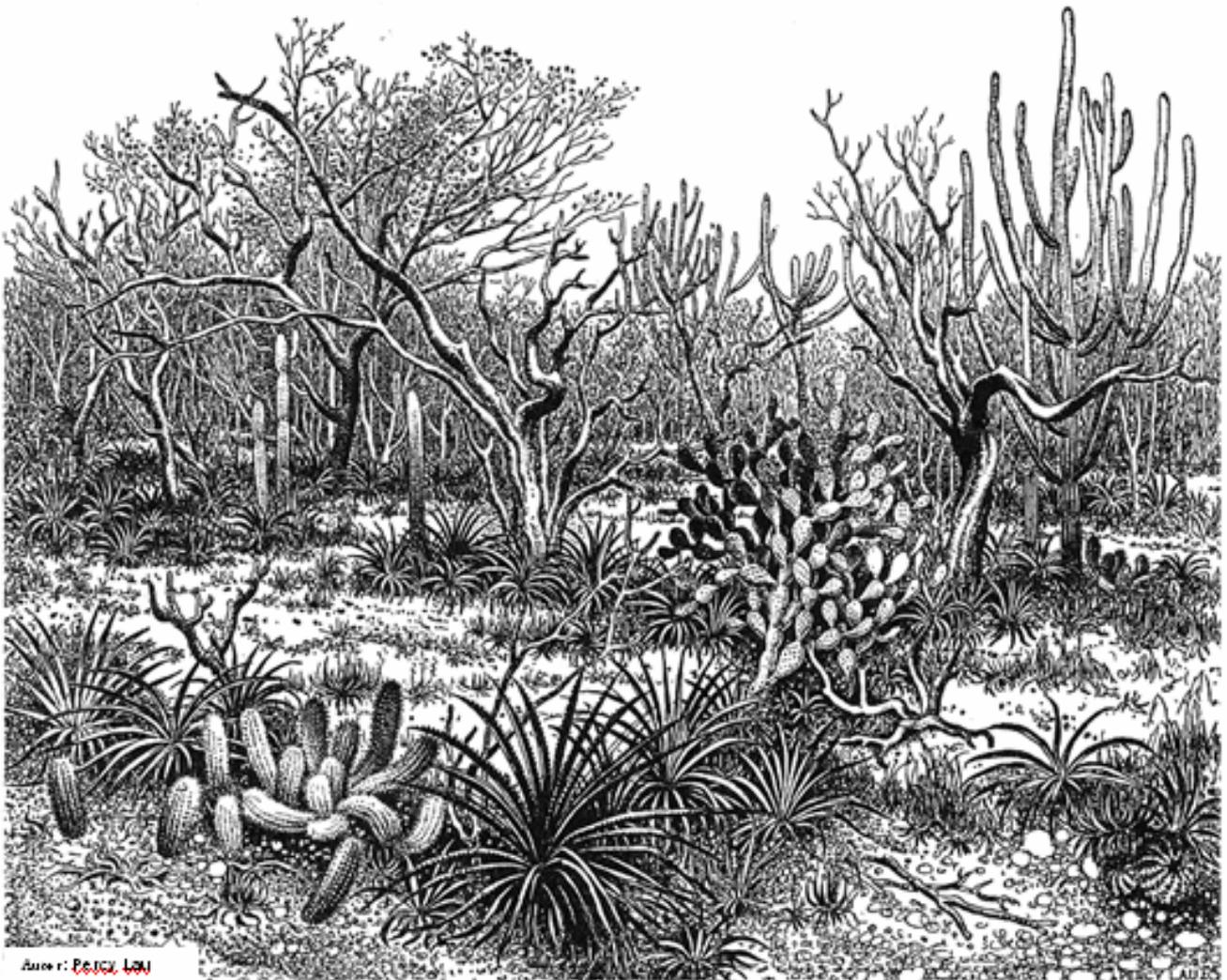




UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
MESTRADO EM GESTÃO E POLÍTICAS AMBIENTAIS

ÁREAS DEGRADADAS DO BIOMA CAATINGA NA REGIÃO DE XINGÓ, BRASIL:  
PROCESSO DE FORMAÇÃO X RECUPERAÇÃO AMBIENTAL



Autores: PERCY LAURES

Recife  
Fevereiro - 2008

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
MESTRADO EM GESTÃO E POLÍTICAS AMBIENTAIS**

**ÁREAS DEGRADADAS DO BIOMA CAATINGA NA REGIÃO DE XINGÓ, BRASIL:  
PROCESSO DE FORMAÇÃO X RECUPERAÇÃO AMBIENTAL**

**Dan Vítor Vieira Braga**

**Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira**

**Co-orientador: Dr. André Maurício Melo Santos**

**Recife**

**Fevereiro - 2008**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
MESTRADO EM GESTÃO E POLÍTICAS AMBIENTAIS**

**ÁREAS DEGRADADAS DO BIOMA CAATINGA NA REGIÃO DE XINGÓ, BRASIL:  
PROCESSO DE FORMAÇÃO X RECUPERAÇÃO AMBIENTAL**

Dissertação apresentada ao Mestrado de  
Gestão e Políticas Ambientais da Universidade  
Federal de Pernambuco, como parte dos  
requisitos para obtenção do grau de Mestre.

**Dan Vítor Vieira Braga**

**Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira**

**Co-orientador: Dr. André Maurício Melo Santos**

**Recife**

**Fevereiro - 2008**

**Braga, Dan Vítor Vieira**

**Áreas degradadas do bioma caatinga na região de Xingo, Brasil: processo de formação x recuperação ambiental. – Recife: O Autor, 2008.**

**161 folhas : il., fig., tab.**

**Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Gestão e Políticas Ambientais. Recife, 2008.**

**Inclui: bibliografia e anexos.**

**1. Gestão ambiental . 2. Degradação ambiental. 3. Recuperação de Ecossistemas degradados. 4. Sucessão ecológica. 5. Usina hidrelétrica de Xingo. I. Título.**

**504  
577**

**CDU (2. ed.)  
CDD (22. ed.)**

**UFPE  
BCFCH2008/11**

# Dan Vítor Vieira Braga

## ÁREAS DEGRADADAS DO BIOMA CAATINGA NA REGIÃO DE XINGÓ, BRASIL: PROCESSO DE FORMAÇÃO X RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

### BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira - Orientadora

---

Prof. Dr. André Maurício Melo Santos - Co-orientador



---

Prof. Dr. Fernando de Oliveira Mota Filho



---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria do Socorro de Araújo Bezerra



---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marlene Maria da Silva

Aprovada em: 28/02/2008

*A Deus,*

*Por ter me dado a oportunidade de executar este trabalho, contribuindo para meu enriquecimento pessoal e profissional, em um ambiente carente em ações e rico em contrastes.*

*Aos entes queridos, que contribuíram com o apoio e suor, em especial a meus familiares e a minha companheira em todos os momentos desta Dissertação, Aretuza Bezerra Brito Ramos.*

## AGRADECIMENTOS

“Cada qual de nós, conforme as leis que nos regem, se encontra hoje no lugar certo, com as criaturas adequadas e nas circunstâncias justas, necessárias ao trabalho que nos compete efetuar, na pauta de nosso próprio merecimento”.

Emmanuel

Agradeço, primeiramente a Deus pela oportunidade de desenvolver este trabalho, pelas pessoas que colocou em meu caminho para que, de alguma forma, me auxiliassem na execução desta tarefa e pela proteção nos momentos difíceis e de risco enfrentados em campo;

A União, por ter arcado com as despesas da minha formação profissional desde a graduação até o término deste curso;

Ao Deutscher Akademischer Austauschdienst - DAAD, por ter acreditado na proposta, me contemplando com a concessão da bolsa de Pós-graduação, de fundamental importância para a execução desta Dissertação, principalmente durante os trabalhos de campo;

Ao ambiente natural de Xingó, por todos os ensinamentos técnicos e de vida, pela paz e tranquilidade transmitida, pela sua beleza característica, por ter aguçado o meu “olhar biológico”, podendo assim, vislumbrar cenas raras da materialização dos aspectos teóricos estudados. Enfim, por ter me acolhido como mais um componente em sua plenitude;

À minha melhor amiga e companheira, Msc. Aretuza Bezerra Brito Ramos, pelos momentos maravilhosos que tivemos juntos, por ter aceitado espontaneamente o desafio, pela paciência e discernimento nos momentos difíceis, pela leal companhia em campo, pela “co-co-orientação”, por ter compartilhado comigo cada experiência desfrutada durante este trabalho, pelo suor e dor indispensáveis à execução das coletas de campo, por me aturar na minha versão “milico” e durante minhas crises de estresse em campo, por existir, por...

À minha família, por sempre acreditar em mim, por se preocupar com a minha segurança durante o período de campo, pelo apoio nos momentos chave durante a realização da Dissertação e, em especial a meus pais – Rosana Maria Vieira Braga e João Damásio Braga, pelos ensinamentos ao longo de toda a minha vida;

Aos meus sogro e sogra – Tarcizo Brito e Lúcia de Fátima Brito, minha segunda família, pela paciência, apoio e por serem os responsáveis pela existência e formação pessoal da pessoa que tem um papel fundamental na minha vida profissional e pessoal;

À Professora Dr<sup>a</sup>.Eugênia Gonçalves Pereira, por ter me transmitido com seu jeito simples e direto de ver o mundo, além das orientações técnicas, ensinamentos úteis ao longo de minha vida;

Ao Professor Dr. André Maurício Melo Santos, por ter aceitado a co-orientação, pelas intermináveis discussões sobre os princípios que regem a Ecologia e a Estatística, e por sua dedicação sem igual, me auxiliando nas análises até às 20 horas de uma sexta-feira, 29 de dezembro, às vésperas do seu primeiro período de férias desde a sua graduação;

Aos membros do Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais, em especial à Professora e Coordenadora, Marlene Silva, que sempre se dispôs a ajudar quando se fez necessário;

Aos profissionais da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco – Chesf, que de alguma forma contribuíram para a execução desta Dissertação, em especial a Valéria Vanda Brasil e Paulo Belquior; que acreditaram na proposta e contribuíram para viabilizar o vital apoio para a execução das coletas de campo;

Aos especialistas da Empresa Pernambucana de Pesquisas Agrônomicas – IPA, na pessoa da Dr<sup>a</sup>. Rita de Cássia Araújo Pereira, pela amizade construída e pela ajuda fundamental na identificação dos espécimes coletados;

Aos pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias – Embrapa Solos, Dr. Ademar Barros e Dr. Luciano José de Oliveira, pela orientação

com relação aos parâmetros abióticos e pelo esforço, infelizmente sem sucesso, de apoiar este projeto com a realização das análises de solo;

A Eraldo, Arlindo e aos “Meninos” da Sementeira Xingó, pela ajuda fornecida durante os trabalhos de campo, pela convivência e amizade construídas, em especial ao Sr. Odilon e Sr. Genivaldo, pela paciência inabalável e pelos ensinamentos de ética e integridade moral, tão raros na sociedade atual;

Aos amigos e estagiários do Grupo de Pesquisa Interações Multitróficas em Ecossistemas Neotropicais – IMEN, agora Biólogos, Sheila Fernandes, Nicole Leoni, André Ferreira e Felipe Alcântara que participaram dos projetos em Xingó, anteriores à esta Dissertação e, em especial, a Bruno Paes pela ajuda nas coletas de campo;

Aos colegas da Secretaria do Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais, principalmente, à “mãezona” Solange de Paula e Anabele, pelo apoio e amizade, além das conversas descontraídas nas raras horas de folga;

Aos pesquisadores que me antecederam, desbravando com seus estudos os caminhos tortuosos e desconhecidos da ciência neste ambiente tão desprezado pela comunidade científica;

Aos processos socioambientais responsáveis pela criação das áreas degradadas e às pessoas que demandam esforços para a sua recuperação, razões da existência da problemática estudada neste trabalho;

E por último, mas não menos importante, à todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução desta Dissertação.

*“Concedei-nos, Senhor, a serenidade necessária para compreender e aceitar as coisas que não nos cabe modificar, coragem e perseverança para modificar aquelas que podemos e sabedoria para distinguir umas das outras”.*

*Prece da Serenidade, Autor Desconhecido.*

**BRAGA, D. V. V. Áreas degradadas do Bioma Caatinga na região de Xingó, Brasil: Processo de Formação X Recuperação Ambiental.** Recife, 2008. Dissertação do Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais, Universidade Federal de Pernambuco.

Os ecossistemas sofrem alterações por diferentes agentes de degradação, sobretudo pela pressão antrópica, sendo muitas vezes necessária a intervenção humana para a sua recuperação. Foram desenvolvidas várias técnicas de restauração para os Biomas brasileiros, porém pouco se sabe sobre este processo na Caatinga. Desta forma, este estudo objetivou analisar a sucessão ecológica natural e induzida em áreas degradadas de Caatinga, na área de abrangência da Usina Hidrelétrica de Xingó, visando fornecer subsídios técnico-científicos às ações voltadas à sua conservação e recuperação. A metodologia aplicada foi dividida nas seguintes etapas: 1) Montagem do cenário socioambiental da Área de Estudo, utilizando ferramentas empregadas para a construção de Cenários Ambientais; 2) Descrição e avaliação da metodologia empregada no Projeto de Recuperação Ambiental desenvolvido pela Chesf, bem como analisados os seus impactos sociais; 3) Amostragens em campo de parâmetros ambientais (bióticos/abióticos) ao longo de uma cronossequência sucessional, caracterizando o seu comportamento ao longo do processo de regeneração, cujos dados foram comparados ao observado em áreas degradadas abandonadas e recuperadas após a construção da Usina Hidrelétrica. O cenário socioambiental observado na Área de Estudo mostra que o desenvolvimento econômico na Região, após a construção da Usina Hidrelétrica, dinamizou a economia local, porém não respeitou as particularidades locais relativas ao meio biótico e antrópico, havendo recrudescimento dos indicadores relacionados a estes dois meios, ao longo do tempo. Os padrões notados corroboram com o descrito pela literatura para a maioria dos municípios do semi-árido contemplados com obras infra-estruturais semelhantes. As tendências observadas para o processo de regeneração da Caatinga corroboram com os padrões descritos para as Florestas Atlântica e Amazônica. Foi evidenciado que as áreas degradadas abandonadas após a construção da Usina Hidrelétrica obtiveram valores significativamente inferiores aos observados nos módulos recuperados pela Chesf. Mesmo assim, estes últimos obtiveram uma semelhança maior (51%) com estas áreas do que com a cronossequência sucessional analisada. Assim, conclui-se que o Programa de Recuperação Ambiental realizado pela Chesf foi eficaz em sobrepujar as tendências descritas neste estudo para as áreas degradadas na região de Xingó, induzindo a regeneração em seus módulos de intervenção, mesmo com as falhas metodológicas identificadas. Porém, este Projeto não é eficiente em promover a recuperação das condições ambientais originalmente observadas nestas áreas, estando assim, longe de alcançar o seu objetivo principal.

**Palavras-chave:** Degradação Ambiental; Recuperação de Ecossistemas Degradados; Sucessão Ecológica; Usina Hidrelétrica de Xingó.

BRAGA, D. V. V. **Degraded areas of Caatinga in Xingó, Brazil: Formation Process X Environmental Recovery.** Recife, 2008. Master Thesis in Environmental Management and Politics, Pernambuco Federal University.

The ecosystems had been transformed by different degradation agents and, some times, has being necessary the human intervention for its recovery. The scientific community has developed several restoration techniques for the Brazilian's biomes, however little is known on this process in the Caatinga. The aim of this study was analyzed the natural ecological succession and induced restoration in degraded areas of Caatinga, seeking to supply technician-scientific support for its conservation and the recovery. The applied methodology had three stages: 1) the environmental degradation process in the study area was described using some tolls usually observed in the construction of Environmental Sceneries and Environmental Impact Assessment. 2) The methodologies used by the Project of Environmental Recovery developed by the Chesf company were described, as well as, its social impacts. 3) Ten environmental parameters (biotic/no biotic) were study among six different conditions: two conditions represents degraded areas by the Xingó's Hydroelectric Power Station construction and four situations relative a consecutives states of forestry restoration (sucessional cronossequence). The observed results were compared to understand the Caatinga's ecological dynamics and the differences between the state of conservation and restoration of all study conditions. Were observed tree different agents responsible for the actual degradation scenario observed in the study area: the local population, the Federal Government and the private economic sector. The construction of the hydroelectric power station had positives consequences to local economy, however, it didn't respect the local particularities and, along the time, having worsening the social and environmental indicators related to these aspects in the study area. The observed patterns corroborate with described by the literature for most of the municipal districts of the Brazilian's semi-arid, that has been white of similar infrastructural public politics'. The tendencies observed for the process of regeneration of the Caatinga Dry Forest corroborate with the patterns described in the literature to the Atlantic and Amazonian Forests. It was evidenced that the areas degraded and abandoned after the construction of the hydroelectric power station obtained values significantly inferior to the observed in the modules recovered by the Chesf's Recovery Program, although, these last one obtained a most significantly similarity (51%) with these areas than the others sucessional cronossequence areas analyzed. This Program of Environmental Recovery was effective in surpassing the tendencies described in this study for the degrade areas in Xingó, inducing the natural regeneration in their modules, even with the identified methodological flaws. However, this Project is not efficient in promoting the recovery of the environmental conditions originally observed in these areas, being far away from reaching its main objective.

**Key-words:** Environmental Degradation; Recovery of Degraded Ecosystems; Ecological Succession; Hydroelectric Power Station of Xingó

---

**LISTA DE SIGLAS**

- A** - Área degradada e abandonada à regeneração natural por 15 anos
- AB** - Área degradada e abandonada à regeneração natural por 25 anos
- CESP** - Centrais Elétricas do Estado de São Paulo
- CF** - Constituição Federal
- CHESF** - Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
- CODEVASF** - Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco
- CNUD** - Convenção das Nações Unidas sobre Desertificação
- D** - Área Degradada
- DAAX** - Divisão de Administração e Apoio de Xingó
- FAO** - Food and Agriculture Organization of the United Nations
- GLM** - General Linear Models
- H'** - Índice de Diversidade de Shannon
- IBAMA** - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
- IPA** - Empresa Pernambucana de Pesquisas Agropecuárias
- MMA** - Ministério do Meio Ambiente
- MPU** - Ministério Público da União
- ONG** - Organização Não-Governamental
- P** - Área Preservada
- PBA** - Plano Básico Ambiental
- PMRAD** - Projeto Produção de Mudanças das Espécies Nativas da Caatinga e Recuperação de Áreas Degradadas
- PNMA** - Política Nacional de Meio Ambiente
- PRAD** - Programa de Recuperação de Áreas Degradadas

**RAD** - Recuperação de Áreas Degradadas

**RED** - Recuperação de Ecossistemas Degradados

**RI** - Regeneração Induzida

**RL** - Reserva Legal

**RN** - Regeneração Natural

**SAHN** - *Sequential Agglomerative Hierarchical Nested Cluster Analysis*

**SER** - *Society for Ecological Restoration Science and Policy*

**SNUC** - Sistema Nacional e Unidades de Conservação

**TAC** - Termo de Ajustamento de Conduta

**TFD** - Talhões Facilitadores Diversificados

**UC** - Unidade de Conservação

**UEP** - Unidade de Execução e Pesquisa

**UHE** - Usina Hidrelétrica

**$\gamma$**  - Índice de Diversidade de Simpson

---

**LISTA DE FIGURAS**

- FIGURA 1. MAPA DA DISTRIBUIÇÃO DAS CAATINGAS NO BRASIL. FONTE: FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS (2006). .....7
- FIGURA 2. VISTAS GERAIS DA CAATINGA NA REGIÃO DE XINGÓ-BRASIL. A - CAATINGA ARBÓREA DENSA; B - CAATINGA ARBÓREA-ARBUSTIVA. FOTOS: BRAGA (2005). ..... 11
- FIGURA 3. MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DAS ECORREGIÕES DA CAATINGA. FONTE: SILVA ET AL. (2004), COM MODIFICAÇÕES. ....12
- FIGURA 4. GRÁFICO RELACIONANDO OS DIFERENTES TIPOS DE ABORDAGEM DA RESTAURAÇÃO DE ECOSISTEMAS DEGRADADOS COM AS CARACTERÍSTICAS DE FUNÇÃO E ESTRUTURA DO ECOSISTEMA ORIGINAL. FONTE: PRIMARCK E RODRIGUES, (2001). .....24
- FIGURA 5. IMAGENS AÉREAS DAS MARGENS DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE ITAIPU, BRASIL. A - ÁREAS DEGRADADAS; B - ÁREAS ALVOS DE RESTAURAÇÃO. FONTE: ITAIPU, (2007). .....25
- FIGURA 6. MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE XINGÓ CONFORME AS DETERMINAÇÕES PRESENTES EM SEU ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL, EVIDENCIANDO A DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA. FONTE: CONSPLAN, 2004, COM MODIFICAÇÕES. ....29
- FIGURA 7. IMAGEM DE SATÉLITE DA ÁREA DE ESTUDO, DESTACANDO OS SEUS LIMITES E A INTENSA FRAGMENTAÇÃO DE SUA COBERTURA VEGETAL. FONTE: EMBRAPA, (2005); GOOGLE EARTH, (2007), COM MODIFICAÇÕES. ....31
- FIGURA 8. ESQUEMA DEMONSTRANDO A INSERÇÃO DA ÁREA FOCO EM RELAÇÃO À ÁREA DE ESTUDO E OS PROCESSOS QUE FORJAM A DINÂMICA SOCIOAMBIENTAL DA REGIÃO DE XINGÓ, BRASIL. ....32
- FIGURA 9. IMAGEM DE SATÉLITE DA ÁREA FOCO DE ESTUDO (DESTAQUE), EVIDENCIANDO A AS ÁREAS DEGRADADAS PARA A CONSTRUÇÃO DOS DIQUES DE CONTENÇÃO E UHE XINGÓ, BRASIL. FONTE: EMBRAPA, (2005); GOOGLE EARTH, (2007), COM MODIFICAÇÕES. ....33

- FIGURA 10. MAPA BIOCLIMÁTICO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE XINGÓ. FONTE: SANTOS (2003), COM MODIFICAÇÕES. ....38
- FIGURA 11. CROQUI DO TRANSECTO IMPLEMENTADO NAS SEIS CONDIÇÕES AMOSTRADAS DURANTE O TRABALHO DE CAMPO NA REGIÃO DE XINGÓ, EVIDENCIANDO A DISTRIBUIÇÃO DAS PARCELAS UTILIZADAS PARA A AMOSTRAGEM DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS DE CADA CONDIÇÃO. ....39
- FIGURA 13. ILUSTRAÇÃO DE FORMAS DE ÁRVORES E PONTOS DE MEDIÇÕES. LEGENDA: DAS - DIÂMETRO A ALTURA DO SOLO; H - ALTURA. FONTE: COMITÊ TÉCNICO DA REDE DE MANEJO FLORESTAL DA CAATINGA, 2005. ....49
- FIGURA 13. INVASÕES LOCALIZADAS NA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO RESERVATÓRIO DA UHE XINGÓ, SENDO RESULTANTES DO PROCESSO DE ESPECULAÇÃO IMOBILIÁRIA NO LOCAL. A - ÁREA RECÉM DESMATADA E CERCADA PARA A COMERCIALIZAÇÃO. B - HABITAÇÃO DE VERANEIO E DE EXPLORAÇÃO DE AQUICULTURA ÀS MARGENS DO DIQUE DE CONTENÇÃO Nº 4. FOTOS: BRAGA (2007). ....57
- FIGURA 14. ATORES ENVOLVIDOS NO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DA REGIÃO DE XINGÓ, EVIDENCIANDO AS PARTICIPAÇÕES RELATIVAS NA QUANTIDADE DE ATIVIDADES POTENCIALMENTE IMPACTANTES - API E IMPACTOS AMBIENTAIS POTENCIAIS. ....59
- FIGURA 15. VARIAÇÕES NA PARTICIPAÇÃO DO TOTAL PRODUZIDO DAS PRINCIPAIS CULTURAS AGRÍCOLAS NA REGIÃO DE XINGÓ NO PERÍODO PRÉ E PÓS-CONSTRUÇÃO DA UHE. FONTE: GOMES ET AL. (1999), COM MODIFICAÇÕES. ....61
- FIGURA 16. VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE RENDA DOS MUNICÍPIOS DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE XINGÓ, DE ACORDO COM O ÍNDICE DE GINI, DURANTE E APÓS A CONSTRUÇÃO DO EMPREENDIMENTO (1991 E 2000, RESPECTIVAMENTE). FONTE: IBGE (2007), COM MODIFICAÇÕES. LEGENDA: CF - CANINDÉ DO SÃO FRANCISCO; PO - POÇO REDONDO; PA - PAULO AFONSO; GL - GLÓRIA; PI - PIRANHAS; DE - DELMIRO GOLVEIA; OD -

OLHO D'ÁGUA DO CASADO; AB - ÁGUA BRANCA; PAR - PARICONHA; JAT - JATOBÁ; AI - ÁREA DE INFLUENCIA DA UHE XINGÓ. ....	65
FIGURA 17. MONITORAMENTO DO USO DO SOLO NA REGIÃO DE XINGÓ NO PERÍODO DE 1989 A 2003. FONTE: FREIRE (2004), COM MODIFICAÇÕES. ....	70
FIGURA 18. MAPA DO USO DO SOLO DA ÁREA DE ESTUDO, ABRANGENDO OS MUNICÍPIOS DE CANINDÉ DO SÃO FRANCISCO, DELMIRO GOLVEIA, PIRANHAS E OLHO D'ÁGUA DO CASADO, EVIDENCIANDO EM TONS CLAROS AS ÁREAS DEGRADADAS DE CAATINGA. FONTE: CONSPLAN (2004), COM MODIFICAÇÕES. ....	71
FIGURA 19. FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO DO PROJETO DE PRODUÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES NATIVAS DA CAATINGA E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS - PMRAD. ....	76
FIGURA 20. ETAPAS DO PROCESSO PRODUTIVO DO PMRAD EXECUTADAS NA SEMENTEIRA - CHESF. A - SEMEADURA; B - IRRIGAÇÃO DOS TUBETES; C - EMERGÊNCIA DAS PLÂNTULAS; D - MINHOCÁRIO; E - CANTEIROS DE MUDAS; F - TRANSPORTE. FOTOS: BRAGA (2007).....	79
FIGURA 21. CERCA UTILIZADA COMO BARREIRA DE ACESSO DE ANIMAIS E PESSOAS NOS MÓDULOS SOB INTERVENÇÃO DO PMRAD. ESTA CERCA É UMA ASSOCIAÇÃO ENTRE A PALMA-ESPINHOSA (SETA), A MACAMBIRA (✦) E O ARAME FARPADO. FOTO: BRAGA (2007).....	80
FIGURA 22. VARIAÇÃO NA RENDA MÉDIA MENSAL POR PROFISSÃO ANTERIOR DOS FUNCIONÁRIOS DA SEMENTEIRA, BASEADO NOS DADOS DO QUESTIONÁRIO APLICADO EM CAMPO.....	82
FIGURA 23. EFEITO DA SOBRECARGA NA PRODUÇÃO DE MUDAS DO PMRAD, XINGÓ. <b>A</b> - MUDAS SOBRESSALENTES QUE EXTRAPOLARAM O PERÍODO CONSIDERADO ÓTIMO PARA SEU PLANTIO; <b>B</b> - ALTERAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO NORMAL DO SISTEMA RADICULAR COMUMENTE OBSERVADA NAS MUDAS SOBRESSALENTES; <b>C</b> - REMOÇÃO DAS MUDAS DOS CANTEIROS, ATRAVÉS DO CORTE DO SEU SISTEMA RADICULAR. FOTOS: BRAGA (2007).....	91

- FIGURA 24. IMPLICAÇÕES ECOLÓGICAS DO PLANTIO AGRUPADO DE INDIVÍDUOS DA MESMA ESPÉCIE NOS MÓDULOS DO PMRAD. **A - B.** INDIVÍDUO DE CARAIBEIRA (*TABEBUIA CARAIBA* (MART.) BUR.), CUJAS FOLHAS FORAM COMPLETAMENTE HERBIVORADAS PELA FASE LARVAL, EM DETALHE, DE UMA ESPÉCIE DE ESFINGÍDEO (LEPDOPTERA); **C** - DETALHE DE UMA FOLHA DE PEREIRO (*ASPIDOSPERMA PYRIFOLIUM* MART.) COMPLETAMENTE INFESTADA PELAS FASES LARVAIS DE UMA ESPÉCIE DE LEPDOPTERA. FOTOS: BRAGA (2007).....93
- FIGURA 25. PROLIFERAÇÃO DA PALMA-ESPINHOSA (*OPUNTIA* SP) CONSEQÜENTE DA AUSÊNCIA DE UM MANEJO DIRECIONADO À SUA CONTENÇÃO. **A** - PROLIFERAÇÃO NAS PROXIMIDADES DAS CERCAS; **B** - MATERIAL EM EXCESSO DESCARTADO EM CAMPO APÓS O PLANTIO DA CERCA VIVA, EM DETALHE A BROTAÇÃO DE UM DOS INDIVÍDUOS. FOTOS: BRAGA (2007).....94
- FIGURA 26. RESÍDUOS SÓLIDOS PRESENTES NAS ÁREAS SOB INTERVENÇÃO DO PMRAD. **A** - VISTA GERAL DAS PROXIMIDADES DOS MÓDULOS, MOSTRANDO OS RESÍDUOS DISPOSTOS SOB A SERRAPILHEIRA; **B** - GARRAFA PET UTILIZADA PARA A CONSERVAÇÃO DE ÁGUA; **C** - RECIPIENTE DE ALUMÍNIO DAS REFEIÇÕES (“QUENTINHAS”). FOTOS: BRAGA (2007).....95
- FIGURA 27. CAPRINOS OBSERVADOS PASTANDO DENTRO DAS ÁREAS SOB INTERVENÇÃO DO PMRAD. A SETA MOSTRA UM INDIVÍDUO ACABANDO DE PASSAR POR UMA ABERTURA NA CERCA FOTOS: BRAGA (2007).....96
- FIGURA 28. COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA AO NÍVEL DO SOLO (TS), TEMPERATURA (T1) E UMIDADE DO AR (U) A UM METRO DO SOLO OBSERVADO NAS DIFERENTES CONDIÇÕES AMOSTRADAS EM XINGÓ, BRASIL. LEGENDA: RI - REGENERAÇÃO INDUZIDA; RN - REGENERAÇÃO NATURAL; D - DEGRADADA (T=0); A - ABANDONADA (T=15 ANOS); AB - ABANDONADA (T=25 ANOS); P - PRESERVADA (T=70 ANOS).....102
- FIGURA 29. VISTA GERAL DAS ÁREAS AMOSTRADAS, EVIDENCIANDO AS MODIFICAÇÕES DA COBERTURA VEGETAL, AO LONGO DO GRADIENTE SUCESSIONAL, BEM COMO, A PRESENÇA DE UM ESTRATO HERBÁCEO DENSO NA MAIORIA DESTAS ÁREAS. **A** - REGENERAÇÃO INDUZIDA; **B** -

REGENERAÇÃO NATURAL; C - DEGRADADA (T=0); D - ABANDONADA (T=15 ANOS); E - ABANDONADA (T=25 ANOS); F - PRESERVADA (T=70 ANOS).....103

FIGURA 30. COMPORTAMENTO DA ALTURA E DO DIÂMETRO À ALTURA DO SOLO - DAS DOS INDIVÍDUOS AO LONGO DAS DIFERENTES CONDIÇÕES AMOSTRADAS EM XINGÓ, BRASIL. LEGENDA: RI - REGENERAÇÃO INDUZIDA; RN - REGENERAÇÃO NATURAL; D - DEGRADADA (T=0); A - ABANDONADA (T=15 ANOS); AB - ABANDONADA (T=25 ANOS); P - PRESERVADA (T=70 ANOS). .....106

FIGURA 31. COMPORTAMENTO DA ABUNDÂNCIA E DA RIQUEZA AO LONGO DAS DIFERENTES CONDIÇÕES AMOSTRADAS EM XINGÓ, BRASIL, SENDO OS VALORES DO SEGUNDO PARÂMETRO TRANSFORMADOS UTILIZANDO A RAIZ QUADRADA. LEGENDA: RI - REGENERAÇÃO INDUZIDA; RN - REGENERAÇÃO NATURAL; D - DEGRADADA (T=0); A - ABANDONADA (T=15 ANOS); AB - ABANDONADA (T=25 ANOS); P - PRESERVADA (T=70 ANOS).....108

FIGURA 32. FREQUÊNCIA RELATIVA DAS ESPÉCIES NÃO ENDÊMICAS MAIS ABUNDANTES INVENTARIADAS NAS DIFERENTES CONDIÇÕES AMOSTRADAS EM XINGÓ, BRASIL. LEGENDA: D - DEGRADADA (T=0); A - ABANDONADA (T=15 ANOS); AB - ABANDONADA (T=25 ANOS); P - PRESERVADA (T=70 ANOS).....113

FIGURA 33. QUANTIDADE DE ESPÉCIES POR CLASSE DE FREQUÊNCIA (MUITO ABUNDANTE, ABUNDANTE E RARA) OBSERVADA NA CRONOSSEQUÊNCIA SUCESSIONAL ANALISADA EM XINGÓ, BRASIL. LEGENDA: D - DEGRADADA (T=0); A - ABANDONADA (T=15 ANOS); AB - ABANDONADA (T=25 ANOS); P - PRESERVADA (T=70 ANOS). .....115

FIGURA 34. VALORES DOS ÍNDICES DE DIVERSIDADE DE SHANNON (H') E SIMPSON (I) OBSERVADOS AO LONGO DAS DIFERENTES CONDIÇÕES AMOSTRADAS EM XINGÓ, BRASIL. LEGENDA: RI - REGENERAÇÃO INDUZIDA; RN - REGENERAÇÃO NATURAL; D - DEGRADADA (T=0); A - ABANDONADA

(T=15 ANOS); AB - ABANDONADA (T=25 ANOS); P - PRESERVADA (T=70 ANOS).....117

FIGURA 35. DENDROGRAMA DE SIMILARIDADE FLORÍSTICA OBTIDO POR UMA MATRIZ DE PRESENÇA / AUSÊNCIA DAS ESPÉCIES PRESENTES NAS CONDIÇÕES AMOSTRADAS EM XINGÓ, UTILIZANDO O MÉTODO SAHN E O QUOCIENTE DE JACCARD. LEGENDA: RI - REGENERAÇÃO INDUZIDA; RN - REGENERAÇÃO NATURAL; D - DEGRADADA (T=0); A - ABANDONADA (T=15 ANOS); AB - ABANDONADA (T=25 ANOS); P - PRESERVADA (T=70 ANOS); - - - LIMITE DE SIGNIFICÂNCIA ( $\alpha = 0,05$ ) .....121

FIGURA 36. DENDROGRAMA DE DISSIMILARIDADE BASEADO NOS DADOS QUANTITATIVOS (FREQÜÊNCIA RELATIVA DAS ESPÉCIES E MÉDIAS DE CADA PARÂMETRO ABIÓTICO ANALISADO) DAS CONDIÇÕES AMOSTRADAS EM XINGÓ, UTILIZANDO O MÉTODO SAHN E A DISTÂNCIA BRAY-CURTIS. LEGENDA: RI - REGENERAÇÃO INDUZIDA; RN - REGENERAÇÃO NATURAL; D - DEGRADADA (T=0); A - ABANDONADA (T=15 ANOS); AB - ABANDONADA (T=25 ANOS); P - PRESERVADA (T=70 ANOS); - - - LIMITE DE SIGNIFICÂNCIA ( $\alpha = 0,05$ ).....123

FIGURA 37. IMPACTOS PROVOCADOS POR *PROSOPIS JULIFLORA* (ALGAROBA) NOS MÓDULOS DO PROGRAMA DE PRODUÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES NATIVAS E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS - PMRAD EXECUTADO EM XINGÓ, BRASIL. A - VISTA GERAL DO SUB-BOSQUE DO "MÓDULO 1", EVIDENCIANDO O ESTÁGIO INICIAL DO TOMBAMENTO DE ALGUNS INDIVÍDUOS. B - VISTA DAS COVAS (SETAS) VAZIAS, DEVIDO À MORTALIDADE DOS INDIVÍDUOS PLANTADOS CAUSADA PELA COMPETIÇÃO INTERESPECÍFICA COM *P. JULIFLORA*. C - SOLO EXPOSTO PELO SISTEMA RADICULAR DE UM ESPÉCIME DE *P. JULIFLORA* TOMBADO.....128

---

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Desertificação no Nordeste, área e população afetada. Fonte: Ferreira <i>et al.</i> 1988, com modificações.....	18
TABELA 2. IDENTIFICAÇÃO DOS ATORES ENVOLVIDOS NO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO, IDENTIFICANDO, ATRAVÉS DE <i>CHECK-LIST</i> , AS ATIVIDADES POTENCIALMENTE IMPACTANTES – API POR ELAS GERADAS E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS POTENCIAIS SOBRE OS RECURSOS NATURAIS DA REGIÃO DE XINGÓ, BRASIL.	54
TABELA 3. QUADRO COMPARATIVO DA QUANTIDADE PRODUZIDA DAS PRINCIPAIS LAVOURAS NO PERÍODO ANTERIOR E POSTERIOR A CONSTRUÇÃO DA UHE XINGÓ (1980 E 1996, RESPECTIVAMENTE). FONTE: GOMES <i>ET AL.</i> (1999), COM MODIFICAÇÕES.	61
TABELA 4. VARIAÇÃO DO EFETIVO DOS REBANHOS (CABEÇAS) DA REGIÃO DE XINGÓ NO PERÍODO DE 1980 A 1996. FONTE: GOMES <i>ET AL.</i> (1999); IBGE (1999).	62
TABELA 5. VARIAÇÃO DA POPULAÇÃO RESIDENTE NOS MUNICÍPIOS DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE XINGÓ ENTRE OS ANOS DE 1980, 1996 E 2007. FONTE: GOMES <i>ET AL.</i> (1999); IBGE (2007), COM MODIFICAÇÕES.	64
TABELA 6. PARÂMETROS POPULACIONAIS E INDICADORES DAS CONDIÇÕES DE DESENVOLVIMENTO HUMANO DOS MUNICÍPIOS DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE XINGÓ, NO PERÍODO PRÉ E PÓS-CONSTRUÇÃO DO EMPREENDIMENTO. FONTE: IPEA, 2000; BANCO DE DADOS DA CAATINGA – PERNAMBUCO (2003); IBGE (2007), COM MODIFICAÇÕES.	66
TABELA 7. INVENTÁRIO DAS ESPÉCIES OBSERVADAS NAS SEIS CONDIÇÕES AMBIENTAIS AMOSTRADAS EM XINGÓ, BRASIL.	110
TABELA 8. VALORES OBSERVADOS PARA A SIMILARIDADE FLORÍSTICA (COEFICIENTE DE SIMILARIDADE DE JACCARD) AO LONGO DAS DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS AMOSTRADAS EM XINGÓ, BRASIL.	121
TABELA 9. VALORES DE DISSIMILARIDADE (DISTÂNCIA BRAY-CURTIS) OBSERVADOS ENTRE AS DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS AMOSTRADAS EM XINGÓ, BRASIL.	123

---

**SUMÁRIO**

<b>RESUMO</b> .....	<b>XI</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XII</b>
<b>LISTA DE SIGLAS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>XV</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>4</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
<b>3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO</b> .....	<b>5</b>
<b>4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>6</b>
4.1 CAATINGA: DESCRIÇÃO, PARTICULARIDADES E ESTADO DE CONSERVAÇÃO .....	6
4.1.1 <i>Características abióticas</i> .....	8
4.1.2 <i>Características Bióticas</i> .....	9
4.1.3 <i>Estado de conservação</i> .....	14
4.1.4 <i>Degradação</i> .....	15
4.2 LEGISLAÇÃO APLICADA À RESTAURAÇÃO FLORESTAL.....	19
4.3 RESTAURAÇÃO AMBIENTAL: TEORIA E PRÁTICA.....	21
<b>5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>28</b>
5.1 ÁREA DE ESTUDO .....	28
5.2 ÁREA FOCO DO ESTUDO .....	32
<b>6 METODOLOGIA</b> .....	<b>35</b>
6.1 DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE COLETA.....	35
6.2 DESENHO EXPERIMENTAL E UNIDADE AMOSTRAL .....	39

6.3	MÉTODOS .....	40
6.3.1	<i>Montagem do cenário socioambiental atual da Área de Estudo.....</i>	40
	<i>I. Identificação dos principais atores envolvidos, das suas atividades potencialmente impactantes e dos impactos ambientais potenciais.....</i>	41
	<i>II. Análise das modificações geradas pela construção da UHE Xingó sobre a dinâmica sócio-econômica local .....</i>	41
6.3.2	<i>Descrição e Avaliação do Projeto Produção de Mudas das Espécies da Caatinga e Recuperação de Áreas Degradadas – PMRAD.....</i>	43
6.3.3	<i>Diagnóstico da sucessão ecológica na região de Xingó e avaliação dos módulos sob intervenção do PMRAD .....</i>	44
	<i>I. Parâmetros abióticos.....</i>	46
	<i>II. Parâmetros bióticos .....</i>	48
6.3.4	<i>Análise dos dados .....</i>	49
<b>7</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>52</b>
7.1	CENÁRIO AMBIENTAL DA REGIÃO DE XINGÓ – DESENVOLVIMENTO X DEGRADAÇÃO AMBIENTAL.....	52
7.1.1	<i>Evolução Histórica .....</i>	52
7.1.2	<i>Atores envolvidos no processo de degradação da vegetação .....</i>	53
7.1.3	<i>Análise das modificações geradas pela construção da UHE Xingó sobre a dinâmica sócio-econômica local .....</i>	59
7.1.4	<i>Considerações Finais .....</i>	72
7.2	PROGRAMA DE PRODUÇÃO DE MUDAS E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS – CHESF: MEIO AMBIENTE X CONFLITOS SOCIAIS .....	74
7.2.1	<i>Caracterização do Projeto .....</i>	74
7.2.2	<i>Avaliação do processo produtivo e da metodologia empregada .....</i>	85
7.2.3	<i>Considerações Finais .....</i>	98

7.3	ANÁLISE DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS AO LONGO DA CRONOSSEQUÊNCIA SUCESSIONAL E A AVALIAÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL E INDUZIDA DE ÁREAS DEGRADADAS PRESENTES NA REGIÃO DE XINGÓ, BRASIL.....	100
7.3.1	<i>Análise dos parâmetros ambientais</i> .....	100
	<i>I. Parâmetros Abióticos</i> .....	100
	<i>II. Parâmetros Bióticos</i> .....	104
7.3.2	<i>Análise comparativa das áreas degradadas por dois diferentes agentes de antropismo e avaliação das áreas sob intervenção do PMRAD</i> .....	124
7.3.3	<i>Considerações Finais</i> .....	129
8	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>131</b>
9	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>133</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>146</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade, observa-se que o desenvolvimento das sociedades sempre esteve atrelado ao aumento do consumo de recursos ambientais, tendo conseqüências diretas sobre a paisagem através de mudanças no uso e ocupação do solo (GRAU *et al.*, 2003).

A intervenção antrópica sobre as áreas naturais proporciona intensas transformações em sua dinâmica, ligadas à perda e fragmentação de habitats, à degradação do solo, à introduções de espécies e às mudanças na estrutura da vegetação (RAMBALDI e OLIVEIRA, 2005). Indiretamente, a perda de cobertura vegetal afeta as interações entre a biosfera e a atmosfera (ciclos de biogeoquímicos), e entre ecossistemas e sistemas culturais (TURNER *et al.*, 1990).

Segundo Watson *et al.* (2001), estas mudanças são, atualmente, mais intensas nos países em desenvolvimento, pois estes possuem uma economia de base agrícola, caracterizada pela constante expansão das fronteiras agrícolas e pelas altas taxas de crescimento populacional.

Porém, no século XX, os efeitos desta prática foram externalizados, gerando intensos debates a nível mundial sobre a não sustentabilidade de seus sistemas produtivos (VIANA, 2001). Assim, houve uma grande difusão dos princípios conservacionistas, atrelados à criação de novas ciências, como a Gestão Ambiental, e de novos ramos dentro das ciências afins (YOUNG *et al.* 2005).

