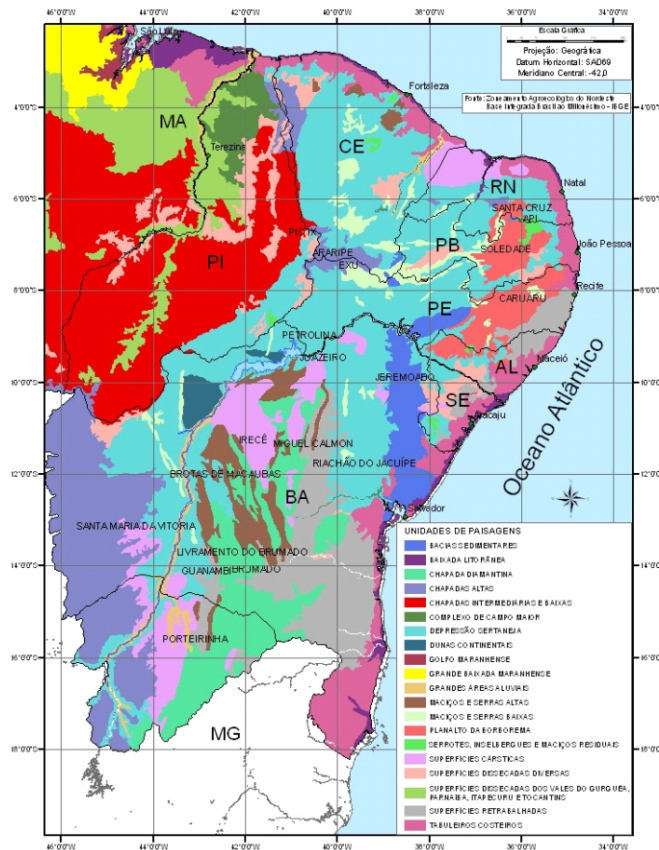


Zoneamento Agroecológico do Nordeste e Mapas de Vegetação como ferramentas para prospecção e conservação de Recursos Genéticos





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Semi-Árido
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1808-9968

Maio, 2007

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 73

Zoneamento Agroecológico do Nordeste e Mapas de Vegetação como ferramentas para prospecção e conservação de Recursos Genéticos Vegetais

Carlos Antônio Fernandes Santos

Petrolina - PE
2007

Esta publicação está disponibilizada no endereço: <http://www.cpatna.embrapa.br>
Exemplares da mesma podem ser adquiridos na:

Embrapa Semi-Árido

BR 428, km 152, Zona Rural
Caixa Postal 23 56302-970 Petrolina-PE
Fone: (87) 3862-1711 Fax: (87) 3862-1744
E-mail: sac@cpatsa.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Nataniel Franklin de Melo
Secretário-Executivo: Eduardo Assis Menezes
Membros: Mirtes Freitas Lima
Geraldo Milanez de Resende
Maria Auxiliadora Coelho de Lima
Josir Laine Aparecida Veschi
Diógenes da Cruz Batista
Tony Jarbas Ferreira Cunha
Gislene Feitosa Brito Gama
Eliás Moura Reis

Supervisor editorial: Eduardo Assis Menezes
Revisor de texto: Eduardo Assis Menezes
Mapas: Ivan Ighour Silva Sá e Davi Ferreira da Silva
Normalização bibliográfica: Gislene Feitosa Brito Gama
Ilustração da capa: Ivan Ighour Silva Sá
Editoração eletrônica: Glauber Ferreira Moreira
1ª edição (2007): Formato digital

Todos os direitos reservados.

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

É permitida a reprodução parcial do conteúdo desta publicação desde que citada a fonte

CIP - Brasil. Catalogação na publicação
Embrapa Semi-Árido

Santos, Carlos Antônio Fernandes.

Zoneamento agroecológico do nordeste e mapas de vegetação como ferramentas para a prospecção e conservação de recursos genéticos vegetais / Carlos Antônio Fernandes Santos. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido.

24 p.; 21 cm. — (Embrapa Semi-Árido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 73).

1. Recurso genético - variabilidade. 2. Umbuzeiro, *Spondias tuberosa*. 3. Baraúna, *Shinopsis brasiliensis*. 4. Levantamento Agroecológico. 5. Nordeste. I. Título. II. Série.

Sumário

	Pag.
Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	12
Resultados e Discussão	16
Conclusão	21
Agradecimentos	22
Referências Bibliográficas	22

Zoneamento Agroecológico do Nordeste e Mapas de Vegetação como ferramentas para prospecção e conservação de Recursos Genéticos Vegetais

Carlos Antônio Fernandes Santos¹

Resumo

A caatinga é um ecossistema que, apesar da sua rica diversidade adaptada às condições de estresse hídrico, têm sido objeto de poucos trabalhos de prospecção e conservação da sua variabilidade genética. Neste trabalho, são discutidas as utilizações do Zoneamento Agroecológico do Nordeste (ZANE) e de Mapas de Vegetações para definição de regiões de grande similaridade eco-edafo-climáticas ou regiões ecogeográficas visando à prospecção e à definição de estratégias de conservação da variabilidade genética do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Câmara), da baraúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.), da goiabeira (*Psidium guyava* L.) e de espécies de araçazeiros (*Psidium* spp.). Foram prospectadas 17, 11 e 19 ecorregiões para umbuzeiro, baraúna e espécies de *Psidium*, respectivamente. As análises de agrupamento com dados fenotípicos do umbuzeiro indicaram que a variabilidade está dispersa por toda a caatinga, sugerindo que é necessário um menor número de áreas de preservação ambiental e coleta de germoplasma-semente. A variabilidade genética da baraúna, com base no marcador molecular RAPD, não está uniformemente distribuída por todo o Semi-Árido brasileiro, indicando a necessidade de um maior número de áreas para conservação *in situ* ou uma coleta mais ampla

