

RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DA MINERAÇÃO CARAÍBA

Adriano Quadros Lima¹
Paulo César Fernandes Lima²
Marcos Antonio Drumond²

Resumo

O presente trabalho relata o plantio de espécies florestais e agrícolas na recuperação da barragem de rejeito e áreas de empréstimos da Mineração Caraíba S/A. A mina, situada na região Semi-árida do Nordeste do Brasil, no Estado da Bahia, tem como atividade principal a extração e beneficiamento do minério de cobre. A atividade de mineração altera as áreas naturais pelo acúmulo de rejeitos finos e estéreis, e a retirada da camada superior de solo causando impactos ambientais indesejáveis. A escolha de espécies e técnicas de plantio é fundamental neste processo. Para reduzir estes danos, espécies arbóreas e arbustivas vêm sendo plantadas, após seleção prévia das espécies. Este trabalho vem sendo executado desde 1998 em três fases, sendo a primeira, a análise do solo, o clima, a caracterização florística e fitossociológica da vegetação circunvizinha à barragem de rejeito. A segunda fase, o plantio experimental de espécies para revegetação das áreas degradadas pela deposição de rejeitos e eliminação da camada superior do solo, utilizadas no recapeamento das estradas de circulação da mina de céu aberto. Na terceira fase, foi realizada a revegetação em grande escala da barragem de rejeito com as espécies selecionadas, onde foram plantadas o eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), leucena (*Leucaena leucocephala*), algarobeira (*Prosopis juliflora*), juazeiro (*Ziziphus joazeiro*), moringa (*Moringa oleifera*), sinamomo (*Melia azedarach*), turquia (*Parkinsonia aculeata*), gliricídia (*Gliricidia sepium*), sisal (*Agave sisalana*) e palma forrageira (*Opuntia ficus indica*), dentre outras, perfazendo um total de 240 ha e das áreas de empréstimos com o plantio de 77 ha nas, em 5 anos de atividades.

Palavras-chave: Área degradada, semi-árido, rejeito de mineração.

Abstract

This work analyzes the process of choosing and the potentiality of multipurpose species for recovering the degraded area of the Mineração Caraíba S/A. The main activity of the mine, located in the semi-arid zone of the Northeast of Brazil, in the state of Bahia, is the extraction and processing of the copper ore. In the mining process, the natural vegetation and the superficial layer of the soil are removed, causing negative environmental impact to the local ecosystem. After previous selection of potential arboreal species, some species have been planted to reduce these damages. This work has been developed since 1998 in three phases, being the first, the diagnosis of the natural caatinga area adjacent to the mine for characterization of the vegetation. In the second phase, in the experimental area it was planted some species for choosing and selection for the reforestation and to recover the degraded areas. In the third phase, the commercial reforestation scale of the selected species was done. Besides the selected species *Leucaena leucocephala*, *Prosopis juliflora* and *Eucalyptus camaldulensis* for the reforestation of the degraded areas, the species *Ziziphus joazeiro*, *Moringa oleifera*, *Melia azedarach*, *Parkinsonia aculeata*, *Gliricidia sepium*, *Agave sisalana* and *Opuntia ficus indica* were planted in area of 240 ha, in 5 years of activities.

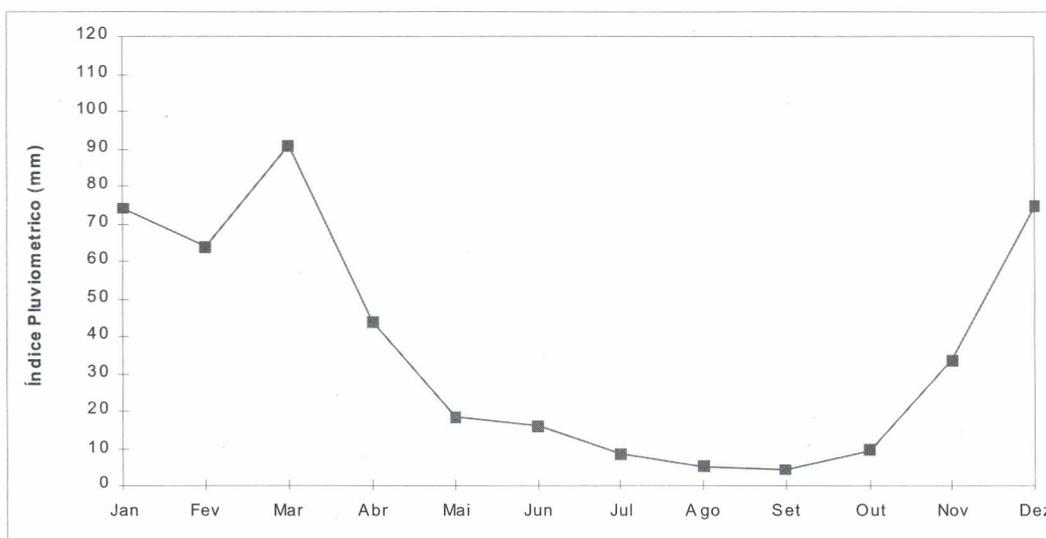
Key words: Degraded area, semi-arid, mine debris.

