



ISSN 0102 - 0110

Dezembro, 2002

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

Documentos 89

Sistema de Informação Geográfica Aplicado a Recursos Genéticos

Luis Alberto Martins Palhares de Melo
Marília Lobo Burle
Sérgio Eustáquio de Noronha

Brasília, DF
2002

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 Sousa 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 Alice Bianchi
Tratamento de Ilustrações: Alysson Messias da Silva
Editoração Eletrônica: Alysson Messias da Silva
Capa: Alysson Messias da Silva

1ª edição

1ª impressão (2002): tiragem 150

Todos os direitos reservados.

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

Melo, Luis Alberto Martina Palhares de.

Sistema de Informação Geográfica Aplicado a Recursos Genéticos / Luis Alberto Martina Palhares de Melo, Marília Lobo Burle, Sérgio Eustáquio de Noronha. - Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2002.

39 p. - (Documentos / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, ISSN 1676-1340; n. 89).

1. Recursos genéticos. 2. Sistemas de informação geográficos. I. Burle, Marília Lobo. II. Noronha, Sérgio Eustáquio de. III. Título. IV. Série.

CDD 636

© Embrapa 2002

Autores

Luis Alberto Martins Palhares de Melo

Analista de Sistemas, M.Sc Ciência da Computação,
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Marília Lobo Burle

Eng^a. Agr., MsC, Embrapa Recursos Genéticos e
Biotecnologia.

Sérgio Eustáquio de Noronha

Geógrafo, Licenciado, Embrapa Recursos Genéticos e
Biotecnologia.

Sumário

Introdução	7
Análise geográfica aplicada a recursos genéticos	9
Análise geográfica (AG) “completa” em recursos genéticos	10
Análise geográfica (AG) “básica” em recursos genéticos	11
Análise geográfica (AG) “básica” aplicada ao estudo da distribuição de <i>Capsicum</i>	13
Análise geográfica (AG) “básica” aplicada ao estudo da distribuição de <i>Manihot</i>	20
Análise geográfica (AG) “básica” aplicada ao estudo da distribuição de <i>Myracrodruon</i>	22
Análise geográfica (AG) “básica” para a composição de Coleções Nucleares	27
Análise geográfica (AG) “básica” para a caracterização do germoplasma de grandes coleções	31
Conclusão	34
Referências Bibliográficas	34

Sistema de Informação Geográfica Aplicado a Recursos Genéticos

Luis Alberto Martins Palhares de Melo

Marília Lobo Burle

Sérgio Eustáquio de Noronha

Introdução

A biodiversidade autóctone do Brasil coloca-o em posição privilegiada quanto ao aproveitamento de recursos genéticos para o seu desenvolvimento. É também centro de origem de várias espécies utilizadas intensamente na agricultura e na agroindústria. Sua conservação constitui ação estratégica que garante a contínua criação de novas variedades e raças para a melhoria da qualidade e aumento da produção agroflorestal. Esta atividade pode ser desenvolvida nos locais de ocorrência das espécies (*in situ*) e em coleções mantidas nos campos e nos laboratórios (*ex situ*) (Cenargen, 1990 1996).

Em 1974 a EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – criou o Centro Nacional de Recursos Genéticos e Biotecnologia (CENARGEN) com o objetivo de salvaguardar as espécies vegetais e animais e os microorganismos para o desenvolvimento sustentado da agricultura mediante geração de metodologias nas áreas de biologia celular e molecular aplicáveis a agropecuária, além da condução e coordenação de pesquisas que equacionem problemas de enriquecimento, caracterização, conservação e utilização dos recursos genéticos (Cenargen, 1990 1996).

A tarefa inicial para efetivação das atividades de gerenciamento de recursos genéticos é a atividade de campo, onde se realiza a coleta de germoplasma, ou seja, materiais genéticos como sementes, mudas, tubérculos, microorganismos, amostras de solo, além de material de herbário. Desde sua criação o CENARGEN

realizou mais de 200 expedições de coleta de recursos genéticos de espécies de interesse atual e potencial. As expedições geralmente são direcionadas para áreas sob forte pressão antrópica de grande impacto ambiental, como regiões de expansão da fronteira urbana e agrícola e de projetos de construção de estradas e hidrelétricas. Como resultado das expedições de coleta, o CENARGEN já obteve o resgate de cerca de 100 mil amostras de germoplasma vegetal, armazenados em bancos ativos de germoplasma e herbários. Dentre os produtos coletados destacam-se: amendoim, mandioca, milho, arroz, gramíneas e leguminosas forrageiras, abacaxi, algodão, guaraná, plantas medicinais, fruteiras tropicais, pimenta e seringueira (Cenargen, 1990 1996).

Coleções de germoplasma são importantes “depósitos genéticos” que asseguram a variabilidade genética de diversas espécies, garantindo sua preservação para usos futuros. De acordo com Steiner & Greene (1996), durante a atividade de coleta, normalmente os coletores têm a tendência de sobrevalorizar o material coletado em si, dispensando menos ênfase na descrição das condições ambientais/ecológicas dos locais das coletas. Segundo os autores, maior ênfase deveria ser dada às informações oriundas dos descritores ambientais/ecológicos, úteis aos usuários de coleções de germoplasma para (a) identificar regiões geográficas/ecológicas onde não se tenham realizadas, ainda, expedições de coleta; (b) minimizar custos na organização de expedições de coleta, evitando direcioná-la para regiões que apresentem características desfavoráveis ao material de coleta desejado; (c) catalogar a diversidade de recursos genéticos dentro de diferentes ecossistemas para prover os usuários de amostras representativas destes habitats; (d) identificar recursos genéticos que possam ser adaptados às condições naturais e de estresse nas regiões em que se pretende introduzir os materiais.

Autores como Rick (1973), Matthews (1983), Kuchler (1988), Bailey (1989), Millar & Westfall (1992) Steiner & Poklemba (1994) também enfatizaram a importância de se registrar as informações relativas ao ambiente natural das plantas pois, compreendendo-se como elas interagem nas diversas ecorregiões, torna-se possível gerenciar o espaço geográfico da variabilidade genética de plantas silvestres, semi-domesticadas e domesticadas. Em vista do exposto, pode-se dizer que, operacionalmente, durante a expedição de coleta, torna-se importante o registro não só das características biológicas/taxonômicas do produto, mas, também, o registro mais suscinto e padronizado possível do contexto geoambiental do local da coleta. Procedendo-se desta forma, gera-se

enorme diversidade e volume de dados durante as expedições de coleta, tornando imprescindível a existência de um sistema computacional para o gerenciamento de tais dados (banco de dados), a fim de que possam ter valor informativo para a pesquisa em recursos genéticos em geral (Melo & Cavalcanti, 2000). Além do banco de dados, torna-se também imprescindível a utilização de ferramentas de geoprocessamento em ambiente computacional, pois permite um gerenciamento mais abrangente e acurado dos recursos genéticos, na medida em que os descritores geoambientais são analisados espacialmente, fornecendo o mapeamento dos padrões de nichos ecológicos das espécies vegetais.

Análise geográfica aplicada a recursos genéticos

O conhecimento do ambiente de origem do germoplasma (local de coleta), conforme citado anteriormente, passa a ser de grande importância para o processo de sua caracterização. Desta forma, variáveis geoambientais servem como variáveis discriminantes de estruturas genéticas distintas de diversas populações de plantas.

De uma forma simples e sucinta, podemos definir “análise geográfica” (AG) como a atividade de utilização de três tecnologias básicas para o gerenciamento de variáveis geoambientais: (1) sensoriamento remoto, (2) sistema de posicionamento global (GPS - *global positioning systems*) e (3) *software* de SIG - sistema de informação geográfica (Greene et al., 1999a). Através do sensoriamento remoto pode-se obter fotografias aéreas e imagens de satélites de áreas da superfície terrestre, com um nível de detalhamento de diversos temas (vegetação, solo, relevo, geologia, etc). O uso de aparelhos de GPS permite o registro da localização de pontos na superfície terrestre (latitude/longitude) com boa precisão. Finalmente, os softwares de SIG permitem a visualização da distribuição espacial das ocorrências do evento em estudo, sobrepostas em mapas temáticos diversos (vegetação, solo, hidrografia, relevo, clima, etc), permitindo a identificação de possíveis correlações com as diversas variáveis geoambientais caracterizadoras das ecorregiões. Atualmente existem disponíveis no mercado, “pacotes” de software para efetuar análises geográficas especificamente para recursos genéticos vegetais, como por exemplo o DIVA-GIS (Hijmans et al. 2001), e o Floramap (Jones et al. *apud* Hijmans et al. 2001).

Análise geográfica (AG) “completa” em recursos genéticos

Greene et al. (1999a, 1999b) apresentaram um estudo de caso onde aplicam AG para organização de uma expedição de coleta de produtos silvestres para caracterizar/descrever os nichos ecológicos favoráveis à existência de tais produtos.