¹ Engº Agrº, Ph. D., Pesquisador em Melhoramento Vegetal. Embrapa Semi-Árido. Caixa Postal 23, 56302-970 Petrolina-PE. casantos@cpatsa.embrapa.br

por ecorregião para preservação *ex situ* da variabilidade genética da espécie. A maior frequência de araçazeiros em áreas de ocorrência natural foi encontrada na Unidade de Paisagem Tabuleiros Costeiros, sendo esta região indicada para prospecção genética desta espécie. As estratégias de amostragem que consideram apenas a distância entre pontos de coleta, ou pequenas mudanças no relevo, no solo e na vegetação, ou coletas em feiras livres, devem ser substituídas por outros elementos, como as ecorregiões definidas em ZANE ou Mapas de Vegetação.

Palavras chaves – Semi-Árido, amostragem, variabilidade genética, *Spondias tuberosa*, *Schinopsis brasiliensis*, *Psidium* spp.

Agroecological Brazilian Northeast Zoning and Vegetation Maps as tools to prospect and to preserve Plant Genetic Resources.

Despite the high genetic diversity of the species of the Brazilian Caatinga Ecosystem, few research has been done to prospect and to conserve the plant genetic variability. The goal of the present study was to outline the application of the Agroecological Brazilian Northeast Zoning (ANZ) and the Vegetation Maps (VM), with a larger goal of identifying regions of greater similarity or ecogeographic regions in order to prospect and to define strategies to preserve the genetic variability of the umbu (*Spondias tuberosa* Camara), barauna (*Schinopsis brasiliensis* Engl., guava (*Psidium guyava* L.) and araçazeiros species (*Psidium spp.*). 17, 11 and 19 ecogeographic regions, defined based on the ANZ and VM, were prospected to sample the genetic variability of the umbu tree, barauna and *Psidium* species, respectively. The cluster analysis with phenotypic data of umbu suggested that the variability of this species was distributed equally through the Caatinga ecosystem, indicating that a smaller number of conservation areas or restrict germplasm-seed sampling is necessary to preserve its genetic variability. The genetic diversity of barauna, based on RAPD data, was not dispersed uniformly around the Brazilian Semi-Arid region, suggesting that a larger number of conservation areas or broader sampling covering different ecogeographic regions is necessary to preserve *in situ* and *ex situ* variability of this species. A greater frequency of araçazeiros (*Psidium spp.*) was found in the Tabuleiros Costeiros landscape, indicating this region as the primary focus for prospecting the species.

Sampling strategies that took only in to consideration the distance between sites, or small changes in the landscape or in the vegetation, or sampling in the free rural market, should be replaced by other tools, such as the ecogeographic defined regions based on the ANZ or VM.

Key-words - Semi-Arid region, sampling, genetic variability, *Spondias tuberosa*, *Schinopsis brasiliensis*, *Psidium* spp.

Introdução

O bioma Caatinga é formado por uma vegetação do tipo de mata seca, caducifólia e espinhosa, que cobre a maior parte do Semi-Árido Brasileiro (SAB), quase todo dentro do Nordeste, já que inclui parte do Norte de Minas Gerais, ocupando uma área de, aproximadamente, 1,08 milhão de km², com uma população de 24,6 milhões de habitantes, o que o torna o Semi-Árido mais populoso do mundo (EMBRAPA, 2000).

Em trabalhos qualitativos e quantitativos sobre a vegetação da caatinga, foram registradas 932 espécies arbóreas e arbustivas, sendo 380 endêmicas (AVALIAÇÃO, 2002). Na língua indígena, Caatinga significa “floresta branca”, porque, na época da seca, a maioria das plantas perdem as suas folhas, proporcionando um aspecto branco a toda a paisagem, devido à coloração branca ou prateada das cascas (MAIA, 2004).

O Semi-Árido é uma das regiões mais degradadas do Brasil, com processo de desertificação bem avançado em quatro núcleos, localizados em Gilbués – Piauí; Irauçuba – Ceara, Seridó – Rio Grande do Norte, Cabrobó e Belém do São Francisco – Pernambuco (EMBRAPA, 2000). Com exceção de Gilbués, onde a degradação foi causada pela mineração, nos outros, o processo foi causado pelos cultivos, principalmente, do algodão e pelo extrativismo, aliados às secas cíclicas prolongadas (EMBRAPA, 2000).

Um dos principais fatores de degradação da Caatinga ocorreu e tem ocorrido com o pastejo e, muitas vezes, com o sobrepastejo em fundos de pastos, por animais domésticos (EMBRAPA, 2000). Queiroz et al. (1993) identificaram quatro causas do desaparecimento da vegetação nativa do Trópico Semi-Árido brasileiro no período mais recente: 1) formação de pastagens; 2) implantação de projetos de irrigação; 3) produção de energia para atividades diversas, como olarias, padarias, produção de gesso e cal, e 4) queimadas naturais ou induzidas pelo homem. Essas causas, em conjunto ou isoladamente, têm contribuído não apenas para diminuir o aproveitamento secular de algumas espécies frutíferas e/ou forrageiras e/ou madeireiras, como, também, para o desaparecimento da variabilidade genética de algumas e a quase extinção de outras.