Neste contexto, observa-se, a nível global, um rápido crescimento do conhecimento científico gerado por estas novas ciências, principalmente pela Biologia da Conservação e Ecologia da Restauração (YOUNG, 2000).

Segundo a Society for Ecological Restoration Science and Policy - SER (2004), a restauração ecológica de áreas degradadas é definida como: “*a prática de atividades que induzem, ou aceleram, intencionalmente o processo de regeneração dos ecossistemas degradados, recuperando sua integridade e sustentabilidade*”, sendo realizada com base nas teorias geradas pela Ecologia da Restauração (CAIRNS e HECKMAN 1996; CARPANEZZI, 2005).

No Brasil, a restauração ambiental passou a ser exigida desde 1965 através do Código Florestal (Lei Federal nº 4.771/65), sendo uma prática comumente observada nos Planos Básicos Ambientais – PBA de empreendimentos de grande porte.

No início, o conhecimento nesta área era gerado pelo método de tentativa e erro, porém atualmente já se construiu um *know-how* de técnicas de restauração para os ambientes mais estudados, como a Floresta Tropical Atlântica e a Floresta Amazônica (CARPANEZZI, 2005). Poucas experiências são conhecidas para a recuperação de áreas nos demais Biomas brasileiros, principalmente os mais secos, como a Caatinga.

Pereira *et al.* (2001) destacam que existe uma carência de informações a respeito da estrutura e dinâmica das comunidades, e sobre os processos de sucessão ecológica e de regeneração natural dos ecossistemas observados na Caatinga, sendo estas informações fundamentais à formulação de metodologias eficazes de restauração ambiental neste Bioma. Além disso, a eficácia destas intervenções tem conseqüências indiretas sobre uma parcela substancial da população brasileira que reside neste Bioma e utiliza seus recursos naturais para sobrevivência.

A presente Dissertação contribui para suprir esta carência, pois fornece parâmetros para a identificação das etapas da regeneração natural em área de Caatinga Arbórea, como também, para o monitoramento *in situ* da evolução temporal destas modificações.

Este estudo também fornece subsídios para a elaboração de futuros projetos de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas a serem implementados em áreas sob o domínio da Caatinga, atuando diretamente na melhoria dos processos até então utilizados para a restauração de áreas improdutivas susceptíveis ao processo de desertificação.

Os resultados apresentados podem contribuir para a elaboração de projetos eficazes de restauração das áreas de Reserva Legal no Bioma, exigidas pela Legislação Federal, principalmente os relacionados à restauração das Matas Ciliares do rio São Francisco que se encontram severamente fragmentadas. A

recomposição destas áreas é uma das ações prioritárias determinadas pelos estudos da biodiversidade da Caatinga realizados pelo Ministério do Meio Ambiente (SILVA *et al.* 2004).

Outro projeto a nível federal que vem sendo realizado e que engloba a temática proposta é o Programa de Desenvolvimento Sustentável do Semi-Árido e da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, conhecido como Projeto de Revitalização do São Francisco. Uma das ações de revitalização em andamento é o Reflorestamento de Nascentes, Margens e Áreas Degradadas na Bacia do Rio São Francisco. Desta forma, os resultados obtidos neste estudo poderão subsidiar as ações de recomposição ambiental previstas nestes projetos (BRASIL, 2004).

O presente estudo também tem importância institucional, pois avaliou a experiência de restauração adquirida durante mais de 10 anos pela Companhia Hidro Elétrica do São Francisco - Chesf na Área de Estudo, através da execução do Projeto Produção de Mudas das Espécies Nativas da Caatinga e Recuperação de Áreas Degradadas - PMRAD e que, até então, não possuía nenhum subsídio técnico-científico que avaliasse a eficácia do mesmo como agente indutor da recomposição da vegetação e da qualidade ambiental das áreas sob sua intervenção. Os dados obtidos irão nortear as medidas de controle, visando o redirecionamento das ações para o objetivo principal deste programa.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Este estudo teve como objetivo analisar o processo de geração e regeneração natural e induzida de áreas degradadas de Caatinga na Área de Influência Direta da Usina Hidrelétrica de Xingó - UHE Xingó, com vistas a fornecer subsídios técnico-científicos às ações voltadas à conservação e a recuperação deste Bioma.

### 2.2 Objetivos específicos

- Descrever o processo de degradação ambiental no Município de Canindé do São Francisco - SE, após a implantação da UHE Xingó, identificando os diversos atores envolvidos, bem como, as conseqüências deste empreendimento sobre a cobertura vegetal e a dinâmica social local.
- Descrever a metodologia empregada nos Programas de Recuperação de Áreas Degradadas executados na Área de Estudo e compará-la com as teorias de Restauração de Ecossistemas observadas na Literatura.
- Analisar como os parâmetros ambientais chaves se comportam ao longo de uma cronosseqüência sucessional, identificando indicadores de qualidade ambiental para serem aplicados em diagnósticos e em metodologias de Recuperação de Ecossistemas Degradados na Caatinga.
- Identificar qual ator do processo de degradação gera impactos mais significativos sobre o processo de regeneração das áreas degradadas na Área de Estudo: a população local ou o Poder Público através da construção da Usina Hidrelétrica.
- Avaliar a eficácia da metodologia empregada nos Programas de Recuperação de Áreas Degradadas identificados em promover a regeneração das áreas sob sua intervenção.

### 3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está dividida em quatro partes, além da introdução, sendo a primeira composta pelas bases conceituais que permeiam todo o estudo, descrevendo o Bioma Caatinga, o processo de degradação ambiental e a contextualização dos aspectos técnicos e jurídicos da Restauração Ambiental. As demais partes apresentam os resultados obtidos neste estudo, descrevendo paulatinamente os componentes da problemática estudada.

A segunda parte descreveu o processo de formação do cenário socioambiental atual da Área de Estudo, onde foram identificados os atores deste processo e como cada um contribui para o quadro de degradação ambiental observado, facilitando o entendimento da real complexidade da problemática estudada.

Em seguida, terceira parte, descreveu-se o Projeto Produção de Mudanças das Espécies da Caatinga e Recuperação de Áreas Degradadas – PMRAD executado pela Chesf na tentativa de gerenciamento de seus passivos ambientais na Área de Estudo, discutindo, além dos aspectos técnicos e ambientais, o seu papel como agente promotor de transformações sociais ao nível local.

A quarta e última parte desta dissertação foi dividida em dois momentos: a princípio, gerou-se conhecimento técnico sobre a dinâmica e estrutura da vegetação ao longo da sucessão natural, viabilizando assim, o processo de análise comparativa entre as áreas degradadas e os módulos sob intervenção do PMRAD. Estes dados permitiram, no segundo momento, avaliar a eficácia deste projeto como ferramenta de indução da recomposição da vegetação e da qualidade ambiental das áreas sob sua intervenção.

A fim de se ter uma visão de conjunto de toda a dissertação optou-se por um item à parte, cuja intenção é a de servir como fecho, sendo este item denominado de “Conclusão”. Espera-se que as informações aqui reunidas reflitam o esforço realizado para o estudo do tema, de modo que possa contribuir para a gestão e manejo da recuperação do Bioma Caatinga.

Os resultados obtidos neste estudo serão convertidos em manuscritos a serem enviados para publicação em periódicos especializados, como *Journal of Brazilian Forest Science*, *Journal of Arid Environments* e *Revista Ambiente e Sociedade*.

## 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1 Caatinga: descrição, particularidades e estado de conservação

O nome Caatinga tem origem Tupi-Guarani e significa “floresta branca”, que caracteriza o aspecto da vegetação no período seco, quando grande parte das espécies vegetais perde as folhas, ressaltando o aspecto esbranquiçado dos troncos na paisagem árida (ALBUQUERQUE e BANDEIRA, 1995).

Comumente, a denominação Caatinga tem sido usada de forma errônea para definir a região geográfica do Nordeste do Brasil, incluindo, assim, áreas pertencentes a outros Biomas, como a Chapada do Araripe, cuja vegetação é de Cerrado, e as florestas úmidas dos Brejos de Altitudes de Pernambuco (CASTELLANOS, 1960).

A Caatinga é o único Bioma exclusivamente brasileiro (FERRI, 1980; LEAL *et al.* 2003a), compreendendo uma área aproximada de 734.478km<sup>2</sup>, o que representa 70% da Região Nordeste e 11% do território Nacional (BUCHER, 1982; RIZZINI, 1997). Este Bioma abrange os Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, a maior parte da Paraíba e Pernambuco, sudeste do Piauí, oeste de Alagoas e Sergipe, região norte e central da Bahia e uma faixa que se estende em Minas Gerais, seguindo o rio São Francisco, juntamente com um enclave no vale seco da região média do rio Jequitinhonha (Figura 1). A ilha de Fernando de Noronha, devido as suas particularidades biogeográficas, também pode ser incluída sob seu domínio (ANDRADE-LIMA, 1981).

A grande extensão territorial e os diferentes tipos de habitats nela inseridos fazem com que as Caatingas, ao nível macro, englobem hoje um número elevado de diferentes fitofisionomias<sup>1</sup>, o que justifica a utilização do plural por muitos autores ao se referirem a este Bioma (ANDRADE-LIMA, 1966; SAMPAIO, 1995; SILVA *et al.* 2004).

---

<sup>1</sup> Fitofisionomia: Feições características ou aspecto de uma comunidade vegetal ou vegetação. Está relacionada às formas de vida, proporções e arranjos dos indivíduos utilizada na descrição de uma vegetação (BRITO-RAMOS e BRAGA, 2006).



Figura 1. Mapa da distribuição das Caatingas no Brasil. Fonte: Fundação Biodiversitas (2006).

#### 4.1.1 Características abióticas

As Caatingas são caracterizadas por estarem distribuídas em áreas de clima do tipo semi-árido quente, com altas temperaturas, precipitações escassas e irregulares, o que proporciona 7 a 10 meses de forte estação seca (Nimer, 1972). Cerca da metade de sua área de abrangência recebe menos de 750mm de precipitação anual, chegando em algumas áreas a chover menos de 500mm, como é o caso do Raso da Catarina - Bahia e das áreas centrais dos Estado de Pernambuco e Paraíba (PRADO, 2003). Soma-se a isto, uma taxa de evaporação média anual de 2.555mm (MENDES, 1997).

Se comparadas aos demais Biomas brasileiros, sob o ponto de vista meteorológico, as Caatingas apresentam características extremas, tais como, a mais alta radiação solar e temperatura média anual, baixa nebulosidade, além da mais baixa taxa anual de umidade relativa (BRITO-RAMOS e BRAGA, 2006).

Apresenta-se distribuída sobre os domínios geomorfológicos cristalino e sedimentar, sendo estes caracterizados por apresentar, em sua maior parte, solos rasos e rochosos (SAMPAIO, 1995), geralmente pobres em matéria orgânica, embora ricos em sais minerais solúveis, principalmente cálcio e potássio. Possuem pH neutro ou próximo da neutralidade, comumente não havendo necessidade de correção do mesmo para a prática agrícola (MENDES, 1997).

Apenas, 33,1% dos solos apresentam problemas de fertilidade, porém 82% de sua área total apresentam algum tipo de limitação, refletindo em baixos níveis de produtividade e, quando explorados indevidamente, podem chegar a um nível de degradação cuja recuperação é economicamente inviável (CONSELHO NACIONAL DA RESERVA DA BIOSFERA DA CAATINGA, 2004).

Nos solos expostos é comum a ocorrência de uma crosta impermeável que dificulta a infiltração da água e facilita o carreamento superficial e a erosão (MENDES, 1997).

#### 4.1.2 Características Bióticas

As características abióticas impõem fortes pressões seletivas sobre a biota, fazendo com que as espécies atualmente presentes neste Bioma desenvolvam adaptações únicas aos habitats semi-áridos, tendo como consequência o seu elevado nível de endemismo<sup>2</sup> (SILVA *et al.* 2004).

Muitas espécies presentes nas Caatingas adquiriram evolutivamente diversas estratégias de sobrevivência, tendo, muitas delas, caracteres convergentes<sup>3</sup>. Alguns destes caracteres podem ser observados em uma mesma espécie, sendo resultado de sua estratégia evolutiva para evitar ou tolerar as condições de estresse imposta pelo ambiente, principalmente o hídrico (BRITO-RAMOS e BRAGA, 2006).

São exemplos destas características os xilopódios<sup>4</sup>, raízes com capacidade de acumulação de água (tuberosas), troncos suberificados, caules suculentos e clorofilados, folhas modificadas em espinhos, folhas cerificadas e/ou pequenas e caducas, processo fotossintético com absorção de CO<sub>2</sub> durante a noite, minimizando as perdas com a transpiração, ciclo de vida curto, assim como, sementes dormentes, sendo comum a semelparidade<sup>5</sup>. Esta última é largamente observada nas espécies herbáceas e lianas (BRITO-RAMOS e BRAGA, 2006).

Estudos recentes mostraram a elevada riqueza das Caatingas em termos de biodiversidade, desmistificando o conceito de que o Bioma era estéril e pobre neste aspecto (SILVA e OREN, 1997; MMA, 1998a).

---

<sup>2</sup> Endemismo: A qualidade do que é confinado a uma certa região (BEGON *et al.* 2006).

<sup>3</sup> Caracteres Convergentes: Características presentes atualmente na biologia de determinado grupo de espécies que foram originadas de forma independente durante o processo evolutivo, não sendo resultante da presença de um ancestral (RAVEN *et al.* 1992).

<sup>4</sup> Xilopódio: Tubérculo lenhoso, localizado sob o solo, capaz de armazenar água e alimento e que apresenta gemas capazes de refazer a parte aérea, perdida na estação seca, na presença de chuva (RAVEN *et al.* 1992).

<sup>5</sup> Semelparidade: Termo que designa a não ocorrência de sobreposição de gerações nas populações pertencentes a determinadas espécies, ou seja, a geração dos pais morre após gerar os filhos (BEGON *et al.* 2006, p. 97).

Rodal e Sampaio (2002) ao analisarem as definições e delimitações já feitas para as Caatingas separaram alguns aspectos relativos à vegetação que eles consideraram comuns e que poderiam, desta forma, ser utilizados como características básicas:

1. Vegetação que cobre uma área mais ou menos contínua, submetida a um clima semi-árido, bordado por áreas de clima mais úmido;
2. Esta área seca está, na sua maior parte, confinada à região geopolítica definida como Nordeste, possuindo, também, áreas na região norte do Estado de Minas Gerais, nas localidades pertencentes ao Polígono das Secas;
3. Uma vegetação cujas plantas possuem adaptações à deficiência hídrica;
4. Vegetação com espécies endêmicas às áreas de semi-árido e outras de ocorrência exclusiva de áreas secas.

As Caatingas podem ser caracterizadas como formações arbóreo-arbustivas, hierarquizadas em diversas tipologias, muitas das quais são desconhecidas do ponto de vista ecológico (Pereira *et al.* 2001), sendo condicionadas pelos regimes de chuvas e, principalmente, pelos tipos de solos (Figura 2). As fisionomias podem variar de florestas altas e secas com 15 a 20m de altura encontradas em solos mais profundos e férteis (Figura 2A) e em localidades mais úmidas, até afloramentos rochosos (Figura 2B) colonizados por arbustos baixos e esparsos (Brito-Ramos e Braga, 2006).

Prado (2003), em sua revisão intitulada “As Caatingas da América do Sul”, postula que a Caatinga constitui uma unidade facilmente identificável, composta por uma biota que a distingue dos demais Biomas. O autor fundamenta o seu raciocínio afirmando que:

*“Como a Caatinga recobre grande parte do território nacional, a biota que a compõe não tem características uniformes nesta vasta área, mas cada uma destas características, somadas aos fatores abióticos, são distribuídas de tal modo que suas áreas de ocorrência têm um grau de sobreposição razoável. Isto permite identificar áreas nucleares, onde um maior número de características consideradas básicas se sobrepõem, e áreas marginais, aonde este número vai diminuindo, até chegar a regiões onde as características da biota e do meio definem outro tipo de vegetação”.*



Figura 2. Vistas gerais da Caatinga na região de Xingó-Brasil. **A** - Caatinga Arbórea Densa; **B** - Caatinga Arbórea-Arbustiva. Fotos: Braga (2005).

Esta forma de identificação é utilizada pela maioria dos estudos para a definição dos sistemas de classificação que tenham tratado das Caatingas, mesmo que de forma implícita. Um exemplo da aplicação desta metodologia pode ser observado na Figura 3 que mostra a distribuição das unidades macro das Caatingas.

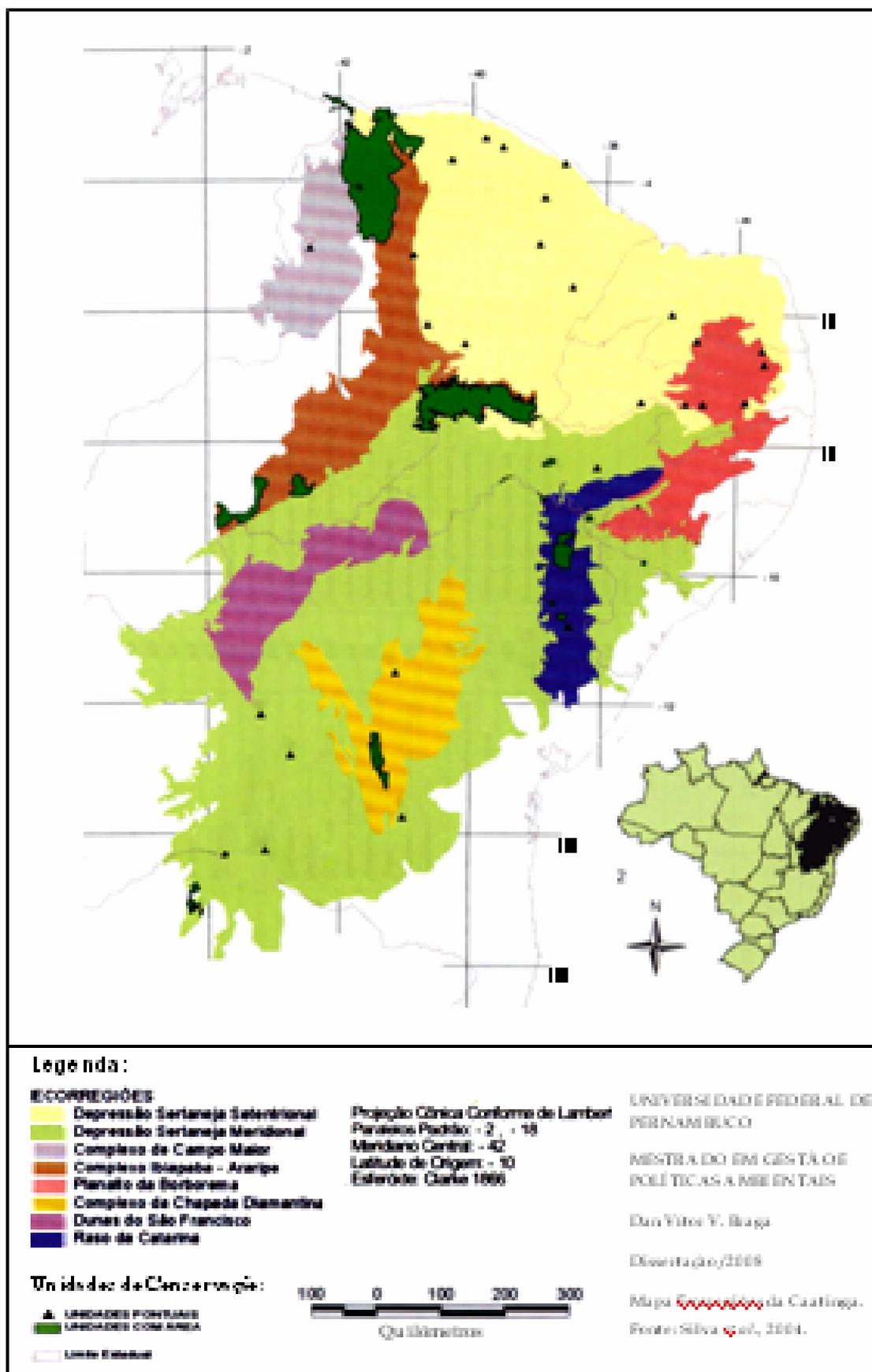


Figura 3. Mapa de distribuição das Ecorregiões da Caatinga. Fonte: Silva *et al.* (2004), com modificações.

Muitos autores tentaram analisar e identificar as diferentes unidades da vegetação das Caatingas através das diferenças entre critérios relacionados a fitofisionomia e florística (LUETZELBURG, 1923; ANDRADE-LIMA, 1954; RIZZINI, 1963; VELOSO, 1964).

Prado (2003) destaca o trabalho de Andrade-Lima (1981) como o mais coerente na classificação do tipo de vegetação presente no Bioma, onde o autor trata esta vegetação como um domínio, estando seu trabalho fundamentado nos registros de seus antecessores e nos resultados de seus inúmeros estudos (ANDRADE-LIMA 1953; 1954; 1960; 1966; 1970; 1973; 1978). Esta concepção tem se mantido com o passar do tempo praticamente sem alterações (PRADO, 1991; 2003; SAMPAIO, 1995; SAMPAIO e RODAL, 2000).

Andrade-Lima (1981) dividiu as Caatingas em seis unidades vegetacionais:

- **UNIDADE I: Tipo de vegetação 1, Floresta de Caatinga Alta**, cuja vegetação é muito diferente das demais vegetações típicas do Bioma. Este tipo se conecta ao Bioma por apresentar semelhanças em relação à presença de um período sem folhas e a composição florística. Algumas descrições desta unidade permitem a inclusão de pelo menos algumas destas florestas secas como Caatinga Arbórea.
- **UNIDADE II: Tipo de vegetação 2, 3, 4 e 6, típica Floresta de Caatinga Média**. Possui densidades variáveis nas camadas arbóreas, 7 a 15m de altura. Unidade bem disseminada pelo Nordeste, apresentando, desta forma, uma grande variedade de formas. Várias espécies dominantes na unidade anterior se apresentam como elementos espalhados nestes tipos de comunidades.
- **UNIDADE III: Tipo de vegetação 5, Floresta de Caatinga Baixa**. Unidade muito distinta por ser restrita às áreas de solos arenosos no centro-sul do Estado de Pernambuco (tabuleiro Moxotó) e norte da Bahia (Raso da Catarina).
- **UNIDADE IV: Tipo de vegetação 7, 8, 9 e 10, Caatinga Arbustiva Densa ou Aberta**. Unidade vegetacional atualmente mais comumente encontrada na área de distribuição do Bioma. Existem discussões relativas ao caráter natural deste tipo de vegetação, cogitando-se a hipótese dele ser resultado da ação antrópica

sobre as outras Unidades. Apesar destas discussões, Carvalho (1986) não considera esta vegetação como secundária, devido a sua estabilidade temporal. Além disso, as áreas onde está distribuída a Unidade IV correspondem geograficamente às áreas cujos aspectos abióticos são os mais adversos deste Bioma, como o Vale do rio São Francisco (Tipo nº 7), o “Seridó” (Tipo nº 9), ou a vegetação dos Cariris Velhos, Paraíba (Tipos nº 8 e 10, no platô da Borborema).

- **UNIDADE V: Tipo de vegetação 11, Caatinga Arbustiva Aberta Baixa.** Tipo muito restrito em superfície e área, estando presente em solos rasos e arenosos, sob longos períodos secos (8 - 9 meses) e com a altura dos indivíduos variando de 0,7 a 1m. Geralmente, esta última característica pode estar correlacionada ao excesso de pastoreio.
- **UNIDADE VI: Tipo de vegetação 12, Floresta Ciliar,** localizada ao longo dos cursos d’água principalmente nos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte. As áreas em que esta Unidade está distribuída apresentam disponibilidade anual de água, seja através dos lençóis freáticos (na estação seca) ou pela inundação (na chuvosa). As espécies nela presentes possuem uma maior tolerância à salinidade, comumente observada nos solos aluviais.

Prado (2003), após estudos complementares na Unidade II, acrescentou mais uma unidade, a **UNIDADE VII: Tipo de vegetação 13, Floresta de Caatinga Média.** Esta Unidade difere da Unidade II por apresentar um conjunto distinto de espécies que são restritas a este tipo de vegetação.

#### 4.1.3 Estado de conservação

Existe uma gama de informações referentes aos fatores abióticos, principalmente no que se refere aos seus limites territoriais e particularidades climáticas (ANDRADE *et al.*, 1999, SÁ, 2004). Constata-se, porém, uma carência de informações referentes à dinâmica biológica de seus ecossistemas, principalmente

relativos a parâmetros fitossociológicos<sup>6</sup>, aos processos de sucessão ecológica<sup>7</sup> e de regeneração natural (IBAMA, 1992, ARAÚJO FILHO, 1996).

A conservação das Caatingas é importante para a manutenção dos padrões regionais e globais do clima, da disponibilidade de água potável, de solos agricultáveis e por uma parcela considerável da biodiversidade do planeta (TABARELLI e SILVA, 2003).

Além da elevada pressão antrópica, existe a carência de criação e implementação de Unidades de Conservação - UC<sup>8</sup> neste Bioma, o que tem como resultado o fato de que várias de suas espécies encontram-se ameaçadas de extinção global, como por exemplo a Aroeira (*Myracruodon urundeuva* Fr. All.) e a Baraúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.) para a flora e a Ararinha-Azul (*Cyanopsitta spixii* Wagler 1820) para a fauna, sendo que esta última já é considerada como oficialmente extinta (MMA, 1998a).

Estes indicadores refletem a omissão histórica do Poder Público na execução de políticas voltadas para a conservação da diversidade biológica presente nas Caatingas e de seus demais recursos ambientais, bem como, na realização e incentivo à prática de ações que garantam a sustentabilidade dos assentamentos humanos nelas presentes.

#### 4.1.4 Degradação

Não obstante o seu desconhecimento, as Caatingas, historicamente, são alvos de uma elevada pressão antrópica, que acaba por degradar os seus recursos ambientais ao longo do tempo (CASTELLETTI *et al.* 2004). Isto se deve ao fato deste Bioma ser a principal fonte de renda, direta ou indireta, de uma parcela substancial da população residente que utiliza seus recursos naturais para

---

<sup>6</sup> Parâmetros Fitossociológicos: São parâmetros utilizados no estudo da Fitossociologia, que fornecem dados importantes sobre a estrutura da vegetação (ANDRADE, 2004).

<sup>7</sup> Sucessão Ecológica: A substituição de populações num hábitat através de uma progressão regular em direção a um estado estável (BEGON *et al.* 2006).

<sup>8</sup> Unidade de Conservação: Espaços territoriais e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público com objetivo de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (Lei Federal nº 9.985/2000).

sobrevivência e, por consequência, movimentar a economia local (TEUCHLER e MOURA, 2002).

A *Food and Agriculture Organization of the United Nations* - FAO (2003) identificou um padrão global para o processo de degradação ambiental decorrente da ação antrópica, sendo composto por cinco componentes:

1. Degradação das populações animais e vegetais (degradação biótica e perda de biodiversidade) resultantes dos impactos<sup>9</sup> do antropismo.
2. Degradação do solo, que pode ocorrer por efeito físico (erosão hídrica ou eólica e compactação) ou por efeito químico (salinização ou sodificação).
3. Degradação das condições hidrológicas da superfície devido à perda da cobertura vegetal.
4. Degradação das condições geohidrológicas (águas subterrâneas) devido às modificações das condições de recarga e à poluição.
5. Degradação da infra-estrutura econômica e da qualidade de vida das populações humanas.

Segundo este mesmo estudo, todas as origens citadas podem ser agravadas por períodos de seca de natureza mais ou menos cíclica, como é o caso da região sob o domínio das Caatingas. No entanto, este tipo de degradação, quando na sua fase inicial, é reversível em poucos anos após o retorno das chuvas e do isolamento da área frente à ocupação animal e atividades humanas (ARAÚJO *et al.* 2005a). Esta prática normalmente não é observada neste Bioma, o que faz com que 45,3% da área original das Caatingas esteja modificada pelas ações antrópicas, o que a coloca como o terceiro Bioma brasileiro mais degradado pela ação antrópica (CASTELLETTI *et al.* 2004).

Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA (2001), a ação antrópica na área de abrangência deste Bioma

---

<sup>9</sup> Impactos: É qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia, resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I. a saúde, a segurança e o bem estar da população; II. as atividades sociais e econômicas; III. a biota; IV. as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e; V. a qualidade dos recursos ambientais (Resolução CONAMA n° 001/1986, Art. 1º).

apresenta um padrão de transformação de áreas naturais em áreas degradadas, com drásticas modificações na dinâmica dos ecossistemas, entre as quais destacam-se a redução da biodiversidade, a degradação dos solos, o comprometimento dos sistemas produtivos e a desertificação de extensas áreas.

A Convenção das Nações Unidas sobre Desertificação - CNUD, seguindo a Agenda 21, define a desertificação como sendo *“a degradação da terra nas zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas resultantes de fatores diversos, tais como, as variações climáticas e as atividades humanas”*, sendo que por *“Degradação da Terra”* se entende como a *“degradação dos solos, dos recursos hídricos, da biodiversidade e a redução da qualidade de vida da população afetada”* (CNUD, 1978).

No Brasil, o conceito de desertificação tem como escopo de aplicação à região semi-árida e sub-úmida seca localizada principalmente nas áreas sob o domínio da Caatinga, estando nitidamente vinculada ao fator degradação da terra (Freire, 2004). Deve-se salientar que o simples fato de uma área ser enquadrada como árida ou semi-árida não a torna improdutiva (ANDRADE *et al.* 1999). Ou seja, a variação do grau de suscetibilidade a desertificação não pode ser expressa unicamente pelo índice de aridez, sendo necessária a análise de outros fatores, como a pressão antrópica sobre os recursos naturais.

Existem várias causas para a desertificação, mas a maioria está associada ao manejo inadequado da terra, implicando em redução e perda da produtividade biológica e econômica (PERNAMBUCO, 2003). Atividades antrópicas como desmatamento, queimadas, mau uso da irrigação, mineração e cultivo em pendentes são parte das práticas inadequadas que proporcionam perdas de recursos naturais e, conseqüente, redução da capacidade das terras, levando, por fim, ao seu abandono (PERNAMBUCO, 2003; ARAÚJO *et al.* 2005). Associada à degradação da terra nas zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, está a pobreza que vem sendo reconhecida em todo o mundo como um dos principais fatores associados ao processo de desertificação (MMA, 1998b).

Os estudos disponíveis indicam que o processo da desertificação na região semi-árida brasileira vem comprometendo seriamente uma área de 665.543km<sup>2</sup>

(Tabela 1), com a geração de impactos difusos e concentrados sobre o território (MMA, 1998b).

Tabela 1. Desertificação no Nordeste, área e população afetada.

Comprometimento/ Área e População	Grau de Comprometimento		Área Total
	Muito Grave	Grave	
Área (km <sup>2</sup> )	52.425	247.831	665.543
População Atingida (hab.)	1.378.064	7.835.171	15.748.769
Área (%)	4	20	55
População (%)	4	21	42

Fonte: Ferreira *et al.* (1988), com modificações.

Nas áreas onde se observa a concentração dos impactos da desertificação observa-se um forte comprometimento dos recursos naturais, configurando o que se chama de Núcleo de Desertificação (MMA, 1998b). O Ministério do Meio Ambiente - MMA aponta a existência de quatro Núcleos, onde a desertificação pode ser considerada extremamente grave, sendo eles: Gilbués, no Piauí; Irauçuba, no Ceará; Seridó, entre os Estados de Rio Grande do Norte e Paraíba; e Cabrobó, em Pernambuco, cuja área total é de cerca de 15.000km<sup>2</sup>.

As áreas em elevado estágio de degradação não apresentam capacidade de retornar a seu estado original através de seus meios naturais, sendo fundamental, quando possível, a intervenção humana para a sua recuperação (MMA, 1998a).

Conforme diagnóstico realizado pelo MMA (1998b), as perdas econômicas causadas pela degradação ambiental das Caatingas podem chegar a US\$ 800 milhões por ano, somente nas áreas desertificadas e, os custos de recuperação das áreas mais afetadas alcançam US\$ 2 bilhões, projetados para um período de, no mínimo, vinte anos.

## 4.2 Legislação aplicada à Restauração Florestal

A aplicação da expressão Recuperação de Áreas Degradadas – RAD como sinônimo de Recuperação de Ecossistemas Degradados – RED é fato recente no meio jurídico nacional, devendo ser utilizada com cautela devido às diversas abordagens e significados a elas atribuídos (CARPANEZZI, 2005).

A RAD firmou-se no Brasil na década de 1970, estando vinculada a ações de recuperação de áreas para torná-las aptas aos interesses humanos (agricultura ou urbanização), porém sem a preocupação com a recuperação do ecossistema original (GRIFFITH, 1980). Com o passar do tempo e com os avanços no debate das questões ambientais, o conceito de RAD passou, então, a se aproximar da RED, mantendo, em parte, a conotação original, estando ligada a interesses produtivos, como a agropecuária e a silvicultura (CARPANEZZI, 2005).

O arcabouço legal brasileiro, até então, não constitui uma ferramenta eficaz na proteção dos interesses difusos e contra a apropriação privada dos bens comuns e coletivos, como o direito ao *“meio ambiente ecologicamente equilibrado”* (Constituição Federal - CF. 1988, Art. 225). Como o crime ambiental não prescreve (Lei Federal nº 9.605/1998) e a obrigatoriedade da reparação do dano causado é imposta pela Legislação Federal (Lei nº 6.938/1981 e CF/88, Art. 225), as áreas degradadas, segundo Ahrens (2005), constituem um imenso passivo ambiental que precisa ser recuperado.

Segundo este autor, a compreensão do arcabouço legal que normaliza a RED, perpassa pela concepção de dano ambiental e da obrigatoriedade de sua reparação. No âmbito jurídico, o termo *“dano”* refere-se à lesão de interesses juridicamente protegidos, sendo a sua reparação um componente essencial da responsabilidade civil (LEITE, 2000).

Milaré (2000) aplica este conceito na sua definição de dano ambiental, sendo este *“... a lesão aos recursos ambientais com conseqüente degradação do equilíbrio ecológico”*, ou ainda, como definido por Antines (1999), *“é o dano causado aos bens jurídicos que compõem o meio ambiente”*.

A obrigatoriedade da recuperação do dano ambiental é abordada em diversos diplomas legais, tanto na norma constitucional, quanto na legislação infraconstitucional (AHRENS, 2005). A Constituição Federal no seu § 3º do Art. 225, estabelece que a obrigatoriedade da reparação dos danos ambientais independe da aplicação de sanções penais e administrativas que possam incidir sobre pessoa física ou jurídica que incorrer em condutas consideradas lesivas ao meio ambiente.

O Código Florestal (Lei Federal nº 4.771/1965) dispõe acerca de vários aspectos de fundamental relevância para a proteção do patrimônio florestal, dentre eles a reposição florestal obrigatória e as diversas formas de Reservas Legais - RL e de Vegetação Natural de Preservação Permanente.

Foram necessários 35 anos, desde a promulgação do Código Florestal, para que o arcabouço jurídico nacional tivesse a percepção de que, do ponto de vista ambiental, é mais válida a recuperação dos serviços desempenhados pelos ecossistemas naturais. Assim, o legislador amarrou legalmente a recuperação ambiental, ou RAD, à prática de RED, excluindo, assim, as demais estratégias de recuperação.

A definição legal de degradação está presente na Política Nacional de Meio Ambiente - PNMA, sendo *“qualquer alteração adversa das características e elementos que integram o meio ambiente”* (Lei Federal nº 6.938/1981). Segundo a Lei que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC entende-se por restauração *“a restituição de um ecossistema, ou população silvestre degradada, o mais próximo possível da sua condição original”* (Lei Federal nº 9.985/2000).

A Lei Federal nº 9.605/1998 eleva à categoria de crime e infração administrativa diversas ações consideradas lesivas à flora, impondo, além das sanções pecuniárias regulamentadas pelo Decreto Federal nº 3.179/1999, a comunicação do fato ao Ministério Público da União - MPU, que instaurará uma ação judicial. O MPU, juntamente com o Órgão Ambiental responsável, formalizará um Termo de Ajustamento de Conduta - TAC, com o infrator, onde este se comprometerá a reparar o ambiente por ele lesado. Este documento também estabelece as ações e prazos que serão executados para a sua recuperação.

Após o cumprimento das obrigações assumidas, a multa administrativa poderá ser reduzida em 90% do valor inicial imposto (Decreto Federal nº 3.179/1999, Art. 60), ou até ser suspensa, após vistoria realizada pelo Órgão Ambiental e posterior elaboração de um “Laudo de Constatação de Reparação do Dano Ambiental”. Ahrens (2005) fundamenta a redução e/ou suspensão da multa afirmando que *“é mais importante recompor o bem jurídico danificado do que a aplicação de penas e multas”*, sendo ratificado por Perters e Pires (2000).

Outro ponto que merece ser salientado é a instauração da “responsabilidade solidária” definida pela Lei de Crimes Ambientais (Lei Federal nº 9.605/1998), segundo a qual, *“as penalidades incidirão sobre todos os responsáveis pela ação degradadora”*.

### **4.3 Restauração Ambiental: teoria e prática**

A restauração ambiental é atualmente um tema largamente empregado nos discursos em todas as esferas políticas e nos principais meios de comunicação. Além do Marketing Verde gerado pelos projetos de recuperação, os empreendedores identificaram a ameaça, em longo prazo, desempenhada pela degradação ambiental no aporte de matérias primas para seus sistemas produtivos (PRIMARCK e RODRIGUES, 2001).

No âmbito Público, há o reconhecimento do caráter sistêmico que permeia a estrutura dos ecossistemas, bem como, muito se tem discutido a respeito dos prejuízos econômicos que os impactos da degradação ambiental vêm oferecendo aos cofres públicos, constituindo um entrave ao desenvolvimento do sistema econômico nos moldes atuais.

Como discutido por Ferretti e Britez (2005), a Restauração Ambiental, embora legalmente exigida desde 1965 através do Código Florestal (Lei Federal nº 4.771), só tomou vulto quando, além das razões ambientais ligadas à proteção da biodiversidade, os gestores (públicos/privados) foram capazes de visualizar a materialização dos impactos sócio-econômicos da degradação ambiental sob as suas atividades de interesse.

Assim, a maioria dos Planos Básicos Ambientais – PBA atuais, contempla em seus conteúdos, planos e ações direcionadas à recuperação de áreas degradadas. Porém, como destacado por Galvão e Porfírio-da-Silva (2005), estes programas têm que responder a três perguntas norteadoras durante o seu planejamento:

- Onde se quer chegar?
- Qual a metodologia mais condizente com a realidade da área a ser trabalhada?
- Quais os custos e período de duração das ações de recuperação?

Ao encontrar a melhor resposta a estas perguntas, o empreendedor poderá ter a noção real e temporal dos custos envolvidos e as melhores alternativas metodológicas para a sua execução, minimizando ao máximo a probabilidade de insucesso (GALVÃO e PORFÍRIO-DA-SILVA, 2005).

Os ecossistemas podem sofrer alterações por diferentes tipos de agentes de degradação, sendo estes de origem antropogênica ou não. Entretanto, na maioria dos casos a pressão antrópica possui capacidade de realizar mudanças drásticas nos ambientes afetados, sendo geralmente de difícil remediação (PRIMARCK e RODRIGUES, 2001).

Segundo Cairns e Heckman (1996), *“a ecologia da restauração é a ciência que gera as teorias e técnicas para a restauração dos diversos tipos de ambientes degradados”*. A Associação para Restauração Ecológica (1991) a define como *“o processo de alterar intencionalmente um local para restabelecer um ecossistema que o ocupava anteriormente”*. Assim, visa copiar suas funções e estruturas originais para tentar garantir a retomada do equilíbrio dinâmico dos ciclos ambientais por ele anteriormente desempenhados.

Todo ecossistema pode, teoricamente, ser decomposto em função e estrutura, sendo ambas mensuráveis através de taxas e índices ecológicos. A primeira enfoca, em diversos níveis de detalhamento, os processos ecológicos que se desenvolvem dentro dos ecossistemas (ciclo da água, de nutrientes, fluxo de energia) e não engloba a biota. A segunda, refere-se diretamente à biota, seus componentes, sua

organização e interações que desenvolvem entre si e com as demais espécies no ecossistema (CARPANEZZI, 2005).

Existem serviços que independem de estrutura como, por exemplo, a proteção do solo e a regularização do clima local, podendo ser desempenhados por comunidades biológicas não necessariamente semelhantes à original, como áreas reflorestadas com matizes de interesse silvicultural.

Porém, outros serviços estão ancorados na estrutura dos ecossistemas e são geralmente dependentes de uma estrutura bem desenvolvida, como ocorre com o controle biológico de pragas, manutenção da diversidade genética, dispersão de pólen e sementes. Assim, para atingi-los o proprietário tem que reduzir a área para produção, aumentando os custos financeiros da propriedade e gerando conflitos de interesse (CARPANEZZI, 2005).

De acordo com Primack e Rodrigues (2001), como os serviços oferecidos pelos ecossistemas naturais são os motivos mais lógicos para a sua conservação e recuperação, existem quatro abordagens principais para a restauração das comunidades biológicas e ecossistemas degradados, levando-se em consideração quais aspectos ambientais devem ser recuperados - função e/ou estrutura (Figura 4):

- **Nenhuma intervenção** é realizada, quando os custos das intervenções são elevados, ou devido ao insucesso de várias tentativas de restauração, ou porque experiências anteriores mostram que o ecossistema em questão tem capacidade de se recuperar por si mesmo.
- **Substituição** do ecossistema degradado por outro mais adaptado às condições ambientais atuais ou que é economicamente ou ecologicamente mais produtivo.
- **Reabilitação** do ecossistema degradado com reintrodução das espécies nativas, de forma a permitir que este desempenhe as funções ambientais desejáveis, porém não necessariamente com estrutura (diversidade e abundância) idêntica à original.

- **Restauração** do ambiente anterior, tanto em função, quanto em estrutura. Geralmente é realizada através de programas sistematizados de reintrodução de espécies nativas.

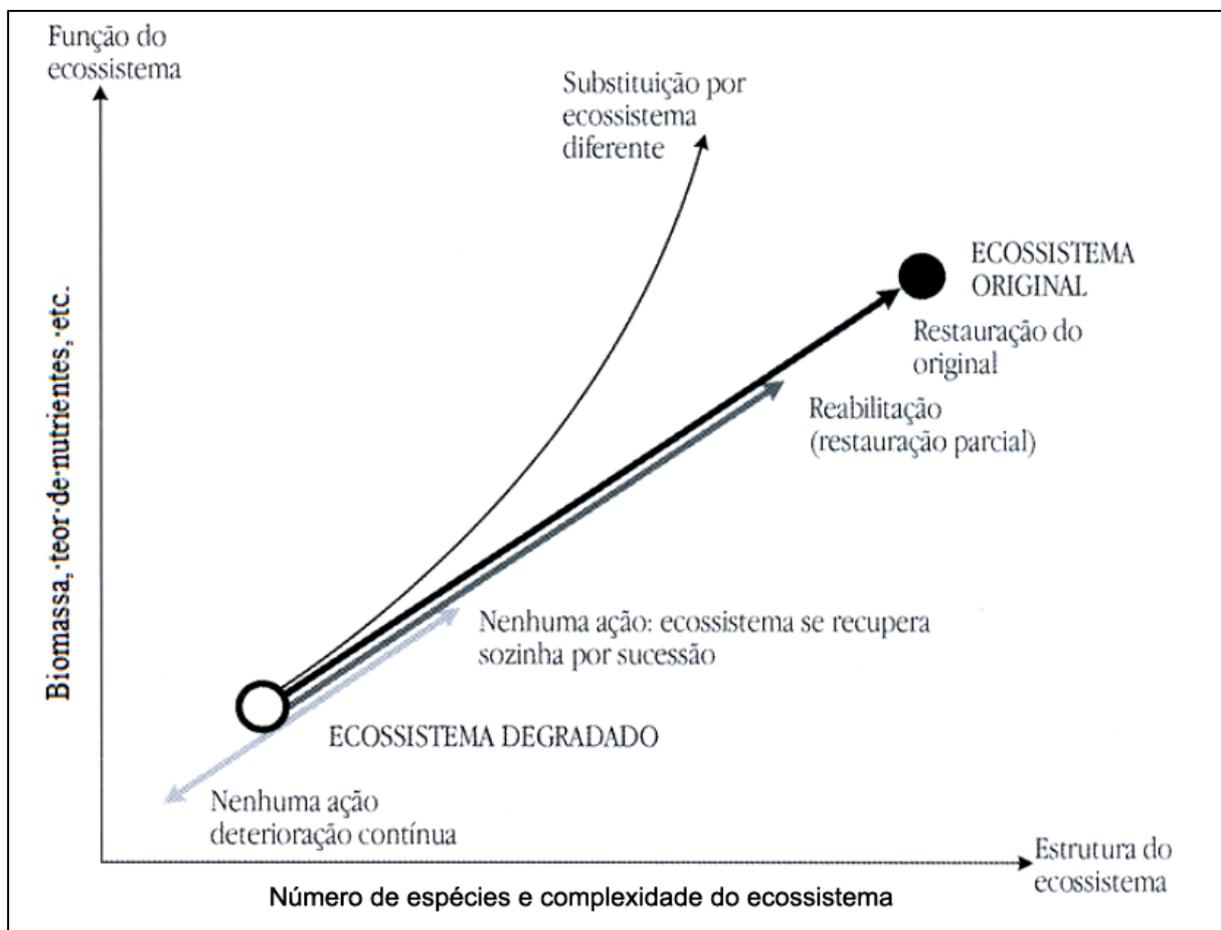


Figura 4. Gráfico relacionando os diferentes tipos de abordagem da restauração de ecossistemas degradados com as características de função e estrutura do ecossistema original. Fonte: Primarck e Rodrigues, (2001).