A expedição de coleta foi realizada pelas instituições USDA, ARS National Plant Germoplasm System (NPGS) e Vavilov Institute of Plant Industry (VIR) na parte ocidental do Cáucaso, ao sul da Rússia, para coleta de exemplares silvestres de forrageiras com ênfase no material adaptado a solos ácidos. A equipe participante era composta por um taxonomista em botânica, um pedólogo, dois especialistas em germoplasma de forrageiras e um especialista em sistemas de informações geográficas. A expedição ocorreu entre os meses de julho e outubro de 1995 numa faixa de 250 km no sentido norte-sul e 600 km no sentido leste-oeste.

Na expedição foram utilizados mapas digitais da região, baseados em imagens dos satélites MSS (MultiSpectral Scanner) e TM (Thematic Mapper) e mapas diversos existentes tais como mapas de vegetação (escala 1:2.500.000), mapas de solos (em escalas 1:2.500.000, 1:1.000.000, 1:500.000, 1:213.000, 1:210.000), mapas topográficos (escalas 1:500.000, 1:1 m, 1:250.000), mapas de declividade, mapas de geomorfologia (1:5.000.000) e mapas geológicos (escala 1:2.500.000).

Mapas de rodovias/ferrovias também foram processados (servindo de indicadores de pressão antrópica), assim como mapas de zonas climáticas. Os dados climáticos foram obtidos de 111 estações meteorológicas localizadas ao longo da área de coleta e adjacências, registrando-se diversas informações tais como máxima e mínima temperatura mensal, índice pluviométrico, umidade, etc.

Uma base de dados unificada foi construída, resultando na confecção de um “mapa único” da região de coleta, em sistema de coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator), oriundo da compilação dos diversos mapas e imagens de satélites. Para esta compilação foram utilizados diversos pacotes de *software*, porém o principal foi o *software* de processamento de imagens ERDAS v.8.2.

A atividade de coleta foi direcionada para espécies silvestres, sempre que possível, em locais sem distúrbios naturais e/ou pressão antrópica. De modo geral, cerca de 50 indivíduos eram amostrados da população local. Além disso, o pH do solo era medido e amostras de solo eram retiradas. Para o registro da latitude/longitude do local, utilizou-se um GPS de mão. Após a expedição de coleta, realizou-se o “processamento dos dados”, utilizando-se basicamente o *software* de SIG IDRISI v. 1.0. O resultado foi a geração de “mapas” caracterizadores do padrão de distribuição geoambiental, baseados principalmente em aspectos de clima e solo, para diversas espécies do gênero *Trifolium* (*T. pratense*, *T. fragiferum*, *T. hybridum*, *T. medium*, *T. repens*).

Análise geográfica (AG) “básica” em recursos genéticos

Do estudo de caso anterior pode-se inferir que a obtenção de resultados “úteis” oriundos das geotecnologias depende fortemente das fontes de dados que servem de insumo aos procedimentos de análise geográfica (AG), isto é, mapas, imagens de satélites e diversos dados ambientais quantitativos obtidos de fontes de informação “confiáveis”. Além disso, é necessário haver uma equipe multidisciplinar envolvida no projeto de recursos genéticos em questão. Apesar de não ser explicitamente citado no estudo anterior, pode-se afirmar que o custo global de projetos com recursos genéticos envolvendo a utilização de AG é significativo, ainda que uma análise de custo X benefício mostre que os benefícios obtidos superem os custos.

Nota-se, ainda, que os dados espacialmente processados limitaram-se a uma região relativamente pequena (um “retângulo” de 250 km X 600 km) o que permitiu a confecção de mapas em grandes escalas, acarretando um bom nível de detalhamento dos temas (solos, clima, vegetação, etc) discriminados nos mesmos. Mas o que fazer se a área de interesse de estudo apresentar grandes proporções? Por exemplo, se a área de estudo for a região nordeste do Brasil, ou mesmo todo o território nacional? Neste caso, é de se esperar uma grande dificuldade em se obter mapas temáticos diversos em grandes escalas (p. ex. 1:50.000) ou mesmo imagens de satélite cobrindo uma área tão vasta para diversos temas a um custo razoável. É possível, eventualmente, obter mapas prontos em grandes escalas (bem detalhadas) de um tema específico. Mas a obtenção de mapas nessas escalas para os diversos temas (rios, rodovias, solos, clima, relevo, vegetação, etc) de interesse para a pesquisa em recursos genéticos relativos a uma área bastante abrangente como a região nordeste ou o território nacional é bastante improvável.

Com relação ao território brasileiro, Galindo (1999) apontou que seu mapeamento sistemático, obrigação do Estado, está praticamente paralisado há décadas. Grande parte do país não está mapeada em todas as escalas necessárias, e as cartas oficiais estão atrasadas em pelo menos vinte anos. Segundo o atual presidente da Sociedade Brasileira de Cartografia, Camilo José Martins Gomes, “apenas 1% do território nacional está mapeado na escala 1:25.000” (Galindo, 1999). Tavares (1999), comentando sobre a base cartográfica nacional, ponderou que “embora tenha sido elaborada com grande esforço intelectual, físico e financeiro, a grande maioria de nossas bases sistemáticas de dados gráficos não reflete nem de longe a realidade de hoje. E é sobre elas que se procura ancorar um mundo enorme de informações”. Ainda, segundo o autor, “o mapeamento pode ser atualizado sem muita demora, via processamento digital de imagens orbitais, considerando-se imagens de satélites de obtenção rápida no Brasil”.

Considerando-se este quadro, como ficaria, então, a aplicação de AG em recursos genéticos? Se a utilização de AG for “completa”, a exemplo do trabalho de Greene et al. (1999a, 1999b), pode-se esperar resultados satisfatórios em termos de qualidade da informação. Contudo, em muitos casos, por diversas razões, os recursos materiais/humanos alocados para a pesquisa não são suficientes para permitir a estruturação de um projeto “completo” de AG para recursos genéticos. Neste caso, o que se pode fazer é um projeto “básico” de AG aplicado a recursos genéticos. O trabalho apoiar-se-á basicamente em mapas de escala relativamente pequenas (1:5.000.000, 1:2.000.000, 1:1.000.000, 1:500.000) e relativamente desatualizados (considerando-se o território nacional ou grandes porções, tais como regiões políticas).

Para um levantamento exploratório inicial de recursos genéticos a nível nacional, a análise geográfica “básica” pode ser realizada, a fim de gerar dados preliminares úteis para a pesquisa, mesmo com as adversidades oriundas de uma base cartográfica defasada. Mesmo que não esteja defasada, deve ser construída numa escala pequena (1:5.000.000 ou 1:2.000.000 por exemplo) para abranger o território nacional. Conforme anteriormente citado, o Cenargen efetuou, ao longo de 25 anos, mais de 200 expedições de coleta de germoplasma e material de herbário em diversos pontos do país. Assim, o espaço geográfico considerado é bastante extenso, e a visualização da distribuição espacial desse “acervo” genético em grandes nichos/padrões geoambientais (levantamento exploratório preliminar) pode ser realizada

utilizando-se AG “básica”, isto é, baseando-se em mapas temáticos diversos de pequena escala (que normalmente recobrem todo o território nacional). Os resultados permitem orientar futuras expedições de coletas, bem como agregar informações ao germoplasma armazenado em grandes coleções.

A seguir são apresentados exemplos de utilização de análise geográfica “básica” aplicada ao mapeamento de recursos genéticos, mostrando resultados efetivos obtidos, bem como resultados não conclusivos.

Análise geográfica (AG) “básica” aplicada ao estudo da distribuição de Capsicum

Bianchetti (1996) apresentou um estudo caracterizando aspectos morfológicos, ecológicos e biogeográficos de alguns tipos de pimenta do gênero *Capsicum* existentes no Brasil. O autor ponderou que “as pimentas do gênero *Capsicum* (...) além das qualidades gustativas, (...) são extremamente valorizadas pelos atributos farmacológicos que a capsaicina, um alcalóide exclusivo do gênero, vem apresentando em inúmeros usos para aliviar dores musculares, reumáticas, e inflamações, entre outras.(...) Além disso constituem uma boa fonte de vitaminas, principalmente a vitamina C”. Segundo o autor, a distribuição natural dessas espécies silvestres americanas restringe-se à região da zona andina (desde a Argentina até a América Central) e na zona litorânea brasileira, com maior concentração na região sudeste do país. Ainda, segundo o autor, o Brasil é o país possuidor do maior número de espécies silvestres do gênero, mas seu conhecimento ainda se encontra em estágio muito primitivo, devendo, portanto, serem estimuladas iniciativas que visem aumentar o conhecimento das espécies brasileiras de *Capsicum*, principalmente na região sudeste do país.

Para o levantamento exploratório da distribuição espacial de *Capsicum*, Melo (1999) realizou análise geográfica “básica”, cujos insumos foram os seguintes: (1) locais de coleta (latitude/longitude) de espécies do gênero *Capsicum*, obtidos em anos anteriores por diversas expedições de coleta do Cenargen; (2) mapas do Brasil contendo os seguintes temas: político, relevo, vegetação, biomas, delineamento macroagroecológico, clima, temperaturas médias, principais rios e principais rodovias, todos em pequena escala (1:5.000.000) disponíveis em meio digital, prontos para processamento em ambiente de SIG.