Nos diversos ecossistemas da região Nordeste do Brasil, são encontradas espécies vegetais que produzem frutos ou outras partes vegetais comestíveis pelo homem ou que são utilizadas para a alimentação animal pelos habitantes

da região desde o estabelecimento das primeiras civilizações. A quase totalidade das espécies permanece silvestre, integrando as formações ecológicas naturais ameaçadas do extermínio ou da perda da sua variabilidade genética, na dinâmica dos desequilíbrios ecológicos cada vez mais intensos. Assim, poucos têm sido os trabalhos de prospecção genética, visando à preservação da variabilidade fenotípica em bancos de germoplasma ou pré-melhoramento para utilização racional de espécies endêmicas ou de ocorrência espontânea na Caatinga. Neste cenário, destacam-se os trabalhos de preservação e pré-melhoramento do umbuzeiro, para o qual um conjunto de estudos tem resultado no estabelecimento de tecnologias para a sua utilização racional (SANTOS et al., 2005).

Um dos grandes desafios para a preservação dos recursos genéticos de espécies vegetais do continental Semi-Árido brasileiro é a estratégia para definir locais de amostragem, tamanho das amostras e formas de conservação, tanto *in situ*, ou seja, no local de ocorrência das espécies, como em áreas de preservação ambiental, parques e fazendas, ou *ex situ*, ou seja, fora do local de ocorrência das espécies, como bancos de germoplasmas em campo, *in vitro* e coleções de sementes em câmaras frias. Deve ser mencionado, que para a utilização dos recursos genéticos, é necessário que os mesmos sejam conservados em formas vivas para que possam ser úteis às atividades agrônômicas, como o melhoramento e o repovoamento de áreas, o que difere totalmente das amostragens disponíveis em herbários, museus ou ecotecas.

Em qualquer situação, apenas uma fração da variabilidade genética que ocorre na natureza pode ser amostrada (BROWN; MARSHALL, 1995). Ainda segundo esses autores, a dificuldade de amostragem genética aumenta de i) alelos de ocorrência comum, amplamente distribuídos, para ii) alelos de ocorrência comum, localmente distribuídos, para iii) alelos raros, largamente distribuídos e, finalmente, para iv) alelos raros localmente distribuídos. As inferências sobre a raridade ou não de alelos tornaram-se realidade apenas com a recente aplicação dos marcadores moleculares DNA em estudos de recursos genéticos, restando, contudo, o desafio de associar informações desses marcadores de DNA com caracteres de interesse econômico. Uma alternativa para essa limitação dos marcadores de DNA são as análises dos 'quantitative trait loci' (QTL), que ainda é uma ferramenta em desenvolvimento, principalmente para espécies silvestres, como as que ocorrem endemicamente ou subespontaneamente na Caatinga.

Uma abordagem que leve em consideração informações taxonômicas, geográficas e ecológicas é essencial para maximizar a amostragem da diversidade genética. Esse processo é definido como prospecção ecogeográfica, porque leva em consideração os efeitos do clima e do solo na distribuição da variabilidade genética e, ultimamente, da frequência dos alelos, em uma dada espécie (MAXTED et al., 1995). Para Querol (1993), regiões de altitude elevada podem ter um enorme impacto na variabilidade genética de uma espécie, mesmo dentro de um pequeno campo. Já a distância pode contribuir para a seleção natural e/ou deriva genética diferenciada, mesmo para regiões que apresentem grande similaridade edafoclimática.

No contexto de prospecção da variabilidade de recursos genéticos na continental Caatinga brasileira, o Zoneamento Agroecológico do Nordeste (ZAN) (SILVA et al., 1993) é uma valiosa ferramenta. Diferentemente da geografia tradicional, que divide o Nordeste em zonas Litorâneas, Agreste e Sertão, o ZANE divide essa mesma região em 20 Grandes Unidades de Paisagem (GUP), envelopadas em 172 Unidades Geoambientais. Para o ZANE, a GUP é definida como uma entidade espacializada, na qual o material de origem do solo, a vegetação natural, o modelado e a natureza dos solos, em função da topografia, constituem um conjunto de problemática homogêneo, cuja variabilidade é mínima, de acordo com a escala topográfica. Da mesma forma, as regiões nos mapas de vegetações são definidas em função de tipo específico de cobertura vegetal, que, por sua vez, deve estar ligada às condições edafoclimáticas específicas.

O objetivo deste trabalho é apresentar e discutir algumas experiências da utilização do ZANE e mapas de vegetação para a prospecção, coleta e pré-melhoramento do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Câmara - Anacardiaceae), da baraúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl. - Anacardiaceae) e de espécies da goiabeira (*Psidium guyava* L. - Myrtaceae) e araçazeiro (*Psidium* sp. - Myrtaceae), destacando algumas inferências da influência de uma GUP para a variabilidade genética e estratégias de preservação do *pool* gênico de uma espécie vegetal.

Material e Métodos

Amostragem, coleta, pré-melhoramento e análises estatísticas dos dados para o umbuzeiro (SANTOS, 1997, 1999).

