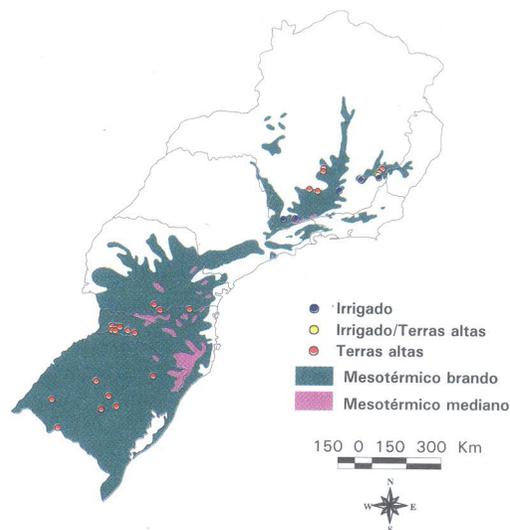


Fig. 11. Regiões que apresentam regime térmico frio (mesotérmico) e locais de coleta desta regiões.

Em muitas destas regiões que apresentam este tipo climático é comum o cultivo de variedades tradicionais de arroz, como exemplo pode-se citar a região da Serra Gaúcha.

Também as regiões classificadas como do tipo mesotérmico brando são regiões relativamente frias. No Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, este tipo climático ocorre principalmente devido às altas latitudes, portanto, nestas regiões, o verão (período de cultivo do arroz) é relativamente quente. No Paraná e na região Sudeste (São Paulo e Minas Gerais) este tipo climático está associado a maiores altitudes, e o verão apresenta, geralmente, temperaturas mais amenas, sendo mais provável que as variedades tradicionais sejam expostas a decréscimos de temperatura, ainda no período de verão.

· Regiões com solos salinos

Na Fig. 12 estão apresentadas as regiões do Nordeste brasileiro para as quais o Zoneamento Agroecológico do Nordeste (Silva et al., 1993) descreve a presença de solos salinos. Estas áreas ocupam diversos municípios, em todos os estados da região Nordeste, e correspondem àquelas Unidades Geoambientais que apresentam, de acordo com Silva et al. (1993), pelo menos uma classe de solo com problemas de salinidade.

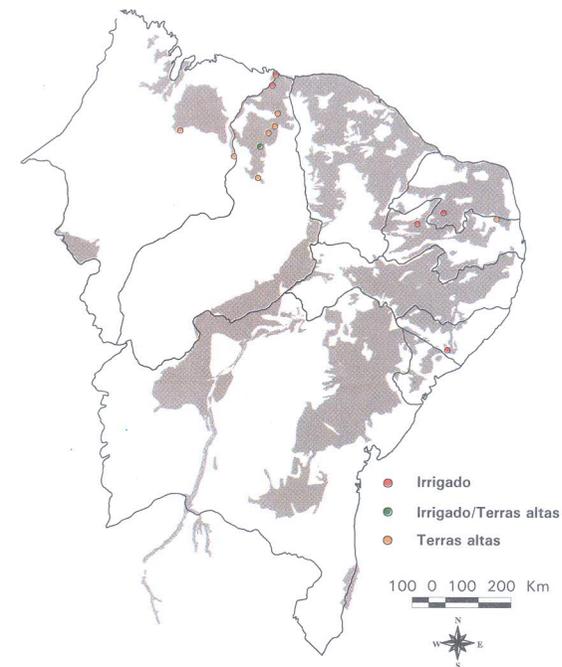


Fig. 12. Regiões nas quais ocorrem solos salinos e locais de coleta de arroz destas regiões.

· Região semi-árida

Na Fig. 13 estão apresentadas as áreas nas quais predominam vegetações típicas do regime hídrico semi-árido brasileiro, quais sejam, Caatinga hiperxerófila, Caatinga hipoxerófila, Caatinga altimontana e Floresta caducifólia.

Destas regiões, aquela na qual predomina a Caatinga hiperxerófila é a região mais árida, com precipitações médias anuais que variam entre 370 e 970 mm. Esta região estende-se por vários municípios nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Bahia e em pequenas faixas nos estados de Piauí, Alagoas e Sergipe.