Inicialmente, foram selecionados os registros das coletas de *Capsicum* obtendo-se um total de 386 pontos de coleta, dos quais apenas 124 pontos representavam espécies silvestres (Fig. 1). Os demais registros representavam a coleta de espécies de *Capsicum* domesticadas e semi-domesticadas.



Fig. 1. Locais de coleta de germoplasma de *Capsicum* silvestre de expedições realizadas pelo CENARGEN entre 1983 e 1994.

Cento e vinte e quatro pontos selecionados foram georreferenciados sobre mapas temáticos diversos (Brasil: político, biomas, macroagroecológico, relevo, vegetação, clima e temperatura), através do software de SIG (no caso, Arc-Info), permitindo a identificação de diversas variáveis geoambientais discriminantes e não discriminantes dos pontos de coleta. Tendo-se como base o georreferenciamento dos pontos sobre o mapa macroagroecológico, construiu-se a distribuição de *Capsicum* em relação à variável temática "aptidão agroecológica" (Tabela 1) constatando-se a ocorrência de uma distribuição homogênea em áreas de lavoura, pecuária e preservação. Baseado no exposto,

concluiu-se que a variável geoambiental “aptidão agroecológica” não era variável discriminante para *Capsicum* silvestre.

Tabela 1. Distribuição da amostra de *Capsicum* por Aptidão Agroecológica

Aptidão Agroecológica	Ocorrências
Preservação	44
Pecuária(lavoura)	37
Lavoura e pecuária	30
Lavoura e reflorestamento	9
(Pecuária e lavoura)	2
Limite	2
Total	124

Analisando-se a distribuição de *Capsicum* em relação à variável temática “fertilidade”, notou-se sua considerável presença em áreas de fertilidade “baixa” e fertilidade “baixa a média”. Concluiu-se então, que áreas de alta fertilidade dificilmente seriam empecilho para existência do produto e, desta forma a variável geoambiental “fertilidade” não foi considerada uma variável discriminante (Tabela 2).

Tabela 2. Distribuição da amostra de *Capsicum* silvestre por Fertilidade

Fertilidade	Ocorrências
Baixa	69
Baixa a média	43
Muito baixa a média	4
Baixa a alta	3
Limite	2
Muito baixa a alta	2
Média a alta	1
Total	124

Outras variáveis geoambientais provenientes dos demais mapas temáticos foram analisadas, identificando-se as variáveis geoambientais discriminantes de nichos ecológicos de *Capsicum*. Por exemplo, a variável temática “umidade”, obtida do mapa de climas, foi considerada uma variável geoambiental discriminante, pois observou-se a ocorrência de pontos de coleta em locais predominantemente

úmidos (Tabela 3). A análise das variáveis geoambientais dos diversos mapas foi baseada em simples inspeção quantitativa das tabelas de distribuição *Capsicum* X variável geoambiental, embora pudessem ser aplicadas técnicas estatísticas básicas.

Tabela 3. Distribuição da amostra de *Capsicum* silvestre por Umidade

Umidade	Ocorrências
Super-úmido	88
Úmido	28
Semi-úmido	6
Limite	2
Total	124

Com base na análise das variáveis temáticas dos diversos mapas foi definido o seguinte critério para seleção de áreas (nichos ecológicos) favoráveis à ocorrência de *Capsicum*: Vegetação = [floresta tropical perenifólia de altitude ou floresta tropical subperenifólia ou floresta tropical subcaducifólia]; Subdomínio morfoestrutural = [faixa de dobramentos do sul/sudeste]; Unidade de relevo = [escarpas e reversos]; Cobertura vegetal = [floresta ombrófila densa]; Umidade = [super-úmido ou úmido]; Subtemperatura média = [Mesotérmico brando ou subquente].

Utilizando-se o software de geoprocessamento (Arc-Info) foi realizada a operação de “interseção” entre os mapas macroagroecológico, relevo, vegetação e clima, aplicando-se como “filtro de interseção” os critérios anteriormente citados. Como resultado final, gerou-se um mapa de áreas potenciais de ocorrência para os estados da região sudeste do Brasil (Fig. 2).

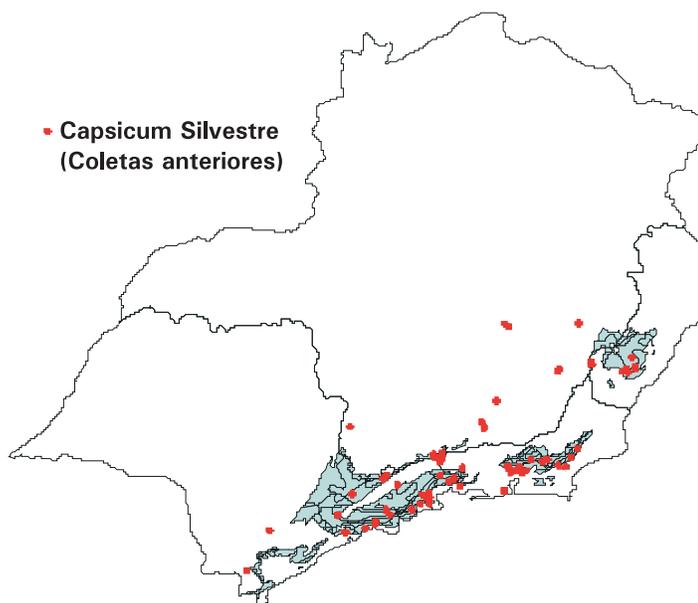


Fig. 2. Áreas propícias à ocorrência de *Capsicum silvestre* na região sudeste, segundo a análise das variáveis temáticas dos mapas de relevo, macroagroecológico, vegetação, clima.

Da experiência com coleta de *Capsicum*, observou-se que o produto encontra-se representado nas nascentes de rios (ambiente úmido), além de locais com altitude média em torno de 400 metros. Considerando-se estes fatores, realizou-se, dentro do software de SIG, o cruzamento ("overlay") do mapa dos principais rios brasileiros (também na escala 1:5.000.000) contra o mapa de áreas potenciais, gerado na fase anterior. Procurou-se, também, localizar cidades com altitude média em torno de 600 metros situadas próximo à nascente de rios. Para isso utilizou-se o cadastro de cidades e vilas do IBGE que contém, entre outras informações, a altitude média, latitude e longitude das cidades e vilas brasileiras. O resultado está apresentado na Fig. 3.

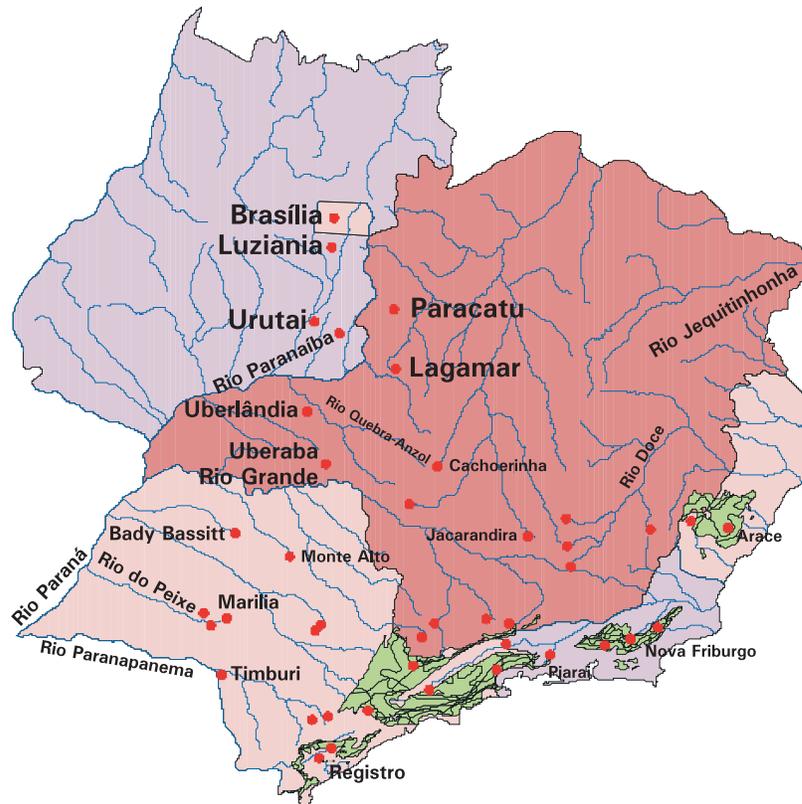


Fig. 3. Cidades de altitude média acima de 600 metros, próximas às nascentes de rios, escolhidas através do software de SIG para indicar outras áreas potenciais de *Capsicum*, acrescentando-se as áreas anteriormente selecionadas.