Na definição das áreas de amostragem, considerou-se, em um primeiro momento, as informações do IBGE (1993) por município, procurando-se identificar os municípios ou regiões socioeconômicas que apresentassem produções extrativas de umbu. Num segundo momento, as informações municipais foram identificadas nas unidades de paisagem no mapa do Zoneamento Agroecológico do Nordeste (SILVA et al., 1993), de forma a definir uma região com grande similaridade edafoclimática e de pequena extensão territorial. Considerando as distâncias geográficas, foi definida, em algumas Unidades de Paisagens, mais de uma região ecogeográfica.

Foram definidas 24 áreas para amostragem de árvores nativas de umbuzeiro, das quais 17 regiões foram efetivamente trabalhadas (Fig. 1).

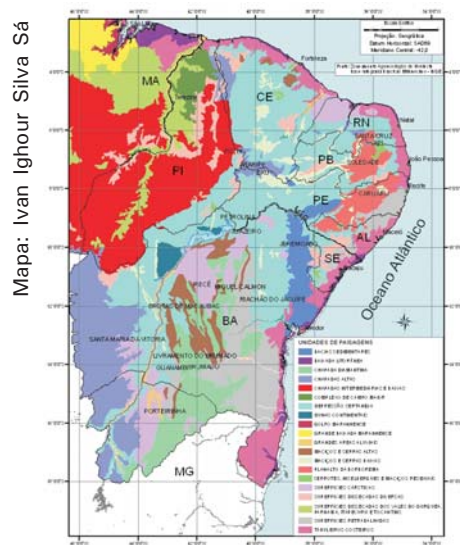


Fig. 1. Áreas de amostragem de indivíduos de umbuzeiro e baraúna para estudos de dispersão da variabilidade fenotípica e genética. Região de uma cor corresponde a uma região ecogeográfica, onde as condições eco-edafoclimáticas são similares.

Em cada ecorregião, foram caracterizadas fenotipicamente, ao acaso, 20 árvores quanto aos seguintes caracteres: número de ramos principais, altura da planta, circunferência do caule a 20 cm do solo, maior diâmetro da copa, menor diâmetro da copa, peso do fruto, peso da semente, peso da casca do fruto, peso da polpa do fruto, diâmetro do fruto e sólidos solúveis totais da polpa. Para determinação desse último caráter, usou-se o refratômetro manual marca Atago. Anotou-se ainda a localização dos indivíduos caracterizados com Global Positioning System (GPS). Os dados das 17 regiões ecogeográficas, referentes à descrição dos 340 indivíduos, foram submetidos às análises de agrupamento com dados padronizados, segundo o procedimento "Fastclus" do (SAS, 1989). Considerou-se a formação de 17 agrupamentos que correspondem ao número de regiões prospectadas.

Para conservação e pré-melhoramento do umbuzeiro, considerou-se a formação de uma coleção de base (Colbase), por intermédio da amostragem ampla de germoplasma-semente e a formação de um banco ativo de germoplasma do umbuzeiro (BGU), com base na identificação e manutenção vegetativa dos indivíduos de ocorrência rara e/ou com potencial para a exploração agrônômica do mesmo. Dessa forma, na Colbase procurou-se fazer uma amostragem ampla da variabilidade genética, enquanto no BGU procurou-se amostrar os alelos de expressão fenotípica visível no indivíduo.

Foram amostradas, ao acaso, dentro de cada uma das 17 regiões ecogeográficas, 80 plantas, das quais foram coletadas 30 sementes/planta, perfazendo o total de 2.400 sementes da amostra populacional por região ecogeográfica. As sementes foram lavadas em água corrente para retirada da polpa e, em seguida, foram colocadas para secar ao sol, para posterior armazenamento em câmaras frias. Para identificação dos indivíduos atípicos, foram contatadas populações locais e alguns técnicos da extensão rural.

Amostragem e análises genéticas e estatísticas dos dados para baraúna

O procedimento de amostragem e coleta de tecidos foliares para extração de DNA dos indivíduos da baraúna tomou como referência os procedimentos adotados para o umbuzeiro (SANTOS, 1997) (Fig. 1). Para maximizar a área amostrada por região ecogeográfica e para minimizar a

amostragem de indivíduos geneticamente aparentados, foram amostrados indivíduos distantes, no mínimo, 100 m um do outro.

DNA genômico total foi isolado de folhas verdes e sadias, segundo o protocolo CTAB 2x, com pequenas modificações. As reações da 'Polymerase Chain Reaction' (PCR) para Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) foram realizadas conforme procedimentos de amplo domínio. Os produtos das reações foram submetidos à eletroforese de agarose 1,5%, na presença da solução tampão de TAE 1x e observado em transiluminador, na presença de brometo de etídio. Os géis de agarose foram fotografados e as bandas anotadas com apoio do software Adobe Photoshop. As amostras de DNA total de cinco indivíduos de cada espécie foram inicialmente avaliadas para identificação dos *primers* que apresentavam o maior número de bandas polimórficas. Após a identificação dos *primers* polimórficos, o número total de indivíduos foi fenotipado para presença (1) ou ausência (0) das bandas.

A medida de dissimilaridade de Jaccard [$D_{ij} = 1 - S_{ij}$, dado por $S_{ij} = a / (a + b + c)$, onde a é o número de bandas em comum, b é o número de bandas presentes no indivíduo "i" e ausentes no indivíduo "j", e c é o número de bandas ausentes no indivíduo "i" e presentes no indivíduo "j"] foi adotada para estimar a distância para cada par de indivíduos. As matrizes de dissimilaridades, estimadas pelo procedimento DISTANCE do sistema SAS, foram usadas para apresentação em uma escala multidimensional dos indivíduos, adotando-se o procedimento MDS do SAS.