Embora esta última abordagem seja comumente empregada nas áreas de margem de reservatório de hidrelétricas (Figura 5), na prática, essa é de difícil realização, sendo a reabilitação o nível de recuperação alcançado.



Figura 5. Imagens aéreas das margens do reservatório da Usina Hidrelétrica de ITAIPU, Brasil. **A** - Áreas Degradadas; **B** - Áreas alvos de Restauração. Fonte: ITAIPU, (2007).

Primarck e Rodrigues (2001) afirmam que a restauração é improvável quando a degradação promove drásticas alterações nas condições físicas do ambiente, chegando a ponto de impossibilitar o estabelecimento e até mesmo a sobrevivência das espécies nativas. Isto acontece em áreas degradadas pela mineração ou nas “áreas de empréstimo<sup>10</sup>” para a construção de barragens, onde vários horizontes do solo são retirados. A restauração destas áreas consiste, na realidade, em conseguir o estabelecimento das espécies nativas diretamente sobre a rocha matriz.

Carpanezzi (2005) afirma que a ecologia da restauração é responsável pelo aporte de informações científicas daquilo que ele denomina de recuperação ambiental de ambientes degradados ou perturbados, sendo este último definido como aquele que sofreu distúrbios, mas ainda possui resiliência<sup>11</sup> em níveis adequados a sua recuperação. Este autor salienta que a resiliência é resultado da junção de diversos fatores ambientais, tanto locais (banco e chuva de sementes, rebrota, estabelecimento de espécies chave etc.), quanto externos (distância de

---

<sup>10</sup> Áreas de Empréstimo: Local onde se retira solo ou material rochoso para serem empregados na construção civil;

<sup>11</sup> Resiliência: Capacidade que um ecossistema possui para resistir a distúrbios, tendendo a retornar, após um período, a seu estado de equilíbrio dinâmico.

fragmentos próximos). Desta forma, um ecossistema pode ser considerado degradado quando as alterações por ele sofridas suplantam a sua capacidade de resiliência e, portanto, a sua recuperação fica dependente do favorecimento humano.

A ecologia da restauração é uma ciência nova, e devido a suas particularidades possui poucos conceitos gerais, porém, como ressaltado por Bradshaw (1984), “*ecossistemas devem ser restaurados seguindo a seqüência de aspectos físicos, químicos e biológicos*”. Dentro dos aspectos relacionados ao meio biótico, vale salientar que comumente realiza-se a introdução de espécies chave da flora nativa e em seguida são estimuladas e/ou re-introduzidas espécies chave da fauna, principalmente dispersores de pólen e sementes.

No início, o conhecimento nesta área era gerado pelo método de tentativa e erro, porém, atualmente já se construiu um *know-how* de técnicas de restauração para os ambientes mais estudados no Brasil, como a Floresta Tropical Atlântica - Mata Atlântica e a Floresta Amazônica. Poucas experiências são conhecidas para a recuperação de áreas nos demais Biomas brasileiros, principalmente os mais secos, como a Caatinga.

As experiências de Recuperação na Caatinga encontram-se pulverizadas pela sua área de abrangência e, em sua maioria, partem de grupos isolados, principalmente da sociedade civil organizada, como Organizações Não-Governamentais - ONG, escolas, paróquias, etc. Estes projetos provocam alterações locais, não possuindo, assim, capacidade (física e financeira) de impactar de forma significativa no âmbito do Bioma.

Também não é observado o intercâmbio das experiências entre estes grupos, bem como, a divulgação dos resultados obtidos e metodologias empregadas. Fato agravado pela ausência, em grande parte destes projetos, de critérios científicos para a sua execução, sendo estes restritos à produção e plantio de mudas de espécies nativas.

O planejamento das ações de Recuperação de Ecossistemas Degradados - RED é, segundo Carpanezzi (2005), “*a ferramenta mais poderosa, e praticamente a única, para diminuir a probabilidade de insucesso*”, uma vez que uma intervenção

inadequada pode impactar negativamente o ambiente por anos. Janzen (1988) e Aide *et al.* (1996) em seus estudos mostram que a sucessão ecológica secundária de um ecossistema degradado estende-se, comumente, por mais de 100 anos e que uma vez iniciada, esta não é facilmente redirecionada pelo homem.

A elaboração deste planejamento deve ser realizada por uma equipe multidisciplinar, estando em consonância com as características socioambientais da área a ser recuperada (PRIMARCK e RODRIGUES, 2001). Os levantamentos devem ser feitos da forma mais detalhada possível para retratar ao máximo a estrutura e a dinâmica dos componentes ambientais ao longo do gradiente sucessional e a nível local (GALVÃO e PORFÍRIO-DA-SILVA, 2005). Estes resultados são agrupados em um zoneamento ecológico para os plantios durante a RED, sendo a execução das ações condizente com o planejamento e necessariamente restrita aos primeiros anos (CARPANEZZI, 2005).

No entanto, devem-se destacar dois pontos críticos no processo de RED, o primeiro com relação ao sucesso no estabelecimento das mudas e o segundo, mais variado e de difícil percepção, com relação a insustentabilidade da sucessão. Ambos originários de uma má dinâmica do dossel dos talhões ao longo do tempo e estão associados a falhas de planejamento ou na execução das intervenções (CARPANEZZI, 2005).

## 5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 5.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado na Área de Influência Indireta da UHE Xingó, que faz parte do sistema de geração de energia elétrica da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco – Chesf (Figura 6). Esta área engloba o reservatório, a sua faixa marginal, as áreas do antigo canteiro de obras e as áreas de empréstimo e bota-fora. Todos esses espaços estão compreendidos no trecho entre a bacia de dissipação do Complexo Hidroelétrico de Paulo Afonso/BA e a cidade de Piranhas/AL (ENGE-RIO, 1994). Isto significa dizer que a Área de Estudo está situada no encontro dos Estados de Pernambuco, Bahia, Alagoas e Sergipe, sendo composta por uma faixa de 12 municípios (Figura 6).

A Área de Estudo está localizada no trópico semi-árido apresentando, segundo a classificação de Köppen, clima do tipo BSh com temperatura média anual em torno de 25,9°C e amplitude térmica de 11,2°C (ENGE-RIO, 1994).

Os municípios nela inseridos apresentam um regime pluviométrico com duas estações bem definidas, possuindo uma precipitação média anual de 413mm (ENGE-RIO, 1994), sendo o trimestre Fevereiro/Março/Abril responsável pelas maiores médias anuais (CONSPLAN, 2004). Destes, o município de Canindé do São Francisco – SE é o que apresenta a menor média anual com cerca de 264,8mm.

O comportamento anual da umidade relativa acompanha a nebulosidade e a distribuição anual da precipitação. Desta forma, a umidade relativa varia de 50,3% na estação seca a 82%, na chuvosa (CONSPLAN, 2004).

Nas imediações da UHE Xingó o valor anual médio da nebulosidade é de cerca de cinco décimos, tendo o seu máximo no período chuvoso. Este baixo valor pode ser explicado pela presença de serras em torno do rio, o que dificulta a passagem das massas de ar úmidas. A insolação apresenta valores em torno de 2.400 horas anuais, variando inversamente com a nebulosidade (ENGE-RIO, 1994).

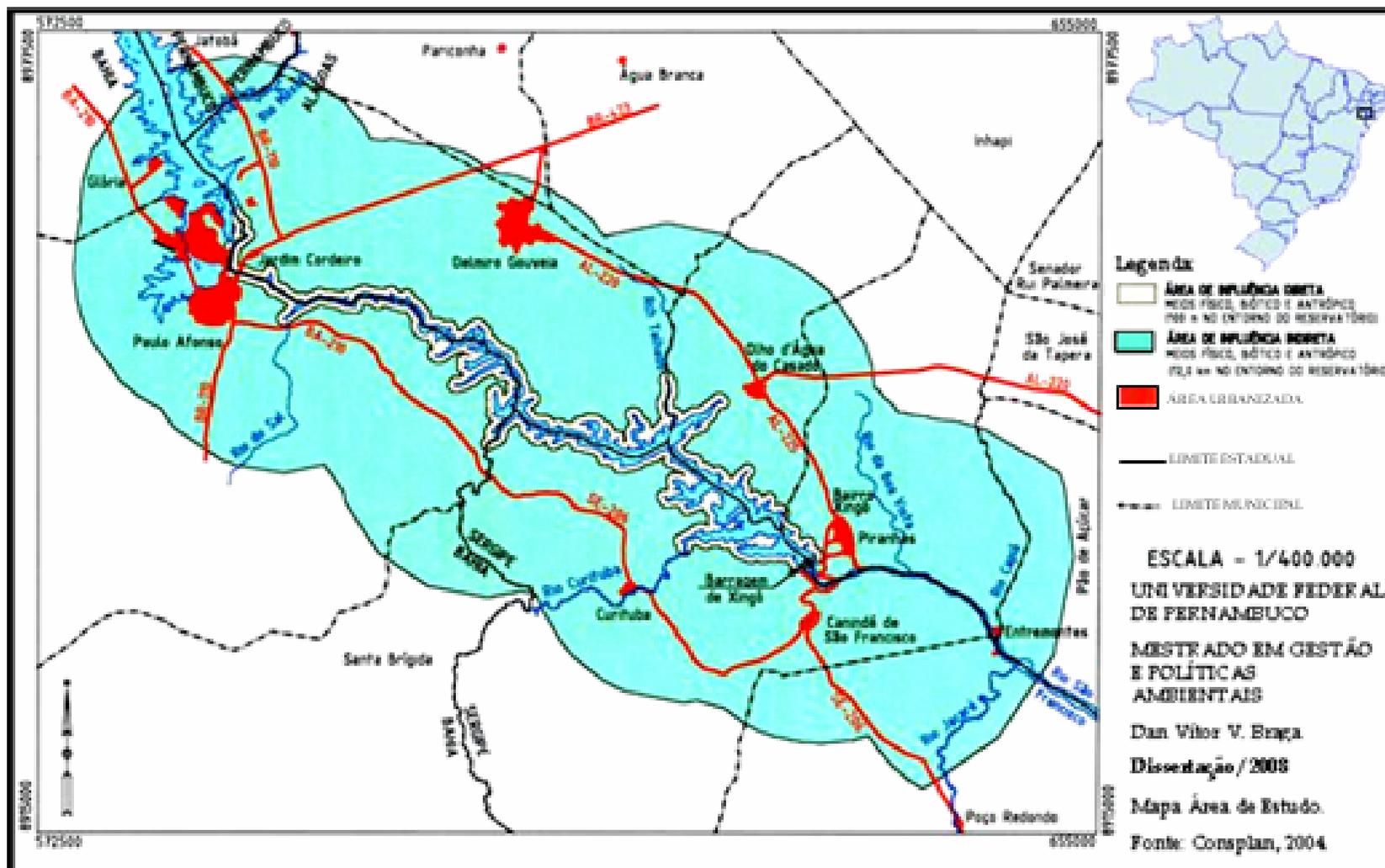


Figura 6. Mapa de localização da Área de Influência da UHE Xingó conforme as determinações presentes em seu estudo de impacto ambiental, evidenciando a distribuição das áreas de influência direta e indireta. Fonte: CONSPLAN, 2004, com modificações.

A Área de Estudo está localizada na Unidade Ambiental Pediplano do Baixo São Francisco apresentando formações superficiais bastante rasas, onde o principal processo geomorfológico atuante é o escoamento superficial difuso (CONSPLAN, 2004).

Os solos da região podem ser classificados de acordo com a nomenclatura da Embrapa (1999), como Luvisolos Crômicos, Planossolos, Neossolos Regolíticos, Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Litólicos, sendo este último o mais expressivo para Área de Estudo.

O solo do tipo Neossolo Litólico Eutrófico Léptico apresenta como característica marcante o fato de ser bastante rasos, chegando a profundidades de cerca de 30 a 60cm, sendo composto por uma seqüência de horizontes **A** quase sempre assentado sobre a rocha matriz, ou sobre materiais desta rocha, em graus mais ou menos adiantados de intemperização, formando um horizonte **C** com muito material primário e blocos de rochas semi-intemperizados (CONSPLAN, 2004).

Segundo Silva e Silva (2002), este tipo de solo é considerado de baixa produtividade, devido a suas características físicas, apresentando-se, assim, de baixo interesse para a exploração agrícola. Além disso, estes solos apresentam uma erodibilidade média, variando de 25 a 50 ton/ha. No entanto, depois de iniciado o processo erosivo, apresentam erodibilidade muito alta em razão de sua pequena espessura (LEPRUN, 1983).

Segundo o Programa de Monitoramento realizado para Chesf pela CONSPLAN (2004), a Caatinga Hiperxerófila Arbustivo-arbórea é o tipo de vegetação predominante na Área de Estudo, onde ocorre de forma descontínua, sendo resultado do antropismo sobre a vegetação original representada pela Caatinga Arbórea (Figura 7). Esta fisionomia original ainda pode ser observada em alguns fragmentos localizados em regiões de difícil acesso, principalmente às margens do cânion do rio São Francisco. O estrato herbáceo é menos diverso na Caatinga Arbustivo-arbórea, sendo caracterizado pela alta representatividade de espécies de bromeliáceas e cactáceas.



Figura 8. Imagem de satélite da Área de Estudo, destacando os seus limites e a intensa fragmentação de sua cobertura vegetal. Fonte: Embrapa, (2005); Google Earth, (2007), com modificações.

## 5.2 Área Foco do Estudo

Como parte da metodologia aplicada neste trabalho requer a amostragem, em campo, de dez parâmetros ambientais (bióticos e abióticos), se fez necessária a seleção de uma região situada no interior da Área de Estudo que possuísse, em um espaço geográfico reduzido, a mesma dinâmica e complexidade socioambiental identificada para a Área de Estudo (Figura 8).

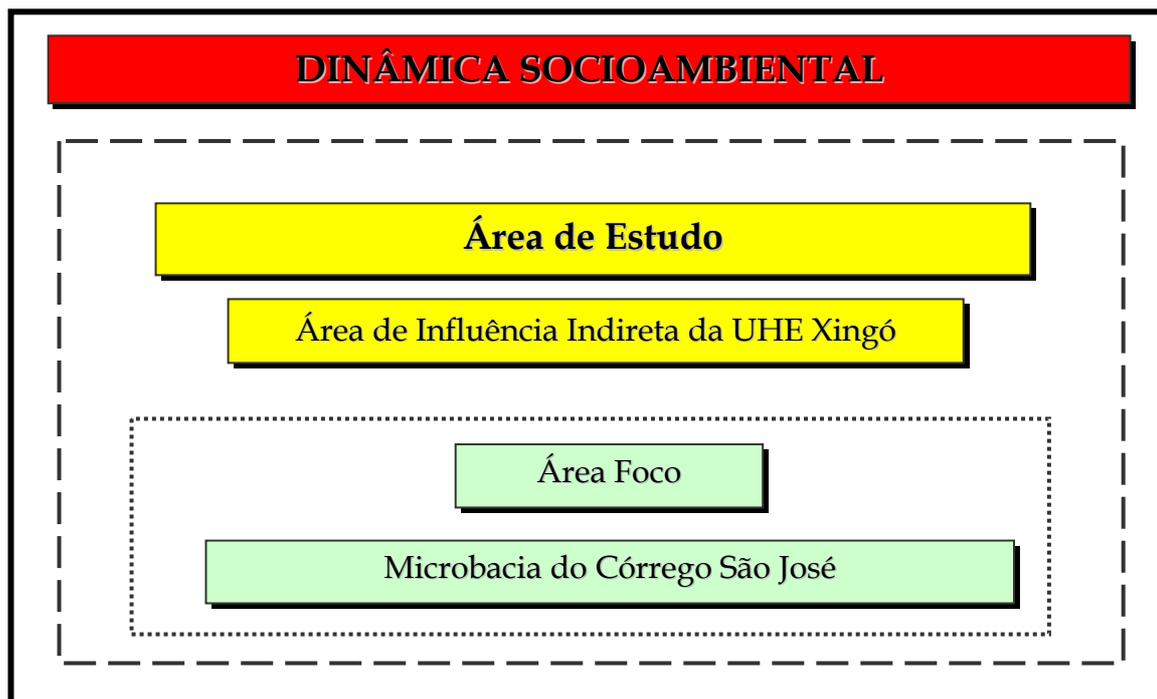


Figura 8. Esquema demonstrando a inserção da Área Foco em relação à Área de Estudo e os processos que forjam a dinâmica socioambiental da região de Xingó, Brasil.

Desta forma, foi escolhida como Área Foco da análise uma porção da sub-bacia do rio Lajedinho, localizada na margem sergipana do reservatório, sendo os dados amostrados na microbacia do Córrego São José, o último tributário desta sub-bacia (Figura 9).



Figura 9. Imagem de satélite da Área Foco de estudo (destaque), evidenciando as áreas degradadas para a construção dos diques de contenção e UHE Xingó, Brasil. Fonte: Embrapa, (2005); Google Earth, (2007), com modificações.

Os recursos ambientais presentes na Área Foco vêm sofrendo continuamente os diferentes tipos de impactos gerados pela ação antrópica identificados para a Área de Estudo (SANTOS e TABARELLI, 2002). A proximidade desta área com a UHE fez com que houvesse uma concentração dos impactos, com conseqüências ambientais significativas, agravadas pelo efeito cumulativo e pontual de algumas atividades (ENGE-RIO, 1994).

Estas atividades proporcionaram grandes modificações na paisagem local e na dinâmica dos ecossistemas nelas presentes, resultando na formação de uma grande quantidade de áreas degradadas com históricos variados (CONSPLAN, 2004; FREIRE, 2004), sendo estas alvos do Projeto Produção de Mudas da Caatinga e Recuperação de Áreas Degradadas - PMRAD, realizado pela Chesf desde 1994 (ENGE-RIO, 1994).

Além dos fatores mencionados, nesta área é observada a prática da pecuária extensiva e da agricultura tradicional, bem como o abandono de propriedades rurais consideradas improdutivas pela população, ou que foram adquiridas pela Chesf durante o processo de construção da UHE (LEAL *et al.* 2003a).

## 6 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho foi resultado da adequação de ferramentas usualmente empregados na Gestão Ambiental. A fim de alcançar os objetivos propostos foram utilizadas como base os métodos de Construção de Cenários Ambientais, Avaliação de Impactos Ambientais, Auditoria Ambiental, Análise de Processos, Ecologia da Restauração e Biologia da Conservação.

Apresenta-se, a seguir, a descrição dos procedimentos metodológicos pela ordem de execução:

### 6.1 Definição das áreas de coleta

Foram realizadas amostragens em seis tipos diferentes de condições ambientais presentes na Área Foco. Estas áreas apresentaram disparidades de épocas em que sofreram degradação e posterior abandono à regeneração natural, sendo:

- **Regeneração Natural - RN:** as áreas selecionadas para esta condição foram degradadas pela sua utilização como “Área de Empréstimo” durante a construção da UHE Xingó, sendo em seguida abandonadas aos processos de regeneração natural<sup>12</sup>.
- **Regeneração Induzida - RI:** constituídas por áreas com o mesmo histórico de degradação das RN, porém, ao invés de serem abandonadas, sofreram intervenção do PMRAD. Todos os transectos foram plotados nos módulos mais antigos deste Projeto, ou seja, que sofreram intervenções por quatro anos (1996 a 2000).
- **Degradada - D:** os transectos desta condição foram plotados em áreas de agricultura convencional (plantio de milho ou feijão), sendo também utilizadas como pasto no período pós-colheita.

---

<sup>12</sup> Regeneração Natural: processo no qual ocorre a recomposição natural das condições ambientais de uma comunidade atingida por uma fonte de perturbação, antropogênicas ou não.

- **Abandonada à regeneração natural por 15 anos - A:** composta por áreas de cultivo presentes nas fazendas adquiridas pela Chesf durante os estudos para a locação da UHE Xingó. Estas Áreas foram cercadas e mantidas sob responsabilidade do órgão administrativo local da Chesf - DAAX.
- **Abandonada à regeneração natural por 25 anos - AB:** composta por áreas de cultivo presentes nas fazendas abandonadas pela população, devido a sua baixa produtividade, ou por seus proprietários terem migrado para a sede do município.
- **Preservada - P:** áreas com vegetação primária presente na Fazenda Volta, sendo constituídas por grandes fragmentos isolados da atividade agropecuária e exploração madeireira por mais de 70 anos.

Durante o processo de seleção das áreas de amostragem e de plotagem dos transectos em campo, foram tomados alguns cuidados de forma a minimizar influência de fatores externos, ligados à variação ambiental sob os dados obtidos, sendo eles:

- I. Todos os transectos foram plotados de forma que a primeira parcela estivesse na borda do fragmento a ser amostrado e a última em seu interior, permitindo a padronização dos resultados obtidos em relação ao efeito de borda, tomando como base a distância máxima de interferência de 100m da borda do fragmento.

- II. Foi adotada a distância de 500m entre os transectos e os remanescentes vegetacionais próximos, uniformizando ao máximo, suas possíveis interferências, principalmente nas áreas em estágio inicial de regeneração (RI, RN, D).
- III. Todas as áreas foram plotadas em campo sob o mesmo tipo de solo (conforme descrito no item 6.3.3. - Pedologia) e nas mesmas características de relevo e hidrologia.
- IV. As áreas amostradas foram plotadas de forma a permitir que todas estivessem submetidas a regimes de chuva o mais semelhante possível (Figura 10), baseado no padrão descrito por Santos (2003).

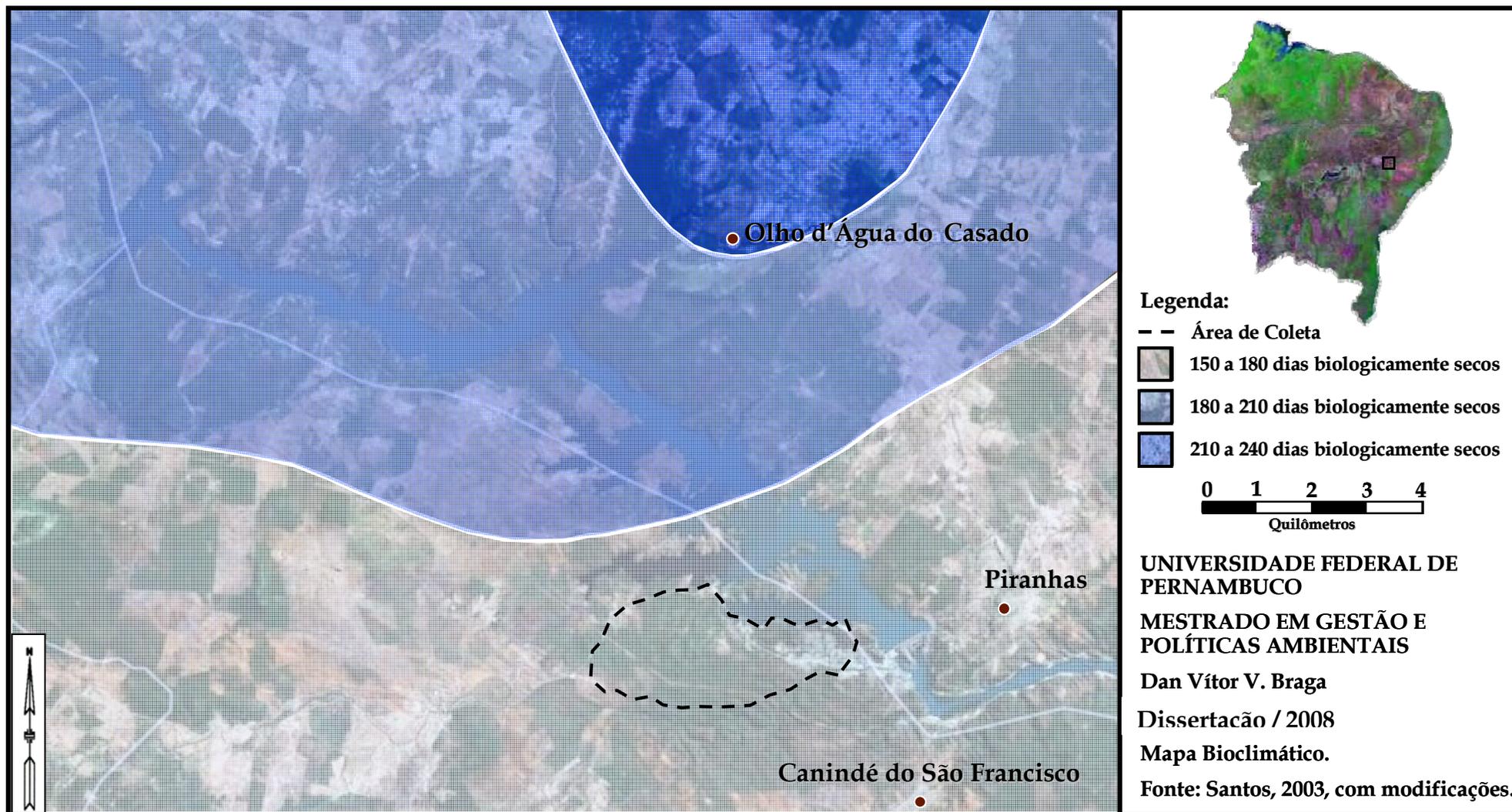


Figura 10. Mapa bioclimático da Área de Influência da UHE Xingó. Fonte: Santos (2003), com modificações.

## 6.2 Desenho experimental e unidade amostral

Foram demarcados, em cada condição, três transectos de 120m x 10m, sendo estes subdivididos em três parcelas de 10m x 20m, estando cada uma separada 30m entre si e 10m de qualquer ponto de intervenção antrópica (estradas, trilhas, habitações, linhas de transmissão, etc), totalizando cerca de 1.800m<sup>2</sup> por condição estudada - 18 áreas amostradas (Figura 11).

Todos os parâmetros ambientais analisados neste estudo foram amostrados utilizando-se as parcelas como unidade amostral, sendo a metodologia de coleta de cada parâmetro descrita nos itens a seguir.

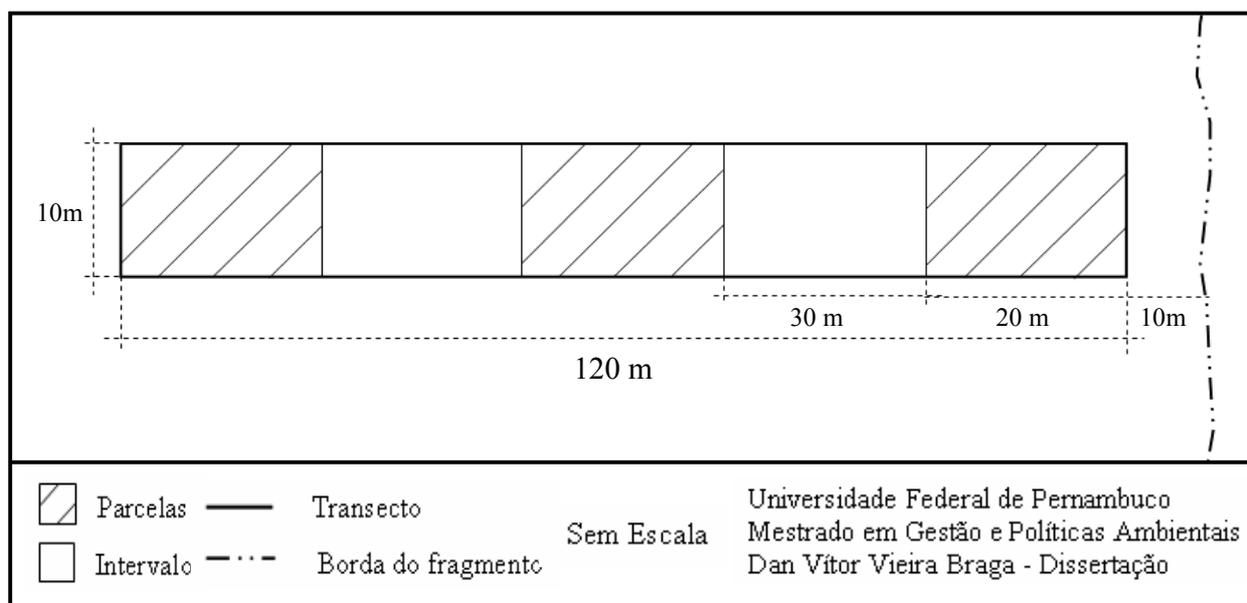


Figura 11. Croqui do transecto implementado nas seis condições amostradas durante o trabalho de campo na região de Xingó, evidenciando a distribuição das parcelas utilizadas para a amostragem dos parâmetros ambientais de cada condição.

## 6.3 Métodos

### 6.3.1 Montagem do cenário socioambiental atual da Área de Estudo

A metodologia utilizada na montagem do cenário socioambiental<sup>13</sup> atual da Área de Estudo baseou-se nas etapas usualmente empregadas na construção de cenários, durante o processo de planejamento ambiental, porém com as adequações necessárias ao trabalho.

Esta metodologia, de acordo com Döll *et al.*, (2003), possui cinco etapas, sendo elas:

- Identificação da área do problema (extensão espacial e temporal), incluindo as suposições relativas às suas causas.
- Definição do sistema (principais componentes e forças envolvidas).
- Definição dos indicadores do estágio do sistema (econômicos, sociais e ambientais).
- Desenvolvimento dos cenários de referência e de intervenção.
- Avaliação dos cenários gerados.

Baseando-se nestas etapas, o cenário socioambiental atual da Área de Estudo foi construído através da identificação dos principais atores envolvidos neste processo e dos impactos gerados pelas suas atividades produtivas sobre a cobertura vegetal e o solo da Área de Estudo. Por fim, descreve-se como a construção da UHE Xingó contribuiu para o quadro socioambiental observado atualmente na Área de Estudo.

---

<sup>13</sup> Cenário Socioambiental: esta metodologia tem como objetivo a visualização de como o cenário atual reagirá em diferentes conjecturas, criando-se imagens alternativas de futuro que auxiliam a tomada de decisão durante o processo de planejamento ambiental (SANTOS, 2004).

Foi realizado um levantamento documental nas principais bibliotecas estaduais, em periódicos nacionais, e internacionais e no Banco de Dados do Departamento de Meio Ambiente da Chesf, de forma a compilar publicações e estudos sobre a temática abordada e/ou, estudos que foram desenvolvidos na área de pesquisa.

### **I. Identificação dos principais atores envolvidos, das suas atividades potencialmente impactantes e dos impactos ambientais potenciais**

Através da análise dos dados obtidos no levantamento documental e das observações em campo, foi realizada a identificação dos atores envolvidos no processo de degradação dos recursos naturais presentes na Área de Estudo.

Cada ator pré-identificado teve as suas atividades produtivas descritas, identificando-se com base na literatura de referência, aquelas potencialmente geradoras de impactos ambientais. Posteriormente, realizou-se uma pesquisa exploratória, de forma a confirmar a presença na Área de Estudo das atividades consideradas potencialmente impactantes.

Estes dados foram compilados em um *Check-List*<sup>14</sup>, metodologia utilizada para a Avaliação de Impactos Ambientais, onde evidenciados os atores, as suas principais atividades impactantes e os impactos potenciais de primeira ordem<sup>15</sup> por eles gerados sobre os recursos ambientais da Área de Estudo.

### **II. Análise das modificações geradas pela construção da UHE Xingó sobre a dinâmica sócio-econômica local**

Esta análise foi realizada tomando como base as modificações previstas por Stipp (1999) para a dinâmica sócio-econômica das áreas influenciadas pela construção de Hidrelétricas. Com isso, foi realizada uma análise visando

---

<sup>14</sup> Check-List: São listas elaboradas por uma equipe multidisciplinar onde se enumeram os fatores, os impactos ambientais, bem como os agentes de desenvolvimento de uma atividade ou projeto. Servem de guia para a obtenção de informações mais detalhadas na caracterização dos indicadores ambientais, assim como levantar os impactos mais relevantes (BASTOS e ALMEIDA, 1999).

<sup>15</sup> Impacto de primeira ordem ou direto: impacto que ocorre na zona de influência direta de uma determinada atividade.

identificar se a construção da UHE Xingó foi capaz de materializar na sua área de influência as amenidades potenciais previstas por este autor, sendo estas relacionadas à dinamização da economia e à melhoria na qualidade de vida da população local.

A fim de testar esta hipótese foi realizada uma análise temporal do comportamento dos principais indicadores econômicos e sociais da Área de Estudo, comparando os valores observados antes e após a implementação deste empreendimento. Foram utilizados como indicadores os dados referentes aos seguintes parâmetros, sendo estes obtidos com base no levantamento documental anteriormente descrito:

- Produção das principais lavouras cultivadas na região
- Efetivo dos rebanhos
- População residente nos municípios
- Índice de Gini
- Porcentagem de pobres
- Renda familiar média mensal
- Porcentagem da renda familiar referente à transferência de recursos do Governo
- Índice de Desenvolvimento Humano
- Taxa de urbanização

Realizou-se, em seguida, uma análise do impacto destas modificações sobre o uso e ocupação do solo e na qualidade de vida da população residente na Área de Estudo, baseado em uma análise integrada dos dados de monitoramento ambiental da Área de Influência da UHE Xingó e de estudos de geoprocessamento realizados na região.

### **6.3.2 Descrição e Avaliação do Projeto Produção de Mudanças das Espécies da Caatinga e Recuperação de Áreas Degradadas - PMRAD**

A descrição do PMRAD foi elaborada a partir da análise das informações obtidas nos relatórios técnicos e nas entrevistas não estruturadas realizadas com o técnico responsável pelo projeto, Msc. Paulo Belquior, e com o encarregado de campo, Eraldo M. de Sousa.

Durante o levantamento de campo, foi realizada uma análise nas etapas do processo produtivo deste Projeto, avaliando as técnicas produtivas e as atividades executadas na sementeira e em campo, através de visitas técnicas às áreas sob intervenção deste Projeto. Os dados obtidos foram comparados com os procedimentos e metodologias de restauração ambiental recomendados pela literatura especializada e também com as experiências bem sucedidas de restauração observadas em outros Biomas.

Também foi analisada a percepção dos colaboradores com relação à importância e a metodologia aplicada neste Projeto, sendo esta captada através do preenchimento de formulários a partir das respostas fornecidas durante entrevistas semi-estruturadas (Anexo I), conforme metodologia descrita por Albuquerque e Lucena (2004). Esta entrevista foi realizada com metade dos colaboradores (trabalhadores alocados na sementeira e em campo), abrangendo na amostragem, também, o corpo gerencial.

A entrevista também serviu para diagnosticar o nível de escolaridade e se havia abertura do corpo gerencial às sugestões dos demais colaboradores. Além disto, permitiu testar a hipótese de que o PMRAD também possui um papel de inclusão social, atuando de forma significativa na melhoria de renda de seus colaboradores. Para tal, os valores obtidos da renda média mensal dos trabalhadores de campo antes de sua contratação foram comparados com a média salarial atual, utilizando-se o teste *t* (SOKAL e ROHLF, 1996) presente no pacote estatístico "BioEstat", versão 5.0 (AYRES *et al.* 2007).

### 6.3.3 Diagnóstico da sucessão ecológica na região de Xingó e avaliação dos módulos sob intervenção do PMRAD

O acompanhamento do processo de sucessão ecológica da vegetação na Área de Estudo foi realizado através da amostragem de parâmetros ambientais a partir de cronosequências sucessionais<sup>16</sup>.

Esta metodologia foi adotada devido a sua facilidade de aplicação na Área de Estudo e pelo rápido tempo de acompanhamento necessário para a obtenção das respostas almeçadas (ARAÚJO, 2005b), sendo usualmente empregada para o acompanhamento do desenvolvimento de florestas secundárias na Amazônia e Mata Atlântica, conforme descrito nos trabalhos de Saldarriaga *et al.*, (1988); Uhl *et al.*, (1988); Moran *et al.* (1994); Vieira, (1996); Tucker *et al.* (1998); Tabarelli e Mantovani (1999); Almeida, (2000); Steininger, (2000).

Foram amostradas um total de seis condições ambientais, conforme descrito no item 6.1, sendo quatro condições referentes à cronosequência sucessional (Degradada; Abandonada 15 anos; Abandonada 25 anos; Preservada) e duas referentes às áreas degradadas pela construção da UHE Xingó, sendo uma composta pelos módulos do PMRAD (Regeneração Induzida) e a outra por áreas abandonadas (Regeneração Natural).

Após a descrição do comportamento dos parâmetros ambientais amostrados ao longo da sucessão ecológica, realizou-se uma análise comparativa entre os resultados obtidos nas áreas degradadas pela população local (Degradada) e as áreas degradadas e abandonadas após a construção da UHE (Regeneração Natural). Desta forma, foi possível identificar qual ator (população local ou Poder Público) gera impactos mais significativos sobre o processo de regeneração natural da vegetação na região de Xingó.

---

<sup>16</sup> Cronosequência Sucessional: série de fragmentos florestais de diferentes idades de regeneração, mas com clima, solo, topografia, uso prévio da terra e potencial de colonização similares (Araújo, 2005b).

A avaliação da eficácia da metodologia empregada pelo PMRAD em recuperar as áreas sob sua intervenção foi testada de duas maneiras. A primeira comparou os valores dos parâmetros ambientais obtidos nestas áreas (Regeneração Induzida), com o observado nas áreas abandonadas (Regeneração Natural), avaliando, assim, o que foi mais válido para a indução da regeneração: o abandono aos processos naturais, ou a intervenção humana por intermédio do PMRAD.

Em seguida, estes valores também foram comparados com o observado nas demais condições referentes à cronosseqüência sucessional amostrada, de forma a identificar qual estágio sucessional possui características ambientais que mais se aproximam da observada nos módulos do PMRAD.

Por fim, realizou-se uma análise mais elaborada dos dados obtidos de forma a referendar, ou não, as conclusões anteriormente obtidas. Estas análises foram conseguidas através da compilação dos dados obtidos, utilizando análises de *cluster*<sup>17</sup> baseadas em quocientes de similaridade e índices de dissimilaridade. Os dendrogramas<sup>18</sup> resultantes foram comparados e a significância dos agrupamentos obtidos avaliada.

A metodologia empregada para obtenção dos dados referentes a cada parâmetro ambiental analisado, bem como, para a realização das análises comparativas anteriormente mencionadas, são descritos de forma detalhada nos itens a seguir.

---

<sup>17</sup> Análise de *Cluster*: técnica também conhecida como "Análise de Agrupamento", que tem por finalidade reunir, por algum critério de classificação, as unidades amostrais em grupos, de tal forma que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre grupos (ALBUQUERQUE *et al.* 2006).

<sup>18</sup> Dendrograma: tipo específico de diagrama que organiza determinados fatores e variáveis resultantes do arranjo de agrupamentos derivados da aplicação de um "algoritmo de *clustering*". Utilizado para a visualização hierárquica dos agrupamentos obtidos (ROHLF, 1998).

### ***I. Parâmetros abióticos***

A coleta dos dados em campo foi realizada no período de abril a agosto de 2007, sendo a demarcação dos transectos e a coleta dos dados referentes aos parâmetros físicos (temperatura e umidade) realizados durante a primeira quinzena do estudo, a fim de uniformizar ao máximo as condições de amostragem.

#### **Umidade e temperatura**

Foram realizadas 30 medições referentes à umidade e temperatura dos transectos amostrados, sendo 10 em cada parcela. As medições foram realizadas com o auxílio de um termo-higrômetro digital (Incoterme), sendo medidas a temperatura ao nível do solo e a umidade e temperatura a um metro do solo. Para tal, percorreu-se a parcela de forma a abranger todas as variações destes parâmetros relativas às mudanças ambientais. Antes de cada medição, era aguardado um minuto para a estabilização do aparelho e, em seguida, se realizava a leitura das medições.

Foi adotada uma padronização na amostragem, sendo todas as medições realizadas no intervalo de uma hora, de 12 às 13 horas, em dias ensolarados, com cobertura de nuvens o mais semelhante possível e cujos dias anteriores não tivessem sido chuvosos. Como já mencionado, estas coletas foram realizadas nos primeiros 15 dias do período de campo, a fim de permitir a comparação dos resultados obtidos.

Utilizou-se o “*Generalized Linear and Nonlinear Models*”, pacote estatístico de análise multivariada do software STATISTICA, versão 7.0 (STATSOFT, 2004), para analisar o comportamento dos parâmetros abióticos em cada condição amostrada.

## **Pedologia**

Inicialmente, foi prevista a coleta de solo das parcelas que seriam posteriormente alvo de análise para a sua caracterização físico-química, baseada na metodologia empregada por Melo (2004). As amostras múltiplas seriam coletadas em cinco pontos dentro das parcelas de cada transecto, sendo agrupadas posteriormente para compor amostras de 1kg. A amostragem seria realizada em quadrados de 30x30cm, onde seriam retiradas, com auxílio de espátula, amostras em diferentes níveis de profundidade totalizando 12 amostras por transecto.

Mesmo com a parceria firmada com a Unidade de Execução e Pesquisa – UEP, em Recife, da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias - Embrapa-Solos, os custos envolvidos para a realização das 216 análises ultrapassaram as expectativas orçamentárias. As alternativas metodológicas idealizadas visando a sua redução, principalmente envolvendo redução no número de parâmetros, ou de amostras, depreciariam a significância, confiabilidade ou a aplicabilidade dos resultados obtidos, sendo assim, optou-se pela não execução destas análises.

Porém, a importância deste fator como modelador do processo de sucessão ecológica e de regeneração ambiental não foi desconsiderado, sendo, como anteriormente descrito, todas as áreas de amostragem plotadas em campo sob o mesmo tipo de solo (Neossolo Litólico Eutrófico léptico), baseado na análise do local escolhido por um técnico em pedologia.

## II. *Parâmetros bióticos*

### **Estrutura da Vegetação**

O levantamento quantitativo para a caracterização da estrutura da vegetação foi realizado baseado na metodologia descrita pelo Comitê Técnico Científico da Rede de Manejo Florestal da Caatinga (2005) e no Método de Parcelas Múltiplas (RODAL *et al.* 1992).

Foram considerados mensuráveis todos os indivíduos presentes dentro das parcelas que se apresentassem lignificados e possuísem altura em relação ao solo maior que 30cm. Também foram incluídos na amostragem os indivíduos cuja copa estivesse fora da parcela, desde que a base de seu tronco estivesse dentro da mesma.

Foram aferidos a “altura total<sup>19</sup>” e o “Diâmetro à Altura do Solo<sup>20</sup>” – DAS de todos os indivíduos mensuráveis, utilizando-se uma régua graduada e um paquímetro com precisão milimétrica, respectivamente. Os indivíduos que apresentaram ramificações após a altura de medição do DAS, tiveram a sua altura mensurada conforme a Figura 12. O DAS dos indivíduos que apresentaram ramificação abaixo dos 30cm foi calculado, somando-se os diâmetros de cada ramo tomados a esta altura (Figura 12).