Delineadas as áreas de potencial ocorrência de *Capsicum* na região sudeste do Brasil pode-se pensar em organizar uma nova expedição de coleta direcionada para estes locais. Neste caso, a utilização da ferramenta de software de SIG para traçado ótimo da rota da expedição de coleta através da malha rodoviária torna-se possível. Desta forma, utilizou-se o módulo "Network Analyst" (Fig. 4) do Arc-Info para calcular uma rota mínima, em termos de quilometragem percorrida ao longo das áreas de potencial ocorrência. Considerando-se Brasília-DF como ponto inicial de partida e chegada, o programa calculou uma distância de 6000 quilômetros a serem percorridos passando por todas as áreas de potencial ocorrência, baseando-se no mapa das principais rodovias brasileiras.

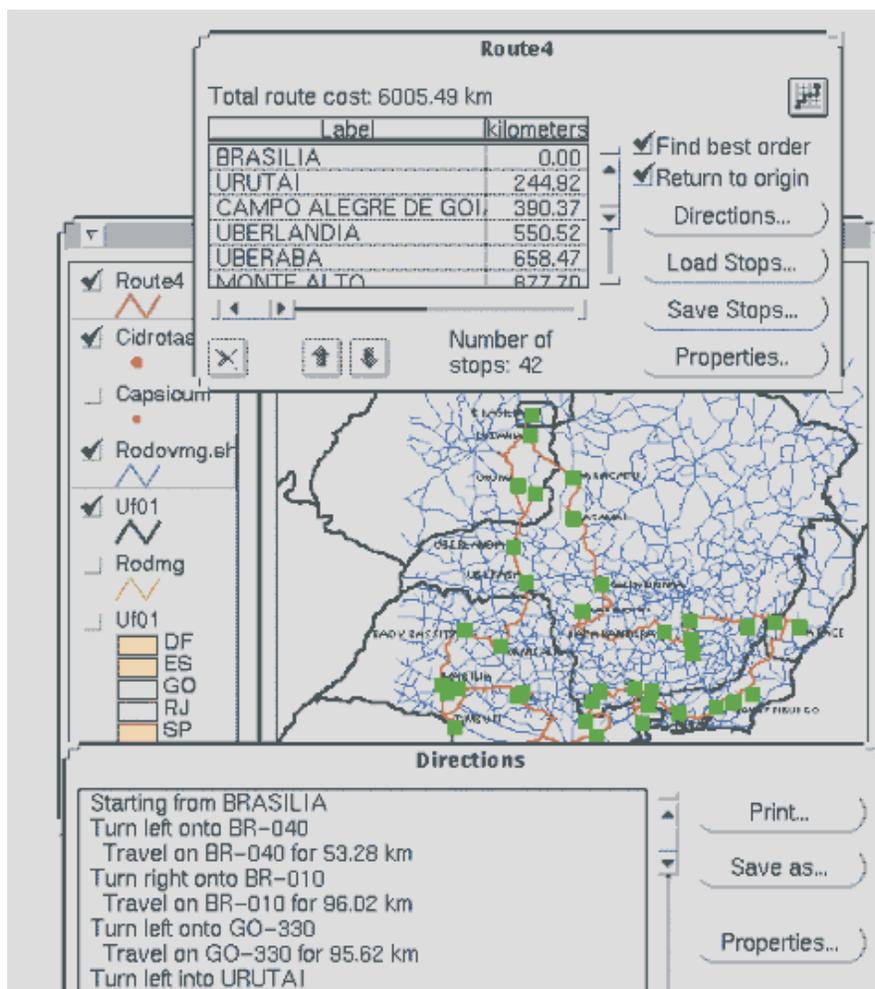


Fig. 4. Detalhe da tela do módulo "Network Analyst" do Arc-Info mostrando a rota a ser percorrida iniciando e terminando em Brasília-DF. Na janela "Route 4" são discriminadas os pontos de percorrimento, enquanto que uma parte da janela "Directions" mostra o caminho inicial em termos de rodovias a ser percorrido. Rota total de 6005.49 Km.

Vale a pena ressaltar que o critério de rota ótima de expedição referiu-se ao percorrimto mínimo, em termos de quilometragem, por todas as áreas marcadas no software de SIG, uma vez que a expedição de coleta foi estruturada para coleta exclusiva de *Capsicum*. Mas, se a coleta fosse uma “coleta de varredura”, isto é, para produtos diversos, o critério de percorrimto poderia ser diferente. Poder-se-ia mapear todas as coletas anteriores dos diversos produtos de interesse para a “varredura”, marcá-los através do SIG nos mapas digitais e gerar, assim, mapas de “intensidades de biodiversidade”. O caminho ótimo a ser seguido seria baseado, não mais no critério de quilometragem mínima, mas sim no critério de percorrimto ótimo sobre áreas de maior intensidade de biodiversidade, o que constitui uma tarefa bastante trivial de se executar com o software de SIG, desde que os dados das coletas anteriores estejam corretamente georreferenciados (em termos de latitude/longitude).

O fator limitante aos resultados deste trabalho refere-se justamente às fontes de dados de insumo para a AG praticada, uma vez que os mapas são relativamente desatualizados e de escala pequena. Os resultados caracterizam-se como “informações preliminares”, fruto da aplicação da análise geográfica “básica”.

Considerando-se que o objetivo do trabalho é de fato um levantamento exploratório para delineamento de áreas potenciais e rotas ótimas de percorrimto, então os resultados da AG “básica”, de natureza preliminar, são úteis. Numa segunda etapa, inicia-se um processo de “refinamento”, onde fontes de dados mais precisas e detalhadas dos locais estratégicos apontados no mapeamento preliminar inicial são utilizadas, tais como mapas de maior escala, imagens de satélites, trabalhos de campo nos locais com GPS, etc. Nessa segunda etapa, inicia-se propriamente o processo de análise geográfica “completa” para um delineamento mais abrangente e consistente sobre os recursos genéticos pesquisados.

Análise geográfica (AG) “básica” aplicada ao estudo da distribuição de Manihot

Burle et al. (1997) utilizaram SIG para realização de estudos ecogeográficos de algumas espécies silvestres de mandioca, pertencente ao gênero *Manihot*. Conforme exposto pelos autores, “estudos ecogeográficos revelam os fatores ambientais associados à ocorrência de recursos genéticos. Esse reconhecimento é importante para o direcionamento das atividades de coleta e de conservação destes recursos naturais. Conhecendo-se as condições ambientais associadas à

ocorrência de espécies pode-se inferir a ocorrência de populações da mesma em áreas para as quais ainda não se dispõe de amostras confirmadoras de sua presença. O conhecimento dos fatores ambientais associados à ocorrência de espécies silvestres pode contribuir também para a caracterização de germoplasma, uma vez que no processo são identificadas características de adaptação local dos materiais. Esses são dados de passaporte importantes para o melhorista”.

No trabalho, foram investigadas espécies silvestres adaptadas preferencialmente às condições de Caatinga (*M. caerulescens*, *M. diamantinensis*, *M. dichotoma*, *M. epruinosa*, *M. glaziovii*, *M. janiphoides* e *M. maracasensis*) e algumas espécies pertencentes ao clade da mandioca (*M. pruinosa*, *M. esculenta ssp. peruviana* e *M. esculenta ssp. flabelifolia*). Os pontos de ocorrência de *Manihot* foram disponibilizados em ambiente de SIG e georreferenciados sobre os mapas de grandes biomas, relevo e áreas macroagroecológicas do Brasil (em escala 1:5.000.000). Alguns resultados (ou hipóteses) importantes encontrados foram: (1) *M. caerulescens* foi a espécie que apresentou adaptação ao maior número de ambientes (caatinga, floresta tropical com fertilidade de solo média a alta e cerrado com fertilidade muito baixa). (2) *M. epruinosa* está adaptada a clima muito árido, tendo sido observado que 22% das amostras coletadas ocorreram em área de caatinga hiperxerófila (Fig. 5). (3) *M. pruinosa* é típica de solos com fertilidade baixa e bem drenados do cerrado, ocorrendo também em florestas estacionais (transição caatinga-floresta tropical), com aparente preferência por maiores altitudes, pois só foi encontrada em planaltos. (4) *M. glaziovii* ocorreu em caatinga hipoxerófila bem como caatinga hiperxerófila. (5) *M. dichotoma* ocorreu em caatinga e em floresta tropical subcaducifólia nordestina (agreste). (6) *M. janiphoides* foi coletada em caatinga hipoxerófila e em floresta tropical subperenefólia na Mata Atlântica, em São Paulo, o que a torna uma das espécies com maior amplitude ecológica do gênero. (7) *M. diamantinensis* e *M. maracasensis* foram pouco coletadas e apresentaram distribuições mais restritas (apenas na serra da Diamantina, Bahia) em vegetação de caatinga hipoxerófila. (8) *M. esculenta ssp. flabelifolia* foi a espécie mais coletada com ampla distribuição geográfica no Brasil, presente nos biomas “floresta amazônica”, “cerrado” e “floresta estacional”, aparecendo inclusive em áreas equatoriais com fertilidade alta e drenagem moderada.

Como levantamento preliminar, este estudo apresentou resultados úteis no sentido de permitir um direcionamento inicial para caracterização de nichos

ecológicos gerais de várias espécies de *Manihot*, além de confirmar, de modo geral, as observações dos coletores.