Amostragem, coleta e pré-melhoramento para goiabeira e araçazeiros.

Foi adotada a mesma estratégia de amostragens por unidades ecogeográficas adotada para o umbuzeiro (SANTOS, 1997), com pequenas modificações: a) adoção dos mapas do Zoneamento Agroecológico do Nordeste por Estado nordestino, por exemplo, o mapa para o Maranhão (Fig.2) ou mapa de vegetação para outros Estados do Brasil que não dispõem de Zoneamento Agroecológico, como, por exemplo, o mapa de vegetação do Rio Grande do Sul (Fig.3); b) amostragem das comunidades mais pobres, de forma a evitar a prospecção de goiabeiras 'melhoradas' introduzidas de outras regiões.

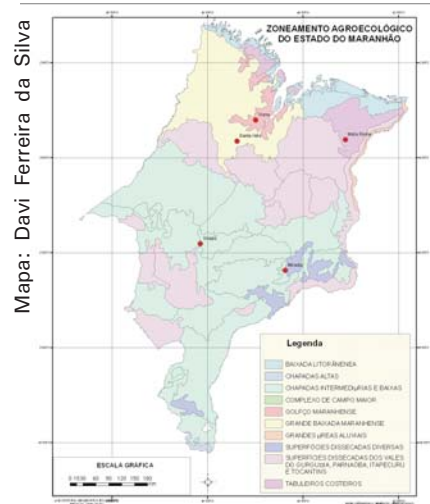


Fig. 2. Mapa do Zoneamento Agroecológico do Maranhão com as ecorregiões referenciais para prospecção de germoplasma de goiabeira e araçazeiros. Região de uma cor corresponde a uma região ecogeográfica, onde as condições eco-edafo-climáticas são similares.

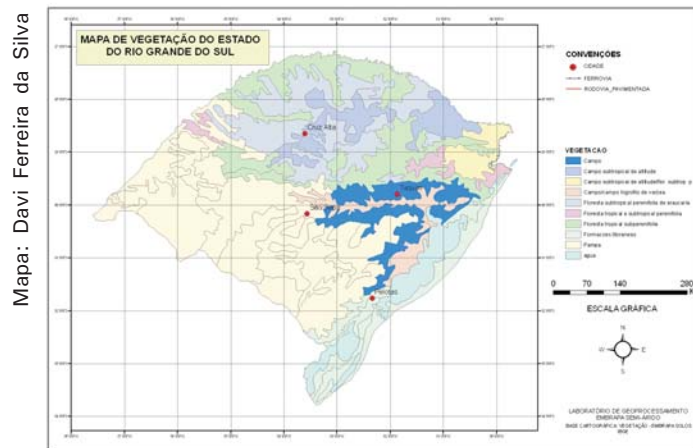


Fig. 3. Mapa de Vegetação do Rio Grande do Sul com as ecorregiões referenciais para prospecção de germoplasma de goiabeira e araçazeiros. Região de uma cor corresponde a uma região com um tipo específico de vegetação, onde as condições eco-edafo-climáticas são similares.

Foi também evitada a amostragem de goiabeiras, dentro do possível, em áreas urbanas; c) agentes de Empresas de Desenvolvimento Agropecuário, ou pessoas de uma dada ecorregião foram contatadas previamente para sondar a existência de araçazeiros e/ou goiabeiras primitivas. No processo de coleta, estradas vicinais, não pavimentadas, foram percorridas, bem como informações junto às pessoas locais para buscar informações da presença destas espécies do gênero *Psidium*.

A exemplo da baraúna, foram coletadas folhas para extração de DNA, frutos para coleta de sementes e fotografias foram tomadas para registrar e caracterizar o porte, folhas e frutos de todos os indivíduos amostrados. As coordenadas geográficas e altitude foram tomadas com GPS para todos os indivíduos amostrados.

Resultados e Discussão

Distribuição da variabilidade fenotípica e recursos genéticos do umbuzeiro

As árvores foram agrupadas em 17 grupos, independentemente da região de origem (Fig. 1), sugerindo que as diferenças edafoclimáticas e as distâncias geográficas não interferiram de forma marcante na evolução e na diferenciação fenotípica do umbuzeiro. Apesar de a variabilidade do umbuzeiro encontrar-se dispersa por todo o Semi-Árido brasileiro, as ecorregiões de Porteirinha-MG, Irecê-BA e Livramento-BA são indicadas para a prospecção de plantas com frutos de maior peso da polpa, boa relação polpa/fruto e com teor de sólidos solúveis acima de 12,5°Brix. Adicionalmente, Santos (1999) definiu o padrão fenotípico do umbuzeiro, com base nas médias de 340 indivíduos, como uma espécie que apresenta planta com altura de 6,3 m, contendo seis ramos principais, copa arredondada de 11 m de diâmetro, fruto com peso de 18,4 g, teor de sólidos solúveis totais na polpa de 12°Brix, peso da polpa de 10,7 g e relação polpa/fruto de 0,58. Essa definição tomou em consideração o maior número de indivíduos das 17 ecorregiões agrupados num mesmo agrupamento.

