

# Dinâmica da regeneração natural de árvores em áreas mineradas na Amazônia<sup>1</sup>

## Dynamics of natural tree regeneration after strip-mining in the Amazon

Rafael Paiva Salomão<sup>I</sup>  
Nélson Araújo Rosa<sup>II</sup>  
Kácio Andrey Câmara Morais<sup>III</sup>

**Resumo:** A restauração florestal das áreas mineradas tornou-se uma condicionante indispensável no licenciamento das minas. A restauração da paisagem florestal em áreas lavradas a céu aberto é feita através do reflorestamento heterogêneo com espécies regionais, visando a enriquecer a composição florística e acelerar a cobertura do solo, aliado à prática de incorporação de solo superficial que facilita/induz a regeneração e a sucessão natural. Os objetivos deste trabalho foram analisar a dinâmica e a estrutura da regeneração natural de arbóreas, identificar os tipos e os agentes de dispersão dos propágulos, elaborar uma matriz dos indicadores da dinâmica dessa regeneração natural e ranquear as áreas anuais de restauração florestal da Mineração Rio do Norte, Flona Saracá-Taquëra/IBAMA, Porto Trombetas, Pará. O estudo toma como base os resultados de 26 parcelas permanentes, abrangendo um período de quatro anos de monitoramento (2001 a 2005) nas áreas restauradas pela empresa entre 1981 e 1987; 1992 e 1996. Todos os indivíduos arbóreos com mais de 1,5 m de altura total foram qualificados e registrados na amostragem. Sobre a regeneração das espécies arbóreas, concluiu-se que: (i) apresenta maior número de espécies nas áreas jovens (entre 9 e 13 anos) do que as mais maduras (entre 18 e 24 anos de idade); (ii) as áreas mais antigas apresentam maior incremento anual do número de espécies; (iii) a abundância (ind/ha) tende a ser maior nas áreas mais jovens; (iv) o recrutamento, a ser bem mais intenso nas áreas maduras do que nas jovens; (v) a mortalidade anual nas áreas jovens é maior do que naquelas maduras; (vi) a taxa anual de renovação (*turnover*) é bem mais intensa nas áreas maduras; (vii) o tempo de substituição (*turnover time*) é mais extenso nas áreas jovens; (ix) o diâmetro médio manteve-se praticamente constante no período analisado; (x) o incremento anual da área basal é maior nas áreas maduras do que nas áreas jovens; (xi) a altura total média é maior nas áreas jovens do que nas áreas maduras; (xii) várias espécies arbóreas são dispersas por mais de um agente e mais de 80% das espécies arbóreas monitoradas são dispersas pela fauna, que exerce um papel fundamental na sucessão ecológica; (xiii) a área anual de 1992 foi ranqueada como a de melhor restauração florestal e, no extremo oposto, com maiores problemas, tem-se a área de 1987; (xiv) deve-se investir em pesquisas sobre o manejo do solo superficial em áreas fortemente impactadas pela atividade humana, objetivando a restauração florestal de maior riqueza, abundância e crescimento das espécies arbóreas; (xv) práticas silviculturais e de preparo do solo devem ser também objeto de pesquisa visando à otimização do paradigma da restauração florestal: a maximização da biodiversidade e da biomassa vegetal de árvores, sobretudo daquelas regionais de rápido crescimento e adaptadas a esses ambientes.

**Palavras-chave:** Dinâmica florestal. Regeneração natural. Áreas degradadas. Parcelas permanentes de floresta. Amazônia brasileira.