1 - A área de estudo

A área em estudo está situada no sertão baiano, em Jaguarari-BA, entre as coordenadas 9°87' latitude Sul e 39°86' longitude Oeste, a uma altitude média de 400 metros e precipitação média anual nos últimos vinte e cinco anos de 442mm (Figura 1), concentradas nos meses de novembro a abril. A evaporação média é de 2.000mm/ano e a média anual da umidade relativa, está ao redor dos 50%. A temperatura média anual varia de 23 a 25°C, com uma diferença de 8 a 10°C entre as médias da máxima e mínima. A paisagem é suavemente ondulada, com presença de colinas rochosas. Em geral, os solos são rasos com uma baixa capacidade de retenção de água e baixo teor orgânico.

¹ Eng. de Minas, Mineração Caraíba, Fazenda Caraíba s/n° CEP 48967-000, Jaguarari-BA e-mail: adriano@mcsa.com.br

² Eng. Florestal, Dr., Embrapa Semi-Arido, Caixa Postal 23, Petrolina, PE, CEP56300-000, e-mail: sac@cpatsa.embrapa.br



No zoneamento agroecológico do Nordeste, baseado no potencial de água, agricultura e áreas de gado, culturas a serem plantadas, áreas de preservação e reflorestamento e os perfis socioeconômicos dos fazendeiros, mostram 172 unidades geo-ambientais onde 110 unidades estão no semi-árido (Silva et al., 1993). O município de Jaguarari-BA está situado na “Depressão Sertaneja”, unidade ambiental que corresponde a 22% da Região Nordeste, sendo a pecuária e a mineração as atividades socioeconômicas predominantes na região. As atividades rurais estão baseadas na criação do caprino e agricultura, sendo a baixa quantidade e qualidade da forragem na estação seca, um dos fatores limitantes para a pecuária.

Para manter a sustentabilidade do sistema de produção animal na região, é necessária forragem em quantidade e qualidade, tanto no período chuvoso quanto na seca. O número excessivo de animais versus a capacidade de forragem da área, somado às condições climática da região, tem como conseqüência a degradação do solo e da vegetação.

A Mineração Caraíba extrai e beneficia minério de cobre desde 1979, sendo a única empresa de mineração de cobre em operação e a mais importante companhia de mineração no Nordeste do Brasil. Da mina subterrânea já foram extraídos até agosto/03 cerca de 14,8 toneladas de minério de cobre com teor de 2,14% de cobre. O minério é retirado da mina subterrânea após a britagem primária, e já na superfície, passa pelas etapas de rebitagem, moagem e flotação, sendo concentrado em uma planta industrial, onde ocorre a separação do minério de cobre do rejeito. Este resíduo é lançado em uma área especialmente projetada para este fim, denominada barragem de rejeito. A barragem possui cerca de 653 ha e dista da área industrial aproximadamente 5 km. É caracterizada pela exposição de um material fino, acinzentado, composto de 57% de partículas inferiores a 200 mesh, rico em metais pesados proveniente da própria rocha (Tabela 1). As dificuldades de recuperação da mesma, através da revegetação, decorrem, principalmente, da movimentação constante das partículas de areia muito fina pela ação dos ventos, bem como da alta concentração de metais pesados na composição do rejeito.