Foram identificadas, caracterizadas parcialmente, clonadas e transplantadas para o BGU 76 árvores de ocorrência espontânea, localizadas em diferentes municípios do Nordeste semi-árido. Os comentários e nomes locais atribuídos a algumas árvores do umbuzeiro

clonadas revelam que frutos grandes, de frutificação precoce e de polpa adocicada são alguns dos atributos desejados. Foram identificadas algumas excentricidades, entre as quais, um indivíduo com mais de 25 frutos dispostos em um cacho compacto. Também, foram identificadas quatro árvores com o peso médio do fruto acima de 85 g e outras duas com o peso médio do fruto acima de 75 g. A quantificação do conteúdo total de DNA, pela técnica da citometria de fluxo (Laboratório de citogenética molecular da Universidade Federal de Viçosa), determinou o valor de 50% a mais de DNA para os espécimes de frutos gigantes, quando comparado com frutos de 20 g, indicando que a poliploidia natural ocorre na espécie do umbuzeiro.

Assumindo o umbuzeiro como uma espécie alógama, como confirmado por Souza (2002), a representatividade genética pelo tamanho efetivo (N_e) das 2.400 sementes amostradas numa região ecogeográfica foi estimada em 291, enquanto que para o conjunto das 17 ecorregiões, a representatividade (N_e) das 40.800 sementes foi estimada em 4.945. Os valores estimados para o N_e são mais elevados do que os recomendados por alguns autores, conforme discutido por Vencovsky (1986), assegurando uma representatividade considerável da variabilidade genética da espécie.

Distribuição da variabilidade fenotípica da baraúna

Na pré-avaliação para identificação dos *primers* polimórficos, observou-se a média de 5,8 bandas amplificadas e de 4,5 bandas polimórficas para baraúna, sendo incluídas 72 bandas polimórficas para as análises de agrupamento.

O agrupamento dos 52 indivíduos de baraúna, coletados nas onze regiões ecogeográficas (Fig. 1), apresentou evidente consistência com a ecorregião de coleta para todas as regiões amostradas (Fig. 4). Uma ligeira discrepância foi observada apenas para os indivíduos C23, J21, D11, U13 e D21, que foram plotados ligeiramente distantes dos outros indivíduos da mesma ecorregião de coleta. As menores dissimilaridades foram observadas para os indivíduos das ecorregiões F2, E2, F4 e S1, que apresentaram todos os indivíduos submetidos ao 'fingerprinting' com RAPD em posições próximas no gráfico bidimensional. As maiores dissimilaridades foram observadas para os indivíduos das ecorregiões C2, J2, D1, U1 e D2. No conjunto, essas informações indicam que as ecorregiões têm influenciado a variabilidade genética dos indivíduos de baraúna, ao contrário do observado com os dados fenotípicos do umbuzeiro.

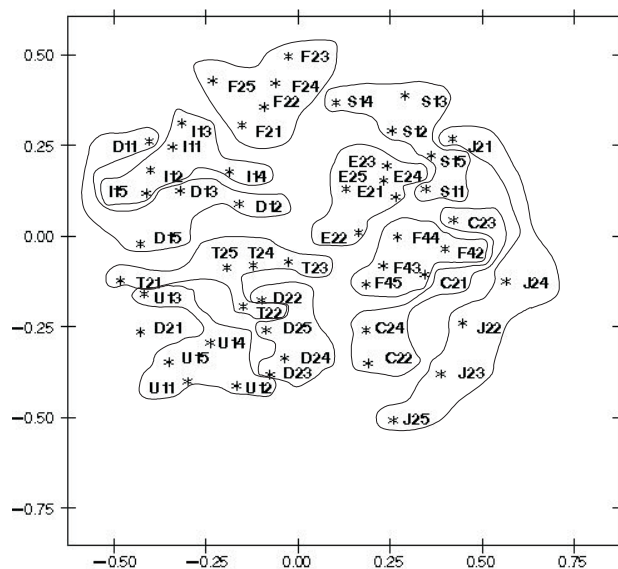


Fig. 4. Escala multidimensional de 67 marcas polimórficas de RAPD para 52 indivíduos de baraúna coletados em onze regiões ecogeográficas do Semi-Árido brasileiro.

As análises da distribuição genética com marcador tipo RAPD para a baraúna são mais precisas, do que os dados morfológicos para o umbuzeiro, considerando que os marcadores moleculares apresentam as seguintes características: a) tanto as regiões codantes como não codantes de caracteres são potenciais variáveis para as análises; b) o número de marcadores analisados pode ser da ordem dos milhares, enquanto para as variáveis fenotípicas, normalmente, é da ordem de poucas dezenas; c) possibilidade de obter dados em qualquer fase do desenvolvimento da espécie vegetal e, principalmente, d) independência das influências ambientais.

Recursos genéticos e pré-melhoramento da goiabeira e araçazeiros.

A estratégia de amostragem por ecorregião resultou na identificação e prospecção de germoplasma em cinco regiões do Maranhão (Fig.2), duas no Piauí, três em Pernambuco, cinco em Sergipe e quatro no Rio Grande do Sul (Fig. 3). Uma grande variabilidade fenotípica foi observada para fruto,

folha e porte de planta, não sendo possível ainda fazer inferências sobre a distribuição da variabilidade genética destas espécies, considerando que o fingerprinting com marcador tipo microsatélite está em fase de desenvolvimento. Deve ser ressaltado que os marcadores microsatélites, por serem codominantes, são mais indicados para estudos de diversidade genética, quando comparado com marcadores dominantes, como RAPD. As ecorregiões associadas à Unidade de Paisagem Tabuleiros Costeiros, tanto no Maranhão, como no Piauí, apresentaram o maior número de araçazeiros vegetando em condições naturais.