Na região Nordeste o arroz é cultivado tanto em áreas de várzea como de terras altas, por pequenos agricultores, embora atualmente existam, principalmente, no sul do Piauí e Maranhão, lavouras comerciais que ocupam grandes áreas e utilizam alta tecnologia. No BAG de Arroz existem alguns acessos coletados nos estados do Ceará, Paraíba e Piauí, em regiões onde predominam Caatingas.

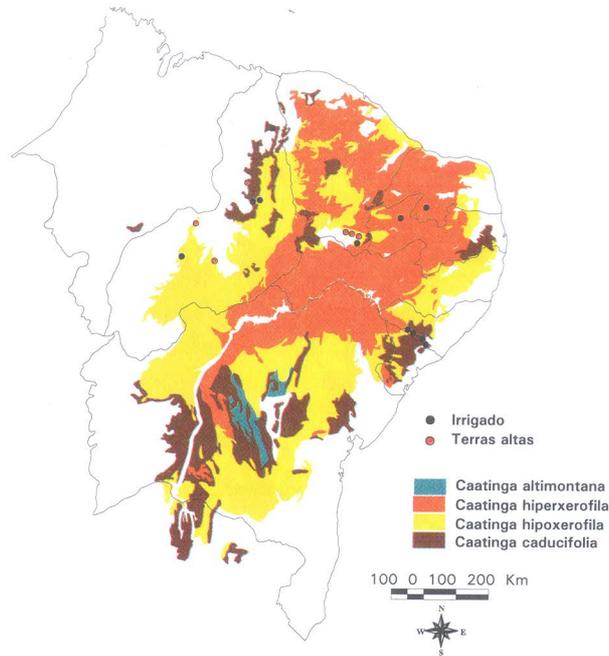


Fig. 13. Regiões nas quais predominam vegetações típicas do semi-árido brasileiro e locais de coleta de arroz destas regiões.

Regiões com solos de fertilidade muito baixa, típicos dos Cerrados

Na Fig. 14 estão apresentadas as regiões nas quais, de acordo com o Delineamento Macroagroecológico do Brasil, predominam os solos de baixa fertilidade, típicos dos Cerrados. Verificam-se grandes áreas destas regiões mapeadas onde foram realizadas poucas ou nenhuma expedição de coleta, como pode ser visto nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Minas Gerais e Norte de Goiás.

Também devido à escala do mapa utilizado para delimitar as áreas da Fig. 14, certamente nem toda a área mapeada é composta por solos de baixa fertilidade, pois mesmo na região dos Cerrados brasileiros existem grandes manchas de solos eutróficos (Adámoli et al., 1986).

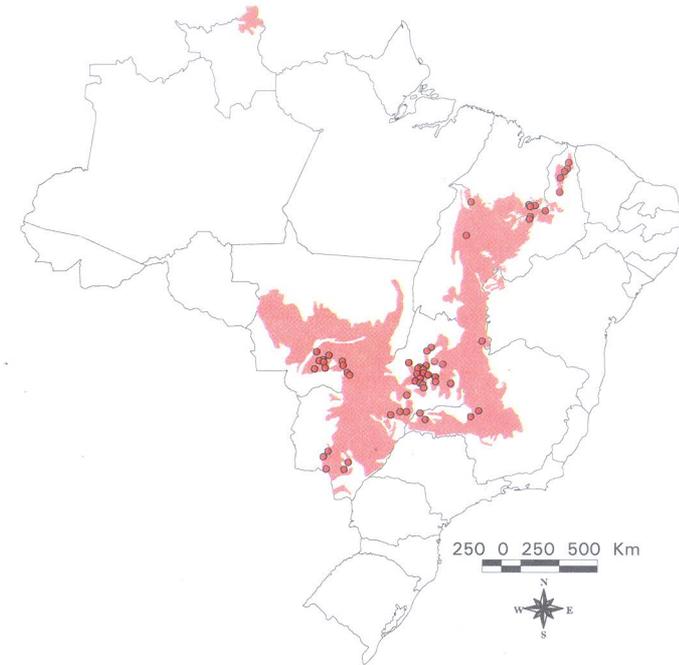


Fig. 14. Regiões nas quais predominam solos de fertilidade muito baixa e vegetação original de Cerrado e locais de coleta de arroz destas regiões.