Os indivíduos não identificados, ou cuja identificação foi duvidosa, tiveram alguns ramos reprodutivos coletados e herborizados, sendo, posteriormente, encaminhados ao Herbário da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA, para identificação por especialistas, conforme o sistema de classificação utilizado por Cronquist (1988).

---

<sup>19</sup> Altura Total: É a terminologia dada ao comprimento entre a base e o ápice de um espécime vegetal, medida individualmente com régua graduada (COMITÊ TÉCNICO CIENTÍFICO DA REDE DE MANEJO FLORESTAL DA CAATINGA, 2005).

<sup>20</sup> Diâmetro à Altura do Solo: Medida empregada em fitossociologia que se refere ao diâmetro do caule de uma espécie vegetal tomado a 30cm do solo (COMITÊ TÉCNICO CIENTÍFICO DA REDE DE MANEJO FLORESTAL DA CAATINGA, 2005).

As espécies inventariadas foram classificadas em três categorias de acordo com suas frequências relativas em cada condição: “Raras” (menos de 20 indivíduos); “Abundantes” (20 a 99 indivíduos); “Muito Abundantes” (mais de 100 indivíduos).

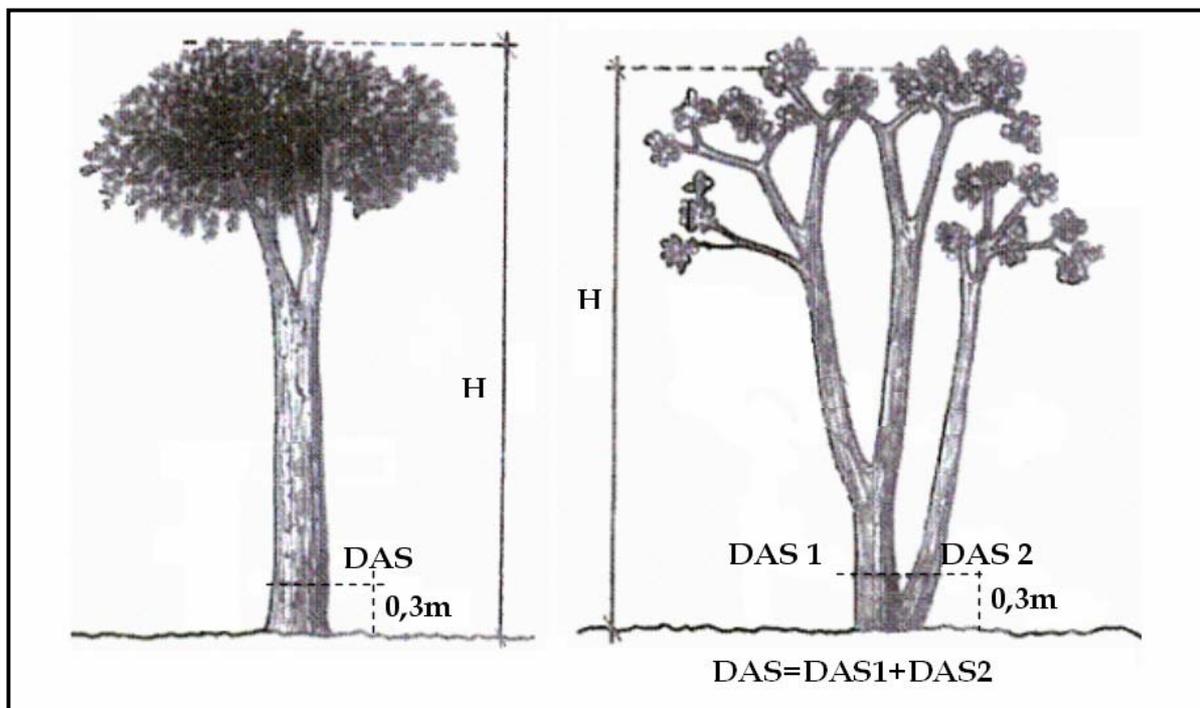


Figura 12. Ilustração de formas de árvores e pontos de medições. Legenda: DAS – Diâmetro a Altura do Solo; H – Altura. Fonte: Comitê Técnico da Rede de Manejo Florestal da Caatinga, 2005.

#### 6.3.4 Análise dos dados

Foi realizada uma análise multivariada utilizando os parâmetros bióticos amostrados de forma a identificar se houve variação em seus valores provocada por sua amostragem em diferentes condições e, se a variação de cada um deles também influenciou nos valores observados para os demais.

A fim de realizar esta análise, os valores obtidos para altura, DAS, abundância e riqueza dos indivíduos amostrados foram comparados utilizando-se o pacote estatístico de análise multivariada “*Generalized Linear/nonlinear Models*”, disponível no software STATISTICA, versão 7 (STATSOFT, 2004). Os dados referentes à riqueza foram normalizados utilizando-se a raiz quadrada, através da ferramenta de transformação de dados do software “BioEstat”, versão 5.0 (AYRES *et al.* 2007).

Foi realizada uma comparação entre a estrutura florística de cada estágio sucessional amostrado, de forma a permitir a visualização do comportamento da abundância relativa das espécies em cada uma destas condições. Esta análise foi realizada agrupando-se as espécies por estrato vegetacional (arbustivo e arbóreo).

Segundo Matos *et al.* (1999), a facilidade na obtenção, quantificação e interpretação dos dados em nível de espécie fazem com que este seja o parâmetro adotado na maioria dos esforços dedicados ao estudo da biodiversidade.

Terradas (2001) classifica estes índices de biodiversidade em três categorias (diversidade alfa, beta e gama), sendo a primeira relacionada à diversidade de uma comunidade específica, a segunda utilizada para comparar o grau de interação entre as diversidades de diferentes comunidades e a última compara a heterogeneidade entre a diversidade das diferentes comunidades de uma paisagem.

### **I. Índices de Biodiversidade Alfa**

Dentre os diversos tipos de índices de biodiversidade mencionados, foram selecionados para serem utilizados neste estudo os Índices de Diversidade de Simpson (índice estrutural de dominância) e de Shannon-Wiener (índice estrutural de equidade). Estes índices foram obtidos utilizando-se o software "*Ecological Methodology*", versão 2.0 (KREBS, 1998).

Foram escolhidos estes dois índices, uma vez que são considerados complementares. O primeiro atribui um peso maior às espécies raras (ODUM, 1988) e o segundo exprime, basicamente, a abundância das espécies mais comuns, sendo, cada um deles, mais sensível às mudanças que ocorrem nestas espécies (MAGURRAN, 1988).

O índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ), ou índice de Shannon, foi escolhido por ser considerado a medida de diversidade mais consagrada (ROSSO, 1996; MATOS *et al.* 1999) e por ser a mais satisfatória dentre as desenvolvidas para diversidade específica e de dominância, pois expressa a importância relativa de cada espécie e

não apenas a proporção entre espécies e indivíduos (WIHLM, 1972). Quanto maior o valor de  $H'$ , maior a diversidade da área em estudo. Já os valores calculados pelo índice de Simpson ( $\gamma$ ) ocorrem na escala de 0 a 1, sendo que os valores próximos de 1 indicam menor diversidade (GOMIDE *et al.* 2006).

Foi utilizado o teste t (SOKAL e ROHLF, 1996) para verificar se existiu diferença nos valores obtidos para estes dois índices entre as condições analisadas, sendo a normalidade dos dados testada através do teste Kolmogorov-Smirnov (Lilliefors) (Zar, 1996). Estas análises foram realizadas utilizando o software "BioEstat", versão 5.0 (AYRES *et al.* 2007).

## II. Índices de Biodiversidade Beta

Os dados obtidos foram agrupados em duas matrizes correlacionando-os com as condições analisadas. Na primeira matriz, a qualitativa, foi considerada apenas a presença (1) e a ausência (0) de cada espécie. Na última, matriz quantitativa, além da abundância relativa de cada espécie, foram também incluídos os valores médios dos parâmetros abióticos observados em cada condição, conforme metodologia descrita por Shepherd (2006).

A composição das condições amostradas foi comparada a partir do Índice de Similaridade de Jaccard (dados qualitativos) e da Distância Bray-Curtis (dados quantitativos) (KREBS, 1989). Com base nos valores obtidos, foram gerados dois dendogramas, sendo um de similaridade (qualitativo) e outro de dissimilaridade (quantitativo), utilizando o software "NTSYSpc", versão 2.10t (APPLIED BIOSTATISTICS, 2000).

A fim de testar a significância dos agrupamentos obtidos, ou seja, se os agrupamentos poderiam ser explicados pelo acaso, foram realizadas 4000 repetições a partir do Método de Permutação Monte Carlo, com auxílio do software "RandMat", versão 1.0 (ROSSO, 1996). Desta forma, o agrupamento foi considerado significativo quando o índice de similaridade dos dados originais fosse maior, ou menor, do que o dos dados simulados pelo programa ( $\alpha = 0,05$ ).

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1 Cenário Ambiental da região de Xingó - Desenvolvimento x Degradação ambiental

#### 7.1.1 Evolução Histórica

O processo de colonização da área de Xingó data do início do processo de ocupação do território brasileiro, porém esta área apresentou taxas de crescimento reduzidas ao longo de séculos de desenvolvimento da economia, apesar do potencial da exploração da agricultura às margens do rio São Francisco.

A economia local era centrada na prática da agricultura de sequeiro e da pecuária extensiva, caracterizadas pela baixa produtividade e pela alta suscetibilidade à sazonalidade climática (CONSELHO NACIONAL DA RESERVA DA BIOSFERA DA CAATINGA, 2004).

O Poder Público já havia identificado a carência de um processo de desenvolvimento endógeno na região, sendo necessário o estímulo ao crescimento sustentável para sanar as carências sociais, tendo determinado, na Constituição Federal de 1946, a execução de um plano de aproveitamento das possibilidades econômicas do rio São Francisco e de seus afluentes (Art. 29, CF de 1946).

Paralelamente, em março de 1948, a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco - Chesf inicia suas atividades, com vistas ao aproveitamento, para geração de energia, das diversas quedas d'água do rio São Francisco (GOMES *et al.* 1999).

Em 1974, foi instituída a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco - Codevasf e com a sua criação, foi iniciada uma nova fase na execução das políticas públicas federais de desenvolvimento para a região. Essa empresa visa, basicamente, promover oportunidades de investimento, principalmente no que se refere à agricultura irrigada, tendo no "Pólo Petrolina/Juazeiro" seu principal expoente (GOMES *et al.* 1999).

Dois fatores importantes podem ser destacados no processo de desenvolvimento histórico desta região nos últimos 50 anos: a presença constante de organismos federais de desenvolvimento e a construção da UHE Xingó, para abastecer o complexo de geração de energia elétrica da Chesf. Este último acarretou grandes movimentações temporárias de capitais e mão-de-obra na primeira metade da década de 90.

Além disso, Gomes *et al.* (1999) afirmam que os padrões sócio-econômicos observados para esta região podem ser potencializados no período posterior a construção da UHE, através da elevação da oferta de água e do desenvolvimento de um pólo turístico.

### **7.1.2 Atores envolvidos no processo de degradação da vegetação**

A problemática abordada neste estudo (degradação x restauração ambiental) é resultado da interação dos diferentes atores que, de forma pontual ou contínua, contribuíram para a sua geração e/ou evolução.

A maioria dos trabalhos desenvolvidos na Área de Estudo aponta a população local como o principal ator no processo de degradação da região (PEREIRA *et al.* 2001; SILVA *et al.* 2003; ANDRADE *et al.* 2005; GOMIDE *et al.* 2006; SANTANA e SOUTO, 2006; BENEVIDES *et al.* 2007). Porém, durante as visitas de campo, foram observados que, além deste, outros dois agentes participam deste processo: o setor privado e o Poder Público.

A população local, ao longo da história da região, vem provocando impactos negativos sobre os recursos naturais, estando a maioria deles ligados às práticas inadequadas de agricultura e pecuária, ou à exploração da vegetação como fonte de energia (Tabela 2). Observa-se que, em um segundo momento, esta última vem sendo potencializada pela desestabilização da dinâmica social ocorrida após a implantação da UHE.

Tabela 2. Identificação dos atores envolvidos no processo de degradação, identificando, através de *Check-List*, as Atividades Potencialmente Impactantes – API por eles desenvolvidas e seus impactos ambientais potenciais sobre os recursos naturais da região de Xingó, Brasil.

ATOR	ATIVIDADE PRODUTIVA	API	IMPACTOS AMBIENTAIS (*)
População	Agricultura Subsistência	de – Desmatamento; – Queimadas; – Plantio em encostas.	1. Fragmentação e redução de hábitat; 2. Perda da biodiversidade local; 3. Compactação do solo; 4. Aumento da ocorrência de erosão; 5. Perda da produtividade do solo; 6. Assoreamento dos recursos hídricos.
	Pecuária Extensiva	– Sobrepastoreio; – Pisoteio da vegetação; – Formação de trilhas e clareiras; – Introdução de espécies exóticas.	1. Taxas de herbivoria excessiva; 2. Alteração no fluxo de energia; 3. Diminuição da capacidade de suporte; 4. Alteração nos processos de regeneração natural; 5. Perda da biodiversidade local; 6. Compactação do solo; 7. Assoreamento dos recursos hídricos.
	Exploração do Recurso Florestal	– Desmatamento; – Corte seletivo; – Formação de trilhas e clareiras;	1. Fragmentação e redução de hábitat; 2. Perda da biodiversidade local; 3. Distúrbios nos processos e na dinâmica ecológica local; 4. Alteração nos processos de regeneração natural; 5. Compactação do solo; 6. Aumento da ocorrência de erosão; 7. Perda da produtividade do solo; 8. Assoreamento dos recursos hídricos.
	Grilagem	– Desmatamento; – Modificação em APP; – Invasão de áreas públicas/privadas.	1. Fragmentação e redução de hábitat; 2. Desproteção das margens do reservatório; 3. Aumento da ocorrência de Erosão; 4. Assoreamento dos recursos hídricos.

ATOR	ATIVIDADE PRODUTIVA	API	IMPACTOS AMBIENTAIS (*)
Setor Privado	Projetos de Agricultura Irrigada	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Desmatamento;</li> <li>– Corte seletivo;</li> <li>– Queimadas;</li> <li>– Irrigação.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fragmentação e redução de hábitat;</li> <li>2. Perda da biodiversidade local;</li> <li>3. Compactação do solo;</li> <li>4. Aumento da ocorrência de erosão;</li> <li>5. Perda da produtividade do solo;</li> <li>6. Salinização;</li> <li>7. Assoreamento dos recursos hídricos;</li> <li>8. Contaminação do solo.</li> </ol>
Poder Público: Políticas Públicas	Construção UHE Xingó	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Desmatamento;</li> <li>– Exploração das áreas de empréstimo;</li> <li>– Construção das vias de acesso;</li> <li>– Fabricação de concreto;</li> <li>– Construção da barragem e do parque de geração;</li> <li>– Descarte de material de entulho;</li> <li>– Enchimento do reservatório.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fragmentação e redução de hábitat;</li> <li>2. Perda da biodiversidade local;</li> <li>3. Remoção das camadas do solo nas áreas de empréstimo;</li> <li>4. Modificação no relevo;</li> <li>5. Compactação do solo;</li> <li>6. Aumento da ocorrência de erosão;</li> <li>7. Emissão de material particulado na atmosfera;</li> <li>8. Contaminação do solo nas áreas de britagem;</li> <li>9. Modificação dos parâmetros hidrológicos;</li> <li>10. Modificação no aporte pesqueiro;</li> <li>11. Modificações no clima local.</li> </ol>
	Assentamentos Rurais	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Desmatamento;</li> <li>– Corte seletivo;</li> <li>– Queimadas;</li> <li>– Irrigação.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fragmentação e redução de hábitat;</li> <li>2. Perda da biodiversidade local;</li> <li>3. Distúrbios nos processos e na dinâmica ecológica local;</li> <li>4. Compactação do solo;</li> <li>5. Aumento da ocorrência de erosão;</li> <li>6. Perda da produtividade do solo;</li> <li>7. Salinização;</li> <li>8. Assoreamento dos recursos hídricos.</li> </ol>

Legenda: API - Atividade Potencialmente Impactante; APP - Área de Preservação Permanente; UHE - Usina Hidrelétrica.

\*Lista de impactos potenciais baseado na descrição de ENGE-RIO (1994), Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Caatinga (2004), Consplan (2004), Freire (2004) e Stipp (1999).

Além destas atividades, após a construção da UHE Xingó, foi observada a “grilagem<sup>21</sup>” das áreas próximas às margens do reservatório, sendo uma parte pertencente às propriedades desapropriadas pela Chesf durante o seu processo de locação do eixo da barragem e outra parte particulares. Isto ocorre em função da modificação da paisagem local realizada por este empreendimento, atuando como atrativo à população e valorizando estas áreas, sendo aproveitadas de diversas formas, principalmente para a exploração de aquíicultura em tanque-rede, turística e para a especulação imobiliária (Figura 13).

A população local gera, através das atividades produtivas identificadas, 12 impactos ambientais potenciais, sendo a pecuária extensiva a mais impactante (quatro impactos potenciais) (Tabela 2). Dos impactos gerados por este ator, destacam-se: a fragmentação e redução de hábitat e a perda da biodiversidade local. Isto corrobora com o descrito por Brito-Ramos (2007) para o efeito deste ator sobre remanescentes urbanos de Mata Atlântica.

O setor privado, em parceria com o Poder Público, teve forte presença no quadro de degradação observado na Área de Estudo após a década de 80, com a implantação de grandes projetos de irrigação que modificaram a paisagem em uma tentativa mal sucedida de dinamização da economia local (GOMES *et al.* 1999). Além do impacto sobre a biodiversidade local, estes projetos convivem com o risco, quase que inevitável, de salinização destas áreas, dada a natureza dos empreendimentos (Tabela 2).

O Poder Público tem a sua participação ancorada na promoção de Políticas Públicas mal planejadas, visando a resolução de apenas uma parte da problemática local: a falta de dinamização econômica. Com isso, inebriado pela perspectiva de promoção da economia, acaba por incentivar a prática de atividades lesivas ao meio ambiente, acarretando a formação de vários passivos socioambientais.

---

<sup>21</sup> Grilar: ato de tomar posse de terras alheias, mediante falsas escrituras de propriedade.



Figura 13. Invasões localizadas na Área de Preservação Permanente do reservatório da UHE Xingó, sendo resultantes do processo de especulação imobiliária no local. **A** - Área de APP recém desmatada e cercada para a comercialização. **B** - Habitação de veraneio e exploração de aqüicultura às margens do dique de contenção nº 4. Fotos: Braga (2007).

Estes passivos atuam de forma cumulativa com os impactos das demais atividades econômicas descritas, acabando por causar o colapso dos sistemas ecológicos e sociais ao nível local. Desta forma, estas ações focadas no presente acabam por inviabilizar a sua sustentabilidade futura. Isto corrobora com o descrito por Braga (2007) e Brito-Ramos (2007) ao avaliar os impactos da realização de atividades econômicas em Unidades de Conservação.

Outra ação antrópica que merece destaque na formação da problemática estudada é a UHE Xingó. Durante a sua implantação, foram gerados diversos impactos ambientais em larga escala que afetaram direta ou indiretamente os recursos naturais presentes na região (Tabela 2). Foram identificados 11 impactos potenciais para esta atividade, fazendo com que essa tenha sido considerada a mais impactante dentre as identificadas (Tabela 2).

Segundo o Programa de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD (ENGERIO 1994), parte integrante do PBA da UHE Xingó, as áreas alvo de atividades realizadas durante a construção da UHE e que resultaram na formação de áreas degradadas no entorno deste empreendimento foram: as áreas utilizadas para britagem, empréstimo, bota-foras e para o tráfego de veículos pesados.

Além dos impactos diretos sobre a biota e o solo, o empreendimento, devido as suas características de obra infra-estrutural, vem gerando impactos indiretos, contínuos e sinérgicos, resultantes da crescente pressão antrópica no seu entorno.

Dos três atores identificados, a população local foi responsável pela geração de um maior número de atividades potencialmente impactantes, sendo seguida do Poder Público (Figura 14). Porém, este último foi considerado o agente de degradação mais significativo, por gerar uma maior quantidade de impactos ambientais potenciais. Isto aconteceu devido ao fato deste ator ter sido responsável pela atividade mais impactante identificada: a construção da UHE Xingó. O setor privado teve a menor participação observada, estando diretamente ligada a sua baixa representatividade na região, corroborando com o descrito por Gomes *et al.* (1999).

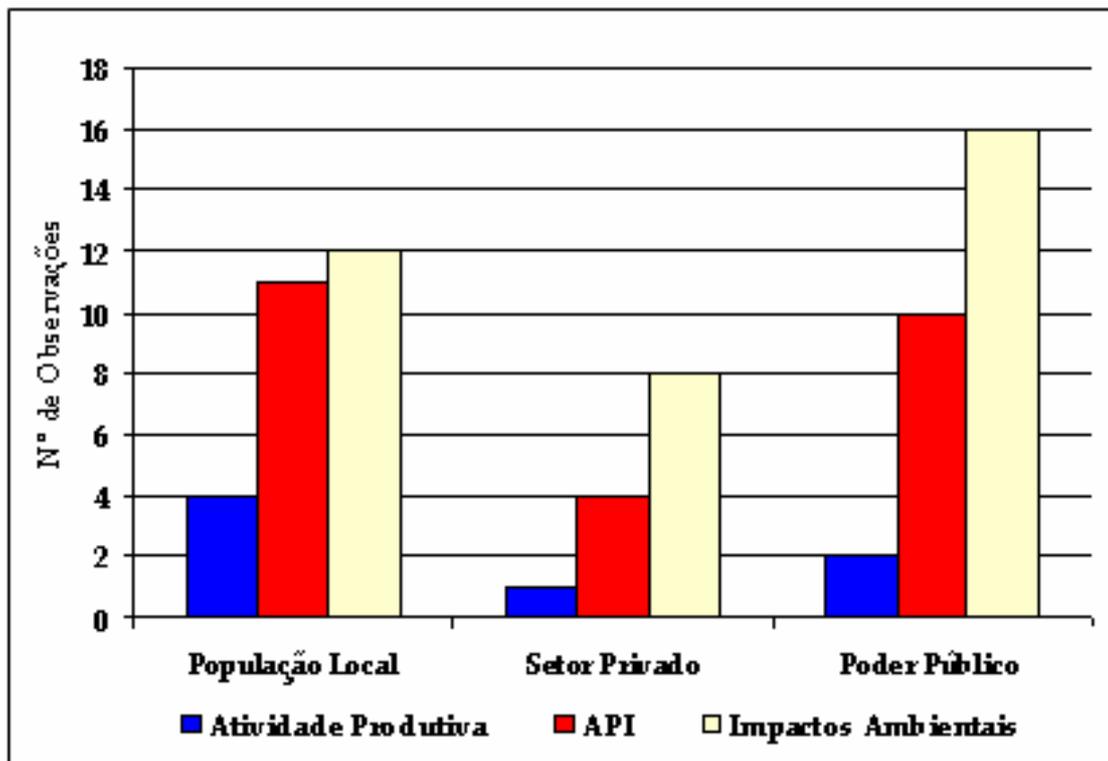


Figura 14. Atores envolvidos no processo de degradação da região de Xingó, evidenciando as participações relativas na quantidade de atividades potencialmente impactantes - API e impactos ambientais potenciais.

O cenário atual de degradação observado na Área de Estudo é resultado da evolução dos impactos provocados por estes agentes de transformação na dinâmica socioambiental local, podendo ser identificados a partir da análise temporal do comportamento dos parâmetros econômicos, sociais e ambientais nos últimos anos.

### 7.1.3 Análise das modificações geradas pela construção da UHE Xingó sobre a dinâmica sócio-econômica local

A análise dos atores envolvidos na formação do cenário socioambiental da Área de Estudo demonstrou que a construção da UHE foi considerada a atividade mais impactante, promovendo diversas modificações nos recursos ambientais desta região.

De forma a melhor compreender as transformações provocadas por este empreendimento em sua Área de Influência, a seguir são descritas características referentes à dinâmica econômica, social e ambiental local e as modificações

geradas nestas condições devido à implementação desta atividade pelo Poder Público.

### **I. Aspectos Econômicos**

Observa-se atualmente na região o mesmo cenário econômico encontrado nas demais áreas do Semi-Árido. A economia local baseia-se essencialmente na exploração da atividade agrícola e da pecuária extensiva, com forte participação da agricultura de subsistência.

Apesar da oferta constante de água fornecida pelo rio São Francisco, a utilização da irrigação ainda é reduzida devido aos custos de instalação e ao baixo dinamismo da economia local. Porém, é observada uma melhoria deste quadro no período posterior à construção do reservatório da UHE Xingó.

Pode-se observar que durante e após a implementação desta obra houve um aumento significativo da área plantada de alguns cultivares como milho, arroz e mandioca (Tabela 3). Tais culturas são tipicamente associadas à agricultura de subsistência e o expressivo aumento obtido entre 1980 e 1996 deve-se, principalmente, à utilização da irrigação nas lavouras, tornando possível o incremento da área cultivada e ultrapassando, desta forma, as quantidades necessárias à subsistência das famílias. Com relação aos grãos, o incremento também está associado às áreas cultivadas nos projetos de irrigação e assentamentos rurais presentes na região.

Quando se compilam estes dados em quatro grandes categorias de análise, conclui-se, porém, que o decréscimo no valor relativo da produção associada à agricultura de subsistência foi equivalente ao acréscimo no valor da produção da principal cultura da região: a fruticultura (Figura 15).

Pode-se concluir, também, que embora os reflexos da construção da UHE na produção local possam ser observados, estes não desempenham um papel tão significativo para a promoção do aproveitamento do potencial agrícola da região, uma vez que, em 16 anos (1980-1996) houve um incremento de apenas 9,2% na atividade agrícola local e o valor da produção de frutas se elevou em apenas 19% (Figura 15).

Tabela 3. Quadro comparativo da quantidade produzida das principais lavouras no período anterior e posterior à construção da UHE Xingó (1980 e 1996, respectivamente).

Culturas	Unidade	Quantidade Produzida		
		1980	1996	Variação (%)
Banana	Mil cachos	1.543	1.208	-22
Caju	Mil Frutos	37.450	280	-99
Côco-da-baía	Mil frutos	872	891	2
Manga	Mil frutos	15.960	14.425	-10
Uva	Tonelada	3.671	29.512	704
Arroz (em casca)	Tonelada	637	19.666	2.987
Batata Doce	Tonelada	5.805	4350	-25
Cana-de-açúcar	Tonelada	10.669	5.901	-45
Cebola	Tonelada	61.410	64.672	5
Feijão (em grão)	Tonelada	76.673	32.789	-57
Mandioca	Tonelada	4.046	54.295	1.242
Melancia	Mil frutos	65.733	13.955	-79
Melão	Mil frutos	2.074	18.039	770
Milho (em grão)	Tonelada	414	50.774	12.164
Algodão Herbáceo	Tonelada	11.692	290	-98
Tomate	Tonelada	6.255	128.907	1.961
<b>TOTAL</b>				<b>9,2</b>

Fonte: Gomes *et al.* (1999), com modificações.

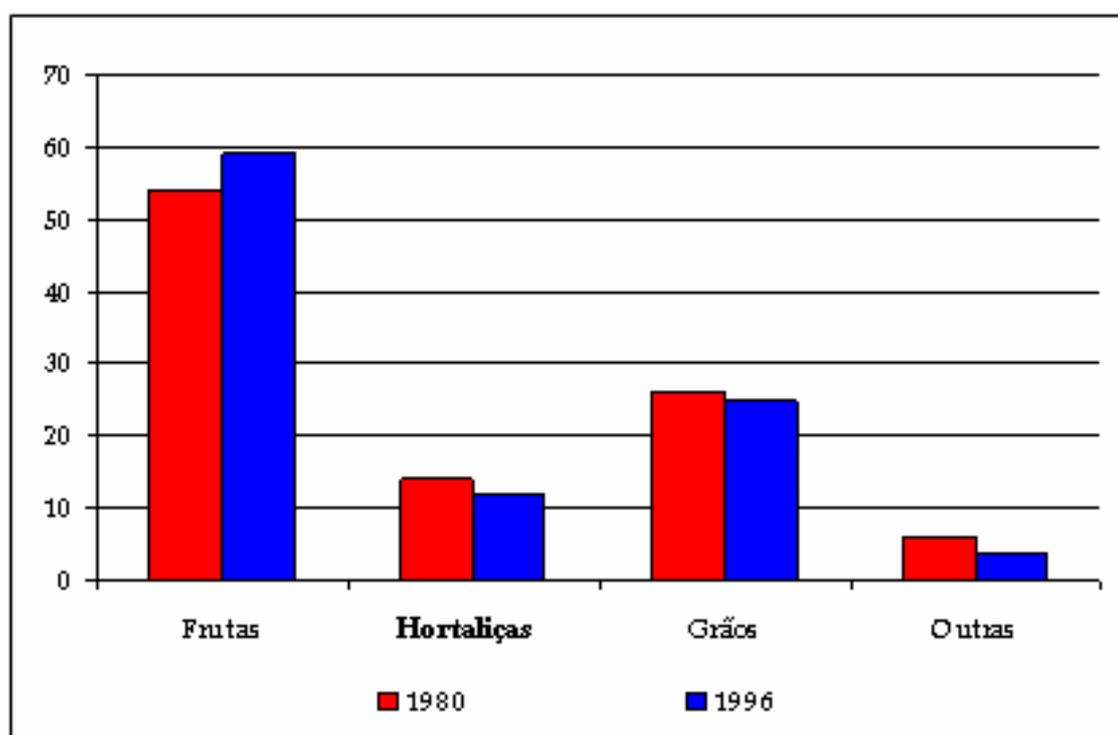


Figura 15. Variações na participação do total produzido das principais culturas agrícolas na região de Xingó no período pré e pós-construção da UHE. Fonte: Gomes *et al.* (1999), com modificações.

Em relação à pecuária, atividade que em teoria também se beneficiaria com a maior disponibilidade de recursos hídricos, observa-se que houve um incremento expressivo apenas no caso da avicultura, tendo sido constatado, em geral, um decréscimo na maioria dos rebanhos da Região de Xingó (Tabela 4).

As áreas do Estado de Sergipe, onde se localiza a Área Foco deste trabalho, foram as únicas nas quais os rebanhos de bovinos e suínos se elevaram de forma significativa, no período considerado, crescendo cerca de 30% (Tabela 4).

Tabela 4. Porcentagem referente à variação do efetivo dos rebanhos (número de indivíduos) da região de Xingó no período entre 1980 a 1996.

Estados	Bovino	Suíno	Equino	Asinino	Muare	Ovino	Galinhas	Caprino
Alagoas	-54.8	-15.6	-20.4	-48.9	-30.5	-62.3	28.4	-42.9
Bahia	-21.8	-16.7	-15.3	-37	-30.4	-27.5	90	-32.7
Pernambuco	-11.4	-51.7	-21.5	-47.2	2.8	11.6	136.6	-3
Sergipe	29.8	88.2	29.4	-18	-90.6	-43.6	177.4	-85.6
<b>SOMA</b>	<b>-58.2</b>	<b>4.2</b>	<b>-27.8</b>	<b>-151.1</b>	<b>-148.7</b>	<b>-121.8</b>	<b>432.4</b>	<b>-164.2</b>

Fonte: Gomes et al. (1999); IBGE (1999).

Segundo o IBGE (2006), a Área Foco possuía em 2005 cerca de 25.000 cabeças de gado e 12.600 exemplares entre caprinos e ovinos. O impacto destes tipos de criação tem sido relatado em todo o mundo (África, região Mediterrânea e América do Norte e do Sul), sendo reconhecidos como grandes fontes de degradação da vegetação e do solo em ambientes áridos (LEAL *et al.*, 2003b).

Como a pecuária praticada na região é do tipo extensivo, o aumento observado do rebanho bovino na região pode causar impactos sobre a dinâmica dos ecossistemas locais devido principalmente ao superpastoreio<sup>22</sup>.

O estudo realizado por Perevolotsky e Haimov (1992), mostra que a herbivoria por caprinos pode afetar a estrutura e a capacidade de regeneração da vegetação. Segundo os autores: “os animais percorrem o sub-bosque dos fragmentos sempre através das mesmas trilhas” e o seu fluxo contínuo, dependendo de sua localização e relevo, “acaba por transformar estas trilhas em focos de erosão ao longo da paisagem”.

<sup>22</sup> Superpastoreio: prática realizada na pecuária, onde são criados um número maior de indivíduos do que a capacidade de suporte estipulada para a região (LEAL *et al.*, 2003b).

## **II. Aspectos Sociais**

A dinamização da economia discutida no item anterior, potencialmente, pode causar impactos sobre as condições sócio-econômicas locais, porém se faz necessário identificar a natureza (positivo/negativo) desta interferência sobre a dinâmica social local e suas repercussões na qualidade de vida da população.

Conforme os dados da Tabela 5, constata-se um aumento considerável na população residente na Área de Influência da UHE Xingó no período de sua construção.

Comparando-se o crescimento populacional de seus municípios neste período observa-se que ocorreu uma intensa migração populacional para os municípios mais próximos da obra, Canindé do São Francisco - SE e Piranhas - AL (Tabela 5). Isto é demonstrado pelas taxas de crescimento populacional destes dois municípios em 1996, época da construção da UHE (135,87 e 230,56%, respectivamente).

A taxa de crescimento negativa observada no município de Água Branca - AL pode indicar um possível fluxo de pessoas para os municípios vizinhos em busca de oportunidades geradas pela obra.

Outro aspecto que corrobora com esta hipótese é que, após o término das obras, observa-se uma queda significativa no crescimento populacional na maioria dos municípios, exceto em Poço Redondo. Isto pode indicar que este Município não tenha sofrido tanta influência do fluxo de migrantes para a construção da UHE.

Apesar de meio século de ações públicas para o desenvolvimento da região, ainda não são percebidos os impactos positivos nos padrões sócio-econômicos da região de Xingó, comparativamente aos que se observam nas demais áreas alvo de investimentos no semi-árido nordestino, conforme descrito pelo Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Caatinga (2004).

Tabela 5. Variação da População Residente nos Municípios da Área de Influência da UHE Xingó entre os anos de 1980, 1996 e 2007.

Municípios	UF	População		Variação (%)	População 2007	Variação (%)
		1980	1996			
Água Branca	AL	25.153	17.754	-29.42	19.316	8.8
Delmiro Gouveia	AL	26.765	40.537	51.46	46.599	14.95
Olho D'Água do Casado	AL	4.082	5.966	46.15	8.139	36.42
Pariconha*	AL	nd	8.189	nd	10.209	24.67
Piranhas	AL	5.945	19.652	230.56	23.910	21.67
Glória	BA	9.868	13.191	33.67	13.879	5.22
Paulo Afonso	BA	71.131	93.609	31.6	101.952	8.91
Jatobá*	PE	nd	11.447	nd	13.797	20.53
Canindé de São Francisco	SE	6.153	14.513	135.87	21.806	50.25
Poço Redondo	SE	16.731	18.749	12.06	28.969	54.51
<b>Total</b>	<b>AI</b>	<b>165.828</b>	<b>243.607</b>	<b>46.9</b>	<b>288576</b>	<b>18.46</b>

Legenda: nd – não há dados.

\*Demais informações não disponíveis devido à emancipação do município ter ocorrido posteriormente à execução do censo.

Fonte: Gomes et al. (1999); IBGE (2007), com modificações.

Observa-se que, mesmo com o incremento da economia local, não houve uma melhora na qualidade de vida da população e sim, uma piora nas condições de desenvolvimento humano destes municípios. Este quadro pode ser demonstrado quando se comparam temporalmente os índices sociais e populacionais dos municípios presentes na Área de Influência Direta da UHE.

A maioria dos municípios apresenta uma elevada desigualdade social refletida nos altos índices de concentração de renda (Figura 16) e na elevada concentração de pobres (Tabela 6).

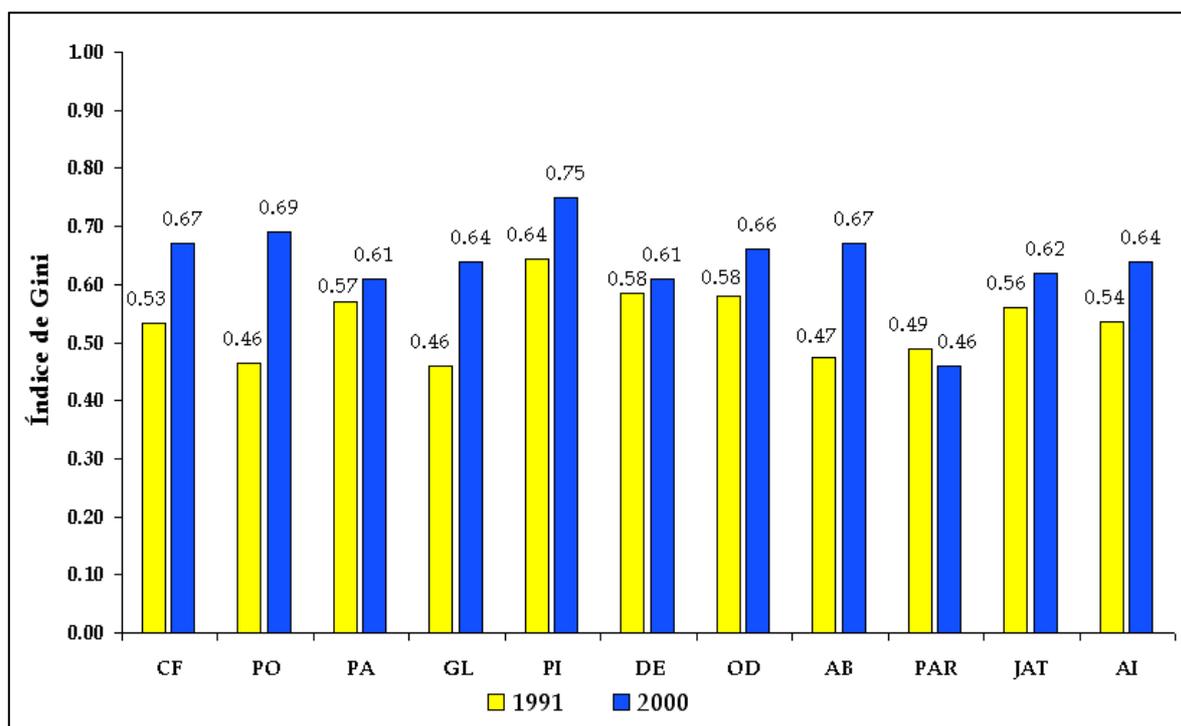


Figura 16. Variação da concentração de renda dos municípios da Área de Influência da UHE Xingó, de acordo com o Índice de Gini, durante e após a construção do empreendimento (1991 e 2000, respectivamente). Fonte: IBGE (2007), com modificações. Legenda: CF - Canindé do São Francisco; PO - Poço Redondo; PA - Paulo Afonso; GL - Glória; PI - Piranhas; DE - Delmiro Golveia; OD - Olho d'Água do Casado; AB - Água Branca; PAR - Pariconha; JAT - Jatobá; AI - Área de Influência da UHE Xingó.

Tabela 6. Parâmetros populacionais e indicadores das condições de desenvolvimento humano dos Municípios da Área de Influência da UHE Xingó, no período pré e pós-construção do empreendimento.

Município	UF	População 1996			População 2000			Taxa de Urbanização (%)	IDH-M	Índice de Gini		Proporção de Pobres (%)		Renda per capita (R\$)		PRPG (%)	
		Total (Hab.)	Urbana (%)	Rural (%)	Total (Hab.)	Rural (%)	Urbana (%)			1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000
Canindé do São Francisco	SE	14.513	54,28	45,72	17.754	52,4	47,6	-1,88	0,486	0.53	0.67	76.55	69.19	65.75	91.65	7.41	11.3
Poço Redondo	SE	18.749	31,15	68,85	26.022	24,4	75,6	-6,71	0,520	0.46	0.69	85.25	82.35	48.48	46.87	10.17	11.5
Paulo Afonso	BA	93.609	85,75	14,25	96.499	85,6	14,4	-0,17	0,438	0.57	0.61	49.7	47.34	145	170.1	13.32	22.9
Glória	BA	13.191	13,57	86,43	14.559	16,2	83,8	2,67	0,453	0.46	0.64	76.44	69.41	61.09	78.57	12.47	22.5
Piranhas	AL	19.652	7,65	92,35	20.007	6,7	93,3	-0,95	0,547	0.64	0.75	64.32	75.35	118.9	89.37	9.06	13.4
Delmiro Gouveia	AL	40.537	78,65	21,35	42.995	78,1	21,9	-0,59	0,511	0.58	0.61	70.47	60.28	73.41	110.1	19.87	24
Olho Água do Casado	AL	5.966	60,81	39,19	7.059	55,1	44,9	-5,75	0,625	0.58	0.66	81.99	82.7	65.63	50.36	9.51	19.1
Água Branca	AL	17.754	22,15	77,85	19.294	23,3	76,7	1,15	0,605	0.47	0.67	82.71	77.11	45.13	69.94	14.15	19.8
Pariconha	AL	8.189	25,31	74,69	10.086	23,8	76,2	-1,48	0,452	0.49	0.46	41.21	52.68	18.35	24.42	75.8	36.3
Jatobá <sup>23</sup>	PE	nd	nd	nd	13.148	41,2	58,8	nd	0,405	0.56	0.62	62.74	61.65	104.3	108.1	9.29	23.1
<b>MÉDIA</b>	<b>AI</b>	<b>232.160</b>	<b>42,15</b>	<b>57,85</b>	<b>26.742</b>	<b>40,68</b>	<b>59,32</b>	<b>-1,52</b>	<b>0,504</b>	<b>0.54</b>	<b>0.64</b>	<b>69.14</b>	<b>67.81</b>	<b>74.61</b>	<b>83.94</b>	<b>18.11</b>	<b>20.38</b>

Legenda: IDH-M – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal; PRPR - Porcentagem da renda proveniente de transferências do governo; nd – não há dados. Fonte: IPEA, 2000; Banco de Dados da Caatinga – Pernambuco (2003); IBGE (2007), com modificações.

<sup>23</sup> Demais informações não disponíveis devido à emancipação do município ter ocorrido em 28/09/1997.

Analisando-se a variação dos dados na Figura 16, observa-se que houve um aumento na desigualdade social na Área de Influência da UHE no período posterior à sua implantação e que apenas o Município de Pariconha obteve uma melhora neste parâmetro.

Este município também se comportou diferente dos demais com relação à percentagem da renda oriunda de repasses governamentais. Neste mesmo período, embora a renda familiar média mensal tenha aumentado, houve um incremento na dependência da população com relação ao governo, uma vez que a percentagem da renda oriunda de repasses governamentais também aumentou (Tabela 6).

Observa-se também, que os municípios que foram os principais alvos da população migrante (Canindé do São Francisco e Piranhas) estão entre os que apresentam a maior desigualdade social e percentagem de pobres na região após o término das obras (Tabela 6).

No tocante aos indicadores relativos à saúde e educação, constatou-se um cenário desolador, que se reflete nos baixos Índices de Desenvolvimento Humano Municipal - IDH, comuns a todos os municípios da Região de Xingó (Tabela 6), corroborando com o diagnóstico realizado pela CONSPLAN (2004).

O diagnóstico realizado por Gomes *et al.* (1999) identificou uma excessiva concentração de residentes em faixa etária baixa (0-14 anos), sobrecarregando as precárias condições locais de infra-estrutura e educação disponibilizadas pelo Estado. Isto pode resultar, segundo os autores, em um *“colapso dos sistemas de educação e saúde, fazendo com que, em médio e longo prazo, esse enorme contingente de crianças e adolescentes tenha, quando adulto, chances concretas de inserção no mercado de trabalho bastante limitadas”*.