**Abstract:** Forest restoration on strip mines is done with many native species in an effort to enrich floral composition and accelerate soil protection, along with the replacement of top soil and its contained seed bank. The aims of this study are to analyze the dynamics and structure of natural tree regeneration, identify the trees' seeds and their dispersers, elaborate a set of indicators for the dynamics of tree regeneration, and to rank reforested areas on a year by year basis at the Mineração Rio do Norte bauxite strip mine in the Saracá-Taquëra National Forest in Porto Trombetas, Pará state, northern Brazil. The study is based on the results of monitoring 26 permanent forest plots over four years (2001-2005) in areas reforested by the mining company between 1981-1987 and 1992-1996. All trees over 1,5 m in height were sampled. Of the observed tree regeneration, it is possible to conclude the following: (i) more tree species are found in younger areas (9-13 years of reforesting) than in older ones (18-24 years); (ii) the oldest areas show the largest annual increase in number of tree species; (iii) tree abundance (individuals per ha) tend to be greater in younger areas; (iv) the annual recruitment rate

<sup>1</sup> Trabalho financiado pelo Programa de Monitoramento Ambiental da Mineração Rio do Norte S.A.

<sup>I</sup> Museu Paraense Emílio Goeldi. Belém, Pará, Brasil (salomao@museu-goeldi.br).

<sup>II</sup> Museu Paraense Emílio Goeldi. Belém, Pará, Brasil.

<sup>III</sup> Consultor Coopertec/Mineração Rio do Norte S.A. (kacio\_andrey@yahoo.com.br).



tends to be higher in older areas than in younger ones; (vi) annual mortality rates are greater in younger areas than in older ones; (vii) the annual turnover rate is much greater in older areas; (viii) turnover time is greater in younger areas; (ix) medium tree diameter was practically constant during the monitoring period; (x) the annual increase in basal area is greater in older areas than in young ones; (xi) the median total height is greater in younger areas than in older ones; (xii) many tree species are dispersed by more than one agent and more than 80% of the monitored tree species are dispersed by animals whose role in ecological succession is fundamental; (xiii) the plots reseeded in 1992 are ranked as having the best forest regeneration, whereas those from 1987, on the other extreme, exhibit the most problems; (xiv) research on top soil management is needed in areas strongly impacted by human activities that are to be reforested; (xv) forestry practices and soil preparation should also be refined in order to accomplish efficient forest restoration where the objective is to maximize tree diversity and biomass, especially of well-adapted, fast-growing native species.

**Keywords:** Forest dynamics. Natural regeneration. Degraded areas. Permanent forest plots. Brazilian Amazon.

## INTRODUÇÃO

Devido à presença de jazidas de importância mundial, a exploração e a produção brasileira de minério, especialmente a bauxita na Amazônia, estão em plena fase de expansão. O Governo, assim como a sociedade, têm mostrado interesse e preocupação crescentes com a proteção, conservação e qualidade do meio ambiente, criando novas diretrizes para a indústria minerária. A recuperação florestal das áreas mineradas, entre outras, tornou-se, então, uma condicionante indispensável no licenciamento das minas. Essas tendências, presentes há mais tempo em outros países, têm estimulado pesquisas que geraram uma vasta literatura sobre a recuperação conservacionista de áreas mineradas. Czapowskyj (1976) listou mais de seis centenas de trabalhos desenvolvidos em várias partes do planeta.

A descoberta das reservas de bauxita – principal matéria-prima utilizada na produção de alumina ( $Al_2O_3$ ) e de alumínio metálico – na região de Trombetas data de 1966, sendo o volume estimado das reservas em torno de 800 milhões de toneladas, distribuído em vários platôs na Floresta Nacional Saracá-Taquëra/IBAMA.

Em 1967, foi criada a Mineração Rio do Norte S.A. (MRN) com o objetivo de explorar, beneficiar e comercializar a bauxita de Porto Trombetas. Na primeira década de atividades, entre 1979 e 1989, foram produzidas aproximadamente 125 milhões de toneladas de minério bruto, gerando algo em torno de 90 milhões de toneladas de produto embarcado para o mercado externo e interno (Lapa, 2000). Atualmente, a MRN responde por mais de 80% da produção brasileira de bauxita, colocando o país na posição de terceiro produtor mundial, ao lado da Jamaica e atrás da Guiné e Austrália.