Discussão

A caracterização do germoplasma de acordo com o ambiente do seu local de coleta através de SIG é, sem dúvida, um recurso importante para intensificar o uso de grandes coleções de germoplasma. Esta nova forma de caracterização oferece aos usuários informações que podem auxiliar na definição de estratégias para racionalizar e intensificar os procedimentos de avaliação do germoplasma para fins específicos.

Os diferentes padrões de adaptação dos genótipos às distintas condições ambientais ocorrem devido ao fato de eles portarem variadas combinações gênicas, que são exatamente aquelas que, segundo Allard (1992), apresentam o maior interesse para utilização nos programas de melhoramento, ou mesmo para uso direto destes recursos (Brown, 1989). Deste modo, a metodologia de caracterização do germoplasma de acordo com o ambiente de origem utilizada neste trabalho agrega informações à coleção de germoplasma que permitem a

formação de grupos de acessos que têm uma chance maior de conter as combinações gênicas adaptativas.

Van Hintum (1999) propôs, recentemente, o termo "core selector", que é um sistema para gerar seleções representativas das coleções de germoplasma, com o intuito de torná-las mais acessíveis. Neste sistema os acessos são classificados em grupos, com diferentes prioridades para sua seleção. Este conceito é útil no caso de os usuários do germoplasma requisitarem, por exemplo, uma pequena, mas ainda representativa, amostra da coleção, ou apenas acessos com uma característica específica. A classificação do germoplasma de acordo com a origem através de SIG pode ser útil, gerando critérios para este sistema e atendendo os usuários que têm interesse em genótipos adaptados a condições ambientais específicas e para as quais se disponha de mapas.

Chapman & Barreto (1996) reportam-se a um termo recentemente colocado em discussão na Universidade de Cornell, os GTLs ("Geographic trait loci"), que são partes específicas de um genoma ligadas à adaptação a diferentes locais. Os autores sugerem a importância das bases de dados espaciais para o desenvolvimento destes GTLs. A caracterização de acordo com o ambiente de coleta é uma etapa inicial para a identificação molecular destes GTLs.

Considerando-se que, para a maioria das culturas, as coleções nacionais normalmente possuem germoplasma coletado praticamente em todo o país, e ainda considerando-se as dimensões geográficas do Brasil, um país continental com ambientes muito diversos, espera-se que a metodologia descrita neste documento encontre grande aplicação para facilitar o uso das grandes coleções brasileiras de germoplasma.

Para o estudo realizado com arroz, mapas com escalas regionais, limitados no seu grau de detalhamento (escalas variando de 1:5.000.000 a 1:2.000.000), foram utilizados. Greene et al. (1999a) utilizaram bases de dados geográficos com escalas variando de 1:2.500.000 a 1:250.000. No Brasil, como na maior parte dos países, existe limitação em relação ao grau de detalhamento dos levantamentos de recursos naturais existentes (solos, vegetação natural, geomorfologia, geologia.) de áreas abrangentes. Não há dúvidas de que mapas mais detalhados são necessários para uma descrição mais precisa dos locais de coleta do germoplasma. Pretende-se incorporar, no Laboratório de Geoprocessamento da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, mapas mais

detalhados, de acordo com a disponibilidade dos levantamentos existentes.

No entanto, na ausência de levantamentos mais detalhados, acredita-se que os mapas em escalas regionais ainda assim possam agregar alguma informação importante sobre as condições ambientais dos locais de coleta do germoplasma.

Os resultados da caracterização do germoplasma de arroz de acordo com o ambiente de origem servirão, também, como subsídio para a estruturação da coleção nuclear brasileira de arroz, pois certamente a origem geográfica deverá ser empregada como um dos critérios de estratificação da Coleção Brasileira de Germoplasma de Arroz.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao funcionário Sérgio Eustáquio de Noronha, o auxílio na confecção dos mapas.