Tabela 1 – Composição química do resíduo da Barragem de Rejeito Fino da Mineração Caraíba.

As áreas destinadas ao fornecimento de solo para a pavimentação da Mina a Céu Aberto são denominadas de áreas de empréstimo e perfazem um total de 77 ha. Nessa operação são retirados solos dos horizontes A e B causando impactos ambientais pela perda da flora e alteração da topografia original.

COMPOSIÇÃO DO REJEITO	
SiO ₂ - 50%	Ni - 27 ppm
Al ₂ O ₃ - 13%	Cr - 24 ppm
Fe T - 11%	Zn - 10 ppm
MgO - 10%	As - 8 ppm
CaO - 5,9%	Pb - 2 ppm
Cu - 933 ppm	Cd - 0,2 ppm
Mn - 144 ppm	Hg - 0,04 ppm

2 – Recuperação das áreas degradadas

O propósito fundamental desse trabalho foi a escolha de espécies e a recuperação das áreas degradadas pelo depósito de rejeito de minério de cobre e áreas de empréstimos, que foram, total ou parcial, destruídas pelas operações da mina, impedindo a regeneração natural da mesma.

O trabalho foi dividido em três fases, sendo na primeira, a realização de um diagnóstico onde foram analisados o solo, o

clima, a caracterização de vegetação e o sistema de produção e comercialização agrícola da região. A análise da estrutura da vegetação de caatinga circunvizinha à barragem de rejeito e áreas de empréstimos verificou na comunidade as espécies mais importantes, baseadas na frequência, abundância, dominância e índice de valor de importância, bem como aquelas em risco de desaparecimento. Na segunda fase, em experimentação piloto em cada área de recuperação, espécies florestais e agrícolas foram plantadas na área de rejeito e de empréstimos para escolha daquelas de melhor performance e crescimento rápido para o plantio em larga escala. E por último, na terceira fase, o plantio em maior escala das espécies potenciais para a reabilitação dessas áreas, bem como a produção de forragem para os animais.

2.1 – Diagnóstico da área

A ovinocaprinocultura é o principal sistema de produção da região, onde os fazendeiros criam ovelhas e cabras em um sistema extensivo na caatinga. Os solos da área pertencente à mineradora foram classificados em sete tipos (Podzólico Eutrofico, Vertissolo, Planossolo Solódico Vértico, Bruno não Cálcio Vértico, Regassolo, Litossolo e Aluvial), sendo que Bruno não Cálcio e Planossolo Solódico Vértico correspondem a 41% e 40% da área, respectivamente. A área também foi classificada de acordo com a precipitação, altitude, profundidade do solo, capacidade de retenção de água, fertilidade natural e relevo.

A vegetação nativa apresentou composição florística heterogênea constituída de 35 famílias, 60 gêneros e 85 espécies (Lima et al, 1999; Lima et al, 2003). Na área de depósito de rejeito fino não foi verificada regeneração natural de caatinga, sendo que, na área diretamente afetada pela mineração (área industrial), o inventário mostrou uma flora com aproximadamente 18 plantas por hectare, correspondendo somente a duas espécies, dois gêneros e duas famílias. Ambas as espécies, *Prosopis juliflora* (Sw.) DC (algarobeira) e *Nicotiana glauca* Graham (fumo bravo), encontradas nesta área são exóticas ao bioma (Lima, et al, 2002). A análise estrutural desta área demonstrou alta taxa de frequência, abundância e domínio das algarobeiras.

A metodologia usada no inventário foi simples, listando-se todas as plantas encontradas nas amostras. O número e tamanho das mesmas foram de acordo com Embrapa (1979) e a análise da arquitetura da vegetação, com Rodal et al (1992). A análise de estrutura horizontal mostrou a importância sociológica de cada espécie na comunidade, calculada pelos valores de Abundância, Frequência, Dominância e Índice de Valor de Importância das espécies. Na análise da vegetação de caatinga, através do Índice de Valor de Importância, catingueira verdadeira (*Caesalpinia pyramidalis* Tull.), umburana de cambão (*Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B.Gillet), baraúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.), jurema vermelha (*Mimosa arenosa* (Willd) Poiret.) e pinhão vermelho (*Jatropha mollissima* Muell. Arg.) foram as espécies mais importante da comunidade.