Estratégia de prospecção e preservação de recursos genéticos com o Zoneamento Agroecológico do Nordeste e Mapas de Vegetação.

O russo N. I. Vavilov, pioneiro na definição dos centros de origem e diversidade das plantas cultivadas, assumindo uma taxa de mutação e forças seletivas constantes, concluiu que a região que apresentava a mais antiga e mais complexa variabilidade de uma espécie era o centro da diversidade primária da mesma. O trabalho pioneiro de Vavilov, com base em caracteres de variação morfológica de uma espécie, resultou no estabelecimento de Centros Internacionais de algumas importantes espécies cultivadas. Na definição dos centros de diversidade, Vavilov ainda considerou: a i) relação entre variedades locais com as espécies selvagens, ii) as introduções recentes, iii) evidências arqueológicas, históricas, lingüísticas e botânicas, iv) os parasitas associados com às espécies. Pelo menos duas informações básicas poderão surgir com estudos da dispersão da variabilidade genética de uma dada espécie: a) definição de áreas de grande variabilidade genética: áreas que apresentem o maior número de indivíduos distribuídos em vários grupos podem ser consideradas como potenciais regiões para serem trabalhadas como regiões de "diversidade primária"; b) estratégias para preservação da variabilidade genética: quando os indivíduos forem agrupados, independentemente da região de coleta, há indicativos de que umas poucas áreas de preservação ambiental (APA) serão necessárias. Caso ocorra a formação de grupos por região amostrada, uma rede mais complexa de APAs será necessária para preservação *in situ* da variabilidade genética de uma espécie.

Os resultados obtidos para a baráúna sugerem que os indivíduos apresentam diferenças em função da região de amostragem, com os indivíduos de uma dada região, apresentando menor dissimilaridade e sendo

plotados nas proximidades dos gráficos bidimensionais (Fig. 4) e que a variabilidade genética desta espécie não está uniformemente distribuída por todo o Semi-Árido brasileiro. Neste cenário, é necessário um maior número de áreas para preservação *in situ* ou uma coleta mais ampla por ecorregião para preservação *ex situ* da variabilidade genética da espécie. As análises dos dados fenotípicos do umbuzeiro resultaram na ausência de consistência entre os agrupamentos em função das regiões ecogeográficas de coleta, sugerindo que a distribuição da variabilidade do umbuzeiro está distribuída em todo o bioma caatinga e que um menor número de áreas de preservação ambiental ou coleta de germoplasma-semente restrita são necessárias. Os resultados com os dados fenotípicos para o umbuzeiro devem ser tomados com cautela, considerando que os marcadores moleculares são mais indicados que os morfológicos para estudos de diversidade. Estão em andamento estudos de diversidade genética do umbuzeiro em 17 ecorregiões de amostragem com base no marcador dominante Amplified Fragment Polimorphic DNA (AFLP).

Como destacado por Reis e Grattapaglia (2004), espera-se, de espécies alógamas, como baraúna e umbuzeiro, que uma menor variabilidade seja encontrada dentro de áreas do que entre áreas, o que deve ser comprovado em agrupamentos específicos para indivíduos amostrados numa mesma região, como observado para a baraúna.

No processo de prospecção, em algumas regiões inicialmente identificadas nos mapas não foram encontradas as espécies objeto de estudo, mesmo tendo-se contatado previamente algumas pessoas da região. Apesar de as informações do IBGE (1993) indicarem a presença do umbuzeiro no litoral do Rio Grande do Norte, nas prospecções realizadas nessa região, não foram encontradas populações significativas do umbuzeiro. É possível que os dados de extrativismo do umbuzeiro nessa região (IBGE, 1993) estejam sendo computados com os dados do umbu-cajá, outra espécie do gênero *Spondias*. Adicional suporte para espécies que não apresentam dados de extrativismo, além do contato prévio com pessoas da região, pode ser obtido em trabalhos publicados sobre a sociabilidade das espécies da caatinga, ou seja, a frequência com a qual uma espécie ocorre com a presença de outras para as quais já existem informações.

Apesar da riqueza de informações do Zoneamento Agroecológico do Nordeste, definidas em Unidades de Paisagens em função de similaridades de

vegetação, de solo e relevo, o mesmo tem sido pouco explorado para definição de estratégias para conservação de recursos genéticos no Semi-Árido brasileiro. Da mesma forma, os mapas de vegetação disponíveis para todos os Estados brasileiros são igualmente valiosos, pois os diferentes tipos de vegetações naturais são resultados do conjunto das forças edafoclimáticas no processo da seleção natural sobre as mesmas.

Estratégias de amostragens que consideram apenas a distância entre pontos de coleta, ou pequenas mudanças no relevo, no solo e na vegetação, devem ser substituídas por outros elementos, como as ecorregiões definidas em Zoneamentos Agroecológicos ou Mapas de Vegetação. Da mesma forma, a amostragem em feiras livres ou paióis dos agricultores deve ser substituída por prospecções *in loco* dos alelos de efeitos visíveis ou não no fenótipo do indivíduo, numa dada ecorregião, possibilitando uma melhor análise e amostragem da diversidade genética de uma espécie.