Presença de *M. epruinosa* na Caatinga

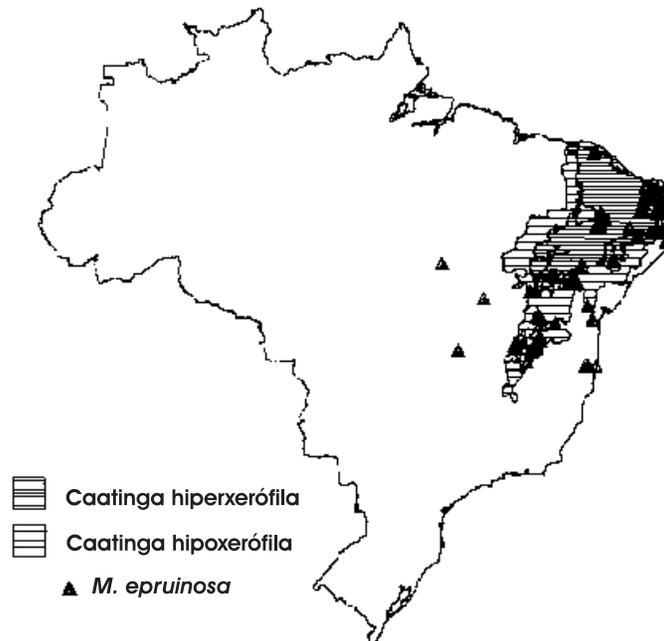


Fig. 5. Presença de *M. epruinosa* sobre o bioma "caatinga".

Análise geográfica (AG) "básica" aplicada ao estudo da distribuição de *Myracrodruon*

A aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) é uma das espécies que se encontram sob pressão em razão de seus múltiplos usos em construções pesadas, em geral, postes, dormentes, pontes, esteios, cercas e currais, devido à durabilidade e resistência de sua madeira (Santos, 1987 *apud* Silva et al., 1999). Além disso, o acelerado processo de exploração seletiva a que vem sendo submetida e a falta de um programa de reposição sistemática para sua recuperação fazem com que a espécie se torne ameaçada (Silva et al., 1999). Nesse processo de exploração, os indivíduos reprodutivos são abatidos, impedindo a perpetuação da espécie através da propagação sexuada, e reduzindo o acervo genético de suas populações.

Silva et al. (1999), apresentaram um estudo com o objetivo de resgatar a diversidade genética de aroeira, a fim de assegurar sua conservação “ex situ” para usos futuros através de Bancos de Germoplasma. Segundo os autores, as ações predatórias têm provocado escassez de madeira até mesmo nas regiões de maior ocorrência da espécie, no estado de Goiás, como nos municípios de São Domingos, Iaciara e Nova Roma, conforme constatado em excursões de coleta. Nestes locais, a madeira de aroeira vem sendo substituída por outras espécies como *Schinopsis brasiliensis (braúna)*; *Anadenanthera macrocarpa* (angico); *Hymenaea courbaril* (jatobá) entre outras, colocando-as, também, em risco de erosão genética. Com relação ao padrão ambiental favorável, Carvalho (1994) destacou que a preferência de ocorrência de aroeira se dá em solos com alto teor calcítico

Almeida et al. (1999) utilizaram SIG para realização de estudos da distribuição ecogeográfica da aroeira. Os autores pretenderam utilizar SIG para comprovação da literatura acerca da preferência de ocorrência da aroeira pelos solos com alto teor de cálcio. Foi realizada análise geográfica “básica”, utilizando-se o mapa de solos do Brasil em escala 1:5.000.000. Uma amostra de 233 pontos de coleta de aroeira obtidos em expedições de coleta realizadas em anos anteriores foi georreferenciada sobre o mapa de solos, considerando-se a variável temática de interesse “classe de solo predominante na unidade de mapeamento”. A distribuição dos pontos de ocorrência de aroeira por classe de solos é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4. Distribuição da amostra de aroeira por classe de solo predominante na unidade de mapeamento.

Classe de Solo	Fr. Abs	Fr. Rel(%)
Latossolo vermelho-amarelo distrófico	39	16,74
Podzólico vermelho-amarelo eutrófico Tb	32	13,73
Latossolo vermelho-escuro distrófico	26	11,16
Podzólico vermelho-amarelo distrófico Tb	18	7,73
Latossolo vermelho-escuro eutrófico	14	6,01
Terra roxa estruturada similar eutrófica	11	4,01
Areias quartzosas distróficas	11	4,72
Solos litólicos (3) distróficos	10	4,29
Cambissolo eutrófico Tb e Ta	8	3,43
Solos litólicos (3) eutróficos	8	3,43

Continua...

Continuação da Tabela 4.

Classe de Solo	Fr. Abs	Fr. Rel(%)
Latossolo vermelho-amarelo distrófico e eutrófico	7	3,00
Podzólico vermelho-amarelo eutrófico Tb e Ta	6	2,58
Solos aluviais (3) distróficos e eutróficos	5	2,15
Laterita hidromórfica (11) distrófica Tb	4	1,72
Solos litólicos (3) distróficos e eutróficos	4	1,72
Bruno não cálcico	3	1,29
Latossolo roxo distrófico e eutrófico	3	1,29
Latossolo vermelho-escuro distrófico e eutrófico	3	1,29
Podzólico plúntico distrófico Tb	3	1,29
Latossolo roxo distrófico	2	0,86
Vertissolo (6)	2	0,86
Laterita hidromórfica (11) eutrófica Tb e Ta	1	0,43
Cambissolo húmico (8) distrófico Tb	1	0,43
Regossolo (5) eutrófico	1	0,43
Solonetz solodizado	1	0,43
Solos concrecionários indivisos (12) distróficos	1	0,43
Planossolo solódico (4)	1	0,43
Total	233	100,00

Deve-se considerar que um mapa de solos em escala 1:5.000.000 é um mapa extremamente genérico no que se refere a própria natureza do solo, sendo, portanto, um “mapa esquemático de solos”. Os mapas esquemáticos de solos são elaborados por compilação de levantamentos preexistentes e por extrapolação de dados (Embrapa, 1989). Estes mapas esquemáticos destinam-se a fornecer informações generalizadas sobre a distribuição geográfica e a natureza dos solos de grandes extensões territoriais. As unidades de mapeamento são compostas de amplas associações de solos e paisagens, constituindo, segundo Camargo & Bennema (1966), verdadeiras “províncias ecológicas”.

A variável geoambiental “classe de solo predominante na unidade de mapeamento” refere-se, nesta escala, ao tipo de solo que predomina na área em questão. Em cada área ocorre uma associação de várias unidades de solos, na qual predomina a referida “classe de solo”.

O critério de análise refere-se ao teor de cálcio das áreas onde foram coletadas as 233 amostras de areira. Pela escala do mapa, esta informação quantitativa não está diretamente disponível. Por isso, Almeida et al. (1999) adotaram o critério citado a seguir.

Segundo Oliveira et al. (1992), um solo é considerado “eutrófico” se a saturação das bases for igual ou superior a 50%. Caso contrário, o solo é considerado “distrófico”. A soma das bases (S) é o resultado da soma das bases de cálcio, magnésio, sódio e potássio. Para os autores do trabalho, considerou-se que os solos com maiores teores de cálcio seriam solos eutróficos.

Quadro 1 - Procedimento para investigação da variável temática “solo”

Hipótese: ocorrência de areira é favorável em solos com altos teores de cálcio (Carvalho, 1994)

Caracterização dos solos: Solos EUTRÓFICOS $S \geq 50\%$
(Oliveira et al., 1992) Solos DISTRÓFICOS $S < 50\%$
Soma das bases (S): $S = Ca^{++} + Mg^{++} + Na^{+} + K^{+}$
 $V = 100.S/CTC$

Critério adotado para caracterização de ocorrência favorável à areira

Solo	Teor de Cálcio (Ca^{++})	Ocorrência
EUTRÓFICO	SUFICIENTE	FAVORÁVEL
DISTRÓFICO	INSUFICIENTE	DESAVORÁVEL

Após a definição do critério de solos favoráveis à ocorrência de areira, as classes de solo predominante na unidade de mapeamento foram classificadas como “natureza predominante eutrófica” ou “natureza predominante distrófica” e, assim, os 233 pontos de amostra de areira foram reclassificados considerando-se a nova variável temática “natureza predominate” .

Os dados são apresentados na Tabela 5 e Fig. 6.

Tabela 5. Distribuição da amostra de aroeira considerando-se a natureza predominante do solo.