2.2 – Seleção de espécies para reflorestamento

Nesta fase, os estudos foram concentrados na análise do comportamento de algumas espécies nativas e exóticas plantadas na barragem de rejeito e áreas de empréstimos, perfazendo em cada área um total de 1ha. Nos diversos ensaios de competição, foram analisadas a leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit.), barriguda (*Ceiba pentandra* Gaertn.), favela (*Cnidoculus phyllacanthus* Pax.& K. Hoffm.), umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda), craibeira (*Tabebuia caraiba* (Mart.) Burret), sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.), eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.), tamarix (*Tamarix* sp), catingueira verdadeira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.), turquia (*Parkinsonia aculeata* L.), sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) e algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC) (Drumond et al, 1997; Drumond et al, 2003), .

De modo geral, a avaliação preliminar desses ensaios mostrou resultados satisfatórios para o eucalipto, leucena, algaroba e tamarix, apresentando crescimento rápido e alta taxa de sobrevivência. Todas estas espécies são exóticas. Entre as nativas, os melhores resultados foram observados em barriguda e sabiá, porém, ambas espécies não pertencentes ao ecossistema local. Dentre os estudos relativos às técnicas de plantio, realizado na barragem de rejeito, a análise silvicultural das espécies estudadas demonstrou melhor desempenho daquelas espécies plantadas em cova com o substrato composto por adubo e/ou substrato (argila+areia+esterco). A muda, quando plantada diretamente no resíduo da mina, apresentou baixa altura e sintomas de intoxicação pelo cobre para algumas espécies, a exemplo do umbuzeiro, que apresentaram quantidades altas de folhas com sintomas de intoxicação devido à absorção de elementos minerais pesados (Drumond et al., 1997). Drumond et al (1999) apresenta os resultados sobre o efeito de diferentes níveis de fósforo sobre o comportamento inicial de algumas espécies nativas e exóticas, em especial sobre a *Leucaena leucocephala*.

Geralmente no processo tradicional de recuperação de áreas degradadas, o primeiro passo é a incorporação de grandes quantidades de matéria orgânicas ou a transferência de solo fértil às áreas afetadas. O primeiro procedimento pode ter um impacto benéfico enquanto o segundo representa a transferência do problema de uma área para a outra. Tanto nas áreas da barragem de rejeito e empréstimos não houve a técnica da utilização de solos de outras áreas para

a realização do plantio. Na barragem, o plantio foi feito diretamente sobre o resíduo da mineração, e na área de empréstimo sobre o subsolo.

Os resultados preliminares confirmaram a potencialidade do eucalipto, leucena, algaroba e sabiá para revegetação das áreas degradadas. As três últimas espécies, de usos múltiplos, contribuem na fixação do nitrogênio no solo, na produção de madeira para cerca e lenha, além de prover forragem para os animais, principalmente na estação seca.

2.3 – Revegetação e validação das melhores espécies

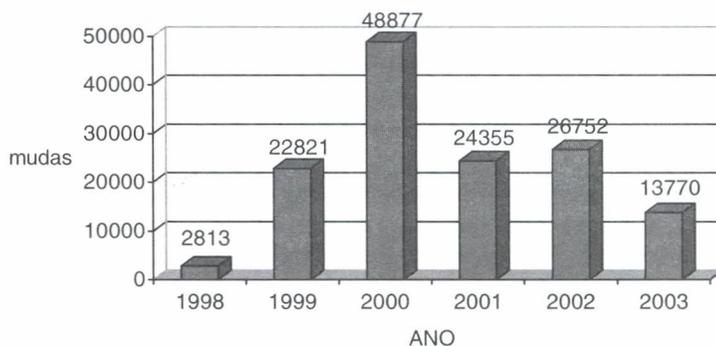
Baseado na análise dos dados da pesquisa e economia local, foi decidido, a curto prazo, recuperar as áreas degradadas da mineração com espécies de crescimento rápido e valor econômico, independente de ser uma espécie nativa ou exótica, visando a produção animal. O plantio da leucena ou outra espécie forrageira, desde que tivesse crescimento rápido, atenderia ao problema de reabilitação da área em curto prazo, bem como, traz benefícios à produção animal da região.