Outro ponto a ser destacado é a não sustentabilidade do ponto de vista social do processo econômico gerado pela construção da UHE. Ross (1999) postula que, após o término das obras de Hidrelétricas, sempre há uma intensa liberação de mão-de-obra atrelada a uma desaceleração da economia local, resultando em severos desequilíbrios sociais oriundos da queda no nível de renda e um esvaziamento demográfico dos municípios da Área de Influência.

O cenário descrito para Área de Estudo corrobora com o postulado, uma vez que, além dos indicadores sociais apresentados, foi observado, neste período, um

processo de ruralização destes municípios, traduzido em taxas de urbanização negativas (Tabela 6), tendo maior impacto nos municípios de Poço Redondo e Olho d'Água do Casado.

### **III. Aspectos Ambientais**

Os impactos do desenvolvimento econômico local insustentável, associado ao recrudescimento da qualidade de vida da população, teve conseqüências diretas sobre os recursos naturais da região, corroborando com os componentes do ciclo de degradação ambiental descrito pela FAO (2003). A evolução deste processo de ocupação, desde a implantação da UHE, vem agravando, localmente, o quadro de degradação da Caatinga, conforme evidenciado pelos dados obtidos nos monitoramentos da área, conforme descritos a seguir.

Santos e Tabarelli (2002), ao analisarem imagens de satélite de 1995, observaram um alto nível de fragmentação da vegetação original do Bioma na região, relatando a existência de 1.188 fragmentos em apenas quatro municípios da Área de Influência, sendo que 78% apresentava áreas menores que 10ha.

Estes autores também evidenciaram uma relação inversa entre a proximidade de fatores de urbanização (cidades e estradas), área total e quantidade de fragmentos, ou seja, quanto mais urbanizada a área, maior é a pressão sobre a vegetação remanescente. Estes dados corroboram com o postulado pelo MMA (1998b), que afirma que este binômio, pobreza e degradação ambiental é a principal causa de impactos sobre os recursos naturais de áreas em zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas.

Freire (2004) utilizou o Sistema de Informações Geográficas - SIG para monitorar a evolução deste processo em seis municípios (Canindé do São Francisco, Poço Redondo, Piranhas, Olho d'água do Casado, Pão de Açúcar e Porto da Folha) desta área no período de 1989 a 2003.

Este autor constatou que, após a implementação da UHE Xingó, houve uma contínua degradação ambiental e que, *“sob todos os aspectos, o Bioma Caatinga foi atingido pela ação antrópica através do desmatamento, tendo graves conseqüências para a manutenção da biodiversidade local”*.

A análise destes dois estudos (SANTOS e TABARELLI, 2002; FREIRE, 2004) mostra a materialização dos impactos potenciais anteriormente descritos sobre os

recursos ambientais da Área de Estudo, principalmente com relação à vegetação e ao solo. Segundo este último autor, no período de 1989 a 2003, houve um aumento de cerca de 70% nas áreas urbanizadas (Figura 17), corroborando com os dados populacionais anteriormente apresentados (Tabela 5 e 6).

Com relação à perda de cobertura vegetal, Freire (2004) mostra que, em 1989, a Caatinga Arbustiva na região de Xingó ocupava uma área de 856,15km<sup>2</sup>, sendo reduzida a apenas 265,73km<sup>2</sup> em 2003 (Figura 17), o que corresponde a uma perda de 69% em 14 anos (aproximadamente, 5% ao ano). Segundo este autor, *“estas áreas foram desmatadas durante as obras de engenharia para a construção da UHE, ou para utilização do material lenhoso como matriz energética pela população”*.

Além desta atividade produtiva, baseada na experiência com os impactos do Pólo de Agricultura Irrigada de Petrolina, a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2003) afirma que *“o desmatamento é uma prática comumente associada aos projetos de irrigação e assentamentos rurais”*, atividades altamente estimuladas pelo Poder Público local.

Outro fato a ser considerado, é o avanço das áreas com por solos expostos e desertificados, ambos improdutivos do ponto de vista econômico, social e ambiental. A compilação dos resultados obtidos pelos estudos de monitoramento (CONSPLAN, 2004; FREIRE, 2004), mostra que os solos expostos tiveram um aumento de 91,3%, oriundos principalmente de áreas de cultivo e agricultura irrigada (Figura 17).

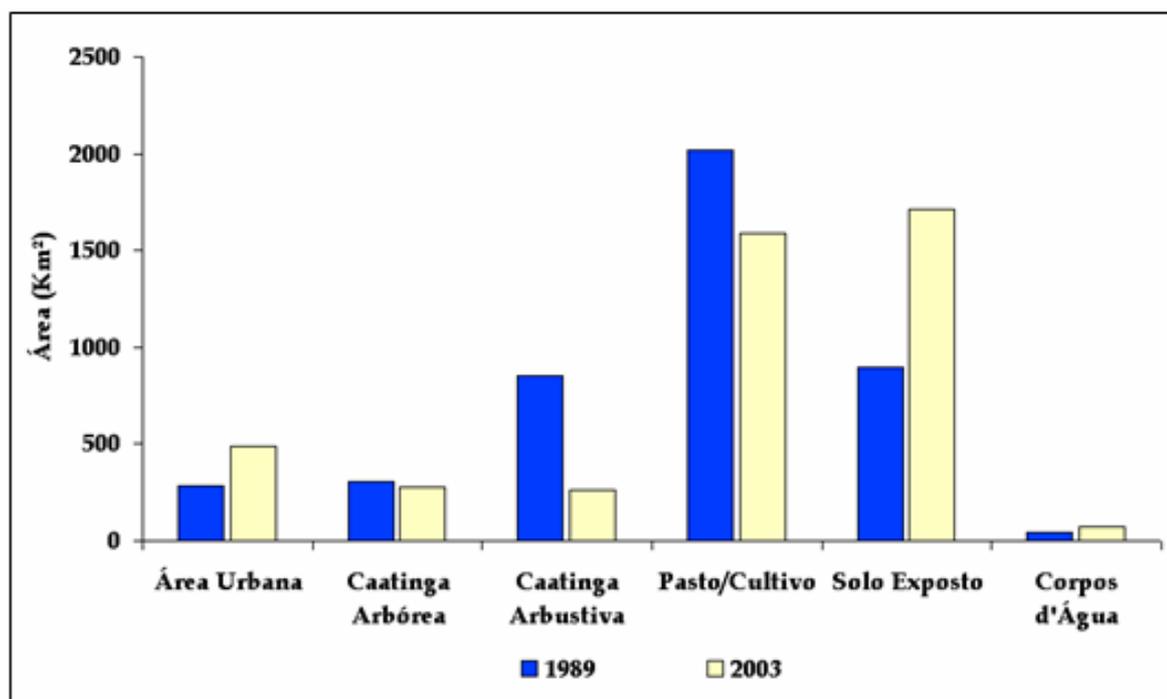


Figura 17. Monitoramento do Uso do Solo na região de Xingó no período de 1989 a 2003. Fonte: Freire (2004), com modificações.

Todo estes fatores fizeram com que em 2003 a Área de Estudo apresentasse graves problemas com relação à desertificação, possuindo um total de 985,44km<sup>2</sup> de áreas desertificadas. Isto corrobora com o processo de degradação descrito por Araújo *et al.* (2005), onde afirmam que áreas em ambientes áridos e semi-áridos, cuja exploração econômica seja mal planejada e gerenciada, acabam por sofrer processos de degradação que culminam na desertificação de extensas áreas.

Conforme o diagnóstico realizado pela Consplan (2004), as áreas degradadas e com risco de desertificação correspondem a 83,82% da Área de Influência do reservatório, valor muito acima da média deste parâmetro para o Bioma como um todo (Figura 18).

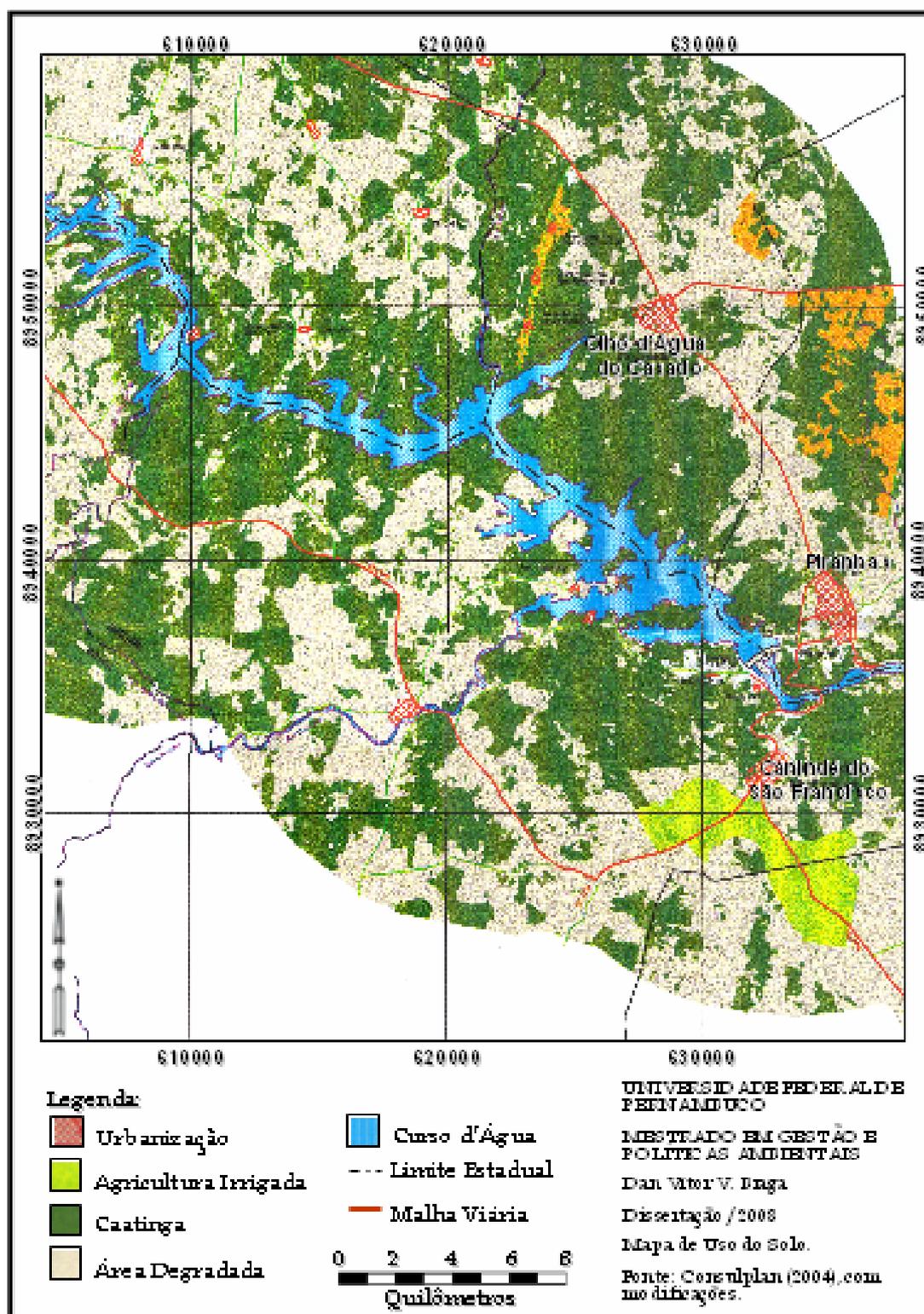


Figura 18. Mapa do uso do solo da Área de Estudo, abrangendo os municípios de Canindé do São Francisco, Delmiro Gouveia, Piranhas e Olho d'Água do Casado, evidenciando em tons claros as áreas degradadas de Caatinga. Fonte: CONSPLAN (2004), com modificações.

#### 7.1.4 Considerações Finais

A partir dos dados discutidos pode-se concluir que o Poder Público e a população local são os atores mais significativos no processo de degradação ambiental na Área de Estudo, sendo o primeiro mais impactante por apresentar uma grande quantidade de impactos ambientais gerados por poucas atividades produtivas. A construção da UHE Xingó foi a atividade considerada mais impactante dentre as identificadas, sendo responsável por grande parte do cenário socioambiental atual da Área de Estudo.

O cenário socioambiental descrito mostra que a promoção do desenvolvimento econômico na Região pôde, em um primeiro momento, ajudar na tarefa de prover as condições mínimas para a dinamização da economia local, porém, este não incluiu as particularidades locais relativas ao meio biótico e antrópico, como a dinâmica social e a capacidade de suporte dos ecossistemas locais. Além disto, o crescimento observado nas atividades agrícolas não foi acompanhado por uma contrapartida da indústria e do comércio, mas sim pelo recrudescimento da qualidade de vida da população local.

Destarte, refuta-se a hipótese inicial de que a construção da UHE Xingó seria capaz de materializar na sua Área de Influência as amenidades potenciais previstas por Stipp (1999), com relação à dinamização efetiva da economia e à melhoria na qualidade de vida da população local.

As estatísticas aqui apresentadas e discutidas refletem a falta de planejamento por parte do Poder Público local para gerir as mudanças sociais advindas dos impactos de grandes empreendimentos como é o caso da construção da UHE Xingó. Os padrões observados, principalmente com relação aos passivos socioambientais, podem ser encontrados na maioria dos municípios do semi-árido que foram contemplados com obras infra-estruturais deste porte e por investimentos públicos/privados, podendo assim, serem considerados como um vício do Poder Público brasileiro que precisa ser combatido pela sociedade e pelas autoridades competentes.

O Poder Público e os empreendedores privados devem almejar a sustentabilidade de suas atividades produtivas e de suas Políticas de

Desenvolvimento em longo prazo para, assim, garantir o desenvolvimento sustentado desta região e o retorno do capital investido.

A análise integrada dos resultados obtidos mostra a ocorrência de um padrão na evolução do processo de degradação da Área de Estudo: a cobertura vegetal é modificada pela ação dos atores de degradação identificados e, devido a não sustentabilidade dos sistemas produtivos, as áreas degradadas perdem a capacidade de regenerar-se naturalmente, transformando-se em áreas desertificadas com o passar do tempo.

Se não forem deflagradas as devidas ações de controle para este processo, o Cenário Tendencial se materializará, acarretando a degradação contínua dos recursos ambientais presentes na região, principalmente da vegetação. Isto tem impactos diretos na sustentabilidade dos processos econômicos descritos pela degradação do solo e diminuição do aporte hídrico, resultando na desertificação de extensas áreas. Todos os aspectos ambientais descritos culminam na diminuição da qualidade de vida da população residente na região e na sua migração para outras áreas pólos, sobrecarregando, ainda mais, as infra-estruturas destas localidades.

Faz-se necessária a execução de um planejamento estratégico a nível local e regional, de forma a adequar os modos de exploração às peculiaridades socioambientais locais, provendo corpo técnico especializado e equipamentos infra-estruturais que ofereçam suporte a estas atividades e que permitam a identificação e gestão efetiva dos seus impactos ambientais. Concomitantemente, os passivos socioambientais presentes na região devem ser identificados e gerenciados antes que atinjam, de forma irreversível, os recursos naturais e a estrutura social da região, inviabilizando o sistema produtivo local.

Por fim, para que este cenário seja modificado, é condição *sine qua non*, a ação da sociedade e de seus representantes legais (Órgão Ambientais, Ministério Público Federal e Tribunal de Contas da União) passem a exercer seu papel de polícia e de agentes fiscalizadores, exigindo do Poder Público e dos empreendedores a eficácia de suas ações e de seus investimentos para garantir à população local o acesso às condições básicas de qualidade de vida e a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, conforme disposto na Constituição Federal.

## **7.2 Projeto de Produção de Mudanças e Recuperação de Áreas Degradadas - Chesf: Meio Ambiente x Conflitos Sociais**

Durante o levantamento exploratório, constatou-se que o Projeto de Produção de Mudanças e Recuperação de Áreas Degradadas - PMRAD realizado pela Chesf é o único projeto de recuperação ambiental desenvolvido na Área de Estudo, sendo assim, as suas metodologias e áreas de intervenção foram escolhidas como foco da análise deste capítulo.

### **7.2.1 Caracterização do Projeto**

#### **I. Evolução Histórica**

Considerando a exigência legal e constitucional da obrigatoriedade de recuperação do dano ambiental que foi gerado na Área de Influência da UHE Xingó, a Chesf vem executando Programas Ambientais direcionados à produção e plantio de mudas, como forma de gerir o seu passivo ambiental nas áreas degradadas pela construção da UHE.

Assim, a Sementeira - Chesf foi criada em 1986 durante a construção dos alojamentos para os operários no bairro Xingó - AL, sendo vinculada à Divisão de Apoio Administrativo de Xingó - DAAX, cuja finalidade era, apenas, a produção de mudas de espécies arbóreas, nativas e exóticas, para serem empregadas no paisagismo e arborização dos espaços públicos (ENGE-RIO, 1994).

O Programa de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD foi criado em 1994 como parte integrante dos Programas Ambientais previstos no Plano Básico Ambiental - PBA, visando gerir os impactos ambientais gerados pelas atividades executadas durante a construção da UHE Xingó (ENGE-RIO, 1994).

Durante a sua elaboração, foi identificada a necessidade da criação de um Horto Florestal que garantisse o aporte de material e mudas para as intervenções de recuperação, ficando a cargo da Sementeira - Chesf a realização destas atividades (ENGE-RIO, 1994).

Em 1995, esta passou a ser administrada pelo Departamento de Meio Ambiente - DMA da Chesf, focando assim, suas atividades na produção de mudas de espécies nativas e exóticas para fins de reflorestamento. Durante o primeiro ano de atividades não foi realizada apenas a produção de mudas, totalizando cerca de 1.500 mudas. No

segundo semestre de 1996, foram realizados os primeiros plantios e a produção de mudas chegou à cota de 20.000 mudas ao término das obras de infra-estrutura dos alojamentos (E. M. S., Comunicação Pessoal, 20 de junho de 2007)<sup>24</sup>.

A execução das atividades de campo e administração da Sementeira, desde 1997, vem sendo realizada através de terceirização através da contratação de empresas de consultoria, tendo os contratos uma duração média de três anos. Em cada contrato, são amarrados os módulos a serem trabalhados e a produção anual de mudas, sendo geralmente cerca de 200.000 mudas por ano e a recuperação e/ou manutenção de quatro módulos.

Atualmente este programa expandiu os seus objetivos, passando a ser denominado de “Projeto Produção de Mudas de Espécies Nativas da Caatinga e Recuperação de Áreas Degradadas” - PMRAD. Nesta nova roupagem, além da produção de mudas de espécies nativas e o seu plantio nas áreas em restauração, a Sementeira se encarrega da doação de mudas para outros projetos de reflorestamento, instituições e produtores, atuando como estímulo à prática de recomposição florestal.

## **II. Descrição da Metodologia Empregada pelo PMRAD**

O projeto inicial, PRAD, previa a recuperação das áreas degradadas utilizadas como empréstimo, aterro e “bota-fora”, localizadas na microbacia do riacho Lajedinho (Canindé do São Francisco-SE) e nas imediações do Bairro Xingó (Piranhas-AL), totalizando 46ha a serem trabalhados. A cobertura vegetal destas áreas, após o término da obra, era praticamente inexistente, servindo, na época, como local de despejo de resíduos e rejeitos das obras (ENGE-RIO, 1994).

Atualmente, o PMRAD prevê a recuperação de 220ha, estando 80% localizados no Estado de Sergipe, onde estão as áreas mais impactadas pela construção da UHE. Além das áreas originais, foram incluídas áreas degradadas de Mata Ciliar do Rio São Francisco, localizadas à jusante da barragem.

A metodologia empregada pelo PMRAD consiste na implementação de Talhões Facilitadores Diversificados - TFD, sendo estes realizados em módulos de áreas variadas ao longo dos locais, alvo do programa.

---

<sup>24</sup> Devido ao acordo firmado durante as entrevistas, os dados resultantes dos depoimentos (Comunicação Pessoal) foram identificados através das iniciais dos entrevistados.

Durante os seis primeiros anos o Projeto trabalhou em quatro módulos, sendo o Módulo II considerado pela administração como o que melhor respondeu às intervenções, não sendo mais necessária a prática de ações de manutenção.

O processo produtivo é constituído de 13 etapas que são executadas tanto na Sementeira, quanto em campo, conforme descrito no fluxograma presente na Figura 19. Os funcionários são divididos em três grupos bem distintos: o corpo gerencial, os trabalhadores ligados às atividades de produção de mudas e trabalhadores responsáveis pelas atividades realizadas em campo (plantio e manutenção dos módulos).

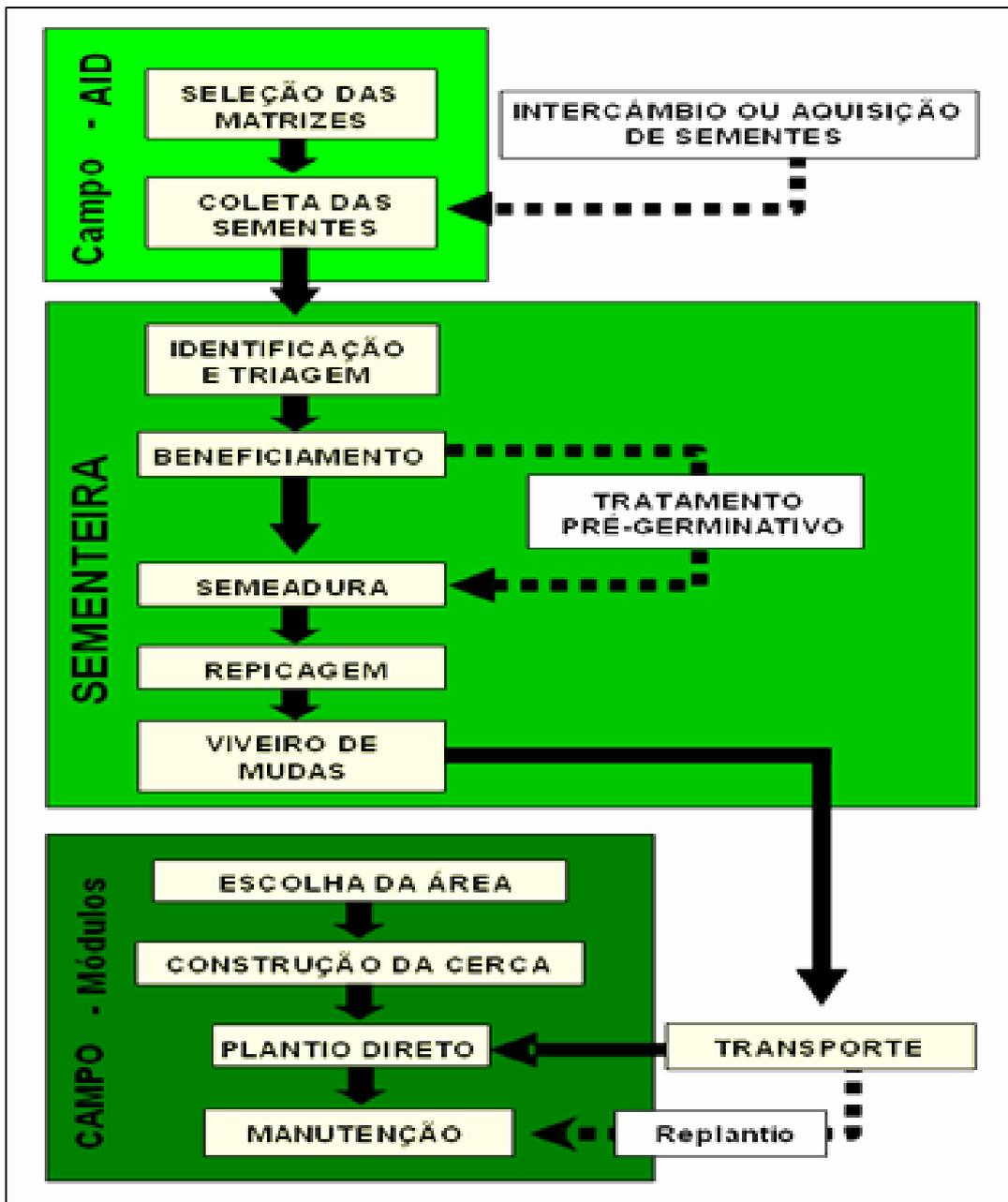


Figura 19. Fluxograma do processo produtivo do Projeto de Produção de Mudanças de Espécies Nativas da Caatinga e Recuperação de Áreas degradadas - PMRAD.

## Seleção das Espécies e Coleta das Sementes

A seleção das espécies a serem empregadas no reflorestamento é realizada através de inventários da vegetação presente em fragmentos preservados localizados próximos aos módulos de intervenção.

A primeira atividade do processo produtivo consiste na obtenção das sementes que é realizada por uma equipe de campo. Cada espécie possui cinco indivíduos pré-selecionados, durante o início do Programa, para servirem como matrizes doadoras. Estes indivíduos são selecionados pelo seu porte e longevidade, estando todos separados por uma distância mínima de 100m e distribuídos ao longo da Área de Influência Direta da UHE Xingó.

O período de coleta é baseado em estudos de fenologia realizados na Área de Estudo, sendo as coletas realizadas por dois anos em cada matriz pré-selecionada. Esta periodicidade visa minimizar o impacto ambiental das coletas sobre a prole dos indivíduos selecionados, uma vez que cada um deles terá suas sementes coletadas a intervalos de 10 anos.

Algumas espécies não são incluídas no Projeto por terem sua silvicultura desconhecida ou por estarem local ou ecologicamente extintas, como é o caso do Jatobá - *Hymenaea courbaril* L. e da Imburana-de-cheiro - *Amburana cearensis* (Allemão) AC Sm. e Muriá.

## Recebimento e Beneficiamento

Após a coleta, os frutos são levados para serem beneficiados na Sementeira. Este procedimento consiste na identificação, separação e seleção das sementes, sendo realizado, quando necessário, procedimentos de “quebra de dormência<sup>25</sup>”.

Esses procedimentos variam de espécie para espécie, sendo em alguns casos até mesmo desconhecidos, acarretando em baixos índices de germinação e até mesmo nenhuma germinação. A Barriguda (*Chorisia speciosa* St. Hil.), Juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.) e Imburana-de-cheiro (*Amburana cearensis* (Allemão) AC Sm.) podem ser considerados exemplos do primeiro caso e o Pau-caixão (*Bredemeyera floribunda* Willd.) do segundo.

---

<sup>25</sup> Quebra de Dormência: Termo botânico que denomina as técnicas (físicas e químicas) utilizadas para vencer os mecanismos que algumas sementes possuem para evitar a absorção de água pelo embrião: a dormência.

Depois do beneficiamento, as sementes são contadas e acondicionadas em recipientes de vidro para armazenamento, ou são enviadas direto para o semeio.

### **Semeadura**

De acordo com o aporte de sementes, estas são preparadas para semeadura em tubetes plásticos, acondicionados em bandejas sob tela de sombreamento 50%. As sementes são colocadas em potes plásticos com água para que sofram o processo de embebição, sendo em seguida semeadas nos tubetes (Figuras 20A).

Os tubetes são irrigados a cada dois dias, sendo mantidos nestas condições até que ocorra a germinação e o seu desenvolvimento inicial (Figura 20B e C). O substrato de plantio consiste em mistura de solo vegetal e húmus na proporção de 3/1, sendo este último oriundo do minhocário existente na Sementeira (Figura 20D).

### **Repicagem e Canteiro de mudas**

O desenvolvimento das plântulas é acompanhado, sendo realizada a troca para sacos plásticos de 1kg, logo após a perda das folhas cotiledonares. As mudas são, então, agrupadas por espécie nos canteiros e identificados por plaquetas (Figura 20E). A periodicidade da irrigação é mantida por toda a estadia das mudas no viveiro, ou seja, até a sua remoção para campo.

### **Transporte**

O transporte é realizado por dois caminhões, sendo as mudas carregadas por espécie, respeitando a seqüência dos canteiros, cujas mudas atingiram um desenvolvimento considerado apto a sua sobrevivência nos módulos (Figura 20F).

### **Preparo dos Módulos**

O isolamento dos módulos é realizado através da construção de cercas de arame farpado (12 fiadas), associadas a cercas vivas compostas por macambira (*Bromelia laciniosa* Mart.) e palma-espinhosa (*Opuntia* sp.), dificultando a entrada de animais e pessoas nas áreas a serem recuperadas (Figura 21).



Figura 20. Etapas do processo produtivo do PMRAD executadas na Sementeira - Chesf. **A** - Semeadura; **B** - Irrigação dos tubetes; **C** - Emergência das plântulas; **D** - Minhocário; **E** - Canteiros de mudas; **F** - Transporte. Fotos: Braga (2007).



Figura 21. Cerca utilizada como barreira de acesso de animais e pessoas nos módulos sob intervenção do PMRAD. Esta cerca é uma associação entre a Palma-espinhosa (seta), a Macambira (☆) e o arame farpado. Foto: Braga (2007).

Estas duas espécies não são consumidas pelos animais devido à grande quantidade de defesas químicas (compostos secundários) e físicas (escamas e espinhos) que elas possuem contra a herbivoria (LENZI *et al.* 2006).

A Palma-espinhosa é adquirida de produtores locais e plantada ao longo da cerca em intervalos de 30cm e a Macambira é retirada das populações próximas aos módulos e plantada de forma adensada na base da cerca, constituindo a segunda barreira.

### Plantio e Manutenção

Após o término da construção das cercas, é realizado o plantio aleatório das mudas de espécies nativas, respeitando densidade de 1.500 mudas por hectare. As mudas são plantadas em covas de 30 a 40cm de profundidade, não sendo realizado nenhum preparo prévio do solo dos módulos.

Nos primeiros meses após o plantio, é realizada a irrigação das mudas em campo com auxílio de sistemas de abastecimento por carro-pipa, sendo esta prática intensificada durante a estação seca. As demais atividades de manutenção consistem

no reparo das cercas, replantio de novas mudas a cada período de quatro meses e o controle de gramíneas e outras herbáceas, consideradas indesejadas.

### **III. Projetos Sociais**

Além das ações ligadas diretamente à recuperação, a Sementeira também desenvolve outros projetos, principalmente de cunho social. Em 1998, foi criado o Projeto de Capacitação Ambiental de Professores e Agentes Jovens.

Este projeto teve a duração de oito anos, sendo dividido em turmas de ciclo anual. O projeto consistia na capacitação de professores de escolas públicas estaduais e municipais em Educação Ambiental, sendo ministrados treinamentos, palestras e atividades práticas. Os professores ao término do ciclo, estavam aptos a aplicar metodologias de ensino voltadas a Educação Ambiental de seus alunos.

Além disso, 50 jovens de famílias carentes eram selecionados para participar deste projeto durante o período de dois anos. Os adolescentes selecionados possuíam idade entre 14 e 16 anos, deveriam freqüentar a escola, não poderiam ter reprovação no período do projeto ou baixa freqüência nas aulas, sendo todos pertencentes a comunidades carentes localizadas na periferia do Município de Piranhas, AL.

Durante o período do curso, os jovens recebiam aulas de reforço escolar e uma ajuda de custo mensal de meio salário mínimo. Os alunos participavam das atividades diárias da Sementeira, sendo capacitados em técnicas de viveirismo, compostagem, agricultura orgânica e educação ambiental, transformando-os em agentes multiplicadores de boas práticas de agricultura e educação ambiental.

#### IV. Perfil dos colaboradores e sua percepção com relação ao PMRAD

O projeto possui um total de 20 funcionários, sendo o Corpo Gerencial alocado na Sementeira formado por um Engenheiro Florestal, um Técnico Agrícola e um Encarregado de Campo. Os demais funcionários são divididos em dois grupos bem distintos, um encarregado da produção de mudas na Sementeira e outro, responsável pelos serviços de plantio e manutenção dos módulos.

Retirando-se da análise os dados referentes ao Corpo Gerencial, verifica-se que o perfil social dos demais colaboradores se assemelha ao descrito, no capítulo anterior, para os habitantes na Área de Influência da UHE Xingó. Metade dos entrevistados possui idade superior a 40 anos e menos de 20% possui escolaridade superior ao Ensino Fundamental.

A maioria dos funcionários era agricultor antes de entrar para o projeto. Estes profissionais, associados aos autônomos que prestaram serviços à Prefeitura Municipal de Piranhas, foram os que tiveram a menor remuneração, apresentando uma renda mensal média de R\$ 155,00 (2006), valor muito abaixo da média dos entrevistados (Figura 22). Estes dados corroboram com a precária situação econômica anteriormente discutida para a Área de Estudo.

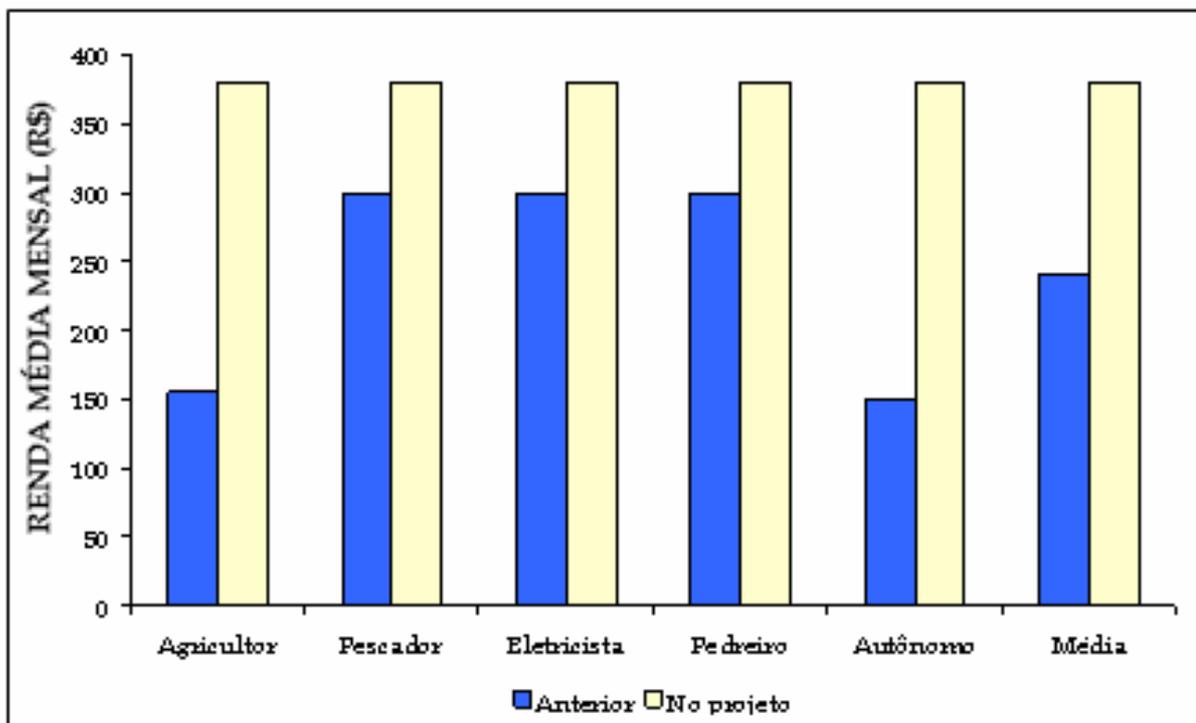


Figura 22. Variação na renda média mensal por profissão dos funcionários antes de serem contratados para o trabalho na Sementeira-Chesf, baseado nos dados do questionário aplicado em campo. (Salário Mínimo: R\$ 380,00).

Neste contexto o PMRAD desempenha outra função social, geralmente não observada: a melhoria da qualidade de vida proporcionada a seus funcionários. A análise dos dados obtidos nas entrevistas mostrou que, após o início dos trabalhos neste Projeto, houve um aumento significativo ( $t = -5.8319$ ,  $Gl = 7$ ,  $p = 0.0003$ ) na renda familiar mensal dos entrevistados e, em alguns casos, este aumento foi de mais de 200% (Figura 22).

Isto impacta diretamente na qualidade de vida destas famílias e tem conseqüências diretas na motivação dos funcionários, o que explica o alto nível de satisfação (100%) observado nas entrevistas.

Foi observado que há uma renovação contínua do quadro de funcionários, tendo estes uma média de três anos e quatro meses de serviço na Sementeira. Este fato pode ser considerado esperado, pois é comumente observado nos serviços de terceirização, principalmente no caso de licitações.

Os funcionários são completamente renovados a cada contrato, exceto os cargos do nível gerencial, onde o Técnico Agrícola e o Encarregado de Campo são mantidos nos diversos contratos firmados ao longo da existência do Projeto. Isto, de certa forma, é válido por aproveitar o conhecimento acumulado destes profissionais e a sua experiência com a dinâmica local e exigências do Projeto.

Com relação aos demais funcionários, o ideal é que houvesse, a cada novo contrato, uma seleção dos mais competentes e produtivos da equipe anterior, de forma a indicar a sua permanência no Projeto. Além disso, os adolescentes que foram capacitados pelo Projeto Social são fonte de mão-de-obra qualificada que não é utilizada. Estes jovens já tiveram capacitações na área de atuação do PMRAD e conhecem a sua dinâmica. Além disso, isto seria uma forma de recompensar os alunos que tiveram um melhor rendimento, servindo de estímulo aos alunos das novas turmas.

A percepção dos funcionários sobre o modelo de gestão adotado no PMRAD corrobora com as observações realizadas durante o período de campo. Neste período, observou-se uma gestão do tipo *Top-down*, onde os escalões superiores tomam as decisões e os demais ficam encarregados de executar as metas estipuladas, não havendo nenhum estímulo e/ou abertura à participação dos funcionários no processo gerencial.

A gestão *Top-down* não integra a equipe, nem permite a promoção de capacitações educativas. A ausência deste tipo de ação faz com que a maioria dos entrevistados tenha a visão reducionista de que o PMRAD tem como objetivo exclusivo a recuperação das áreas degradadas pela Chesf perto da UHE Xingó e, além disso, 30% deles não souberam responder qual era o objetivo do Projeto.

A percepção com relação à importância do Projeto também sofre influência deste fato. As respostas mostraram que o corpo gerencial, com uma maior escolaridade e visão contextualizada do Projeto, consegue visualizar as externalidades positivas alvos do PMRAD, como prática de educação ambiental na região e re-introdução de espécies nativas ameaçadas de extinção.

Os demais funcionários só atribuíram valor às atividades do PMRAD que fazem parte de sua realidade de trabalho, como a produção de mudas para os funcionários alocados na Sementeira e o plantio para os funcionários de campo.

Outro fator que corrobora com esta hipótese é a reação dos entrevistados à última pergunta do questionário. Esta pergunta teve o objetivo inicial de permitir que os entrevistados opinassem a respeito de possíveis melhorias na metodologia ou no gerenciamento do PMRAD.

Na prática, a análise das respostas obtidas e dos depoimentos por elas induzidos tornou possível captar as consequências da ausência de abertura por parte do corpo gerencial à participação dos demais funcionários.

Mesmo tendo a garantia de seu anonimato, todos os entrevistados assumiram uma postura defensiva no final da entrevista quando estes foram indagados sobre a sua opinião. Os entrevistados reagiram como se sentissem “ameaçados” pelas consequências de suas respostas. Desta forma, 60% deles preferiram não opinar. Todos os que responderam relataram que haviam coisas a serem melhoradas, porém apenas um relatou o que seria.

O único entrevistado que opinou, elucidou qualquer questionamento:

*“Tem muita coisa errada, a meu ver, no que eles fazem. Eles ficam plantando essas coitadas no chão que é pedra pura. Agente mal consegue cavar a covas para botar elas. Os chefes deviam fazer reuniões também com a gente. A maioria de nós era agricultor e nós é que sabemos plantar naquelas terras”.*

Faz-se necessária a implantação de um processo de comunicação com os funcionários de todos os níveis e funções, de forma nivelar e trocar informações para sanar os fatos observados. Assim, além da motivação oriunda da melhoria da qualidade de vida, estes também terão a motivação gerada pela plena consciência de sua contribuição para a melhoria do cenário socioambiental da região onde vivem.

Esta prática teria seus efeitos potencializados se, além disso, houvesse uma mudança no tipo de gestão adotada na Sementeira. Segundo Roesch e Anthunes (1995), a Gestão da Qualidade Total é o modelo mais adequado por introduzir *“várias mudanças técnicas e estruturais na organização e na forma de trabalho, sendo a mudança cultural a mais importante, uma vez que, a sua execução efetiva requer um estilo participativo de gestão e implica no empowerment dos subordinados”.*

## **7.2.2 Avaliação do processo produtivo e da metodologia empregada**

### **I. Auditoria dos Processos Produtivos**

A Ecologia da Restauração é uma ciência nova e, devido a suas particularidades, possui poucos conceitos gerais, sendo o conhecimento, ao longo de sua história, gerado muito mais pelo Método de “Tentativa e Erro”, do que pelo Método Científico propriamente dito. Soma-se a isto a falta de intercâmbio de experiência entre as instituições executoras. Desta forma, os avanços nesta área ocorrem paulatinamente a cada nova descoberta, dificultando o sucesso das intervenções.

Porém, com o *know-how* de técnicas de restauração atualmente empregadas, já se sabe que o ponto chave na recuperação é respeitar as particularidades dos processos ecológicos locais, tentando identificar os princípios-chaves de forma a induzi-los, sem impor fórmulas pré-fabricadas. Este último aspecto é fundamental ao se tratar da Caatinga onde, além de almejar a indução da sucessão ecológica, a RED deve

considerar em suas intervenções as pressões edáfico-climáticas<sup>26</sup> inerentes a este ambiente.

Ao fazer uma análise comparativa das metodologias de base científica de RED que obtiveram sucesso em outros Biomas, observam-se alguns princípios comuns ligados à dinâmica das populações nos ecossistemas sob intervenção. Assim, o modo de atuação do PMRAD que não contemplam estas premissas e algumas falhas de processo identificadas são discutidos nos itens a seguir.

## **II. Avaliação da Metodologia**

### **▪ Técnica de RED Empregada**

A metodologia empregada, Talhão Facilitador Diversificado - TFD, é a mais adequada às particularidades locais e ao porte da entidade executora do Projeto, porém, o modo como é executado faz com que esta não possa ser considerada uma iniciativa de RED e sim, uma tentativa de revegetação das áreas degradadas, incluindo o máximo de espécies observadas em áreas preservadas.

Kageyama e Gandara (2005) afirmam que este é um erro comumente observado em tentativas de recuperação em área de influência de hidrelétricas, sendo também observado pelos autores nas fases iniciais da implementação de APP dos reservatórios das Centrais Elétricas do Estado de São Paulo - CESP. Nestes casos, segundo os autores, a metodologia empregada nos programas de recuperação *“não possui modelos gerados por critérios científicos, como a utilização de espécies pioneiras ou grupos sucessionais”*.

### **▪ Escolha das Espécies**

Como já mencionado, a seleção das espécies a serem produzidas na Sementeira - Chesf foi realizada baseando-se em inventários feitos em áreas preservadas localizadas próximas às áreas degradadas. Primarck e Rodrigues (2001) condenam esta prática apontando-a como um equívoco comumente observado em projetos de restauração.

Segundo os autores, estas espécies *“evoluíram para interagir com as condições ambientais presentes naquele ecossistema antes de sua degradação”*. Ao se perturbar este

---

<sup>26</sup> Edáfico-climáticas: Denomina as características relativas ao solo e clima que definem um ambiente, região, vegetação ou Bioma.

estado de equilíbrio, faz-se com que ocorram drásticas modificações nestes parâmetros ambientais, interferindo negativamente na sobrevivência da maioria das espécies que o habitavam em sua condição original.

Outra consequência prática deste tipo de erro são as suas implicações ecológicas e financeiras. Como estas espécies não são adaptadas a se desenvolver nestas novas condições, acabam por apresentar baixa taxa de crescimento e alta taxa de mortalidade em campo, fato também relacionado com a competição com espécies mais aptas como gramíneas e lianas, ou a herbivoria por ruminantes ou formigas.

Carpanezzi (2005) afirma que a quantidade de mudas de espécies secundárias e/ou de clímax produzida por projetos de RED é um indicativo de seu bom Planejamento. Para este autor as *“espécies pioneiras devem representar juntas mais de 60% da produção de mudas de um projeto de RED bem planejado”*, uma vez que, nas fases iniciais, há uma maior demanda por essas espécies.

#### ▪ Seleção das Matrizes

Com relação à seleção das matrizes para a coleta de sementes, o critério de seleção e o número de matrizes utilizados pelo PMRAD são questionáveis do ponto de vista científico.