	Natureza Predominante do Solo		
	EUTRÓFICO	DISTRÓFICO	TOTAL
Núm. Observações	110 (47,21%)	123 (52,79%)	233 (100%)
Distância Padrão	4,389°	4,653°	
Índice de Dispersão	0,04705	0,05266	

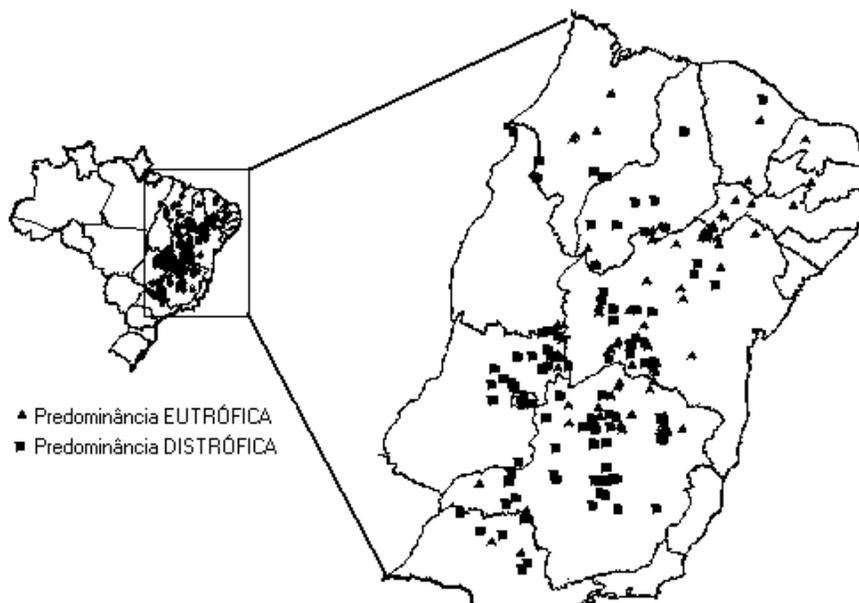


Fig. 6. Distribuição de 233 pontos de coleta de aroeira, caracterizados por “classe de solo predominante na unidade de mapeamento do solo” (eutrófico ou distrófico).

A análise dos dados, a nível estritamente quantitativo, revelou o contrário do esperado, ou seja, o predomínio da ocorrência de aroeira em unidades de mapeamento com predominância de solos distróficos. Foram encontradas mais amostras em unidades de solos distróficos (123) do que em solos eutróficos (110). Além disso, a distância padrão e índice de dispersão, típicas medidas de variabilidade ou dispersão em distribuições espaciais de pontos (Gerardi & Silva, 1981) indicaram, quantitativamente, a predominância de unidades de solos distróficos. A distância padrão, ou raio padrão é a medida

espacial para indicar a variabilidade de um conjunto de pontos em torno de um valor médio central. Assim, quanto maior a distância (raio) padrão, mais dispersos no espaço estarão os pontos de estudo. O índice de dispersão é a medida espacial equivalente à variação interquartil (primeiro e terceiro quartis da distribuição) que varia de zero a um. Quanto mais próximo da unidade, mais dispersa se encontra a distribuição de pontos considerada.

Analisando os dados a nível qualitativo, pode-se afirmar que, praticamente, há uma equivalência entre a distribuição dos 233 pontos de aroeira sobre unidades de mapeamento, onde predominam solos eutróficos e distróficos. Com base nestes dados, pode-se dizer que o alto teor calcífilo no solo não é discriminante para identificação de nichos ecológicos da aroeira, o que contrasta com a literatura.

Entretanto, deve-se ressaltar que esse resultado conflitante se deve ao fato de o trabalho ter sido desenvolvido com base na AG “básica”, mais especificamente na utilização de um mapa de solos em uma escala considerada muito pequena para o tema. Um mapa esquemático de solos (1:5.000.000) não apresenta discriminação das áreas quanto aos tipos de solos existente e seus teores de nutrientes (em particular, cálcio) e, por isso, o critério adotado em considerar solos distróficos pobres em cálcio mostrou-se inadequado, uma vez que a evidência citada na literatura a respeito do considerável teor de cálcio dos nichos da aroeira é bastante consistente e aceitável.

Este exemplo serviu para evidenciar que a análise geográfica “básica” não produziu resultados conclusivos, mesmo a nível preliminar, devido a natureza da variável temática discriminante (solo) exigir níveis de descrição quantitativos e qualitativos mais apurados, inexistentes em mapas de solo de pequena escala, como o que foi utilizado no trabalho.

Análise geográfica (AG) “básica” para a composição de Coleções Nucleares

A origem geográfica do germoplasma normalmente está associada aos padrões de variabilidade genética do mesmo. Marshall & Brown (1975) enfatizaram a importância de se considerar o padrão espacial da estrutura genética para as estratégias de amostragem de populações de plantas, tanto para os objetivos de conservação dos recursos genéticos, como para objetivos de melhoramento genético.

A importância dos fatores geográficos para a classificação e caracterização do germoplasma de grandes coleções é evidente em estudos de desenvolvimento de coleções nucleares. Uma coleção nuclear é uma subamostra de tamanho reduzido, escolhida para representar a variabilidade genética da coleção base com mínima redundância. O conceito de coleção nuclear foi introduzido, considerando-se, entre outros aspectos, que uma das maiores limitações ao uso de coleções de germoplasma em programas de melhoramento genético é, certamente, o grande tamanho destas coleções (Frankel & Brown, 1984). Assim, uma coleção nuclear permite uma rápida avaliação do germoplasma e um melhor acesso à coleção base.

O desenvolvimento de coleções nucleares deve ser baseado em uma adequada classificação da coleção base. Origem geográfica (local de coleta do germoplasma) é, normalmente, um critério efetivo e simples para a classificação de coleções de germoplasma (Hodgkins, 1997; Abadie et al., 1998). Assim, muitos dos estudos conduzidos para o desenvolvimento de coleções nucleares encontraram o critério de origem ecogeográfica como um bom componente para a classificação e estratificação (Charmet et al., 1993; Cordeiro et al., 1995; Tohme et al., 1995; Abadie et al., 1998, Balfourier et al., 1999). Estudo recentemente conduzido pelo IPGRI sobre o estado da arte das coleções nucleares a nível mundial relata que das 63 coleções nucleares mantidas, 57 coleções fizeram menção sobre o critério utilizado para estratificar a coleção base, sendo a origem geográfica o critério mais comum relatado em 95% das coleções nucleares (Brown & Spillane, 1999).

Desta forma, utilizou-se a análise geográfica (AG) “básica”, com mapas pouco detalhados, para a classificação da Coleção Brasileira de Germoplasma de Mandioca (*Manihot esculenta*) e a estruturação da Coleção Nuclear Brasileira de Mandioca (Cordeiro et al., 2000). Baseando-se no critério estabelecido por Cordeiro et al. (1995), os acessos de mandioca foram classificados em “grupo a”, variedades tradicionais (2617 acessos), ou “grupo b”, clones provenientes de cruzamentos em programas de melhoramento (314 clones). Dentro do primeiro grupo, os acessos foram classificados de acordo com a região ecogeográfica de origem dos materiais (locais de coleta das variedades tradicionais), de forma semelhante à estabelecida por Cordeiro et al. (1995), mas acrescida de novas regiões ecogeográficas. Cordeiro et al. (1995) definiram, sem o uso de SIG, as seguintes regiões ecogeográficas para estratificar a coleção de mandioca: Agreste, Amazônia, Caatinga, Cerrado, Floresta Tropical

Semidecídua, Litoral Norte, Litoral Sul e Sul. Com a disponibilidade do SIG, mapas e bases de dados geográficos, foi possível estabelecer algumas novas regiões para a estratificação da coleção de mandioca, com o objetivo de se considerar outros fatores ambientais que sejam determinantes de possíveis pressões de seleção capazes de causar descontinuidades na variabilidade genética do germoplasma de mandioca. Estas novas regiões estabelecidas foram: Subtropical, Campinas do Rio Negro, Vegetação de Mosaico, Caatinga Hipoxerófila e Caatinga Hiperxerófila.

Os seguintes mapas foram utilizados para compor estas regiões ecogeográficas: mapa de biomas do Brasil, escala 1:5.000.000 (IBGE, 1994); mapa do Zoneamento Agroecológico do Nordeste, escala 1:2.000.000 (Silva et al., 1993); Mapa Climático do Estado de São Paulo, escala 1: 2.500.000 (Camargo, 1993) e o Mapa do Zoneamento Agroclimático de Minas Gerais, escala 1:3.000.000 (Queiroz et al., 1980). Estes mapas foram editados nos softwares de geoprocessamento Arcinfo e Arcview para produzir o mapa com as regiões ecogeográficas utilizadas para estratificar a coleção de germoplasma de mandioca (Fig. 7).

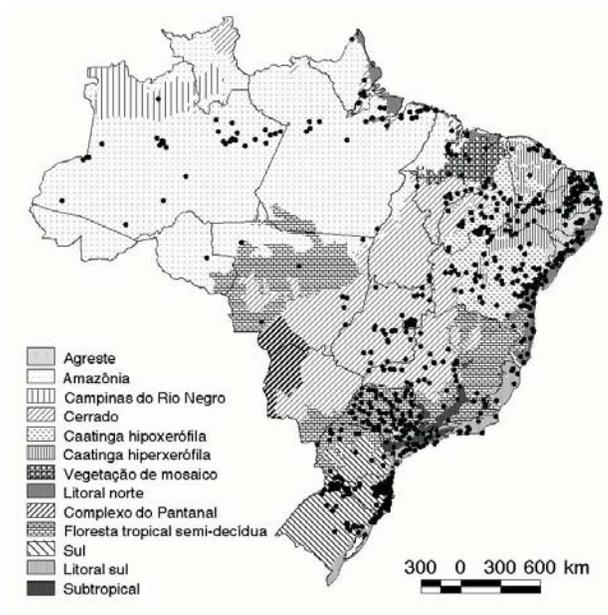


Fig.7. Regiões ecogeográficas utilizadas para estratificação da coleção de germoplasma de mandioca e pontos de coleta do germoplasma de mandioca.