Quanto ao problema de redução da biodiversidade local, de modo algum a área afetada contribuirá para isto, na região. Seu tamanho é pequeno quando comparado à área total da vegetação nativa que a circunda (cerca de 27.000 ha). O plantio e o manejo de espécies exóticas para a produção de forragem na área, não põem em risco a biodiversidade desse bioma. Esta prática é considerada enriquecimento da vegetação para produção animal.

No Gráfico 2 estão demonstrados os números de mudas plantadas na barragem de rejeito, a partir de maio de 1998, até junho de 2003. Até o momento cerca de 240 ha da área estão em fase de recuperação. Dentre as espécies selecionadas, foram plantadas 55.166 mudas de leucena, 40.326 mudas de eucalipto e 25.395 mudas de algarobeira. Plantas herbáceas também foram plantadas, apresentando resultados satisfatórios quanto a sobrevivência. Destas, destacam-se o sisal (*Agave sisalana* Perrine) e a palma forrageira (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill), sendo que nesta última, houve o desenvolvimento de raquetes, porém, após formação de certo número, houve a queda e o apodrecimento de algumas das mesmas.

Algumas espécies nativas de ocorrência na área de caatinga circunvizinha à Barragem de Rejeito foram plantadas, porém com performance ruim. Neste caso se enquadram o pinhão vermelho (*Jatropha mollissima* Muell. Arg.), o mandacaru (*Cereus jamacaru* P. (DC)), o xique-xique (*Pilosocereus gounellei* (Weber) Byl. et. Rowl.) e o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda.).

Gráfico 2 – Número de mudas plantadas na Barragem de Rejeito



Na Tabela 2 estão relacionadas algumas das espécies mais plantadas na Barragem de Rejeito. No período de 1998 a junho de 2003 foram plantadas 139.388 mudas de espécies diversas. Maiores sobrevivência foram verificadas para as espécies de eucalipto, leucena e algarobeira.

Tabela 2 – Relação de algumas espécies plantadas na Barragem de Rejeito

Espécie plantada	Número de mudas	Altura (m)
Algarobeira – <i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC	25.395	1,19
Caju – <i>Anacardium occidentale</i> L.	408	0,82
Craibeira – <i>Tabebuia caraíba</i> (Mart.) Burret.	4.095	0,42
Eucalipto – <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh	40.326	1,40
Gliricidia – <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud.	135	0,46
Juazeiro – <i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	2.352	0,31
Leucena – <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	55.166	2,12
Moringa – <i>Moringa oleifera</i> Lam.	2.100	1,37
Sabiá – <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth.	140	0,29
Sisal – <i>Agave sisalana</i> Perrine	450	0,78
Turquia – <i>Parkinsonia aculeata</i> L.	3.054	0,81

O crescimento em altura de algumas espécies, embora relativamente baixo quando comparado ao crescimento das mesmas em solos normais, demonstram sua importância na redução da ação dos ventos na área. As plantas, dispostas em duas ou três filas perpendiculares à direção do vento predominante, atuam como um quebra-vento, reduzindo sua ação, retendo as partículas de solo, que cobririam a vegetação nativa circunvizinha à área.

Na Tabela 3 estão relacionadas algumas das espécies plantadas nas áreas de empréstimo (cascalheiras), sendo que no período de 1997 a 1999 foram plantadas um total de 23.532 mudas entre espécies nativas e exóticas, recobrando os 77 ha degradados. Maior sobrevivência foi verificada para a algarobeira.

Tabela 3 – Relação de algumas espécies plantadas nas Cascalheiras

Espécie plantada	Número de mudas
Algarobeira – <i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC	12.751
Angico – <i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	408
Angico de Bezerra <i>Piptadenia obliqua</i> (Pers.) Macbride	42
Barriguda <i>Ceiba pentandra</i> Gaertn.	480
Craibeira – <i>Tabebuia caraíba</i> (Mart.) Burret.	244
Eucalipto – <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh	505
Gliricidia – <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud.	651
Jurema preta – <i>Mimosa tenuifolia</i> (Willd) Poiret	165
Leucena – <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	2.509
Sabiá - <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> Benth	427
Sinamomo – <i>Melia azedarach</i>	2.691
Turquia – <i>Parkinsonia aculeata</i> L.	484
Umburana de Cambão – (<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillet)	150
Umbuzeiro – <i>Spondias tuberosa</i> Arruda	659

3 – Considerações Finais

Neste projeto foram estudadas algumas espécies nativas da caatinga, porém, somente as exóticas sobressaíram quanto à performance e sobrevivência. Assim, as mesmas foram recomendadas para recuperarem as áreas degradadas pela mineração a curto prazo. Essas espécies apresentaram crescimento rápido e se estabeleceram facilmente, até mesmo em condições de solo adverso.