Referências Bibliográficas

- ALLARD, R.W. Predictive methods for germplasm identification. In: SYMPOSIUM ON PLANT BREEDING IN THE 1990s, 1991, Raleigh, NC. **Plant Breeding in the 1990s - Proceedings**. Wallingford: CAB International, 1992. p.119-146.
- ADÂMOLI, J.; MACÊDO, J.; AZEVEDO, L. G. de; MADEIRA NETTO, J. Caracterização da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W.J., (Ed.). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Brasília: Nobel, 1986. p. 33-74.
- BEEBE, S.; LYNCH, J. N.; GALWEY, N.; TOHME, J.; OCHOA, I. A geographical approach to identify phosphorus-efficient genotypes among landraces and wild ancestors of common bean. **Euphytica**, v. 95, p. 325-336, 1997.
- BRADSHAW, A.D. Population structure and the effects of isolation and selection. In: FRANKEL, O.H.; HAWKES, J.G. (Ed.). **Crop genetic resources for today and tomorrow**. Cambridge: Cambridge University Press, 1975. p.37-51.
- BROWN, A.H.D.; SPILLANE, C. Implementing core collections – principles, procedures, progress, problems and promise. In: JOHNSON, R.C.; HODGKIN, T., (Ed.). **Core collection for today and tomorrow**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1999. p.1-9.
- BROWN, A.H.D. The case for core collections. In: BROWN, A.H.D., FRANKEL, O.H.; MARSHALL, D.R.; WILLIAMS, J.T., (Ed.). **The use of plant genetic resources**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1989. p. 136-156.
- BROWN, A.H.D. The core collection at the crossroads. In: HODGKIN, T.; BROWN, A.H.D.; VAN HINTUM, T.J.L.; MORALES, E.A.V., (Ed.). **Core collections of plant genetic resources**. New York: John Wiley and Sons, 1995. p.3-19.
- BUSO, G.S.C.; RANGEL, P.H.; FERREIRA, M.E. Analysis of genetic variability of South American wild rice populations (*Oryza glumaepatula*) with isozymes and RAPD. **Molecular Ecology**, v.7, p.107-117, 1998.

- CHAPMAN, S.C.; BARRETO, H.J. Using simulation models and spatial databases to improve the efficiency of plant breeding programs. In: COOPER, M.; HAMMER, G.L., (Ed.). **Plant adaptation and crop improvement**. Wallingford: CAB International, 1996. p.563-587.
- COCKS, P.S.; EHRMAN, T.A.M. The geographic origin of frost tolerance in syberian pasture legumes. **Journal of Applied Ecology**, v.24, p.673-683, 1987.
- COCKS, P.S.; CRAIG, A.D.; KENYON, R.V. Evolution of subterranean clover in South Australia. II. Change in genetic composition of a mixed population after 19 years' grazing on a commercial farm. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.33, p.679-695, 1982.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. (Rio de Janeiro, RJ). **Delineamento macroagroecológico do Brasil**. Rio de Janeiro, 1993. 1 mapa, color. 85,5x113cm. Escala 1:5.000.000.
- EPPELSON, B.K. Spatial patterns of genetic variation within plant populations. In: BROWN, A.H.D.; CLEGG, M.T.; KAHLER, A.L.; WEIR, B.S., (Ed.). **Plant population genetics, breeding, and genetic resources**. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates Inc., 1989. p.229-253.
- FERREIRA, M. E.; FERREIRA, M. A.; AMARAL, Z.; RANGEL, P. H. Genetic diversity of traditional rice (*Oryza sativa*) varieties compared to irrigated and upland rice breeding cultivars using RAPD fingerprints. **Brazilian Journal of Genetics**, v.19, n.3, p.325, 1996. Supplement.
- FONSECA, J.R.; BEDENDO, I. P. **Características morfológicas, agronômicas e fenológicas de algumas cultivares de arroz**. Goiânia: EMBRAPA - CNPAF, 1984. 58 p. (EMBRAPA-CNPAF. Boletim de Pesquisa, 3).
- FONSECA, J.R.; RANGEL, P. H.; BEDENDO, I. P.; SILVEIRA, P. M. da; GUIMARÃES, E. P.; CORADIN, L. **Características botânicas e agronômicas de cultivares e raças regionais de arroz (*Oryza sativa* L.) coletadas no estado do Maranhão**. Goiânia: EMBRAPA - CNPAF, 1982. 42 p. (EMBRAPA - CNPAF. Boletim de Pesquisa, 1).