Segundo Kageyama e Gandara (2005), sob a ótica dos princípios de genética populacional, é desaconselhável estabelecer critérios de seleção ligados ao fenótipo<sup>27</sup> do indivíduo na escolha das matrizes. Estes autores afirmam que *“na restauração deseja-se a representatividade das espécies nas populações e não uma parte da variação genética das mesmas”*, ou seja, ao atribuir algum critério na escolha de matrizes o executor está indo de encontro ao princípio de manutenção da diversidade genética, ponto chave nos programas de RED.

Além disso, o sucesso dos indivíduos em sua história de vida está ligado muito mais às condições relacionadas ao histórico de uso e fatores ambientais do local em que estes estão instalados, do que a sua aptidão genética em sobrepujar possíveis adversidades. Assim, os critérios fenotípicos adotados pelo PMRAD para escolhas das matrizes possuem heretabilidade<sup>28</sup> quase zero.

---

<sup>27</sup> Fenótipo: Aparência física e/ou comportamental de um organismo, resultado da interação de sua carga genética (genótipo) com o meio ambiente durante a sua história de vida.

<sup>28</sup> Heretabilidade: Termo empregado para indicar à capacidade de um organismo de transmitir as suas características a seus descendentes.

As pesquisas realizadas por estes dois autores em Mata Atlântica, através do convênio USP/CESP, demonstraram que em projetos de RED é mais aconselhado realizar a coleta aleatória das sementes em populações preservadas, levando-se em consideração um número mínimo de 50 indivíduos doadores (KAGEYAMA e GANDARA, 2000; KAGEYAMA *et al.* 2001).

Não é necessário, para a condição por eles estudada, respeitar distâncias mínimas de proximidade, uma vez que nas populações naturais e em equilíbrio de florestas úmidas, indivíduos próximos da mesma espécie, geralmente, não possuem grau de parentesco que inviabilize a variabilidade genética. No caso do PMRAD, se faz necessária a execução de experimentos que testem a aplicabilidade deste modelo à realidade do Bioma Caatinga.

#### ▪ Isolamento dos Módulos

O isolamento dos módulos, como é feito no PMRAD, é uma prática fundamental para o sucesso das intervenções, corroborando com os procedimentos de RED descritos por Carpanezzi (2005). Segundo este autor, *“a cessação dos distúrbios é o ponto inicial na recuperação ambiental, sendo condição indispensável em qualquer projeto”*.

#### ▪ Aspectos Edáficos

Segundo Primarck e Rodrigues (2001) a restauração das áreas de empréstimo tem que sobrepujar as alterações provocadas pela degradação nas condições físicas do ambiente que impossibilitam o estabelecimento e, até mesmo, a sobrevivência dos espécimes plantados. Caso isto não seja realizado, segundo estes autores, *“a restauração destas áreas consiste, na realidade, em conseguir o estabelecimento das espécies nativas diretamente sobre a rocha matriz”*.

A metodologia descrita pela ENGE-RIO (1994) para o Programa de Recuperação de Áreas Degradadas do Plano Básico Ambiental da UHE Xingó prevê que após o isolamento dos módulos de intervenção seria realizado o refeiçãoamento do terreno, recompondo o sistema de drenagem e suavizando o relevo. Isto corrobora com Bradshaw (1984), que ressalta que, embora não existam princípios fixos em Ecologia da Restauração, *“os ecossistemas devem ser restaurados seguindo a seqüência de aspectos físicos, químicos e, por fim, biológicos”*.

Além disso, o PBA estipula que seria necessária a descompactação do solo através de subsolagem com “ripper”, acompanhando as curvas-de-nível de modo a evitar a formação de erosões. Segundo este documento, obteve-se um resultado satisfatório em um teste de campo realizado com o emprego de uma motoniveladora, no qual foi adotada uma profundidade de subsolagem de 40 a 50cm.

A execução destas intervenções, segundo a ENGE-RIO (1994), tem impactos positivos sobre o estabelecimento da vegetação por facilitar o desenvolvimento do seu sistema radicular, permitir a infiltração de água e diminuir os riscos de erosão nas áreas degradadas.

Porém, as observações em campo do preparo dos módulos para o plantio mostraram que, embora recomendado pelo PBA, não são realizadas quaisquer intervenções no solo ou na topografia do terreno a ser recuperado.

Em consequência deste fato, foi observada a perda por erosão (superficial e/ou movimentos de massa) do restante do solo presente nas áreas degradadas, resultando no assoreamento dos corpos d’água de sua bacia de drenagem.

Carpanezzi (2005) destaca que, *“quanto mais intensa for a restrição edáfica, menor será o número de espécies aptas a sobreviver nestas condições”*. Desta forma ao desconsiderar a restauração edáfica a equipe responsável pelo PMRAD potencializa o efeito já discutido da inadequação das espécies selecionadas para serem empregadas no Programa, diminuindo ainda mais a probabilidade de estabelecimento dos indivíduos plantados.

#### ▪ **Processo produtivo**

Durante as visitas técnicas foram observadas algumas “falhas de processo” presentes tanto na Sementeira, quanto nos módulos em campo e que, em alguns casos, geram impactos sobre o meio ambiente local.

Foi observado um grande desperdício de material coletado durante as três primeiras fases do processo de produção de mudas, sendo inerente à metodologia empregada, ou provocado pela ausência de pessoal e de material de suporte (bandejas e vasilhames) em quantidade suficientes para comportar a quantidade de material coletado.

A ocorrência deste fato está relacionada com a ausência de um planejamento que estabeleça as diretrizes para o PMRAD, as associações de espécies a serem

produzidas, em que época e quantidade. O planejamento tem como resultado um protocolo de ações seqüenciais que devem ser executadas pelos funcionários e a sua inexistência faz com que seja coletada uma quantidade de frutos muito maior que a demanda e, conseqüentemente, maior que a capacidade de processamento.

Como não há estrutura para o armazenamento das sementes beneficiadas, ou como muitas delas são recalcitrantes<sup>29</sup>, estas têm que ser passadas adiante no processo produtivo, sobrecarregando todo o sistema.

Esta sobrecarga faz com que haja uma quantidade de mudas aptas ao plantio muito maior que a demanda requerida em campo, sendo estas acumuladas no viveiro de mudas.

Outro aspecto é que a produção de mudas fica dependente da disponibilidade de sementes em campo. Desta forma, não há como sustentar o plantio de um Modelo de Associação de Espécies, uma vez que, há uma sazonalidade na produção e no fornecimento de mudas de cada espécie para o plantio.

As mudas sobressalentes acabam por extrapolar o período considerado ótimo para o seu plantio, diminuindo a sua capacidade de estabelecimento em campo (Figura 23A). Além disso, algumas mudas ficam tempo suficiente no viveiro para que seu sistema radicular atrofie ou ultrapasse o saco plástico, fazendo com que seja necessário o seu corte durante o processo de remoção e transporte para o campo (Figura 23B e C), causando a sua morte um curto período após o plantio.

---

<sup>29</sup> Recalcitrantes: Terminologia empregada para designar as sementes que perdem, rapidamente, o seu poder germinativo, inviabilizando, assim, a sua armazenagem em bancos genéticos.



Figura 23. Efeito da sobrecarga na produção de mudas do PMRAD, Xingó. **A** - Mudas sobressalentes que extrapolaram o período considerado ótimo para seu plantio; **B** - Alteração do desenvolvimento normal do sistema radicular comumente observada nas mudas sobressalentes; **C** - Remoção das mudas dos canteiros, através do corte do seu sistema radicular. Fotos: Braga (2007).

### ▪ Atividades de Campo

Com relação às atividades realizadas pela equipe de campo, foi observado que as mudas são plantadas nos módulos na mesma seqüência em que estão agrupadas no caminhão de transporte. Como estas são carregadas seguindo a ordem do canteiro em que estão situadas, os indivíduos da mesma espécie acabam sendo plantados nos módulos de forma agrupada. A distribuição espacial agrupada resultante desta prática facilita a ação dos inimigos naturais, principalmente herbívoros e predadores, tendo como principal consequência o aumento da incidência de pragas e de doenças, como observado em campo (Figura 24).

As consequências ecológicas do plantio agregado de espécies também foram observadas por Kageyama e Gandara (2005), que relatam infestações por herbívoros específicos em plantios onde há uso excessivo de indivíduos de um determinado grupo (espécie ou família).

Estes autores também relatam uma maior incidência de pragas e/ou doenças quando não se respeita a densidade natural de cada espécie (raras ou comuns). Neste caso, a taxa de infestação destes fatores aumenta ao se plantar as espécies raras na mesma densidade das espécies comuns, como foi o caso observado nos módulos do PMRAD.

A aquisição da palma-espinhosa (*Opuntia* sp.) de produtores locais impacta positivamente a economia local, por aumentar a renda dos produtores, injetando capital e diversificando a sua produção. Porém, esta deve ser bem manejada por se tratar de uma espécie exótica, evitando que a mesma se propague além dos limites desejados. A ausência de um manejo direcionado ao controle da sua propagação faz com que, atualmente, seja observada a sua ocorrência nas áreas de drenagem ao longo das cercas mais antigas e nas proximidades das estradas (Figura 25A).

Foram observados, também, focos de palma-espinhosa na faixa de domínio das estradas de acesso, resultantes do descarte do excesso do material após o término do plantio nas cercas (Figura 25B). Além de contribuir para a propagação indesejada desta espécie, esta prática denota um desperdício de material adquirido neste Projeto, acarretando no aumento de seus custos.



Figura 24. Implicações ecológicas do plantio agrupado de indivíduos da mesma espécie nos módulos do PMRAD. **A - B.** Indivíduo de Caraibeira (*Tabebuia caraiba* (Mart.) Bur.), cujas folhas foram completamente herbivoradas pela fase larval, em detalhe, de uma espécie de Esfingídeo (Lepdoptera); **C** - Detalhe de uma folha de Pereiro (*Aspidosperma pyriformium* Mart.) completamente infestada pelas fases larvais de uma espécie de Lepdoptera. Fotos: Braga (2007).



Figura 25. Proliferação da palma-espinhosa (*Opuntia* sp) conseqüente da ausência de um manejo direcionado à sua contenção. **A** - Proliferação nas proximidades das cercas; **B** - Material em excesso descartado em campo após o plantio da cerca viva, em detalhe a brotação de um dos indivíduos. Fotos: Braga (2007).

Outro aspecto observado foi que os indivíduos de Macambira utilizados nas cercas são retirados de áreas em melhor estado de conservação, sem haver nenhum plano de manejo para esta atividade. Estes são removidos de forma pontual, destruindo por completo populações desta espécie ao longo das vias de acesso.

Este impacto poderia ser minimizado se os indivíduos necessários para o plantio fossem retirados de forma aleatória na área de intervenção, ou se fosse estabelecido um número máximo de indivíduos a serem retirados de cada população, sendo este condizente com a sua capacidade de suporte.

Foram observados alguns impactos secundários das atividades de campo, como a disposição de lixo nos módulos e locais de implantação das cercas vivas (Figura 26). Este tipo de ação impactante é de fácil gerenciamento, bastando apenas o recolhimento do resíduo sólido já disposto em campo e a disponibilização de recipientes de coleta deste material no local de desenvolvimento das atividades de campo. Além da execução complementar de campanhas educativas com os funcionários, para que estes descartem de forma correta os seus resíduos sólidos.



Figura 26. Resíduos sólidos presentes nas áreas sob intervenção do PMRAD. **A** - Vista geral das proximidades dos módulos, mostrando os resíduos dispostos sob a serrapilheira; **B** - Garrafa PET utilizada para o transporte de água; **C** - Recipiente de alumínio das refeições (“quentinhas”). Fotos: Braga (2007).

## V. Conflitos Sociais

Durante as coletas em campo, foi possível observar que o isolamento dos módulos não acontece na prática, uma vez que a população local destrói parte das cercas para utilizar os módulos como local de pasto para seus rebanhos - caprinos e bovinos (Figura 27). Além disso, também foi observada a apropriação de alguns módulos pela população, que constrói moradias e plantações em seu interior, principalmente naqueles localizados às margens do reservatório ou diques de contenção.



Figura 27. Caprinos observados pastando dentro das áreas sob intervenção do PMRAD. A seta mostra um indivíduo acabando de passar por uma abertura na cerca. Fotos: Braga (2007).

Como já discutido, a herbivoria por caprinos pode afetar a estrutura, a capacidade de regeneração da vegetação e alterar drasticamente os padrões de ciclagem de nutrientes e de fluxo de energia nos ecossistemas afetados. Araújo-Filho (1989) ressalta que estes animais, devido ao seu hábito alimentar, “*possuem preferência por espécimes com alturas inferiores a um metro*”, se alimentando das herbáceas e da vegetação em regeneração, ou seja, das mudas plantadas nas áreas em recuperação.

Levando-se em consideração o consumo apresentado por Leal *et al.* (2003b) de 900g de matéria vegetal/animal/dia, pode-se afirmar que os criadores de caprinos da região acabam por interferir significativamente no processo de restauração, uma vez que, segundo estes autores, os rebanhos desta área possuem de 20 a 600 indivíduos.

Este conflito poderia ser minimizado se, de forma preventiva, fossem incluídas no PMRAD campanhas de comunicação e de educação ambiental com a população local, de forma a conscientizá-la da importância deste Projeto para a melhoria da qualidade de vida dessas populações e do ambiente em que elas vivem.

No caso dos invasores já estabelecidos nos módulos e nas áreas a serem recuperadas, cabe ao Departamento Jurídico da Chesf tentar negociar a sua retirada. Caso não haja sucesso nas negociações, fica a cargo deste entrar com um Pedido de Reintegração de Posse na Justiça para garantir a recuperação das áreas ocupadas.

Uma forma de agilizar o processo jurídico seria a Empresa fazer uma parceria com o Órgão Ambiental Estadual e o Ministério Público da União, propondo a formação de um Grupo de Trabalho que trate especificamente destas questões, uma vez que os invasores estão indo de encontro ao interesse coletivo, apropriando-se de um bem comum e, além disso, impedindo a reparação de um dano ambiental.

Estes fatos, somados aos já explicitados, esclarecem os reais motivos da constante necessidade de manutenção dos módulos e a baixa taxa de estabelecimento das mudas em campo.

### 7.2.3 Considerações Finais

O Projeto de Produção de Mudanças de Espécies Nativas da Caatinga e Recuperação de Áreas Degradadas – PMRAD executado pela Chesf na região de Xingó vem desempenhando um papel pioneiro na tentativa de Recuperação de Áreas Degradadas no Bioma Caatinga, atuando como agente de disseminação da cultura de recuperação ambiental em sua área de atuação. Além disso, este Projeto tem exercido um papel de agente de inclusão social, atuando de forma pró-ativa na formação de jovens carentes e na melhoria da qualidade de vida dos seus funcionários.

Contudo, como mencionado, este Projeto é acometido por várias não-conformidades com relação às práticas eficientes de Recuperação de Ecossistemas Degradados descritas na literatura. Diante do exposto, pode-se concluir que, como predito por Carpanezzi (2005), *“o planejamento das ações de Recuperação de Ecossistemas Degradados é a ferramenta mais poderosa, e praticamente a única, para diminuir a probabilidade de insucesso”*. De um modo geral, a sua ausência acaba por minar a eficácia das poucas iniciativas de recuperação observadas no Bioma Caatinga, como observada no PMRAD.

Os conflitos metodológicos e gerenciais descritos servem como obstáculo à realização da restauração de ecossistemas almejada pelo PMRAD e exigida pela Legislação pertinente. Isto também aumenta o tempo de execução e os custos deste Projeto devido à necessidade constante de manutenção, acarretando um gasto sobressalente de verbas públicas.

Além da correção das Falhas de Processo descritas, faz-se necessária a execução de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento que elaborem um modelo de restauração eficaz e focado nas particularidades das áreas sob intervenção do PMRAD, adequando a esta realidade as metodologias bem sucedidas aqui descritas.

A manutenção dessas falhas acarretará, além das questões já mencionadas, em um ônus social e ambiental para a região, uma vez que a única iniciativa de Recuperação Ambiental nela presente não é efetiva em promover as possíveis externalidades positivas previstas (ganhos socioambientais).

Espera-se que, após a explicitação destes fatos, haja uma mudança de postura por parte da Chesf e, de forma pró-ativa, passe a melhor gerir estes conflitos. Caso contrário, o insucesso das ações deste Projeto manterá a Empresa permanentemente

passível da ação dos seus representantes legais, o Órgão Ambiental Federal, o Ministério Público Federal e o Tribunal de Contas da União, que exigirão a recuperação efetiva do “Bem Comum” que foi lesado e a eficiência na gestão dos recursos públicos.

### **7.3 Análise dos parâmetros ambientais ao longo da cronosseqüência sucessional e a avaliação da regeneração natural e induzida de áreas degradadas presentes na região de Xingó, Brasil**

Até o presente momento deste estudo, realizou-se a contextualização da problemática estudada, discutindo o processo de formação das áreas degradadas através da montagem do cenário socioambiental estudado e analisando tecnicamente o processo produtivo empregado na única iniciativa de recuperação ambiental observada na Área de Estudo.

Nesta parte, é apresentado o comportamento dos parâmetros ambientais mensurados ao longo de uma cronosseqüência sucessional que possam ser utilizados como ferramentas para a avaliação do PMRAD. Posteriormente, as condições observadas nos estádios sucessionais são comparadas com as áreas sob a sua intervenção e com as áreas degradadas pela construção da UHE Xingó.

#### **7.3.1 Análise dos parâmetros ambientais**

A análise dos resultados mostrou que houve diferenças significativas entre as condições estudadas com relação a todos os parâmetros ambientais analisados (bióticos e abióticos), sendo o comportamento observado para cada um deles descrito a seguir.

Os resultados referentes às áreas que sofreram intervenção da Chesf (Regeneração Induzida - RI e Regeneração Natural - RN), embora presentes em todos os gráficos, serão discutidos separadamente, após a análise dos dados das condições referentes à cronosseqüência sucessional.

#### **I. Parâmetros Abióticos**

Foi possível observar que a variação das condições analisadas influenciou de forma significativa ( $Wilks = 0.227$ ,  $F(15,1469) = 69.812$ ,  $p = 0.000$ ) os três parâmetros abióticos analisados (temperatura ao nível do solo, temperatura e umidade do ar a um metro do solo).

O comportamento dos dados ao longo da cronosseqüência sucessional indicou que os parâmetros ambientais abióticos são amenizados à medida em que o nível de amadurecimento do ecossistema aumenta, ou seja, ao longo do processo de

regeneração natural (Figura 28). Schaffer e Prochnow (2002) relatam que fragmentos de Mata Atlântica de idades diferentes apresentam este mesmo comportamento para os parâmetros abióticos (temperatura, umidade, pressão atmosférica e velocidade do vento).

Dentro do gradiente sucessional amostrado, a condição “Degradada” foi a que obteve os piores índices (Figura 28), corroborando com o predito por Santos *et al.* (2007). Esta condição foi a que apresentou os valores mais adversos para estes parâmetros, possuindo as temperaturas médias mais altas ( $37,39 \pm 0,63^{\circ}\text{C}$  - solo e  $39,63 \pm 0,51^{\circ}\text{C}$  - a um metro), associadas à menor umidade média do ar observada ( $25,2 \pm 1,02\%$ ), contrastando com a condição “Preservada”, que obteve valores muito mais amenos ( $29,52 \pm 0,63^{\circ}\text{C}$ ;  $31,7 \pm 0,51^{\circ}\text{C}$ ;  $43,62 \pm 1,02\%$ , respectivamente).

Holl (1999) considera este tipo de informação como sendo de vital importância para o entendimento das mudanças climáticas desencadeadas pelo desmatamento, bem como, para o estudo do processo de regeneração natural de áreas degradadas.

A temperatura ao nível do solo obteve valores inferiores ao observado a um metro de altura em todas as seis condições (Figura 28). Isto pode estar relacionado com a cobertura vegetal, uma vez que na maioria das áreas amostradas, mesmo nas degradadas, foi observada a presença de um estrato herbáceo significativo (Figura 29).

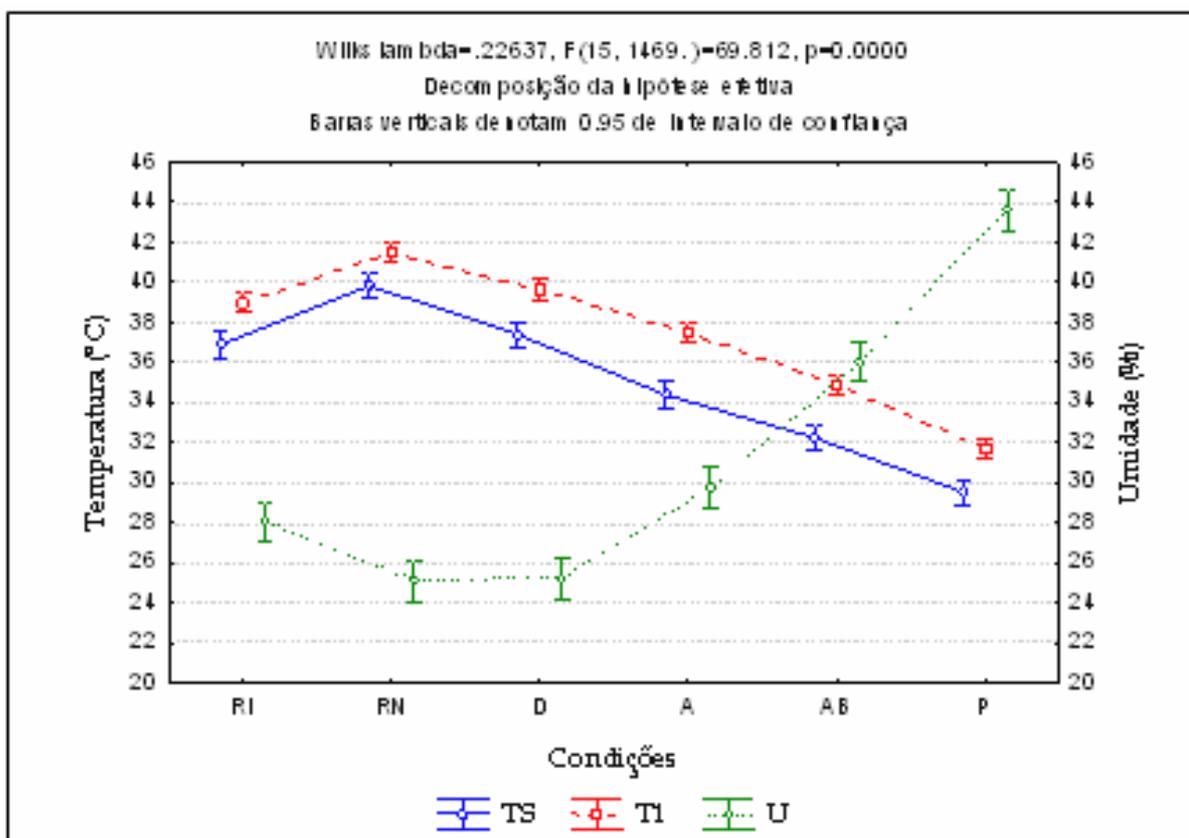


Figura 28. Comportamento da temperatura ao nível do solo (TS), temperatura (T1) e umidade do ar (U) a um metro do solo observado nas diferentes condições amostradas em Xingó, Brasil. Legenda: RI - Regeneração Induzida; RN - Regeneração Natural; D - Degradada (t=0); A - Abandonada (t=15 anos); AB - Abandonada (t=25 anos); P - Preservada (t=70 anos).

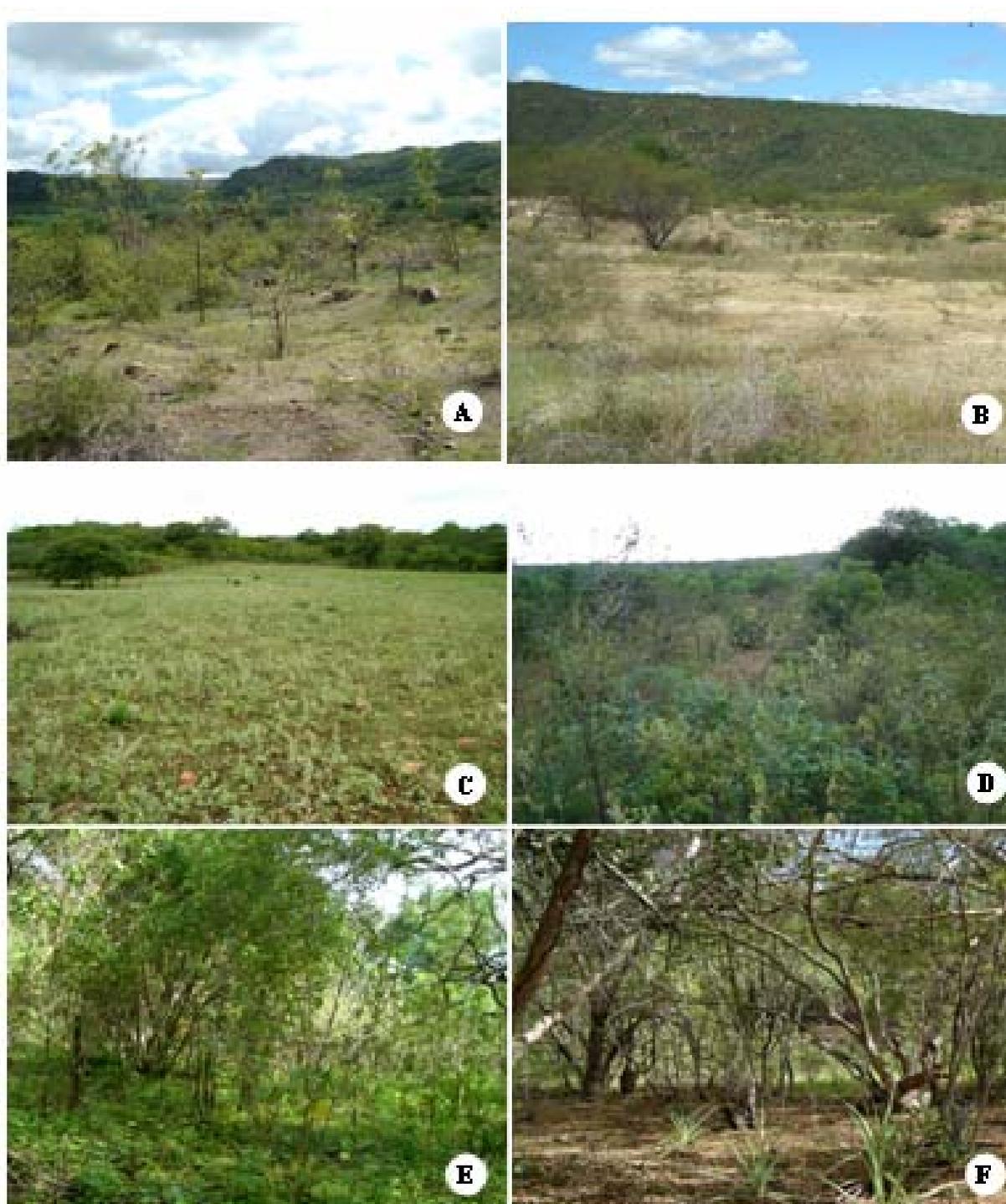


Figura 29. Vista geral das áreas amostradas, evidenciando as modificações da cobertura vegetal, ao longo do gradiente sucessional, bem como, a presença de um estrato herbáceo denso na maioria destas áreas. **A** - Regeneração Induzida; **B** - Regeneração Natural; **C** - Degradada (t=0); **D** - Abandonada (t=15 anos); **E** - Abandonada (t=25 anos); **F** - Preservada (t=70 anos).

As plantas herbáceas sombreiam a superfície do solo, absorvendo e/ou refletindo a luz solar, proporcionando assim, um micro-clima mais ameno sob as suas folhas. Desta forma, à medida que ocorre a regeneração e o ecossistema amadurece, observa-se o aumento da estratificação da vegetação, potencializando o efeito do fenômeno anteriormente descrito (Figuras 28 e 29).

Foi observada uma relação inversa entre a temperatura (solo e um metro) e a umidade, ou seja, o desenvolvimento do ecossistema ao longo da sucessão proporciona, uma reação em cadeia, impactando diretamente os parâmetros abióticos. Ao longo do processo de regeneração, a vegetação se desenvolve e aumenta o percentual de cobertura do solo que, por sua vez, diminui a incidência de luz solar no interior dos fragmentos (PEZZOPANE *et al.* 2005). Isto, dentre outros fatores, também diminui a temperatura em seu interior, fazendo com que a umidade do ar se mantenha, por um maior período, nestes ambientes.

O processo anteriormente descrito corrobora com o modelo de facilitação descrito por Connel e Slatyer (1997), onde, segundo os autores, os espécimes pioneiros ao se desenvolverem facilitam o estabelecimento de outras espécies, pois *“agem como abrigo a vetores de dispersão, melhoram as condições físicas e químicas do solo e fornecem habitats adequados ao recrutamento”*.

## II. Parâmetros Bióticos

Foi evidenciada uma interação significativa entre os parâmetros bióticos amostrados (Wilks = 0.081,  $F(20,150.2) = 8.498$ ,  $p = 0.000$ ). O comportamento observado para a altura e o DAS dos indivíduos amostrados foi semelhante ao descrito para os parâmetros abióticos, havendo diferenças significativas entre as condições analisadas (Wald  $X^2(5) = 886,44$ ,  $p = 0,000$  e Wald  $X^2(5) = 127,02$ ,  $p = 0,000$ , respectivamente).

A altura média dos indivíduos na condição “Preservada” foi mais de três vezes maior do que o valor observado na “Degradada” ( $307,19 \pm 13,57\text{cm}$  e  $74,01 \pm 1,71\text{cm}$ , respectivamente), tendo a maioria dos indivíduos desta última, apresentado altura inferior a um metro. Esta disparidade também foi observada para o DAS, sendo este em média 10 vezes maior na condição “Preservada” do que na “Degradada” (Figura 30).

O maior incremento observado para estes parâmetros durante o gradiente sucessional ocorreu entre a condição “Abandonada (15 anos)” e “Abandonada (25 anos)”, mostrando que neste período há um maior desenvolvimento dos indivíduos e, conseqüentemente, um aumento da complexidade dos ecossistemas (Figura 30).

Dois aspectos corroboram com esta hipótese: o primeiro é que não houve diferença significativa entre estes parâmetros após 25 anos de regeneração, ou seja, entre as duas últimas condições (AB e P); o segundo é a elevada variância dos dados observada nestas duas últimas condições (Figura 30).

Este último aspecto denota a presença de uma maior heterogeneidade entre os indivíduos presentes nestas áreas com relação ao seu desenvolvimento (altura e DAS). Além do estrato herbáceo e arbustivo, nestas condições também se observa a presença de um sub-bosque formado pelos indivíduos das espécies arbóreas que estão em diferentes fases de seu crescimento (Figura 30).

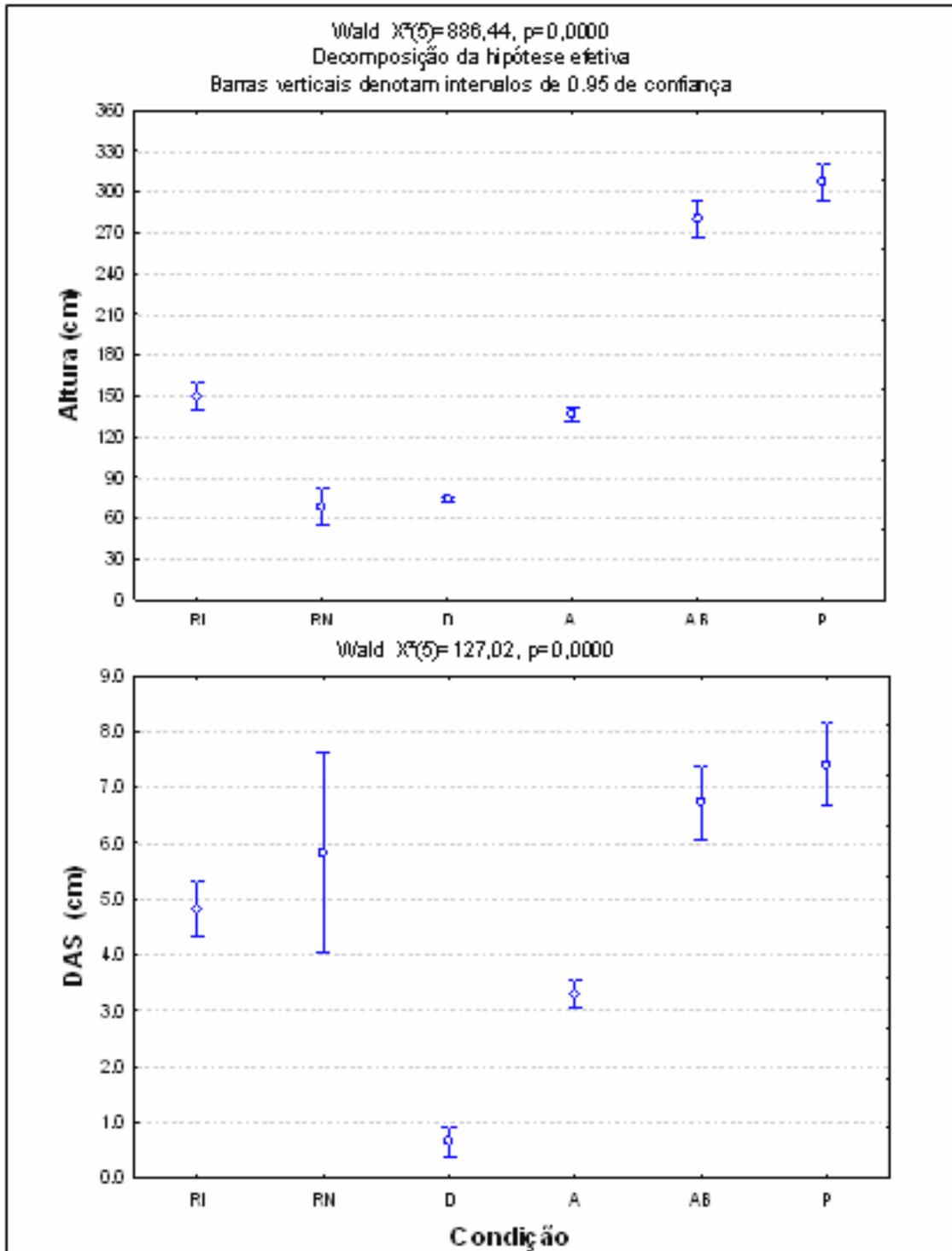


Figura 30. Comportamento da Altura e do Diâmetro à Altura do Solo - DAS dos indivíduos ao longo das diferentes condições amostradas em Xingó, Brasil. Legenda: RI - Regeneração Induzida; RN - Regeneração Natural; D - Degradada (t=0); A - Abandonada (t=15 anos); AB - Abandonada (t=25 anos); P - Preservada (t=70 anos).

## Abundância e Riqueza

Houve diferença significativa entre as condições analisadas para os valores relativos à abundância ( $F(5, 36) = 24.006$ ,  $p = 0,000$ ) e à riqueza ( $F(5, 36) = 35.057$ ,  $p=0.00$ ) como pode ser observado na Figura 31.

Foram amostrados 4.737 indivíduos, sendo a metade pertencente às condições “Preservada” e “Abandonada (15 anos)”, como também observado por Pereira *et al.* (2003). Dentre as condições referentes ao gradiente sucessional, a “Degradada” foi a que apresentou a menor abundância com apenas 15,4% do total de indivíduos amostrados, sendo seguida pela “Abandonada (25 anos)” com 18% (Figura 31).

A menor abundância observada na condição “Degradada” corrobora com as discussões anteriores acerca da influência dos fatores abióticos sobre o sucesso no estabelecimento das espécies vegetais. Somado às adversidades abióticas observadas nesta condição, há o histórico de uso destas áreas (cultivo associado ao pasto no período de entressafra) que acaba por atuar como mais um fator restritivo ao estabelecimento da vegetação de maior porte (KELLMAN, 1980). Desta forma, a colonização destas áreas fica praticamente restrita ao componente herbáceo.

Esta constatação corrobora com o observado por Pereira *et al.* (2003) em estudo realizado no Agreste Paraibano, onde a regeneração das áreas de agricultura associadas ao pasto, pode levar décadas até estabelecer vegetação semelhante à original.

A diminuição do número de indivíduos observados na condição “Abandonada (25 anos)” pode estar relacionada às mudanças ecológicas que acontecem nesta fase da regeneração do ecossistema.

Como já mencionado, esta é a fase do processo de sucessão em que ocorre o maior desenvolvimento dos indivíduos estabelecidos e onde se observa a maior estratificação da vegetação, diminuindo, assim, a incidência de luz sobre os estratos inferiores. Isto tem efeitos diretos sobre a abundância da maioria das espécies pioneiras e intolerantes à sombra, presentes, principalmente no estrato arbustivo (TABARELLI e MANTOVANI, 1999), sendo este processo mais bem visualizado no próximo item.

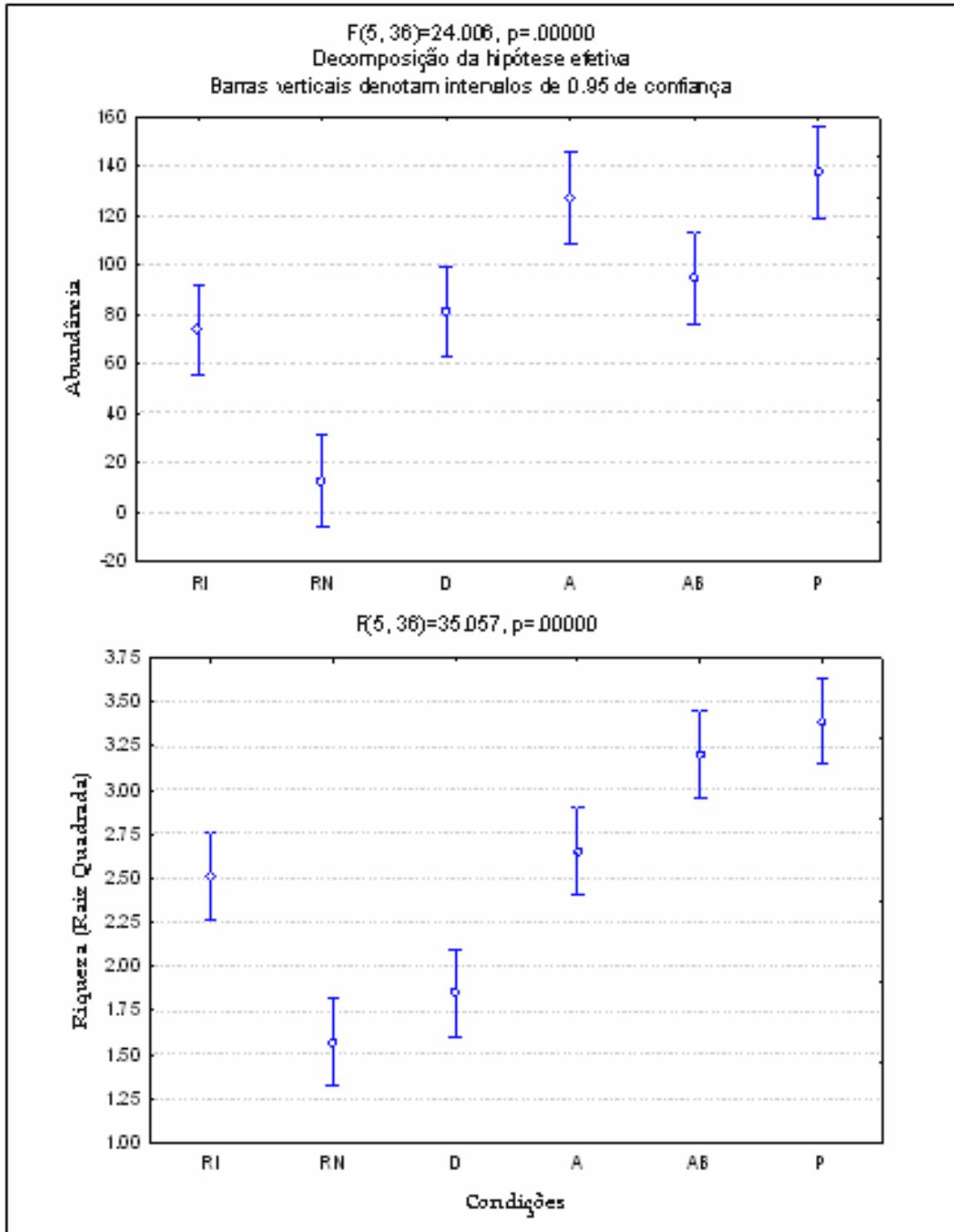


Figura 31. Comportamento da Abundância e da Riqueza ao longo das diferentes condições amostradas em Xingó, Brasil, sendo os valores do segundo parâmetro transformados utilizando a Raiz Quadrada. Legenda: RI - Regeneração Induzida; RN - Regeneração Natural; D - Degradada (t=0); A - Abandonada (t=15 anos); AB - Abandonada (t=25 anos); P - Preservada (t=70 anos).

Foi amostrado um total de 34 espécies lenhosas, das quais 15 (44%) ocorreram em apenas uma das condições analisadas (Tabela 7). Dentre as condições amostradas, a “Abandonada (25 anos)” e a “Preservada” foram as que obtiveram o maior grau de endemismo (6 e 5 espécies endêmicas, respectivamente). Além disso, cerca de 40% das espécies inventariadas neste estudo foram restritas a estas duas condições (Tabela 7).

O número de espécie (i.e. riqueza) entre as condições referentes à cronossequência sucessional variou de  $17 \pm 1$  na “Abandonada (25 anos)” a  $6 \pm 1$  na “Degradada”, não havendo diferença significativa para este parâmetro apenas entre as condições “Abandonada (25 anos)” e “Preservada” (Figura 31).

O comportamento observado para a abundância relativa das espécies corrobora com o descrito por Pereira *et al.* (2001). Segundo estes autores, *“o efeito do antropismo sobre a vegetação se manifesta tanto na concentração como na ausência de algumas espécies nos ambientes mais perturbados; na predominância de determinadas espécies, ou no surgimento gradual de outras à medida que o ecossistema degradado se recupera”*.

Maracajá *et al.* (2003) também evidenciaram o mesmo comportamento destes dois parâmetros (abundância e riqueza), havendo diferenças significativas entre áreas degradadas e preservadas na Caatinga do Município de Serra-do-Mel – Rio Grande do Norte.

O fato da condição “Abandonada (25 anos)” possuir a maior riqueza reforça a hipótese de que esta condição atua como fase de transição entre os estágios iniciais da sucessão e a condição mais madura da vegetação (“Preservada”). Esta constatação demonstra que não ocorre o desaparecimento por completo das espécies pioneiras, mas sim, uma diminuição no número de seus indivíduos, corroborando com o descrito para florestas neotropicais por Laska (1997) e Tabarelli e Mantovani (1999).

O maior incremento para este parâmetro observado na cronossequência ocorreu da condição “Degradada” para “Abandonada 15 anos” e, desta última para a “Abandonada 25 anos”, passando de  $4 \pm 1$  para  $7 \pm 1$  espécies e depois para  $11 \pm 1$  espécies, respectivamente (Figura 31).

Tabela 7. Inventário das espécies observadas nas seis condições ambientais amostradas em Xingó, Brasil.