Conclusões

- a) A variabilidade fenotípica do umbuzeiro encontra-se dispersa por todo o bioma caatinga, indicando que um menor número de áreas de preservação ambiental e coleta restrita de germoplasma-semente são necessárias;
- b) A variabilidade genética da baraúna não está uniformemente distribuída por todo o Semi-Árido brasileiro, indicando a necessidade de um maior número de áreas para preservação *in situ* ou uma coleta mais ampla por ecorregião para preservação *ex situ* da variabilidade genética da espécie;
- c) Maior frequência de araçazeiros em condições de vegetação natural foi encontrada na Unidade de Paisagem Tabuleiros Costeiros, sendo esta Unidade indicada para prospecção genética desta espécie;
- d) Estratégias de amostragens que consideram apenas a distância entre pontos de coleta, ou pequenas mudanças no relevo, no solo e na vegetação, ou coletas em feiras livres devem ser substituídas por outros elementos, como as ecorregiões definidas em Zoneamentos Agroecológicos do Nordeste ou Mapas de Vegetação.

Agradecimentos

Ao funcionário da Embrapa Semi-Árido, Geraldo Freire, pelo apoio e dedicação na prospecção de recursos genéticos por estradas precárias e algumas regiões inóspitas;

Ao apoio financeiro da FACEPE e do BNB-FUNDECI para a realização das prospecções com o umbuzeiro. Ao apoio financeiro do Fundo Nacional do Meio Ambiente – Ministério do Meio Ambiente para as prospecções com a baraúna. À Comunidade Européia (projeto Guavamap; FP6-INCO-DEV2-CT 015111), pelo apoio financeiro para as prospecções com as espécies do gênero *Psidium*.

Ao funcionário da Embrapa, Davi Ferreira da Silva, e ao bolsista Ivan Ighour Silva Sá, pelo apoio na confecção dos mapas.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Avaliação de ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da caatinga. Brasília, DF : MMA. 2002. 36 p.

BROWN, A.H.D.; MARSHALL, D.R. A basic sampling strategy: theory and practice. In: GUARINO, L.; RAO, V.R.; REID, R. (Org.). Collecting plant genetic diversity. Reino Unido: CAB International, 1995. p. 75-91.

EMBRAPA SEMI-ÁRIDO. II Plano Diretor Embrapa Semi-Árido 2000-2003. Petrolina, PE, 2000. 55p. IBGE. Produção da extração vegetal e da silvicultura. Rio de Janeiro, 1993. 249p.

MAIA, G.N. Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades 1. ed. São Paulo: D&Z, 2004.

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

QUEROL, D. Recursos genéticos, nosso tesouro esquecido. Trad. Joselita Wasniewski. Rio de Janeiro: ASPTA, 1993. 206p.

QUEIROZ, M. A. de; NASCIMENTO, C. E. de S.; SILVA, C. M. M de; LIMA, J. L. Fruteiras nativas do semi-árido: algumas reflexões sobre os recursos genéticos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS, 1992, Cruz das Almas, **Anais ... Cruz das Almas: Embrapa – CNPMF**, 1993. p-87-92.

REIS, A. M. M.; GRATTAPAGLIA, D. RAPD variation in a germplasm collection of *Myracrodruon urundeuva* (Anacardiaceae), an endangered tropical tree: recommendations for conservation. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 51, p. 529-538, 2004.

SANTOS, C. A. F. Dispersão da variabilidade fenotípica do umbuzeiro no Semi-Árido brasileiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF: v. 32, n. 9, p. 923-930, set. 1997.

SANTOS, C. A. F.; CAVALCANTI, N. de B.; SOUZA, C. E. de N.; ARAUJO, F. P. de; LIMA FILHO, J. M. P.; ANJOS, J. B. dos; OLIVEIRA, V. R. de. Umbuzeiro: pesquisas, potenciais e desafios. In: ROMÃO, R. R.; RAMOS, S. R. R. Recursos genéticos vegetais no Estado da Bahia (Org.). Feira de Santana; UFES. 2005. p. 33-47.

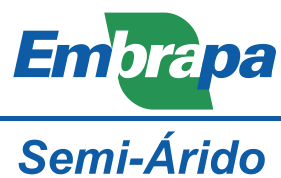
SANTOS, C. A. F.; NASCIMENTO, C. E. de S.; CAMPOS, C. O. Preservação da variabilidade genética e melhoramento do umbuzeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP: v. 21, n. 2, p. 104-109. 1999.

SAS Institute Inc. SAS/STAT User's Guide. Version 6, 4.ed. Cary, NC, 1989a. v.1, 943p.

SILVA, F. B. R.; RICHÉ, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUZA NETO, N. C. de; BRITO, L. T. de; CORREIA, R. C.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. da; SILVA, A. B.; SILVA, J. C. de. Zoneamento Agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e socioeconômico. Petrolina, PE: Embrapa-CPATSA; Recife: Embrapa-CNPS, Coordenadoria Regional Nordeste, 1993. 2v, il.

SOUZA, J. C. de. Variabilidade genética e sistema de cruzamento em populações naturais de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). 2002. 86f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

VENCOVSKY, R. Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasma de espécies alógamas. Brasília, EMBRAPA-CENARGEN, 1986. 15 p. (Embrapa-CENARGEN. Boletim de Pesquisa, 1).



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



CGPE 6275