Os acessos de germoplasma da coleção de mandioca foram classificados de acordo com as regiões ecogeográficas através do cruzamento no Arcinfo dos dados de locais de coleta do germoplasma com o mapa das regiões ecogeográficas apresentado na Fig. 7. Na Tabela 6 é apresentada a classificação da Coleção Brasileira de Germoplasma de Mandioca de acordo com as regiões ecogeográficas.

Tabela 6. Composição da Coleção Brasileira de Germoplasma de Mandioca e da Coleção Nuclear de Mandioca, de acordo com as regiões ecogeográficas.

Classificação dos acessos	Região ecogeográfica	Acessos na coleção germoplasma	Acessos na coleção de nuclear
Materiais melhorados		314	24
Variedades tradicionais		2617	394
Variedades tradicionais de elite			68
	Agreste	122	18
	Amazônia	511	77
	Campinas do Rio Negro	87	13
	Cerrado	284	42
	Caatinga	191	29
	Hiperxerófila		
	Caatinga	282	42
	Hipoxerófila		
	Vegetação de mosaico	29	5
	Litoral Norte	263	40
	Floresta tropical semidecídua	258	39
	Sul	175	26
	Litoral Sul	390	59
	Subtropical	25	4
TOTAL		2931	486

Análise geográfica (AG) “básica” para a caracterização do germoplasma de grandes coleções

Considerando-se que as condições ambientais dos locais de coleta do germoplasma normalmente estão associadas a diferentes padrões de variabilidade genética, refletindo processos de adaptação do germoplasma aos diferentes fatores ambientais, pode-se compreender a importância das informações sobre a origem do germoplasma.

Como consequência da seleção genética relacionada às condições ambientais, os recursos genéticos de espécies silvestres e variedades tradicionais podem apresentar resistência local específica a estresses bióticos e abióticos. Hawtin et al. (1996) enfatizaram que muitos estudos suportam a hipótese de que a resistência a estresses abióticos pode ser encontrada em acessos de germoplasma previamente expostos ao respectivo estresse ambiental. Estudos de diversidade de tolerância à salinidade em trigo, eficiência de aproveitamento de Fósforo em feijão e tolerância à geada em leguminosas mediterrâneas evidenciaram tal aspecto (Sayed, 1995; Beebe et al., 1997; Cocks & Ehrman, 1987).

Apesar das informações sobre o ambiente de origem do germoplasma constituírem um fator importante para a sua posterior utilização, em geral, os dados de passaporte do germoplasma fornecem poucas informações sobre as características do ambiente onde se realizou a coleta, registrando apenas a localização geográfica das coletas. As informações das condições ecogeográficas dos locais de coleta do germoplasma podem atualmente ser disponibilizadas através de SIG, seja através de uma análise geográfica “completa”, ou mesmo através de uma análise geográfica “básica”, georrefenciando-se os pontos de coleta dos acessos sobre mapas temáticos ambientais diversos (de solos, de clima, de vegetação, etc.).

Baseando-se nestes aspectos iniciou-se, em 1999, na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, o subprojeto “Caracterização do germoplasma de acordo com o ambiente de origem, através de Sistemas de Informação Geográfica (SIG)”. Este tipo de caracterização torna disponível um critério para a seleção, dentro de grandes coleções de germoplasma, de acessos candidatos a fontes de tolerância/resistência a específicos fatores ambientais adversos. Considerando-se que um dos fatores que limitam a plena utilização do germoplasma de grandes coleções é a falta de conhecimento sobre as características deste germoplasma e,

ainda, considerando-se as limitações de custos e tempo necessário para a implementação da caracterização morfológica, agrônômica e molecular de grandes coleções, pode-se concluir que esta nova forma de caracterização é uma metodologia promissora para o incentivo ao uso de grandes coleções de germoplasma.

O primeiro produto que vem sendo trabalhado neste subprojeto é o arroz, cultura para a qual um esforço de maior conhecimento de sua coleção de germoplasma de variedades tradicionais torna-se ainda mais relevante, considerando-se o estreitamento da base genética das cultivares mais utilizadas no programa de melhoramento do produto no Brasil. A coleção ativa de germoplasma de arroz conta com aproximadamente 2300 acessos de variedades tradicionais, sendo que em 1999 foram avaliados 976 acessos deste grupo (Fig. 8). Para a caracterização do germoplasma de arroz, de acordo com o ambiente de origem, foram enfatizados alguns dos aspectos ambientais relacionados aos objetivos atuais do programa de melhoramento do produto no Brasil: tolerância ao frio, a solos salinos e a solos ácidos e com baixa fertilidade. Os mapas ambientais utilizados foram: mapa Brasil Climas, escala 1:5.000.000 (IBGE, 1978); Delineamento Macroagroecológico do Brasil, escala 1:5.000.000 (Embrapa 1992/93) e o mapa do Zoneamento Agroecológico do Nordeste, escala 1:2.000.000 (Silva et al. 1993).



Fig. 8. Locais de coleta dos 976 acessos de variedades tradicionais de arroz germoplasma da coleção ativa de arroz.

Identificou-se 30 acessos de arroz que foram coletados em regiões de clima frio nos estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul (Fig. 9a). Identificou-se, ainda, 57 acessos coletados em regiões onde ocorrem solos salinos (Fig. 9b) e 300 acessos em regiões onde predominam solos de fertilidade muito baixa e vegetação original de Cerrado (Fig. 10).

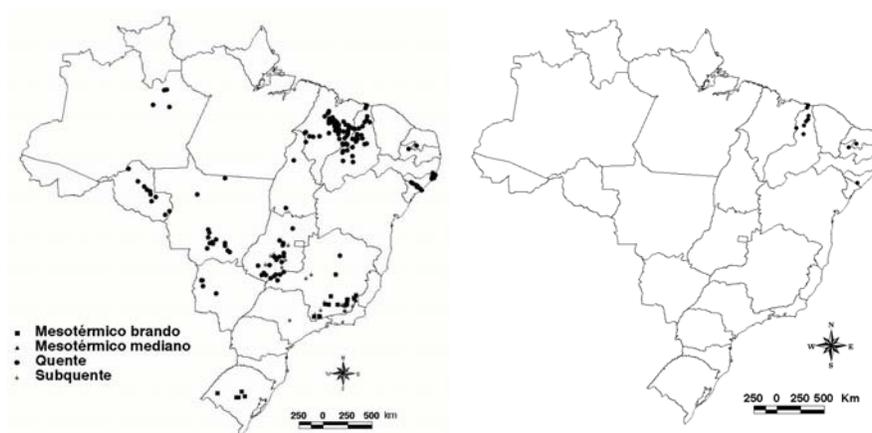


Fig. 9. (a) Locais de coleta do germoplasma de arroz e domínios climáticos destes locais. (b) Locais de coleta do germoplasma de arroz onde ocorrem solos salinos.



Fig. 10. Locais de coleta do germoplasma de arroz onde predominam solos de fertilidade muito baixa e vegetação original de cerrado.

Em etapa posterior, pretende-se estender esta caracterização aos demais acessos armazenados na coleção de germoplasma de arroz, além de incluir, as espécies silvestres coletadas no Brasil. Finalmente, este estudo servirá também como subsídio para a elaboração da Coleção Nuclear Brasileira de Arroz.

Conclusão

Estudos de recursos genéticos, independente da finalidade, exigem, de uma forma ou de outra, maior ou menor grau, de conhecimento das características geoambientais dos locais de ocorrência do recurso genético em questão. Pode-se dizer, de modo geral, que a identificação/caracterização de padrões genéticos e delineamento da variabilidade genética de diversos organismos requerem, necessariamente, a descrição mais sucinta possível do espaço geográfico de ocorrência dos mesmos.

É imprescindível um sistema computacional gerenciador de banco de dados para armazenar os diversos dados relativos aos recursos genéticos. Aliado a este sistema, deve-se “acoplar” as ferramentas de geoprocessamento (sensoriamento remoto, GPS e sistema de informação geográfica) ao banco de dados de recursos genéticos. Esta “junção” de tecnologias (banco de dados + geoprocessamento) fornece à pesquisa em recursos genéticos suporte suficiente para uma efetiva caracterização de padrões genéticos, considerando-se o contexto geoambiental.

Referências bibliográficas

ABADIE T.; MAGALHAES, J.R.; CORDEIRO, C.M.T.; PARENTONI, S.;

ANDRADE, R.V. A classification for Brazilian maize landraces. **Plant Genetic Resources Newsletter**, v.144, p.43-44, Short Communication., 1998.