Espécie	Família	Nome Vulgar	RI	RN	D	A	AB	P
1. <i>Acacia glomerosa</i> Benth	Leguminosae-Mimosoidae	Espinheiro-preto	X		X	X	X	
2. <i>Amburana cearensis</i> Allemão	Leguminosae-papilionoidae	Imburana-de-cheiro						X
3. <i>Anadenanthera columbrina</i> (Vell.) Brenan	Leguminosae-Mimosoidae	Angico-de-carçoço			X		X	X
4. <i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.	Apocinaceae	Pereiro				X	X	X
5. <i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	Leguminosae-Caesalpinioideae	Mororó	X					X
6. <i>Bumelia sartorum</i> Mart.	Sapotaceae	Quixabeira	X			X	X	
7. <i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul.	Leguminosae-Caesalpinioideae	Catingueira	X		X	X	X	X
8. <i>Calotropis procera</i>	Asclepiadaceae	Algodão-de-seda			X			
9. <i>Cereus jamacaru</i> DC.	Cactaceae	Mandacaru						X
10. <i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett	Burseraceae	Imburana-de-cambão						X
11. <i>Cordia leucocephala</i> Moric.	Boraginaceae	Moleque-duro					X	
12. <i>Croton campestris</i> St. Hil.	Euphorbiaceae	Velame	X	X	X	X	X	X
13.		Desconhecida 1	X	X	X	X	X	
14.		Desconhecida 2					X	
15. <i>Indigofera</i> sp.	Leguminosae-Papilionoidae		X		X	X	X	
16. <i>Jatropha mutabilis</i> (Pohl.) Baill.	Euphorbiaceae	Pinhão-vermelho	X	X		X	X	X
17. <i>Jatropha phyllacanta</i> Müll. Arg.	Euphorbiaceae	Favela				X		
18. <i>Jatropha ribifolia</i> (Pohl) Baill.	Euphorbiaceae	Pinhão-branco	X				X	
19. <i>Lantana</i> sp.	Verbenaceae	Chumbinho					X	
20. <i>Maythenus rigida</i> Mart.	Celastraceae	Bom-nome					X	
21. <i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	Leguminosae-Mimosoidae	Jurema-preta	X		X		X	
22. <i>Myracruodon urundeuoa</i> Fr. All.	Anacardiaceae	Aroeira	X		X		X	X

Continua...

Espécie	Família	Nome Vulgar	RI	RN	D	A	AB	P
23. <i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Leguminosae-Papilionoidae	Turco	X					
24. <i>Pilosocereus gounellei</i> (Weber.) Byl. et Rowl.	Cactaceae	Xique-xique	X	X		X	X	X
25. <i>Pilosocereus piauhiensis</i> (Guerke) Byl. et Rowl.	Cactaceae	Facheiro					X	X
26. <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	Leguminosae-Mimosoidae	Jurema-branca	X		X			
27. <i>Piptadenia zehntneri</i> Harms	Leguminosae-Mimosoidae	Angico-manjola	X				X	X
28. <i>Prosopis juliflora</i> (Sw) D.C.	Leguminosae-Mimosoidae	Algaroba	X	X				
29. <i>Pseudobombax marginatum</i> (A.St.-Hil., Juss. e Cambess.) A.Robyns	Bobacaceae	Embiratanha				X	X	X
30. <i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	Anacardiaceae	Baraúna	X			X	X	X
31. <i>Sida</i> sp.	Malvaceae	Malva	X	X	X	X	X	
32. <i>Tabebuia caraiba</i> (Mart.) Bureau	Bignoniaceae	Caraibeira	X				X	
33. <i>Ximenia americana</i> L.	Olacaceae	Ameixa						X
34. <i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	Rhamnaceae	Juazeiro	X				X	X

Legenda: RI - Regeneração Induzida; RN - Regeneração Natural; D - Degradada (t=0); A - Abandonada (t=15 anos); AB - Abandonada (t=25 anos); P - Preservada (t=70 anos).

### Frequência relativa

A análise das frequências relativas das espécies endêmicas às condições amostradas evidenciou que a maioria delas apresentou menos de 10 indivíduos, sendo consideradas “Raras”. Outro aspecto a ser salientado é que a maior parte destas espécies pertence ao estrato arbóreo.

Isto corrobora com o observado em escala macro por Silva *et al.* (2003), que evidenciaram este mesmo padrão em seu estudo sobre a riqueza e diversidade de plantas lenhosas em cinco unidades de paisagem em Xingó. Para estes autores, “é pouco provável que estas espécies desempenhem papéis que interfiram na estrutura funcional das unidades de paisagem, pois isto tornaria o sistema bastante vulnerável”.

Porém, sob o ponto de vista do processo de regeneração, foco deste estudo, as espécies arbóreas presentes nos primeiros estágios sucessionais, mesmo sendo raras, podem desempenhar um papel fundamental no processo de facilitação. Como já discutido, os indivíduos podem auxiliar indiretamente o estabelecimento, sob suas copas, das demais espécies.

Foram observadas cinco espécies na composição florística do estrato arbustivo das áreas amostradas (Figura 32): *Croton* sp. (Velame), *Sida* sp. (Malva), *Indigophera* sp. e *Jatropha mutabilis* (Pinhão-Vermelho).

A maioria destas espécies diminui a sua frequência relativa ao longo da cronossequência sucessional, desaparecendo na condição “Preservada”. Apenas *J. mutabilis* e *Croton* sp. toleraram o sombreamento, também ocorrendo nesta última condição. Porém, esta última espécie foi a única deste estrato que pôde ser observada desde o início do processo de sucessão, passando a dominar nas suas últimas fases (Figura 32).

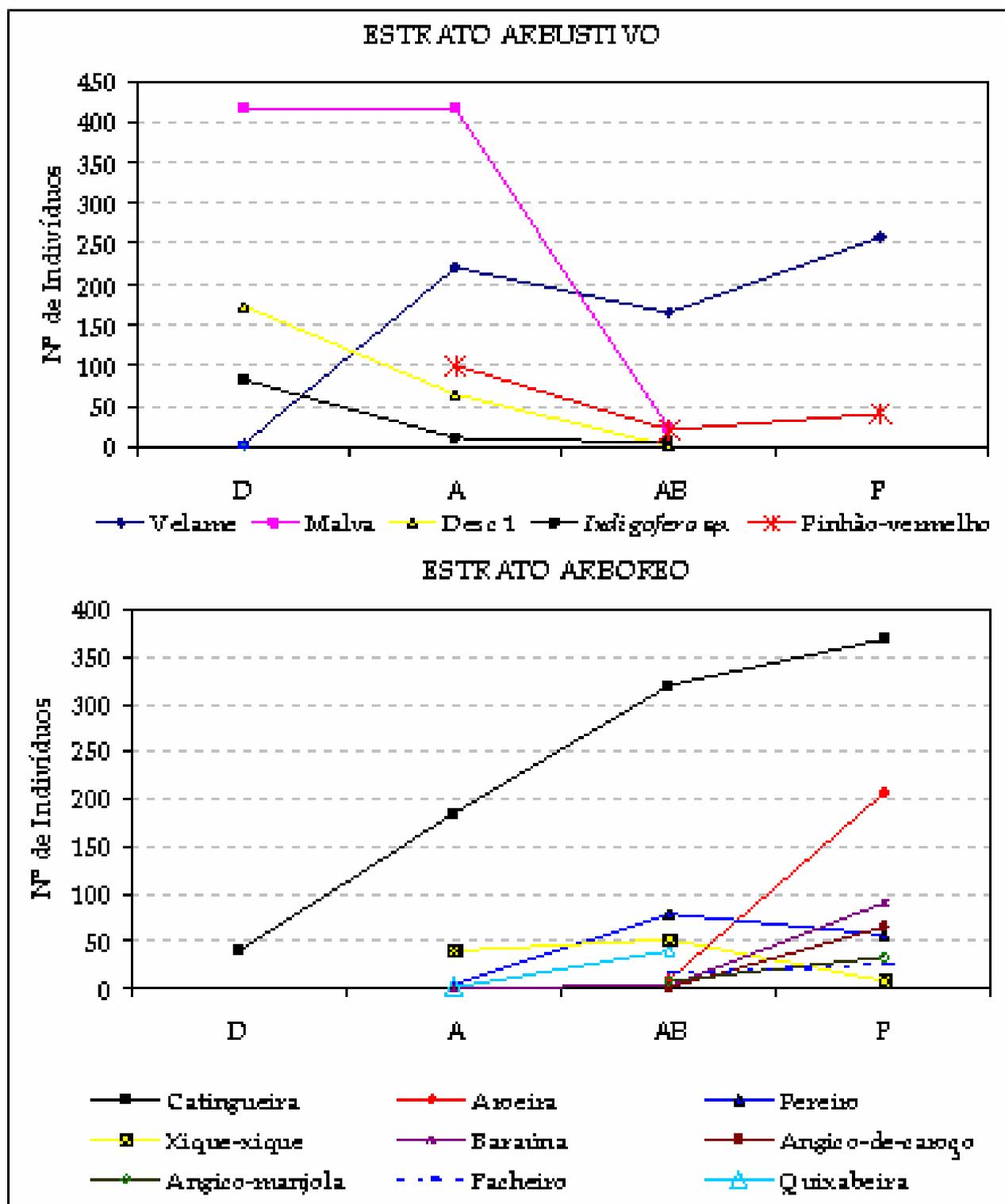


Figura 32. Frequência relativa das espécies não endêmicas mais abundantes inventariadas nas diferentes condições amostradas em Xingó, Brasil. Legenda: D - Degradada (t=0); A - Abandonada (t=15 anos); AB - Abandonada (t=25 anos); P - Preservada (t=70 anos).

Na condição “Degradada”, houve uma maior abundância das espécies arbustivas de crescimento rápido, sendo dominada por *Sida* sp., seguida da “Desconhecida 1” e *Indigofera* sp., respectivamente (Figura 32). *C. pyramidalis* (Catingueira) foi a única espécie arbórea que obteve uma frequência considerada “Abundante” (40 indivíduos), ficando em quarto lugar. As demais espécies arbóreas apresentaram uma baixa frequência, sendo consideradas “Raras”.

Segundo Guariguata e Dupuy (1997), a baixa frequência observada para as espécies arbóreas na condição “Degradada” está relacionada ao uso intensivo que a maioria das áreas antropizadas está submetida. Isto impossibilita a regeneração das espécies tolerantes à sombra, pois elimina a possibilidade do estabelecimento de seus diásporos, ou da rebrota dos espécimes cortados.

Após 15 anos de regeneração natural, na condição “Abandonada (15 anos)”, constatou-se um aumento na quantidade de espécies consideradas “Muito Abundantes” (Figura 33). Isto aconteceu devido ao incremento populacional observado para *Croton* sp., *C. pyramidalis*, *J. mutabilis* e para *Indigofera* sp. (Figura 33).

*Sida* sp. continuou a ser a espécie dominante, seguida por *Croton* sp. e *C. pyramidalis* (Figura 32). Também foi observado um incremento no número de espécies arbóreas pioneiras, porém todas apresentaram uma baixa frequência, sendo consideradas “raras”, como *Jatropha phyllacanta* (Favela) e *Bumelia sartorum* (Quixabeira).

A estrutura e a composição florística da vegetação muda na condição “Abandonada (25anos)”, com a dominância das espécies arbóreas e a diminuição da frequência das espécies arbustivas pioneiras, exceto *Croton* sp. que mantém a sua abundância, sendo classificado como “Muito Abundante”.

*C. pyramidalis* passa a dominar neste estágio da cronossequência, seguida de *Croton* sp. e *Aspidosperma pyripholium* (Pereiro). A frequência relativa das espécies arbóreas pioneiras atinge o seu valor máximo, passando a categoria “Abundante”. Também foi observado o aparecimento das espécies secundárias iniciais, como *Myracruodon urundeuva* (Aroeira), *Piptadenia zehntneri* (Angico-manjola), *Schinopsis brasiliensis* (Baraúna), *Anadenanthera columbrina* (Angico-de-carço). Todas apresentando uma frequência relativa classificada como “Rara”.

As espécies secundárias iniciais apresentam um incremento em sua abundância na condição “Preservada” (Figura 32), passando a serem consideradas “Abundantes” ou “Muito Abundantes”, como *M. urundeuva* e *S. brasiliensis*, sendo responsáveis pelo aumento observado destas duas classes nesta condição (Figura 34).

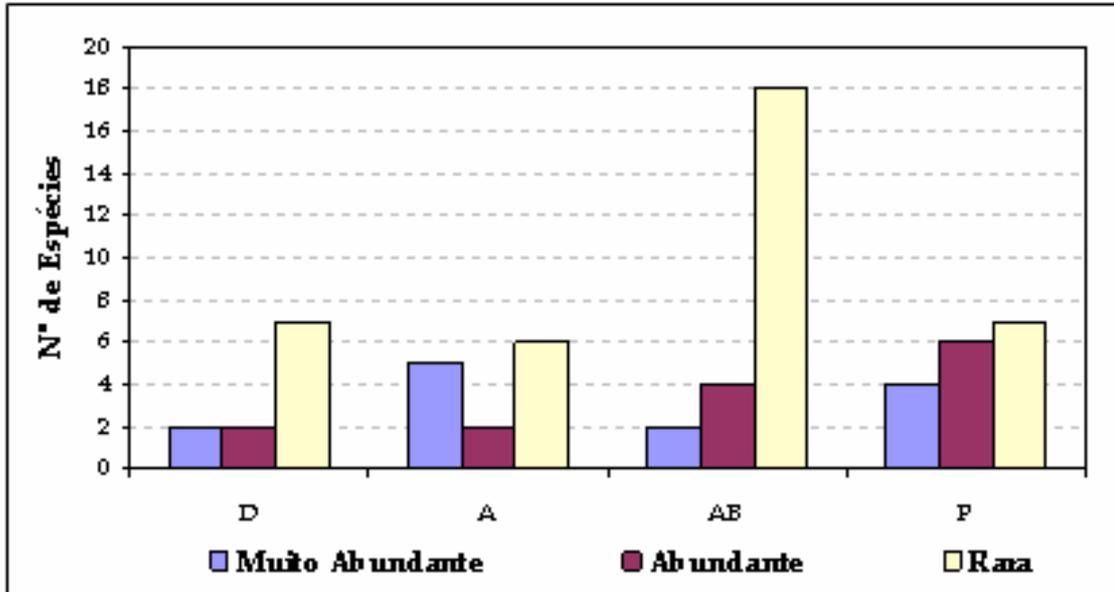


Figura 33. Quantidade de espécies por classe de frequência (Muito Abundante, Abundante e Rara) observada na cronossequência sucessional analisada em Xingó, Brasil. Legenda: D - Degradada (t=0); A - Abandonada (t=15 anos); AB - Abandonada (t=25 anos); P - Preservada (t=70 anos).

Como anteriormente descrito, a maioria das espécies pioneiras desaparece nesta fase, principalmente as pertencentes ao estrato arbustivo, e as que permanecem têm a sua abundância significativamente diminuída, como é o caso de *Pilosocereus gounellei* (Xique-xique) (Figura 33). *C. pyramidalis* e *Croton* sp. continuam a dominar sendo seguidas da *M. urundeuva* e *S. brasiliensis* (Figura 34).

A condição “Preservada” foi a que obteve o maior número de espécies “Abundantes”, sendo resultado do incremento populacional das espécies secundárias iniciais que surgiram na condição anterior, “Abandonada (25anos)”. Outro aspecto que contribuiu para isto foi o aparecimento das espécies arbóreas secundárias tardias, como *Bauhinia cheilantha* (Mororó), *Amburana cearensis* (Imburana-de-cheiro), *Commiphora leptophloeos* (Imburana-de-cambão) e *Ximenia americana* (Ameixa). Todas restritas a esta condição.

As espécies *C. pyramidalis* e *Croton* sp. foram observadas ao longo de toda cronossequência amostrada. Finegan (1992) classifica as espécies com este

comportamento como “heliófitas duráveis”, pois “são demandantes de luz e persistem por longos períodos durante o processo de regeneração”.

### Índices de Diversidade

A diversidade aumenta ao longo da cronosequência sucessional analisada (Figura 35), tendo a variação das condições interferido de forma significativa nos valores observados para o índice de Shannon ( $F(5, 48) = 27.56, p = 0.000$ ) e de Simpson ( $F(5, 48) = 5.71, p = 0.000$ ).

O valor da diversidade observado para a condição “Preservada”, calculado através do índice de Shannon, foi mais que o dobro do valor deste índice na “Degradada” ( $2,70 \pm 0,24$  nats esp.<sup>-1</sup> e  $1,19 \pm 0,24$  nats esp.<sup>-1</sup>, respectivamente), sendo esta diferença significativa ( $t = 8,8602, p < 0,001$ ).

Não houve diferença significativa ( $t = 1,7505, p > 0,05$ ) para este parâmetro após 25 anos de regeneração, ou seja, entre as condições: “Abandonada (25 anos)” e “Preservada” (Figura 34).

Odum (1988) reportou que o índice de Shannon atribui um maior peso às espécies raras, prevalecendo para este índice, segundo Peet (1974), o componente de riqueza de espécies. Desta forma, pode-se então afirmar que não há variação significativa entre o número de espécies após 25 anos do início do processo de sucessão, corroborando com o comportamento anteriormente descrito para o parâmetro riqueza.

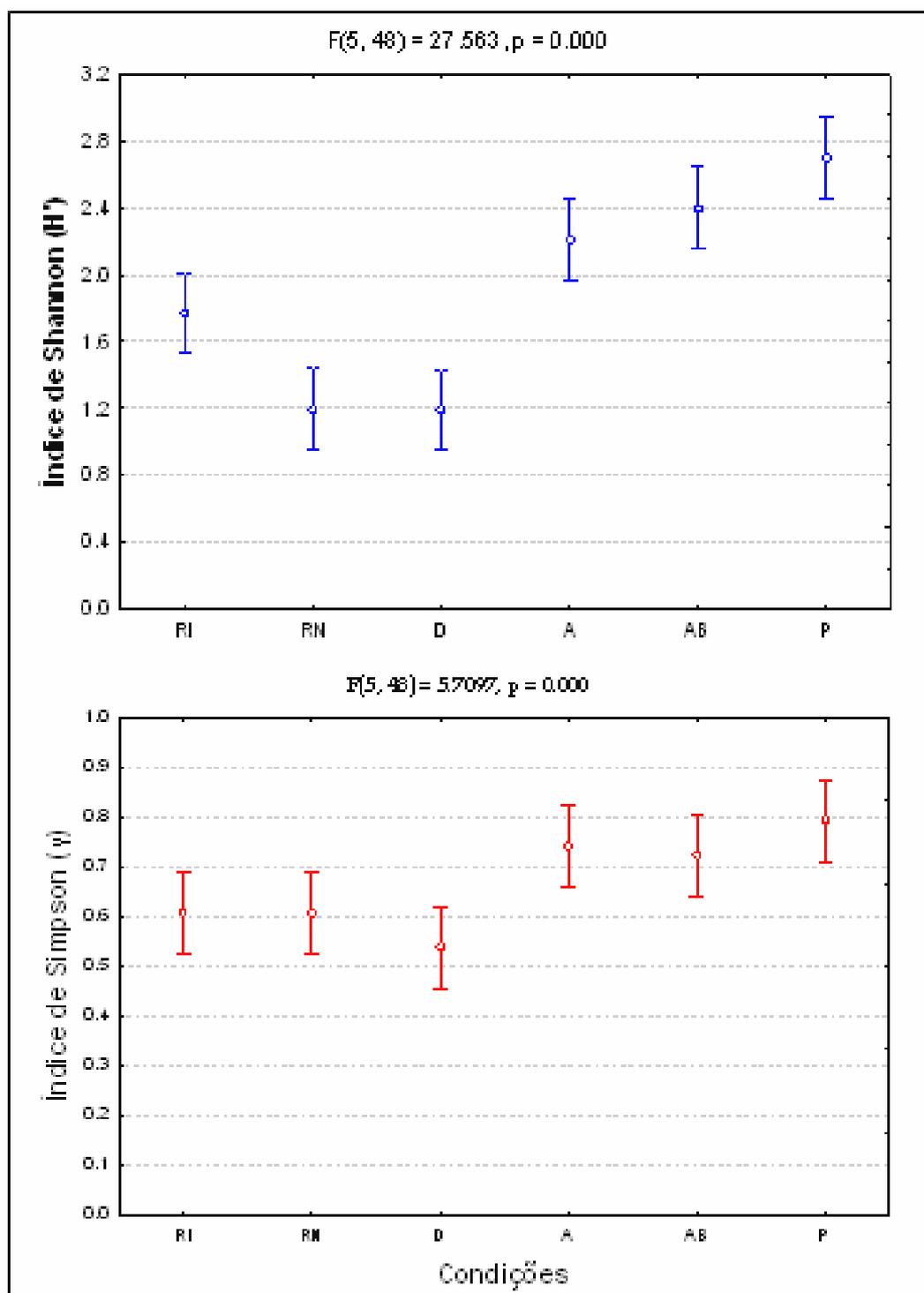


Figura 34. Valores dos Índices de Diversidade de Shannon ( $H'$ ) e Simpson ( $\gamma$ ) observados ao longo das diferentes condições amostradas em Xingó, Brasil. Legenda: RI - Regeneração Induzida; RN - Regeneração Natural; D - Degradada ( $t=0$ ); A - Abandonada ( $t=15$  anos); AB - Abandonada ( $t=25$  anos); P - Preservada ( $t=70$  anos).

O maior incremento observado para este parâmetro ocorreu entre a condição “Degradada” e “Abandonada (15 anos)”, saltando de  $1,12 \pm 0,24 \text{ nats esp.}^{-1}$  para  $2,21 \pm 0,24 \text{ nats esp.}^{-1}$ . Estes dois comportamentos corroboram com o anteriormente descrito acerca do comportamento da riqueza ao longo da cronosequência sucessional (Figura 31).

A maioria dos valores observados nas condições analisadas está dentro da variação deste parâmetro descrita para áreas preservadas pela literatura, que oscilou de 1,91 a  $3,09 \text{ nats esp.}^{-1}$  (FERRAZ *et al.*, 1998; RODAL *et al.*, 1998; PEREIRA *et al.*, 2002, 2003; ALCOFORADO-FILHO *et al.*, 2003). Apenas as condições degradadas fugiram a este padrão, apresentando valores menores do que o limite inferior.

Isto demonstra que, na região de Xingó, as áreas em regeneração possuem uma diversidade de espécies superior a outras áreas do Bioma Caatinga consideradas preservadas pela literatura. Por exemplo, a condição “Abandonada (15 anos)” obteve uma diversidade maior do que a descrita por Andrade *et al.* (2005) e a “Abandonada (25 anos)” maior que as áreas descritas por Leite (1999), Assis (2001), Maracajá *et al.* (2003) e Santana e Souto (2006).

A diversidade calculada através do Índice de Simpson mostrou uma baixa equidade, sendo a maioria dos valores obtidos próximos ao valor máximo deste índice (Figura 34).

Isto corrobora com o padrão anteriormente descrito para a abundância relativa das espécies amostradas, uma vez que este índice, segundo Gomide *et al.* (2006), mostra a “concentração” de dominância, ou seja, quanto maior o valor, maior a dominância por uma ou poucas espécies. O maior número de espécies “raras” observado nas condições analisadas (Figura 33), influenciou diretamente no comportamento deste índice, conforme predito por Magurran (1988).

Dentre as condições da cronosequência sucessional, só houve diferença significativa entre a primeira condição (Degradada) e as demais ( $t = 3.502$ ,  $p < 0.001$ ;  $t = 3.173$ ,  $p = 0.003$ ;  $t = 4.373$ ,  $p < 0.001$ , respectivamente). Não havendo, assim, diferenças significativas entre as áreas após 15 anos de regeneração (Figura 34).

Maracajá *et al.* (2003) postulam que “a diversidade de uma comunidade (ou ambiente) está relacionada com a riqueza, isto é, o número de espécies de uma comunidade, e com a abundância, que representa a distribuição do número de indivíduos por espécie”. Desta

forma, embora tenha sido observada uma baixa equidade (Índice de Simpson) para as condições analisadas, esta é compensada pelos elevados valores referentes à diversidade específica (Índice de Shannon).

As tendências descritas para o processo de regeneração da Caatinga na Área de Estudo corroboram com os padrões identificados para a Floresta Atlântica no sul e sudeste do Brasil (TOREZAN, 1995; PESSOA *et al.* 1997; TABARELLI e MANTOVANI, 1999) e para a Floresta Amazônica brasileira (SALDARRIAGA *et al.*, 1988; MORAN, *et al.*, 1996; VIEIRA, 1996; ALMEIDA, 2000; STEININGER, 2000).

Segundo estes autores, *“nos estádios iniciais da regeneração na Floresta Atlântica, os arbustos e as pequenas árvores são compostos também por espécies pioneiras”*. Nestes dois Biomas úmidos, estes pesquisadores também relatam que as plantas invasoras e outras herbáceas, junto com espécies lenhosas pioneiras, dominam no início do processo de sucessão.

Araújo *et al.* (2005b) relatam que na Floresta amazônica *“após 10 a 20 anos, as espécies pioneiras envelhecem e morrem causando mudanças da dominância por espécies típicas de estágios mais avançados e aumentando gradualmente a diversidade da floresta sucessional”*, corroborando com o observado na Área de Estudo, após 25 anos de regeneração natural.

Este padrão também foi descrito para a Floresta Equatorial Úmida no Suriname (ZWETSLOOT, 1981) e no Brasil (UHL e JORDAN, 1984). Segundo estes autores, os primeiros anos da sucessão florestal secundária são dinâmicos, com intensa invasão inicial de espécies herbáceas e um rápido aumento na densidade de indivíduos, conduzindo ao predomínio de poucas espécies pioneiras lenhosas de vida curta, as quais em poucos anos apresentam elevada mortalidade na área.

Isto demonstra que, respeitando as particularidades ambientais, a regeneração natural de áreas degradadas e com mesmo histórico de uso pode estar submetida, em escala macro, aos mesmos processos ecológicos, independentemente do Bioma a qual pertencem: Floresta Atlântica, Floresta Amazônica, ou Caatinga.

A semelhança entre diferentes Biomas com relação aos processos ecológicos que regem em escala macro a dinâmica dos ecossistemas, foi relatada por Parton *et al.* 2007. Apesar das diferenças observadas nestes ambientes com relação aos parâmetros ambientais e à biota, os autores evidenciaram que, na maioria dos

ecossistemas estudados (Floresta Boreal, Floresta Decídua, Floresta Tropical, Savanas e Tundra), o processo de reciclagem de nutrientes seguia o mesmo conjunto de regras.

### **Quocientes de Similaridade e Graus de Dissimilaridade**

Depois de descrito o comportamento dos parâmetros ambientais e dos índices de diversidade Alfa (Índice de Shannon e Simpson), percebem-se alguns padrões ao longo da cronosseqüência amostrada, sendo estes melhor visualizados através do quociente de similaridade de Jaccard.

A similaridade florística entre as condições relativas à cronosseqüência sucessional aumentou à medida que ocorreu o processo de regeneração, ou seja, da condição “Degradada” até os estádios mais tardios da sucessão (Figura 35). A condição “Preservada” foi a que apresentou uma menor semelhança (média de  $27 \pm 11\%$ ) com as demais condições analisadas (Tabela 8), estando este fato diretamente relacionado com o elevado grau de endemismo observado nesta condição.

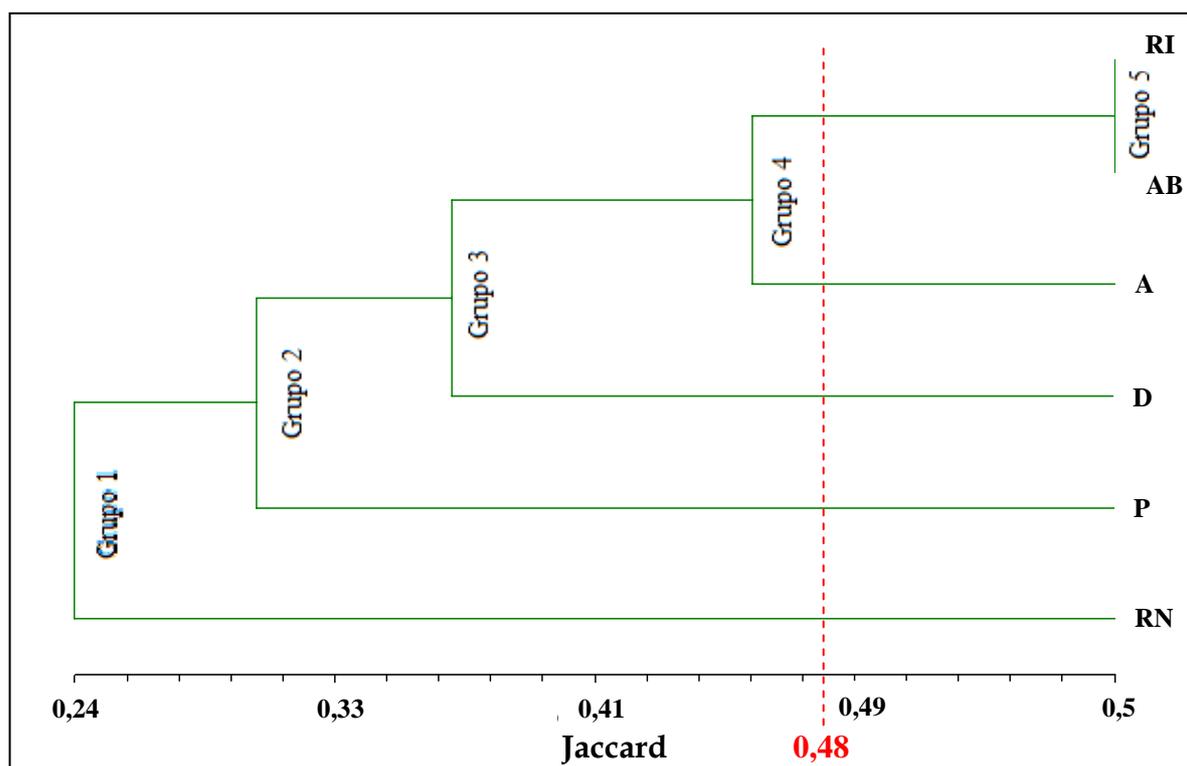


Figura 35. Dendrograma de similaridade florística obtido por uma matriz de presença /ausência das espécies presentes nas condições amostradas em Xingó, utilizando o método SAHN e o quociente de Jaccard. Legenda: RI - Regeneração Induzida; RN - Regeneração Natural; D - Degradada (t=0); A - Abandonada (t=15 anos); AB - Abandonada (t=25 anos); P - Preservada (t=70 anos); - - - Limite de Significância ( $\alpha=0,05$ ).

Tabela 8. Valores observados para a similaridade florística (Coeficiente de Similaridade de Jaccard) ao longo das diferentes condições ambientais amostradas em Xingó, Brasil.

	RI	RN	D	A	AB	P
RI	1					
RN	0.300	1				
D	0.409	0.214	1			
A	0.435	0.357	0.333	1		
AB	0.571	0.200	0.346	0.480	1	
P	0.321	0.150	0.167	0.304	0.414	1

Legenda: RI - Regeneração Induzida; RN - Regeneração Natural; D - Degradada (t=0); A - Abandonada (t=15 anos); AB - Abandonada (t=25 anos); P - Preservada (t=70 anos).

Dos cinco agrupamentos obtidos na Análise de *Cluster* (Figura 35), apenas o último (grupo 5) apresentou uma similaridade superior ao limite de significância (48%,  $\alpha = 0,05$ ), podendo os demais agrupamentos ser explicado pelo acaso.

A similaridade entre as condições, observada de acordo com a Distância Bray-Curtis, teve um comportamento semelhante ao descrito para similaridade florística (Jaccard), aumentando à medida que se progride da condição “Degradada” para a “Preservada” (Figura 36). De acordo com a “Distância Bray-Curtis”, as condições “Degradada” e “Abandonada (15 anos)” apresentaram uma maior similaridade ( $68 \pm 16\%$ ,  $\alpha = 0,05$ ), seguidas das áreas “Abandonada (15 anos)” e “Preservada” com  $37 \pm 16\%$  de semelhança (Tabela 9).

A análise de *Cluster*, baseada nos dados quantitativos (frequência relativa das espécies e médias de cada parâmetro abiótico amostrado), separou as condições em cinco grupos, como na análise anterior (Figura 36). Ao se observar o posicionamento da cronosseqüência sucessional neste dendrograma, verifica-se a formação de dois grupos com estas condições, estando estes abaixo do limite de significância ( $51 \pm 16\%$ ,  $\alpha = 0,05$ ).

Isto demonstra que, entre 15 e 25 anos, as áreas em regeneração sofrem modificações significativas em seus parâmetros ambientais, passando dos estádios iniciais para os mais tardios da sucessão, conseqüentemente mais semelhantes ao observado nos ecossistemas maduros e preservados, corroborando com o observado para áreas em regeneração na Floresta Amazônica (ARAÚJO *et al.* 2005b).

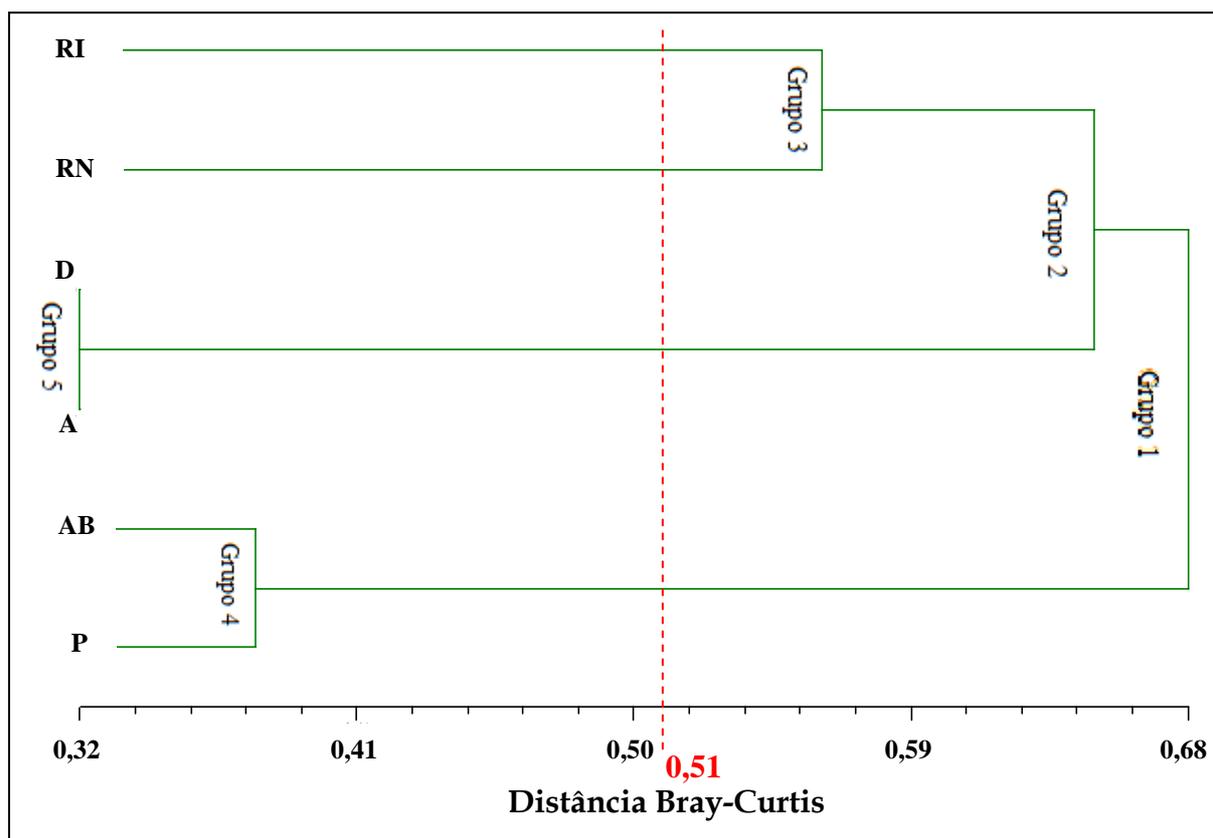


Figura 36. Dendrograma de dissimilaridade baseado nos dados quantitativos (frequência relativa das espécies e médias de cada parâmetro abiótico analisado) das condições amostradas em Xingó, utilizando o método SAHN e a Distância Bray-Curtis. Legenda: RI - Regeneração Induzida; RN - Regeneração Natural; D - Degradada (t=0); A - Abandonada (t=15 anos); AB - Abandonada (t=25 anos); P - Preservada (t=70 anos); - - - Limite de Significância ( $\alpha=0,05$ ).

Tabela 9. Valores de dissimilaridade (Distância Bray-Curtis) observados entre as diferentes condições ambientais amostradas em Xingó, Brasil.

	RI	RN	D	A	AB	P
RI	0					
RN	0,564	0				
D	0,674	0,7316	0			
A	0,494	0,711	0,320	0		
AB	0,621	0,703	0,804	0,498	0	
P	0,610	0,788	0,876	0,569	0,378	0

Legenda: RI - Regeneração Induzida; RN - Regeneração Natural; D - Degradada (t=0); A - Abandonada (t=15 anos); AB - Abandonada (t=25 anos); P - Preservada (t=70 anos).

### 7.3.2 Análise comparativa das áreas degradadas por dois diferentes agentes de antropismo e avaliação das áreas sob intervenção do PMRAD.

Dos dez parâmetros ambientais analisados, as áreas degradadas durante a construção da UHE e abandonadas (Regeneração Natural) obtiveram valores significativamente iguais às áreas degradadas pela população (Degradada) para a altura, riqueza, diversidade de espécies - Índice de Shannon ( $t = 0,046$ ,  $p > 0,05$ ) e equidade - Índice de Simpson ( $t = 1,173$ ,  $p > 0,05$ ).

Porém, na condição “Degradada”, a abundância, a temperatura ao nível do solo e a um metro obtiveram valores mais próximos dos observados nos estádios sucessionais mais tardios. Em ambas as Análises de *Cluster* realizadas (Figuras 35 e 36), esta condição obteve uma maior similaridade com as demais áreas referentes à cronosseqüência sucessional, do que o observado para as áreas degradadas pela construção da UHE (Regeneração Natural).

O DAS foi o único parâmetro analisado em que a condição “Regeneração Natural” obteve valores considerados melhores do que o observado na “Degradada”. Este aspecto pode ser explicado devido à elevada variância dos dados amostrados nesta condição, tendo ocorrido por causa da presença de indivíduos de porte arbóreo (espécies pioneiras), associados a uma baixa representatividade do estrato herbáceo.

Vários trabalhos citam o impacto provocado pela população local como sendo o mais significativo em promover alterações negativas sobre o meio ambiente a nível local, independentemente do Bioma (PEREIRA *et al.* 2001; SILVA *et al.* 2003; ANDRADE *et al.* 2005; GOMIDE *et al.* 2006; SANTANA e SOUTO, 2006; BENEVIDES *et al.* 2007).

Pereira *et al.* (2003) demonstram que o tipo de exploração antrópica de áreas de Caatinga que tem as piores conseqüências sobre o processo de regeneração natural, é a exploração, em longo prazo, de pequenas propriedades através da prática associada de agricultura e pecuária, como observado nas áreas escolhidas para a amostragem da condição “Degradada”.

Porém, a análise comparativa realizada neste estudo demonstrou que o impacto gerado por esta atividade, embora cumulativo e de longo prazo, tem conseqüências

menos significativas sobre a vegetação, do que a ação rápida e pontual realizada nas áreas de empréstimo para a construção da UHE Xingó.

Isto corrobora com a avaliação dos impactos de origem antrópica sobre remanescentes vegetais realizada por Brito-Ramos (2007). Neste estudo, a autora evidenciou que o Poder Público, através de suas Instituições ou Políticas Públicas, era o principal responsável, ou co-responsável, pela maioria dos impactos considerados significativos pela metodologia de avaliação de impacto ambiental empregada.

Além das diferenças já descritas, nas áreas degradadas pela construção da UHE foi observada uma redução significativa na espessura da camada de solo, sendo este muita vezes inexistente. Além disso, há um menor percentual de cobertura vegetal nesta condição do que nas áreas degradadas pela população local, sendo observadas grandes extensões de solo exposto (Figura 29).

Isto retarda o processo de regeneração natural, facilitando a ação de agentes erosivos (ARAÚJO *et al.* 2005a) e aumentando o risco de desertificação destas áreas, conforme predito por Freire (2004). Segundo este autor, a análise temporal das imagens de satélite da Área de Estudo mostrou que a maioria das áreas consideradas “degradadas” no ano de 1989 não possuiu capacidade de regeneração natural, passando à condição “desertificada” após 14 anos.

Partindo-se deste pressuposto, pode-se afirmar que as áreas degradadas durante a construção da UHE Xingó, vão passar, em longo prazo, por este mesmo processo, sendo necessária a intervenção do PMRAD para a sua recuperação.

Ao comparar as áreas sob intervenção deste Projeto (Regeneração Induzida), com as áreas degradadas pela Chesf e abandonadas (Regeneração Natural) pôde-se observar que os módulos deste Projeto apresentaram valores considerados melhores para seis dos dez parâmetros amostrados (altura, DAS, abundância, riqueza, diversidade e umidade relativa do ar).

Os módulos do PMRAD (Regeneração Induzida), floristicamente, apresentaram uma maior similaridade (Jaccard = 0,571) com as áreas da cronossequência ambiental referentes à 25 anos de regeneração natural - “Abandonada (25 anos)” - (Tabela 8 e Figura 35). Quando considerados na análise os parâmetros abióticos e as frequências relativas das espécies inventariadas, os módulos do PMRAD possuíram uma similaridade maior com as áreas degradadas, abandonadas após a construção da

UHE (Regeneração Natural), do que com a cronosseqüência sucessional amostrada (Figura 36).

Baseado no postulado pela teoria de facilitação (CONNEL e SLATYER, 1997), pode-se afirmar que a diversidade observada nos módulos do PMRAD não apresenta sustentabilidade ecológica e, caso houvesse uma interrupção nas atividades de manutenção, se observaria um colapso destas áreas, que retroagiriam para condições ambientais próximas às observadas nas áreas abandonadas (Regeneração Natural).

Isto demonstra que a metodologia empregada neste Projeto não é eficaz em induzir de forma sustentada a regeneração das áreas sob sua intervenção, sendo observado apenas, o plantio de espécies presentes em estádios sucessionais tardios. Isto explica a elevada similaridade florística (quociente de Jaccard) observada entre esta condição e a “Abandonada (25anos)”, ratificando as observações realizadas no item 7.2 desta dissertação.

Inclusive, algumas destas espécies não possuíram representantes na composição florística da cronosseqüência sucessional amostrada, como *Parkinsonia aculeata* (Turco) e *Prosopis juliflora* (Algaroba), a primeira típica de vegetação ciliar e a segunda exótica ao Bioma (VILAR, 2006). Esta última espécie foi observada tanto na condição “Regeneração Induzida”, quanto na “Regeneração Natural”, ambas relacionadas às áreas impactadas diretamente pela construção da UHE Xingó.

Vários autores relatam o impacto desta espécie invasora sobre a vegetação da Caatinga, causando inclusive impactos significativos sobre a sua biodiversidade em escala local (PEGADO, 2004; OLIVEIRA, 2006; VILAR, 2006).

Na Paraíba, áreas ribeirinhas de Caatinga invadidas por *P. juliflora* apresentaram sua fitodiversidade reduzida, com significativas alterações estruturais e funcionais no estrato arbóreo-arbustivo (PEGADO, 2004). Este impacto é semelhante ao descrito por Vilar (2006) que relata uma redução significativa do número de espécies nativas nas áreas onde esta espécie apresenta maior abundância.

Além de competir com a Caatinga arbórea, os indivíduos jovens desta espécie competem e ocupam os nichos da vegetação herbácea nativa (VILAR, 2006). Segundo o levantamento das espécies herbáceas realizado por esta autora em dois diferentes estados do Nordeste, as áreas invadidas por *P. juliflora* apresentaram menores

riqueza e diversidade florística e a maioria das espécies presentes é considerada invasora ruderal.

Baseado nestes relatos é possível afirmar que *P. juliflora* pode agir como mais um fator ambiental restritivo ao desenvolvimento dos espécimes plantados nos módulos do PMRAD. Além dos impactos sobre a vegetação descritos pela literatura, foram observados impactos secundários provocados por esta espécie nos módulos em recuperação.

Os sítios preferenciais desta espécie constituem áreas de relevante interesse social e ambiental para a Caatinga, principalmente nas de Neossolos Flúvicos, as baixadas sedimentares e as manchas de solos mais profundos (OLIVEIRA, 2006).

Como mencionado, a camada de solo dos módulos em recuperação é rasa, não dando sustentação adequada às espécies não adaptadas a estas condições, como *P. juliflora*. Desta forma, comumente, se observa o tombamento de seus indivíduos causado pela falta de sustentação (Figura 37). Além de causar mortalidade dos indivíduos atingidos, isto acaba por aumentar o processo de erosão evidenciado nestas áreas.