Quando se trata de recuperação de áreas degradadas e conservação da biodiversidade, devemos lembrar que isto envolve, outros fatores como o prazo que se quer esta recuperação e os fatores econômicos envolvidos. No caso da recuperação da barragem de rejeito do minério de cobre da Mineração Caraíba, face ao tamanho da mesma e os problemas de locomoção de areia fina, optou-se pela revegetação, envolvendo plantio de espécies de crescimento rápido e que dessem retorno econômico, visando a pecuária. Neste caso, a maioria das espécies escolhidas, além da performance, foi levada em conta o fator de serem forrageiras, a fim de fornecer alimento aos animais.

Além da leucena e da algarobeira, identificadas nos ensaios de competição de espécies, foram plantadas a gliricidia, a palma forrageira, o sisal, dentre outras. Novas espécies deverão ser testadas, bem como sistemas de plantio. Dentre as gramíneas, pretende-se estudar o estabelecimento do capim búfalo (*Cenchrus ciliaris* L.) na barragem de rejeito, esperando uma redução ainda maior dos impactos ambientais negativos na área, pela redução do transporte de partículas finas pelo vento.

4 – Referências Bibliográficas

DRUMOND, M. A.; LIMA, A. Q.; LIMA, P.C.F Comportamento silvicultural de algumas espécies arbóreas na bacia de rejeitos da Mineração Caraíba In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Trabalhos Voluntários ...** Viçosa: SOBRADE; UFV-DPS, 1997. p.403 – 406

DRUMOND, M. A., LIMA, A. Q., SILVA, D. J. Efeitos de diferentes níveis de fósforo sobre o comportamento inicial da leucena cultivada em áreas degradadas In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 50, 1999, Blumenau - SC. **Programa e Resumos...** Blumenau: SBB;FURB;UFSC;UNESC;HBR;EPAGRI, 1999. p. 165-166

DRUMOND, M. A.; LIMA, A. Q.; LIMA, P. C. F Revegetação da barragem de rejeito da Mineração Caraíba In: REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 26, 2003. Fortaleza. Biodiversidade e Conservação: **Resumos...** Fortaleza: UFC-CC, Departamento Biologia; Herbário Prisco Bezerra, EAC, 2003. 1 CD-ROM

EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agropecuário do Trópico Semi-Árido, Petrolina-PE. **Relatório técnico anual o Centro de Pesquisa do Trópico Semi-Árido**, 1997-1998. EMBRAPA-DID, Brasília, 1979.

LIMA, P. C. F.; LIMA, A. Q.; DRUMOND, M. A. Choice of species for recovering a degraded mining área in the semiarid zone of Brazil. In: **Conserving biodiversity in arid regions** – best practices in developing nations (ed. Lemons, J.; Victor, R.; Schaffer, D.) Boston/Dordrech/London: Kluwer Academic Publishers, 2003. p.299-314.

LIMA, P. C. F., LIMA, J. L. S., DRUMOND, M. A., LIMA, A. Q. Levantamento florístico de uma área de caatinga em Pilar-Jaguarari, Bahia In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 50, 1999, Blumenau. **Programa e Resumos...** Blumenau: SBB, 1999. p.276-277

LIMA, P. C. F., LIMA, J. L. S., LIMA, A. Q. regeneração natural em áreas degradadas por mineração de cobre no semi-árido brasileiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 53; REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 25, 2002, Recife. **Resumos...** Recife: SBB-Seção Regional Pernambuco, 2002. p. 377

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; FIGUEIREDO, M. A. **Manual sobre métodos de estudos florísticos e fitossociológicos** - ecossistema caatinga. Brasília: Sociedade Botânica do Brasil, 1992. 24p.

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