ALMEIDA, F.D.; LEITE, E.J.; PALHARES DE MELO, L. A.M.; SILVA, J.A. A distribuição de aroeira (*Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl. e sua associação com variáveis geoambientais: um estudo preliminar. In: Workshop do Talento estudantil da EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia, 4., 1999, Brasília, DF. **Resumos**. Brasília: EMBRAPA-Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999, p.183.

BALFOURIER, F.; PROSPERI, J.M.; CHARMET, G.; GOULARD, M.;

MONESTIEZ, P. Using spatial patterns of diversity to develop core collections.

In: JOHNSON, R.C.; HODGKIN, T., ed. **Core collection for today and tomorrow**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, Rome Italy, p.37-48, 1999.

BAYLEY, R.G. Explanatory supplement to ecoregions map of the continents. **Environmental Conservation**, v.16, p.307-309, 1989.

BEEBE, S.J.; LYNCH, N.; GALWEY, J.; TOHME; 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.

BIANCHETTI, L.B. **Aspectos morfológicos, ecológicos e biogeográficos de dez táxons de *Capsicum (Solanaceae)* ocorrentes no Brasil**. Universidade de Brasília, Tese de mestrado em botânica, Brasília-DF 174pp., 1996.

BROWN, A.H.D.; SPILLANE, C. 1999. 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.

BURLE, M.L.; ALLEM, A.C.; NORONHA, S.E.; MELO, L.A.M.P. Estudos ecogeográficos de espécies silvestres de Manihot através de sistemas de informação geográfica. In: Simpósio Latino-Americano de Recursos Genéticos Vegetais, 1., 1997, Campinas, SP. **Programas e Resumos**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas e EMBRAPA-Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1997. p.87

CAMARGO, A. P. **Estado de São Paulo, classes climáticas, segundo sistema de A. Paes de Camargo-1991**. 1 mapa colorido 25,5x38,3cm. Escala 1:2.500.000. S.l., 1993.

CAMARGO, M.N.; BENNEMA, J. **Delineamento esquemático dos solos do Brasil**. Rio de Janeiro, Departamento de Pesquisa Agropecuária – Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1966. (Brasil. Ministério da Agricultura. DPEA. DPFS. Boletim Técnico, 1). Separata da Pesq. Agropec. Bras., 1:45-54, 1966.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Florestais Brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** EMBRAPA-CNPQ/SPI, 1994. 26p.

CHARMET, G.; BALFOURIER, F.; RAVEL, C.; DENIS, J.B. Genotype X environmental interactions in a core collection of French perennial ryegrass populations. 1993. *Theoretical and Applied Genetics* 86: 731-746.

CENARGEN, **Recursos Genéticos: o futuro mora aqui**, Documento Informativo do CENARGEN, 1990, 8p.

CENARGEN, **EMBRAPA-CENARGEN**, Documento Informativo do CENARGEN, 1996, 18p.

COCKS, P.S.; EHRMAN, T.A.M. 1987. The geographic origin of frost tolerance in syberian pasture legumes. **Journal of Applied Ecology**, v.24, p.673-683, 1987.

CORDEIRO, C.M.T.; ABADIE, T.; FUKUDA, W.M.G.; BARRETO, J.F.; BURLE, M.L.; CARDOSO, E.R.; CAVALCANTI, J.; COSTA, I.R.S.; FIALHO, J.F.; MAGALHÃES, J.R.; MARSHALEK, R.; ROCHA, D.M.S.; VALLE, T.L. The Brazilian core collection of cassava. In: CARVALHO, L.J.C.B.; THRO, A.M.; VILARINHOS, A.D. eds. **Cassava Biotechnology: IV International Scientific Meeting – CBN**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia/CBN, 2000, p.102-110.

CORDEIRO, C.M.T, MORALES, E.A.V., FERREIRA, P., ROCHA, D.M.S., COSTA, I.R.S., VALOIS, A.C.C., SILVA, S. 1995. Towards a Brazilian core collection of cassava. In: HODGKIN, T., BROWN, A.H.D., VAN HINTUM, Th.J.L.; MORALES, E.A.V., eds. **Core Collections of Plant Genetic Resources**. New York: John Wiley and Sons, 1995, p. 155-167.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. (Rio de Janeiro, RJ). **Delineamento macroagroecológico do Brasil**. 1 mapa color. 85,5x113cm. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS, 1992/93.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Normas e critérios para levantamentos pedológicos**. Embrapa, Rio de Janeiro, 1989, 95p.

FRANKEL, O.H., BROWN, A.H.D. 1984. Plant genetic resources today: a critical appraisal. In: HOLDEN, J.H., WILLIAMS, J.T., eds. **Crop genetic resources: conservation and evaluation**. London: George Allen & Unwin.

GALINDO, R.L. Qual a melhor solução para mapear o Brasil ?. **InfoGeo**, ano 2, nº 5, p.50-53, 1999.

GERARDI, L.H.O. & SILVA, B.C.N. **Quantificação em Geografia**. São Paulo: Difel, 1981, 161p.

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.

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

HIJMANS, R. J.; GUARINO, L.; CRUZ, M.; ROJAS, E. Computer tools for spatial analysis of plant genetic resources data: 1.DIVA-GIS. Plant Genetic Resources Newsletter, No. 127, p.15-19; 2001.

HODGKIN, T. 1997. Some current issues in the conservations and use of plant genetic resources. In: AYAD, W.G., HODGKIN, T., JARADAT, A.; RAO, V.R., eds. **Molecular genetic techniques for plant genetic resources**. Report of an IBPGRI worksop, 9-11 October 1995, Rome. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1997, p.3-10.

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

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

JONES, P. G.; GUARINO, L. A.; JARVIS, A. Computer tools for spatial analysis of plant genetic resources data: 2.FloraMap. Plant Genetic Resources Newsletter (em preparação).

KUCHLER, A. W. The nature of vegetation. In: KUCHLER, A.W. & ZONNEVELD, I.S., ed., **Vegetation mapping**, Dordrecht, Netherlands, 1988, p.13-23.

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

MATTHEWS, E. Global vegetation and land use: new high resolution data bases for climate studies. **Journal of Climatology and Applied Meteorology**, v.22, p.474-487, 1983.

MILLAR, C.I. & WESTFALL, R.D. Allozyme markers in forest genetic conservation. **New Forests**, v.6, p.347-371, 1992.

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

MELO, L.A.M.P. & CAVALCANTI, T.B. ELCEN 2.0: sistema de consulta de herbário via Internet. In: Congresso Nacional de Botânica, 51º, 2000, Brasília, DF. Tópicos Atuais em Botânica - **Palestras convidadas**, Sociedade Brasileira de Botânica e EMBRAPA-Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2000. P.135-139.

MELO, L.A.M.P. Utilização de SIG para traçado de rotas em expedições de coleta de germoplasma. In: V Congrso e Feira Para Usuários de Geoprocessamento da América Latina, 1999, Salvador,BA, 19-23 julho. **Anais** (em CD-ROM), 1999.

QUEIROZ, R., SOUZA, A.G., SANTANA, D.P., ANTUNES, F.Z, FONTES, M. **Zoneamento agroclimático de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Secretaria de Estado da Agricultura, 1980.

RICK, C.M. Potential genetic resources in tomato diseases: clues from observations in native habitats. In: SRB A.M., ed. **Genes enzymes and population - Basic life sciences**, v.2 New York: Plenum Press, 1973, p.255-270

SANTOS, E., **Nossas madeiras**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1987, 313p.

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

SILVA, F.B.R., RICHÉ, G.R., TONNEAU, J.P., SOUZA NETO, N.C., BRITO, L.T.L., CORREIRA, R.C., CAVALCANTI, A.C., SILVA, F.H.B.B., SILVA, A.B., ARAÚJO FILHO, J.C., LEITE, A.P. 1993. **Zoneamento Agroecológico do Nordeste: Diagnóstico do Quadro Natural e Agrossocioeconômico**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA/CNPS, 1993. 2v. (EMBRAPA-CPATSA/CNPS. Documentos, 80).

SILVA, J.A.; SALOMÃO, A.N.; FAIAD, M.G.R.; VALOIS, A.C.C.; NÁVIA, D.; SILVA, P.P.; NORONHA, S.E; **Conservação "Ex Situ" de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) – Anacardiaceae em bancos de germoplasma**. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN (Documento Interno), 1999, 32p.

STEINER, J.J. & POKLEMB, C.J., Lotus corniculatus classification by seed globulin polypeptides and relationship to accession pedigrees and geographic origin. **Crop Science**, v.34, p.255-264, 1994.

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

TAVARES, P. Com que mapas trabalhamos ?!. **InfoGeo**, ano 2, nº 5, p.55-56, 1999.

TOHME, J.; JONES, P., BEEBE, S., IWANAGA, M. 1995. The combined use of agroecological and characterization data to establish the CIAT *Phaseolus vulgaris* core collection. In: HODGKIN, T., BROWN, A.H.D., VAN HINTUM, Th.J.L.; MORALES, E.A.V., eds. **Core Collections of Plant Genetic Resources**. New York: John Wiley and Sons, 1995, p.95-107.