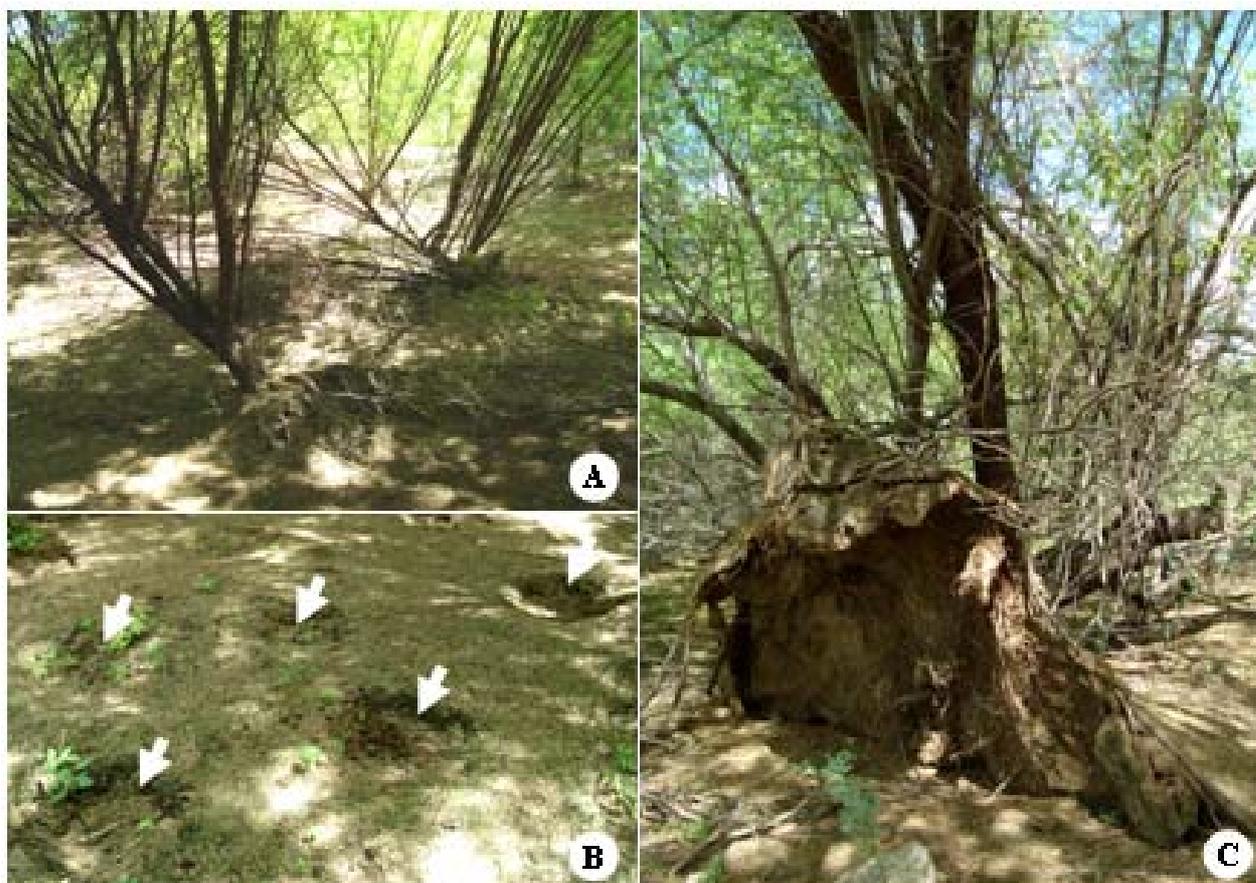


Figura 37. Impactos provocados por *Prosopis juliflora* (Algaroba) nos módulos do Programa de Produção de Mudas de Espécies Nativas e Recuperação de Áreas Degradadas – PMRAD executado em Xingó, Brasil. **A** - Vista geral do sub-bosque do “Módulo 1”, evidenciando o estágio inicial do tombamento de alguns indivíduos. **B** - Vista das covas (setas) vazias, devido à mortalidade dos indivíduos plantados causada pela competição interespecífica com *P. juliflora*. **C** - Solo exposto pelo sistema radicular de um espécime de *P. juliflora* tombado.

### 7.3.3 Considerações Finais

A análise dos parâmetros ambientais ao longo da cronoseqüência mostrou que a regeneração natural de áreas degradadas (cultivo associado a pasto) da Caatinga Arbórea da região de Xingó segue a seguinte seqüência: nos primeiros 15 anos ocorre a restauração da abundância e da equidade; a riqueza e a Biomassa (Altura e DAS) são restauradas após 25 anos; a composição florística e os parâmetros abióticos, que variam ao longo dos estádios sucessionais, só são recuperados após 70 anos de regeneração.

Os parâmetros abióticos vão sendo paulatinamente restaurados, sendo observado que, nos primeiros estágios sucessionais, eles atuam de forma significativa sobre os parâmetros bióticos, pois influenciam significativamente a dinâmica da vegetação (estabelecimento e desenvolvimento dos espécimes). Porém, em um segundo momento, a dinâmica ecológica gerada pelo amadurecimento do ecossistema em regeneração passa a modificá-los através do processo de facilitação, tornando possível a colonização de novas espécies adaptadas às novas condições ambientais.

O comportamento dos parâmetros analisados ao longo da cronoseqüência sucessional corroboram com os padrões descritos pela literatura para o processo de regeneração em outros Biomas, como a Floresta Atlântica e a Amazônica.

Conforme descrito na metodologia, as áreas amostradas referentes à cronoseqüência sucessional apresentaram o mesmo histórico de degradação e estiveram submetidas às condições ambientais o mais semelhantes possível. Desta forma, não é de se esperar que houvesse outros fatores restritivos que interfeririam na ocorrência das espécies inventariadas ao longo deste gradiente.

Portanto, as distribuições observadas podem ser interpretadas como uma resposta ao processo de regeneração ambiental, ou seja, à sucessão ecológica. Partindo deste pressuposto, as espécies inventariadas que se apresentaram restritas a uma condição analisada podem ser utilizadas como bioindicadoras do estágio sucessional da vegetação na área de Xingó.

Foi evidenciado que as áreas degradadas abandonadas após a construção da UHE obtiveram valores significativamente inferiores aos observado nos módulos

recuperados pelo PMRAD, porém, estes módulos obtiveram uma maior semelhança com estas áreas do que com a cronosseqüência sucessional analisada.

O Projeto de Produção de Mudanças e Recuperação de Áreas Degradadas realizado pela Chesf foi eficaz em sobrepujar as tendências descritas neste estudo (item 7.1), para as áreas degradadas na região de Xingó, induzindo, mesmo com as falhas metodológicas identificadas, uma similaridade florística próxima ao observado nos estádios sucessionais tardios.

Porém, a Análise de *Cluster* baseada na similaridade referente aos dados quantitativos revelou que as áreas sob intervenção deste Projeto não possuem sustentabilidade ecológica, pois não foi observada a recomposição de parâmetros ambientais chaves (bióticos e abióticos). Isto ratifica, do ponto de vista florístico-ecológico, as constatações realizadas na avaliação da metodologia empregada pelo PMRAD (item 7.2.6).

O objetivo principal do PMRAD é recuperar a condição original das áreas degradadas (ENGE-RIO, 1994). Assim, como, em todos os parâmetros ambientais amostrados, as áreas sob sua intervenção obtiveram índices muito aquém do observado na condição "Preservada", pode-se dizer que este Projeto está longe de alcançar seu objetivo final.

## 8 CONCLUSÃO

O Poder Público através de suas Políticas de Desenvolvimento para a Área de Estudo, materializadas na construção da UHE Xingó e no incentivo à prática da agricultura irrigada e a população local, com suas práticas inadequadas de agricultura e pecuária, são os atores mais significativos no processo de degradação ambiental da Caatinga.

A construção da UHE Xingó promoveu grandes mudanças em sua Área de Influência, sendo considerada a atividade mais impactante dentre as identificadas. Porém, o cenário socioambiental atual desta região é resultado do efeito contínuo e cumulativo dos impactos gerados por todos os agentes de degradação identificados, que, com o passar do tempo, têm provocado o recrudescimento dos indicadores socioambientais na região.

Este cenário é caracterizado pela substituição da cobertura vegetal remanescente por áreas degradadas que, devido às drásticas modificações ambientais sofridas, não possuem capacidade de se regenerarem naturalmente, transformando-se, com o passar do tempo, em áreas desertificadas, sendo necessária a interferência humana para a sua recuperação.

Considerando a exigência legal e constitucional da obrigatoriedade de recuperação do dano ambiental que foi gerado na Área de Influência da UHE Xingó, a Chesf vem executando o Projeto Produção de Mudas de Espécies Nativas da Caatinga e Recuperação de Áreas Degradadas - PMRAD, como forma de gerir este passivo ambiental.

Este Projeto vem desempenhando um papel pioneiro na tentativa de recuperação de áreas degradadas no Bioma Caatinga na Área de Estudo. Além disso, tem exercido a função de agente de inclusão social, atuando de forma significativa na melhoria da qualidade de vida dos seus funcionários e na formação de jovens em situação de alta vulnerabilidade social.

Contudo, a análise da metodologia empregada no PMRAD evidenciou falhas de processo associadas à ausência de planejamento integrado das ações de recuperação. Além disso, foram identificadas várias não-conformidades com relação às bases teóricas de Ecologia da Restauração, que norteiam as práticas eficientes de Recuperação de Ecossistemas Degradados descritas na literatura, tendo como

principal consequência a mortalidade das mudas plantadas em campo. Além de fazer com que não haja previsão para sua conclusão.

Este fato aumenta a necessidade de manutenções e, conseqüentemente, os custos de execução deste Projeto, protelando a externalização das amenidades oriundas da recomposição destas áreas degradadas.

A análise dos dez parâmetros ambientais ao longo das seis condições amostradas em campo referendou as observações descritas anteriormente, dando suporte às inferências a elas relacionadas.

O comportamento observado para a regeneração da Caatinga Arbórea na Área de Estudo corrobora com os padrões descritos pela literatura para o processo de regeneração em outros Biomas. Isto demonstra que, respeitando as particularidades ambientais, a regeneração natural de áreas degradadas e com mesmo histórico de uso pode estar submetida, em escala macro, aos mesmos processos ecológicos, independentemente do Bioma a qual pertencem: Floresta Atlântica, Floresta Amazônica, ou Caatinga.

Dentre os agentes de degradação identificados considerados mais significativos para a realidade da na Área de Estudo, o Poder Público, através da construção da UHE Xingó, gerou impactos mais significativos sobre o processo de regeneração natural da vegetação, do que as áreas degradadas pela população local.

O Projeto Produção de Mudas e Recuperação de Áreas Degradadas foi eficaz em sobrepujar as tendências descritas neste estudo para as áreas degradadas na região de Xingó, induzindo, mesmo com as falhas metodológicas identificadas, uma similaridade florística próxima ao observado nos estádios sucessionais tardios. Porém, as áreas sob sua intervenção não possuem sustentabilidade ecológica, pois não foi observada a recomposição de parâmetros ambientais chaves (bióticos e abióticos), ratificando, do ponto de vista florístico-ecológico, as constatações realizadas durante a avaliação da metodologia empregada neste Projeto.

Desta forma, pode-se concluir que, conforme todos os padrões observados, o PMRAD está longe de alcançar seu objetivo final, que é recuperar as condições ambientais observadas nestas áreas antes de sua degradação, sendo necessário o redirecionamento das intervenções de acordo com os padrões aqui identificados para a regeneração da Caatinga na região de Xingó.

## 9 REFERÊNCIAS

AIDE, T. M.; ZIMMERMAN, J. K.; ROSARIO, M.; MARCANO, H. Forest recovery in abandoned cattle pastures along an elevational gradient in northeastern Puerto Rico. **Biotropica**. v. 28, n.4, p. 537-548. 1996.

AHRENS, S. Sobre a Legislação aplicável à restauração de florestas de Preservação Permanente e de Reserva Legal. In GALVÃO, A. P.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Restauração florestal: fundamentos e estudos de caso**. Colombo: Embrapa Florestas. 2005. p. 13 - 26.

ALBUQUERQUE, S.; BANDEIRA, G. Effect of thinning and slashing on forage phytomass from a Caatinga of Petrolina, Pernambuco, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 30. p. 885-891. 1995.

ALBUQUERQUE, U. P.; LUCENA, R. F. (Orgs.). **Métodos e Técnicas na Pesquisa Etnobotânica**. Recife: LivroRápido / NUPEEA. 2004.

ALBUQUERQUE, M.; FERREIRA, R.; SILVA, J. da; SANTOS, E.; STOSIC, B.; SOUZA, A. Estabilidade em Análise de Agrupamento: estudo de caso em Ciência Florestal. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.257-265, 2006.

ALCOFORADO FILHO, F. G.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N. Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. **Acta Botânica Brasílica**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 287-303, 2003.

ALMEIDA, A. S. **Dinâmica da paisagem e ecologia de Florestas Primárias Remanescentes e Sucessionais do Município de São Francisco do Pará**. 2000. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 2000.

ANDRADE, L.; REIS, M.; REIS, G. Classificação ecológica do Estado da Paraíba. Interpolação de dados climáticos por aproximação numérica. **Revista Árvore**, v.23, n. 1. p. 23-32. 1999.

\_\_\_\_\_. **A fitossociologia como ferramenta para a conservação**. Areia: Universidade Federal da Paraíba, 2004. 15p.

\_\_\_\_\_.; PEREIRA, I; LEITE, U; BARBOSA, M.. Análise da cobertura de duas fitofisionomias de Caatinga, com diferentes históricos de uso, no Município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 253-262, 2005.

ANDRADE-LIMA, D. Notas sobre a dispersão de algumas espécies vegetais no Brasil. **Anais da Sociedade de Biologia do Estado de Pernambuco**. v. 11, p. 25-49. 1953.

\_\_\_\_\_. **Contribution to the study of the flora of the Pernambuco, Brazil**. Monografias. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 1954.

\_\_\_\_\_. Estudos Fitogeográficos de Pernambuco. **Arquivos do Instituto de Pesquisas Agronômicas**. v. 5, p 305-341, 1960.

\_\_\_\_\_. Contribuição do estudo do paralelismo da flora amazônico-nordestina. **Boletim Técnico do Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco**, v. 19, p. 3-30, 1966.

\_\_\_\_\_. Recursos vegetais de Pernambuco. **Cadernos do Conselho de Desenvolvimento de Pernambuco, Série 1 - Agricultura**. v. 1, p. 43-54, 1970.

\_\_\_\_\_. Traços gerais da fitogeografia do Agreste de Pernambuco. **Anais do XXIII Congresso Nacional de Botânica**. Garanhuns, Brasil. 1973.

\_\_\_\_\_. As formações vegetais da bacia do Parnaíba. In: LINS, R. (Ed.). **Bacia do Parnaíba: aspectos fisiográficos**. Recife: Instituto de Pesquisas Sociais, 1978, p. 123-135.

\_\_\_\_\_. The caatinga dominium. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 4, p.149-163, 1981.

ANTUNES, P. de B. **Direito Ambiental**. 3. ed. Rio de Janeiro: Lumen Júris, 1999.

APPLIED BIOSTATISTICS. **NTSYSpc**. Applied Biostatistics Inc; Versão 2.10t; 2000.

ARAÚJO FILHO, J. **Desenvolvimento Sustentável da Caatinga**. Sobral: Ministério da Agricultura/EMBRAPA/CNPC, 1996, 20p.

ARAÚJO-FILHO, J. A. Manipulação da vegetação lenhosa de Caatinga para fins pastoris. In EMBRAPA (Org.) **Curso de melhoramento e manejo de pastagem nativa no trópico semi-árido**. Teresina: Embrapa, p. 41-58. 1989.

ARAÚJO, G.; ALMEIDA, J.; GUERRA, A. **Gestão Ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 320 p. 2005a.

ARAÚJO, M.; TUCKER, J.; VASCONCELOS, S.; ZARIN, D.; OLIVEIRA, W.; SAMPAIO, P.; RANGEL-VASCONCELOS, L.; OLIVEIRA, F.; COELHO, R.; ARAGÃO, D.; MIRANDA, I. Padrão e processo sucessionais em florestas secundárias de diferentes idades na Amazônia oriental. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 4, p. 343-357. 2005b.

ASSIS, E. M. de. **Levantamento Florístico e Fitossociológico do Estrato Arbustivo-Arbóreo de Dois Ambientes do Assentamento Cabelo de Negro - Baraúna-RN**. 2001. 198p. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônoma). Escola Superior de Agricultura de Mossoró - ESAM.

ASSOCIAÇÃO PARA A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA. **Program and abstracts**. Orlando: 3rd Annual Conference. p. 18 - 23. 1991.

AYRES, M. AYRES, M. Jr., AYRES, D. L.; Santos, A. **BioEstat: aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biomédicas**. Belém: Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. versão 5.0. 2007.

BASTOS, A. C.; ALMEIDA, J. R. Licenciamento ambiental brasileiro no contexto da Avaliação de Impactos Ambientais. In CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. (Orgs.). **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1999. p. 77-114.

BEGON, M., TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecology**: from individuals to ecosystems. 4 ed. Oxford: Blackwell Publishing. p. 97. 2006.

BENEVIDES, D.; MARACAJÁ, P.; FILHO, F.; GUERRA, A.; PEREIRA, P. Estudo da Flora herbácea da Caatinga no Município de Caraúbas no Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Mossoró, v. 2, n. 1, p. 33-44. 2007.

BRADSHAW, A. D. Ecological principles and land reclamation practice. **Landscape Planning**. v. 11, p. 35-48. 1984.

BRAGA, D. **Uso público em Unidades de Conservação de Proteção Integral**: caso do Parque estadual de Dois Irmãos. Monografia de Especialização. MBA em Planejamento e Gestão Ambiental. Universidade de Pernambuco. 69p. 2007.

BRASIL. **Constituição Federal**. Rio de Janeiro, 18 de setembro de 1946.

\_\_\_\_\_. **Lei Federal nº 4.771**. 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal. Brasília, 1965.

\_\_\_\_\_. **Lei Federal nº 6.938**. 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências. Brasília, 1981.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº 001**. 23 de janeiro de 1986. Define as situações e estabelece requisitos e condições para o desenvolvimento de Estudos de Impacto AMBIENTAL - EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA. Brasília, 1986.

\_\_\_\_\_. **Constituição Federal**. Brasília, 05 de outubro de 1988.

\_\_\_\_\_. **Lei Federal nº 9.605**. 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, 1998.

\_\_\_\_\_. **Decreto Federal nº 3.719**. 21 de setembro de 1999. Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, 1999.

\_\_\_\_\_. **Lei Federal nº 9.985**. 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III, e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, 2000.

\_\_\_\_\_. **Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do Rio São Francisco**: Programa de Ações Estratégicas para o Gerenciamento Integrado da Bacia do Rio São Francisco e da sua Zona Costeira - PAE. Brasília: TDA Desenho e Arte Ltda., 336p., 2004.

BUCHER, E. Chaco and Caatinga – South America arid savannas, woodlands and thickets. In HUNTEY, B.; WALTHER E. (Eds.). **Ecology of tropical savannas**. New York: Springer-Verlag. 1982. p. 48-79.

BRITO-RAMOS, A. **Contribuição para a gestão de Unidades de Conservação urbanas**: caso do Parque estadual de Dois Irmãos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Mestrado em gestão e Políticas Ambientais. Recife. 185p. 2007.

\_\_\_\_\_; BRAGA, D. V. **Caatinga**: conhecer para preservar. Recife: Companhia Hidrelétrica do São Francisco - Chesf. 2006. 20p.

CAIRNS, J.; HECKMAN, J. R. **Restoration Ecology**: the station of in emerging field. Annual Review of Energy and the Environment. v. 21, p. 167-189. 1996.

CARPANEZZI, A. A. Fundamentos para a reabilitação de ecossistemas florestais. In GALVÃO, A. P.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Restauração florestal**: fundamentos e estudos de caso. Colombo: Embrapa Florestas. 2005. p. 27- 45.

CARVALHO, V. C. Structure et dynamique de lá vegetation en milieu tropical semi-aride: la Caatinga de Quixabá (Pernambouc, Brésil) du terrain a l'analyse des données. MSS/Landsat. Ph.D. thesis, Universidade de Toulouse II, Lê Mirail.

CASTELLANOS, A. Introdução a Geobotânica. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 22. p. 585-617. 1960.

CASTELLETTI, C.; SILVA, J. DA; TABARELLI, M.; SANTOS A. Quanto ainda resta da Caatinga? In SILVA, J. DA; FONSECA, M.; LINS, L. (Eds.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2004. p. 91-100.

COMITE TÉCNICO CIENTÍFICO DA REDE DE MANEJO FLORESTAL DA CAATINGA. **Protocolo de medições de parcelas permanentes**. Recife: Associação Plantas do Nordeste. 21p. 2005.

CONNEL, J. H.; SLATYER, R. O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. **The Americam Naturalist**, v. 111, n.982, p. 1119-1144, 1977.

CONSELHO NACIONAL DA RESERVA DA BIOSFERA DA CAATINGA. **Cenários para o Bioma Caatinga**. Recife: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente - SECTMA. 2004. 283p.

CONSPLAN. **Monitoramento da Vegetação do entorno do reservatório da UHE Xingó**. Recife: CONSPLAN, 2004. 64p.

CONVENÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE DESERTIFICAÇÃO - CNUD. **United Nations Conference on Desertification**: roundup, plan of action and resolutions. Nova York: Nações Unidas. 1978.

- CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants**. New York: The New York Botanical Garden, 1988. 555p.
- DÖLL, P.; KROL, M.; FUHR, D.; GAISER, T.; HOEYNCK, S.; MENDIONDO, E. Integrated scenarios of regional development in semi-arid regions. In KROL, M. (Ed.). **Global change e regional impacts**, Springer. New York: Vg-ABRH, 2003. p.19-42.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: EMBRAPA Produção da Informação. 1999. 412p.
- ENGE-RIO. **Projeto Básico Ambiental**: Programa de Recuperação de Áreas Degradadas. Rio de Janeiro: ENGE-RIO. 1994.
- FERRAZ, E. M. N.; RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PEREIRA, R. C. A. Composição florística em trechos de vegetação de Caatinga e brejo de altitude na região do Vale do Pajeú, Pernambuco. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 7-15, 1998.
- FERREIRA, D; RODRIGUES, V.; MELO, H.; RODRIGUES-NETO, F.; NASCIMENTO, P. do. **A Desertificação no Nordeste do Brasil**: diagnóstico e perspectiva. Universidade Federal do Piauí - UFPI, Núcleo DESERT. 1988. 38 p.
- FERRETTI, A. R.; BRITZ, R. M. A restauração da Floresta Atlântica no Estado do Paraná: os trabalhos da SPVS. In GALVÃO, A. P.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Restauração florestal**: fundamentos e estudos de caso. Colombo: Embrapa Florestas. 2005. p. 87-102.
- FERRI, M. **A vegetação brasileira**. São Paulo: EDUSP. 1980.
- FINEGAN, B. **Bases ecológicas de la sivilcutura y la agrofloresteria Turrialba**. Costa Rica: CATIE, 1992. 153p.
- FREIRE, N. **Desertificação na área de Xingó**: mapeamento e análise espectro-temporal. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 2004. 168p.
- FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS. **Mapa da distribuição das Caatingas no Brasil**. Disponível em: <<http://www.biodiversitas.org.br/caatinga/>>. Acesso em 20/05/2006.
- GALVÃO, A. P.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Restauração Florestal**: fundamentos e estudos de caso. Colombo: Embrapa Florestas. 193p. 2005.
- GOMES, G.; BEZERRA, J.; ALBUQUERQUE, V. de; AGUIAR, M de; MACHADO, K. **Programa Xingó**: I Plano Diretor de desenvolvimento da região de Xingó, 2000 - 2004. Recife: Programa Xingó, 1999. 525p.
- GRAU, H.; AIDE, T.; ZIMMERMAN, J. ; THOMLINSON, J.; HELMER, E.; ZOU, O. The Ecological Consequences of Socioeconomic and Land-Use Changes in Postagriculture Puerto Rico. **BioScience**, vol. 53. n. 12. p.1159-1198. 2003.

GRIFFITH, J. J. **Recuperação conservacionista de superfícies mineradas**: uma revisão bibliográfica. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais. 51p. 1980.

GOMIDE, L.; SCOLFORO, J.; OLIVEIRA, A. de. Análise da diversidade e similaridade de fragmentos florestais nativos na bacia do Rio São Francisco, em Minas Gerais. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 2, p. 127-144.

GUARIGUATA, M. R. e DUPUY, J. M. Forest regeneration in abandoned logging roads in lowland Costa Rica. **Biotropica**, v. 29, p. 15-28. 1997.

HOLL, K. Factors limiting tropical rain Forest regeneration in abandoned pasture: seed rain, seed germination, microclimate and soil. **Biotropica**, 31(3): 335-340, 1992.

IBGE. **Produção da Pecuária Municipal 1999**. Rio de Janeiro: IBGE, 1999.

\_\_\_\_\_. **Malha municipal digital**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

\_\_\_\_\_. **Produção da Pecuária Municipal 2005**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Plano de Manejo Florestal para a Região do Seridó do Rio Grande do Norte**. Natal: IBAMA, v.1. Projeto PNUD/FAO/IBAMA. 1992.

\_\_\_\_\_. **Ecosistemas Brasileiros**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2001.

IPEA/PNUD/FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil**. Rio de Janeiro: IPEA/PNUD/FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. 2000.

ITAIPU. **Programa de reflorestamento das margens do reservatório**. Disponível em <<http://www.itaipu.gov.br>>. Acesso em 12/09/2007.

JANZEN, D. H. Management of hábitat fragments in a tropical dry forest: growth. *Annals of the Missouri Botanical Garden, Saint Louis*, v. 75, p. 105-116, 1988.

KAGEYAMA, P.; GANDARA, F. Recuperação de áreas ciliares. In RODRIGUES, R.; LEITÃO FILHO, H. (Coord.). **Matas Ciliares**: conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP, 2000. p. 249-269.

\_\_\_\_\_; GANDARA, F. Resultados do Programa de Restauração com espécies arbóreas nativas do convênio USP e CESPI. In GALVÃO, A. P.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Restauração Florestal**: fundamentos e estudos de caso. Colombo: Embrapa Florestas. 193p. 2005.

\_\_\_\_\_; GANDARA, F.; VENCOSKY, R. Constituição *in situ* de espécies arbóreas tropicais. In NASS, L.; VALOIS, A.; MELO, I. de; VALADARES-INGLIS, M. (Ed.) **Recursos genéticos e melhoramento**: plantas. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 149-158.

KELLMAN, M. Geographic patterning in tropical weed communities and early secondary successions. **Biotropica**. v. 12, n. 1. p. 34-39. 1980.

- KREBS, C. **Ecological Methodology**. Massachusetts: Harper Collins Publishers. 1989.
- \_\_\_\_\_. **Ecological Methodology**. Programs of Ecological Methodology; versão 2.0; 1998.
- LASKA, M. S. Structure of understory shrub assemblages in a adjacent secondary and old growth tropical wet forests, Costa Rica. **Biotropica**, v. 29, p. 29-37. 1997.
- LEAL, I, TABARELLI, M.; SILVA, J. da. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE. 2003a. 822p.
- LEAL, I.; VICENTE, A. e TABARELI, M. Herbivoria por caprinos na Caatinga da Região de Xingó: uma análise preliminar. In LEAL, I.; TABARELI, M. e SILVA, J. (Org.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE, p.695-715. 2003b.
- LEITE, U. T. **Análise da estrutura fitossociológica do estrato arbustivo-arbóreo de duas tipologias de Caatinga ocorrentes no município de São João do Cariri-PB**. Areia: UFPB, 1999.
- LEITE, J. R. **Dano ambiental: do individual ao coletivo extrapatrimonial**. São Paulo: Revista dos Tribunais. 2000.
- LENZI, M.; SOARES, J. e ORTH, A. I. Predação de *Opuntia monacantha* (Willd.) Haw. (Cactaceae) por *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) em restingas da Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil. **Revista Biotemas**, 19 (3): 35-44. 2006.
- LEPRUN, J. **Relatório de fim de convênio de Manejo e conservação do solo no Nordeste do Brasileiro**. Recife: Sudene/ORSTOM, 1983. 271p.
- LUETZELBURG, P. VON. **Estudo Botânico do Nordeste**. Rio de Janeiro: Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas, Ministério da Viação e Obras Públicas. Publicação 57, Série I-A. 1923.
- MAGURRAN, A. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton: Princeton Univ. Press, 1988. 179p.
- MARACAJÁ, P.; BATISTA, C.; SOUSA, A. de; VASCONCELOS, W. de. Levantamento florístico e fitossociológico do extrato arbustivo- arbóreo de dois ambientes na Vila Santa Catarina, Serra do Mel, RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. vol. 3, n. 2. 2003.
- MATOS, R; SILVA, E. da; BERBARA, R. **Biodiversidade e Índices**. Rio de Janeiro: Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1999. 20p.
- MELO, S. M. **Florística, Fitossociologia e dinâmica de duas florestas secundárias antigas com histórias de uso diferentes no Nordeste do Pará-Brasil**. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba: Universidade de São Paulo. 2004. 134 p.

MENDES, B. **Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do semi-árido**. Fortaleza: CEMACE. 1997.

MILARÉ, É. **Direito do ambiente**: doutrina, prática, jurisprudência, glossário. São Paulo: Revista dos Tribunais. 2000.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Desertificação: caracterização e impactos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 1998a.

\_\_\_\_\_. **Diretrizes para a Política Nacional de Controle da Desertificação. Projeto BRA 93/036 - Plano Nacional de Combate à Desertificação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. 1998b. 31p.

MORAN, E. F.; BRONDIZIO, E.; MAUSEL, P.; WU, Y. Integrating Amazonian vegetation, land-use, and satellite data. **BioScience**, n. 44, p. 329-338, 1994.

\_\_\_\_\_.; PACKER, A.; BRONDIZIO, E.; TUCKER, J. Restoration of vegetation cover in the eastern Amazon. **Ecological Economics**. n. 18, p. 41-54. 1996.

NIMER, E. Climatologia da Região Nordeste do Brasil. Subsídios a Geografia Regional do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 34, n. 2. p. 3-51. 1972.

ODUM, E. P. Populações em comunidades. In ODUM, E. P. (Eds.). **Ecologia**. São Paulo: Guanabara, 1988. p. 258-272.

OLIVEIRA, F. 2006. **Impactos da invasão da Algaroba - *Prosopis juliflora* (sw.) DC. - sobre o componente arbustivo-arbóreo da Caatinga nas microrregiões do Curimataú e do Seridó nos estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO - FAO. **Desertification**. Disponível em: <<http://www.fao.org/desertification/default.asp?lang=en>>. Acesso em 10/04/2006.

PARTON, W.; SILVER, W.; BURKE, I.; GRASSENS, L.; HARMON M.; CURRIE, W.; KING, J.; ADAIR, E.; BRANDT, L.; HART, S.; FASTH, B. Global-Scale Similarities in Nitrogen Release Patterns During Long-Term Decomposition. **Science**, v. 315, n. 5810, p. 361 - 364. 2007.

PEET, R. K. The measurement of species diversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**. v. 5, p. 285-307. 1974.

PEGADO, C. M. A. **Efeitos da invasão da algaroba [*Prosopis juliflora* (S.W.) D. C.] sobre a composição florística e a estrutura da Caatinga no Município de Monteiro, Paraíba. 2004. 106p**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.

PEREIRA, I.; ANDRADE, L.; COSTA, J.; DIAS J. Regeneração Natural em um remanescente de Caatingas sob diferentes níveis de perturbação, no Agreste paraibano. **Acta Botânica Brasílica**, v. 15, n. 3. p. 413-426. 2001.

PEREIRA, I. M.; ANDRADE, L. A.; BARBOSA, M. R. V.; SAMPAIO, E. V. S. B. Composição florística e análise fitossociológica do componente arbustivo-arbóreo de um remanescente florestal no Agreste paraibano. **Acta Botânica Brasílica**, Porto Alegre, v. 16, n. 3, p. 357-369, 2002.

\_\_\_\_\_.; ANDRADE, L.; SAMPAIO, E.; BARBOSA, M. R. Use-history effects on structure and flora of Caatinga. **Biotropica**, v. 35, n. 2. p. 413-426. 2003.

PEREVOLOTTSKY, A.; HAIMOV, Y. The effect of thinning and goat browsing on the structure and development of Mediterranean woodland in Israel. **Forest Ecology and Management**, 49(1-2): 61-74. 1992.

PERNAMBUCO. **Política Estadual de Controle da Desertificação**. Recife: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. 2003. 32p.

PESSOA, S. V. A., GUEDES-BRUNI, R. R. e BRUNO, C. K. Composição florística e estrutura do componente arbustivo-arbóreo de um trecho secundário de floresta montana na Reserva Ecológica de Macaé de Cima. In: H. C. de Lima e R. R. Guedes-Bruni (eds.). **Serra de Macaé de Cima: diversidade florística e conservação em Mata Atlântica**, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. pp. 147-168.1997

PETERS, E. L.; PIRES, P. de T. **Manual de Direito Ambiental: doutrina, legislação atualizada, vocabulário ambiental**. Curitiba: Juruá. 2000.

PEZOPANE, J.; REIS, G. dos; REIS, M.; COSTA, J. da. Caracterização da radiação solar em fragmento da Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, 13(1): 11-19. 2005.

PRADO, D. **A critical evaluation of the floristic links between Chaco and Caatingas vegetation in South America** . Ph.D thesis, University of St. Anderws. St. Anderws, Scotland. 1991.

\_\_\_\_\_. As Caatingas da América do Sul. In LEAL, I, TABARELLI, M.; SILVA, J. da. (Eds.) **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE. 2003. p. 3-73.

PRIMARCK, R. RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina: E. Rodrigues. 328p. 2001.

RAMBALD, D.; OLIVEIRA, D. **Fragmentação de Ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA. 2005. 510p.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 5 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Googan. 1992.

RIZZINI, C. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 25. p. 3-64. 1963.

- \_\_\_\_\_. **Tratado de Fitogeografia do Brasil**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural. 1997.
- RODAL, M.; SAMPAIO, E.; FIGUEIREDO, M. **Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico - ecossistema caatinga**. São Paulo: Sociedade Botânica do Brasil. 1992.
- \_\_\_\_\_.; ANDRADE, K. V. de S. A.; SALES, M. F. de; GOMES, A. P. S. Fitossociologia do componente lenhoso de um refúgio vegetacional no município de Buíque, Pernambuco. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 58, n. 3, p. 517-526, 1998.
- \_\_\_\_\_.; SAMPAIO, E. A vegetação do Bioma Caatinga. In SAMPAIO, E.; GIULIETTI, A.; VIRGÍNIO, J.; GAMARRA-ROJAS, C. (Eds.). **Vegetação e flora da Caatinga**. Recife: Associação de Plantas do Nordeste- APNE. Centro Nordestino de Informações sobre Plantas - CNIP. 2002. 176p.
- ROESCH, S.; ANTHUNES, E. Gestão da qualidade total: liderança top-down versus gerenciamento participativo. **Revista de Administração da USP**. v. 30, n. 3. 1995.
- ROHLF, F. **User Guide: NTSYSpC - Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System**. Newyork: Applied Biostatistics Inc., 1998. 37p.
- ROSS, J. Hidrelétricas e os impactos sócio ambientais. IN STIPP, N. (Org.). **Análise Ambiental - Usinas Hidrelétricas: uma visão multidisciplinar**. Londrina: Núcleo de estudos do Meio Ambiente, 94p. 1999.
- ROSSO, S. **RandMat**. São Paulo: Departamento de Ecologia Geral - IBUSP; versão 1.0. 1998.
- SÁ, I. (Coord). Fatores abióticos: áreas e ações prioritárias para a conservação da Caatinga. In SILVA, J. DA; FONSECA, M.; LINS, L. (Orgs.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2004. p. 37-44.
- SALDARRIAGA, J. G.; WEST, D. C.; THARP, M. L.; UHL, C. Long-term chronosequence of forest succession in the Upper Rio Negro of Colombia and Venezuela. **Journal of Ecology**, n. 76, p. 938-958, 1988.
- SAMPAIO, E. Overview of the brasilian Caatinga. In Bullock, S.; Mooney, H.; Medina, E. (Eds.). **Seasonally dry tropical forests**. Cambrige University Press. Cambrige. 1995. p. 35-63.
- \_\_\_\_\_.; RODAL, M. Fitofisionomias da Caatinga. In SILVA, J. DA; TABARELLI, M. (Coord.). **Workshop Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do Bioma Caatinga**. 2000.
- SANTANA, J.; SOUTO, J. Diversidade e Estrutura Fitossociológica da Caatinga na Estação Ecológica do Seridó-RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 6, n. 2. p. 232-242. 2006.

SANTOS, A. M.; TABARELLI, M. Distance from roads and cities as a predictor of habitat loss and fragmentation in the Caatinga vegetation of Brazil. **Brazilian Journal of Biology**. v. 62, n. 4B, p. 897-905. 2002.

SANTOS, A. L. Estudos fitofisionômicos por classe de solos na Estação Ecológica de Xingó Dissertação de Mestrado. Recife. 2003.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos. 2004.

SANTOS, M.; SOUZA, H. DE; SOUZA, R. Biomonitoramento através de indicadores ambientais abióticos - Mata do Junco (Capela-SE). **Scientia Plena**. v.3, n. 5, p. 142-151. 2007.

SCHAFFER, W. PROCHNOW, M. 2002. **A Mata Atlântica e você: como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira**. São Paulo: Ipsis 156p.

SER. The SER Primer on Ecological Restoration, Version 2. Society for Ecological Restoration Science and Policy Working Group, disponível em: [http://www.ser.org/reading\\_resources.asp](http://www.ser.org/reading_resources.asp). 2004.

SHEPHERD, G.J. **FITOPAC: Manual de usuário**. Departamento de Botânica, UNICAMP. Versão 1.6. 2006.

SILVA, F. DA; SILVA, F. H. DA. Os solos do Semi-árido pernambucano: classes, produtividade natural e estimativa para a geração de riquezas. In TEUCHLER, H.; MOURA, A. **Quando vale a Caatinga?** Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer. 2002. p. 118-158.

SILVA, J. DA, FONSECA, M. E LINS, L. (Orgs.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 382p. 2004.

SILVA, J.; OREN, D. Geographic variation and conservation of the Moustached Woodcreeper (*Xiphocolaptes falcirostris*), an endemic and threatened species of Northeastern Brasil. **Bird Conservation International**. v. 7. p. 263-274. 1997.

SILVA, R. SANTOS, A.; TABARELLI, M. Riqueza e diversidade de plantas lenhosas em cinco unidades de paisagem da Caatinga. In LEAL, I, TABARELLI, M.; SILVA, J. da. (Eds.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE. 2003. p. 327-366.

SOKAL, R.; ROHLF, F. **Biometry**. New York: Freeman, 1996. 859p.

STATSOFT, Inc. **STATISTICA (data analysis software system)**, version 7. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com). 2004.

STEININGER, M .K. Secondary forest structure and Biomass following short and extended land-use in central and southern Amazonia. **Journal of Tropical Ecology**, n. 16, p. 689-708, 2000.

STIP, N. A. **Análise ambiental – usinas hidrelétricas**: uma visão multidisciplinar. Londrina: Ed. UEL: NEMA. 1999. 94p.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. Regeneração de uma Floresta Tropical Montana após corte e queima (São Paulo – Brasil). **Revista Brasileira de Biologia**. v. 59, n. 2, p. 239-250. 1999.

\_\_\_\_\_.; SILVA, J. M. Áreas e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga. In LEAL, I, TABARELLI; M.; SILVA, J. da. (Eds.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE. 2003. p. 777-796.

TERRADA, J. **Ecología de la vegetación**. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes. Barcelona: Editorial Omega. 2001.

TEUCHLER, H.; MOURA, A. (Eds.) **Quanto vale a Caatinga?** Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer. 158p. 2002.

TOREZAN, J. M. D. **Estudo da sucessão secundária, na floresta ombrófila densa submontana, em áreas anteriormente cultivadas pelo sistema de "coivara", em Iporanga, SP**. Dissertação de Mestrado, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 1995.

TUCKER, J. M.; BRONDIZIO, E. S.; MORAN, E. F. Rates of forest regrowth in eastern Amazonia: a comparison of Altamira and Bragantina Regions, Pará State, Brazil. **Interciencia**, v. 23, n. 2, p. 1-10, 1998.

TURNER, B. L.; TURNER, B. C.; CLARK, R. W.; KATES, J. F.; RICHARDS, J. T.; MEYER, W. B. (eds.). **The Earth as Transformed by Human Action**. Cambridge (Reino Unido): Cambridge University Press. 1990.

UHL, C.; JORDAN, C. F. Succession and nutrient dynamics following forest cutting and burning in Amazonia. **Ecology**, v. 65, n. 5, p. 1476-1490, 1984.

\_\_\_\_\_.; BUSCHBACHER, R; SERRÃO, E. A. S. Abandoned pastures in Eastern Amazonia. I. Patterns of plant succession. **Journal of Ecology**, n. 76, p. 663-681, 1988.

YOUNG, T. P. Restoration ecology and conservation biology. **Biological Conservation**. v.92. p.73-83. 2000.

YOUNG, T. P.; PETERSEN, D. A.; CLARY, J. J. The ecology of restoration: historical links, emerging issues and unexplored realms. **Ecology Letters**, vol. 8: p. 662-673. 2005.

WATSON, R. T.; NOBLE, I. R.; BOLIN, B.; RAVINDRANATH, N. H.; VERARDO, D. J.; DOKKEN, D. J.; (eds.) **Land Use, Land Use Change, and Forestry**. Cambridge (Reino Unido): Cambridge University Press. 2001.

WIHLM, J. Graphic and mathematical analyses of biotic communities in polluted streams. **Annual Review of Entomology**. v. 17, p. 223-252. 1972.

VELOSO, H. Os grandes climaxes do Brasil. IV. Considerações gerais sobre a vegetação da Região Nordeste. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 62. p. 203-223. 1964.

VIANA, G.; SILVA, M.; DINIZ, N. (org.). **O desafio da Sustentabilidade: um debate sócioambiental no Brasil**. São Paulo: Editora Fundação Perseu Amaro, 2001. 364p.

VIEIRA, I. C. G. **Forest Succession after Shifting Cultivation in Eastern Amazonia**. Scotland: 1996. Thesis (Ph.D) – University of Stirling, 1996.

VILAR, F. **Impactos da invasão da Algaroba [*Prosopis juliflora* (SW.) DC.] sobre estrato herbáceo da Caatinga: florística, fitossociologia e citogenética**. 2006. 95p. Tese (Doutorado em Agronomia) Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall International Editions,. 1996.

ZWETSLOOT, H. Forest succession on a deforested area in Suriname. **Turrialba**, n. 31, p. 369-379, 1981.

## **ANEXOS**

Anexo I: Modelo da entrevista semi-estruturada aplicada aos funcionários da sementeira do PMRAD.

### ENTREVISTA

**Função:** \_\_\_\_\_ **Idade:** \_\_\_\_\_ anos

1. Escolaridade:

Superior  Técnico  Médio  Fundamental  Outros

2. Possui dependentes? Quantos?

Sim  Não \_\_\_\_\_

3. Quanto você recebe? R\$ \_\_\_\_\_

4. Alguém mais na sua família possui renda?

Sim  Não R\$ \_\_\_\_\_

5. Há quanto tempo trabalha na Sementeira? \_\_\_\_\_ anos

6. Qual a sua ocupação antes de trabalhar na Sementeira?

\_\_\_\_\_

7. Quanto era aproximadamente o seu salário antes? R\$ \_\_\_\_\_

8. VC conhecia o trabalho desenvolvido na sementeira antes?

Sim  Não

9. Qual era a sua opinião sobre este projeto?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

10. Sua opinião mudou após trabalhar nele?  Sim  Não

11. Em que?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

12. O que vc acha mais importante no projeto?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

13. Vc sabe porque a Chesf está fazendo este projeto?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

14. O que vc acha que deve ser melhorado no projeto?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_