FONSECA, J.R.; RANGEL, P. H.; PRABBU, A.S. **Características botânicas e agrônômicas de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.)**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1981. 32 p. (EMBRAPA - CNPAP. Circular Técnica, 14).

FRANKEL, O.H.; BROWN, A.H.D. Plant genetic resources today: a critical appraisal. In: HOLDEN, J.H.; WILLIAMS, J.T. (Ed.). **Crop genetic resources: conservation and evaluation**. London: George Allen & Unwin, 1984. p.249-257.

GLASZMANN, J.C. Geographic pattern of variation among Asian native cultivars (*Oryza sativa* L.) based on fifteen isozyme loci. **Genome**, v.30, p.782-792, 1988.

GREENE, S.L.; HART, T.C.; AFONIN, A. Using geographic information to acquire wild crop germplasm for ex situ collections: I. Map development and field use. **Crop Science**, v.39, p.836-842, 1999a.

GREENE, S.L.; HART, T.C.; AFONIN, A. Using geographic information to acquire wild crop germplasm for ex situ collections: II. Post-collection analysis. **Crop Science**, v.39, p.843-849, 1999b.

GUARINO, L.; RAO, V. R.; REID, R., (Ed.). **Collecting plant genetic diversity**. Wallingford: CAB International, 1995. 748p.

GUARINO, L.; JARVIS, A.; HIJMANS, R. J.; MAXTED, N. Geographic Information Systems (GIS) and the conservation and use of plant genetic resources". In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR MANAGING PLANT GENETIC DIVERSITY, 21., 2000, Kuala Lumpur, Malaysia. [Anais...]. [S. l.: s.n.], 2000. No prelo.

GUIMARÃES, E.P. Genealogy of Brazilian upland rice varieties. **IRRN**, v.18, p.1, 1993.

HAWTIN, G.; IWANAGA, M.; HODGKIN, T. Genetic resources in breeding for adaptation. **Euphytica**, v.92, p.255-266, 1996.

HEYWOOD, J.S. Spatial analysis of genetic variation in plant populations. **Annual Review of Ecology Systematics**, v.22, p.335-355, 1991.

HODGKIN, T. Some current issues in the conservations and use of plant genetic resources. In: AYAD, W.G.; HODGKIN, T.; JARADAT, A.; RAO, V.R., (Ed.). **Molecular genetic techniques for plant genetic resources: report**. Rome: IPGRI, 1997. p.3-10.

IBGE (Rio de Janeiro, RJ). **Brasil Climax**. Rio de Janeiro, 1978. 1 mapa, color. 90x107cm. Escala 1:5.000.000.

IBGE (Rio de Janeiro, RJ). **Mapa de Unidades de Conservação Federais do Brasil**. Rio de Janeiro, 1994. 1 mapa, color. 90x107cm. Escala 1:5.000.000.

JONES, P.G., BEEBE, S.E.; TOHME, J. The use of geographical information systems in biodiversity exploration and conservation. **Biodiversity and Conservation**, v.6, p.947-958, 1997.

JONES, P.G.; GLADKOV, A. **FloraMap: a computer tool for the distribution of plants and other organisms in the wild**. Cali: CIAT, 1999.

LINS, T.C.L.; SILVA, N.J.M.L.; AMARAL, Z.P.S.; RANGEL, P.H.N.; FERREIRA, M.E. Análise genética de acessos de arroz vermelho (*Oryza* spp.) coletados no Brasil e na Venezuela: híbrido interespecífico, variedade tradicional ou erva daninha? In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA AMÉRICA LATINA E CARIBE - SIRGEALC, 2., 1999, Brasília, DF. **Anais...**, Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. CD-ROM.

MARSHALL, D.R.; BROWN, A.H.D. Optimum sampling strategies in genetic conservation In: FRANKEL, O.H.; HAWKES, J.G., (Ed.). **Crop genetic resources for today and tomorrow**. Cambridge: Cambridge University Press, 1975, p.53-80.

MAXTED, N.; VAN SLAGEREN, M.W.; RIHAN, J.R. Ecogeographic surveys. In: GUARINO, L; RAO, V.R.; REID, R., (Ed.). **Collecting plant genetic diversity**. Oxon, UK: CAB International, 1995. p. 255-285.

MELO, L.A.M.P. de. Utilização de SIG para traçado de rotas em expedições de coleta de germoplasma. In: CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO DA AMÉRICA LATINA, 5., 1999, Salvador, BA. **Anais...** Curitiba: Fator GIS, 1999. CD-ROM.

MELO, L.A.P. de.; BURLE, M.L.; NORNHA, S.E. Utilização de Sistemas de Informação Geográfica no Gerenciamento de Recursos Genéticos no Cenargen/Embrapa. In: CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO DA AMÉRICA LATINA, 4., Curitiba, PR. **GIS Brasil 1998**. [Curitiba]: Sagres editora/Fator GIS, 1998. 6p. CD-ROM.

MONTALVÁN, R.; DESTRO, D.; SILVA, E.F.; MONTAÑO, J.C., (Ed.) Genetic base of Brazilian upland rice cultivars. **Journal of Genetics and Breeding**, v.52, p.203-209, 1998.

MORAIS, O.P. de. **Melhoramento genético de arroz de sequeiro**. Brasília: EMBRAPA-SEP, 1998. 26 p. Projeto de Pesquisa.

MORISHIMA, H.; MARTINS, P.S. **Investigations of plant genetic resources in the Amazon basin with the emphasis on the genus *Oryza***. [S.l.]: Monbusho International Scientific Research Program/FAPESP, 1994. 100p. il. Report of 1992/93 Amazon Project.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. **Classes gerais de solos do Brasil**: guia auxiliar para o seu reconhecimento. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.

PEDROSO, B.A. Vulnerabilidade genética em arroz irrigado. **Lavoura Arrozeira**, v.43, n.393, p.13, 1990.

PENTEADO, M.I. de O.; BRONDANI, C.; FERREIRA, M.A.; AMARAL, Z.; RANGEL, P.H.N.; FERREIRA, M.E. Monitoring a rice recurrent selection using SSR and RAPD markers. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA AMÉRICA LATINA E CARIBE SIRGEALC, 2., 1999. Brasília, DF. **Anais...**, Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. 1p. CD-ROM.

RANGEL, P.H.N. **Melhoramento genético de arroz irrigado**. Brasília: EMBRAPA-SEP, 1994. 26 p. Projeto de Pesquisa.

RANGEL, P.H.N.; GUIMARÃES, E.P.; NEVES, P.C.F. Base genética de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.5, p.349-357. 1996.

RIZZINI, C.T.; COIMBRA FILHO, A.F.; HOUAISS, A. **Ecosistemas brasileiros = Brazilian ecosystems**. Rio de Janeiro: Enge-Rio/Index, 1988.

SAYED, H. Diversity of salt tolerance in a germplasm collection of wheat (*Triticum* spp.) **Theoretical Applied Genetics**, v.69, p.651-657, 1985.

SILVA, F. B. R.; RICHÉ, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUZA NETO, N. C.; BRITO, L. T. L.; CORREIA, R. C.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B.; SILVA, A. B.; ARAÚJO FILHO, J. C.; LEITE, A. P. **Zoneamento agroecológico do nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA; Recife: EMBRAPA-CNPS, 1993. 2v. (EMBRAPA - CNPS. Documentos, 80).

SILVA, N.J.M.L.; LINS, T.C. de L.; AMARAL, Z.; RANGEL, P.H.N. Fingerprinting de DNA na avaliação de duplicações de genótipos no banco de germoplasma de arroz (*Oryza sativa* L.). In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA AMÉRICA LATINA E CARIBE SIRGEALC, 2., 1999, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. CD-RQM.

SLATKIN, M. Gene flow and the geographic structure of natural populations. **Science**, v.236, p.787-792, 1987.

STEINER, J.J.; GREENE, S.L. Proposed ecological descriptors and their utility for plant germplasm collections. **Crop Science**, v.36, p.439-451, 1996.

VAN HINTUM, T.J.L. The core selector, a system to generate representative selections of germplasm collections. **Plant Genetic Resources Newsletter**, v.118, p.64-67, 1999.



*Recursos Genéticos
e Biotecnologia*

Caracterizacao de ...

2001

FL-05434



CENARGEN- 19317-1