As operações de lavra nas minas de bauxita são compostas das seguintes etapas: desmatamento, decapeamento, perfuração, desmonte, escavação, carregamento, transporte e recuperação de áreas mineradas. Antes da operação de desmatamento, a empresa precisa avaliar quali e quantitativamente a

vegetação florestal para, entre outras, possibilitar o aproveitamento de toda a madeira comercial pelas serrarias da região e subsidiar as ações de recuperação florestal das áreas desmatadas.

A lavra do minério é feita a céu aberto sendo que o mesmo se encontra entre 4 e 10 m de profundidade em uma área coberta pela floresta ombrófila densa, da sub-região dos baixos platôs da Amazônia, domínio da floresta densa de baixas altitudes cuja fisionomia apresenta dois estratos distintos: um emergente e outro uniforme. Trata-se de uma floresta que se destaca no bioma amazônico por apresentar uma grande riqueza arbórea, elevados valores de biomassa (Salomão *et al.*, 2000a) e, conseqüentemente, grande volume de madeira, sobretudo daquelas de valor comercial (RADAMBRASIL, 1976).

De acordo com a meta anual de produção, a empresa desmata uma área que varia de 300 a 400 ha por ano. Após a lavra, inicia-se o processo de restauração da paisagem florestal através do reflorestamento com espécies arbóreas amazônicas e da indução da regeneração natural, via adição de solo superficial com seu rico banco de sementes nas áreas de plantio. Deve-se atentar para o fato de que o ecossistema artificial formado após a lavra da bauxita pode ser considerado como o extremo da degradação ambiental, pois todas as propriedades físicas, químicas, biológicas e ecológicas do solo foram totalmente alteradas. Estes ecossistemas artificiais formados são superados tão somente pelo ambiente formado pelos 'lagos de rejeito' estudados por, entre outros, Franco *et al.* (1992).

A restauração em áreas de minas a céu aberto tem preocupado pesquisadores e técnicos há mais de 60 anos. Inicialmente, com ênfase na necessidade da revegetação para o controle de erosão e para atender aspectos estéticos, a restauração passou, a partir dos anos 80, a visar, além da recuperação da produção primária líquida (biomassa), ao aumento do incremento da biodiversidade nestas áreas.

Estudos em minas de bauxita, carvão mineral e pedreiras indicaram que a devolução do solo superficial

sobre a superfície da área minerada gerou efeitos benéficos de grande impacto sobre a restauração florestal, sobretudo no que tange à regeneração natural. Os estudos sobre os mecanismos envolvidos nestes efeitos benéficos iniciaram na década de 1980, tornando evidente que o assunto é extremamente complexo e necessita de trabalhos complementares. Todavia, é unânime entre pesquisadores que a prática de devolução do solo superficial traz vantagens imediatas nas áreas a serem reabilitadas.

As técnicas silviculturais e ecológicas empregadas pela MRN, para a restauração florestal das áreas degradadas, são desenvolvidas desde a década de 1980 e não seguiram nenhuma orientação formal das instituições ambientais dos poderes públicos federal, estadual e municipal. A tecnologia de restauração de áreas degradadas foi aperfeiçoada ao longo dos anos com a experiência adquirida pelo corpo técnico da empresa, assessorado por diversos especialistas das áreas de manejo, conservação e ecologia florestal, pedologia e geologia, entre outras.

Ao conjunto dos processos utilizados para recompor ecossistemas, tendo em vista as condições iniciais naturais, as alterações registradas e os prognósticos resultantes do monitoramento denominam-se restauração ambiental; no caso de uma floresta tem-se a restauração florestal. Restauração, de acordo com Lewis (1982), é o retorno de uma condição perturbada ou totalmente alterada a um estado anterior existente naturalmente. Moscatelli *et al.* (1993) afirmam que a restauração refere-se ao retorno a um estado pré-existente sem, necessariamente, que o sistema retorne às suas características originais.

Segundo Carpanezzi *et al.* (1999a), ecossistema degradado é aquele que, após distúrbios, teve eliminado, juntamente com a vegetação, os seus meios de regeneração bióticos, como o banco de sementes, banco de plântulas, chuva de sementes e rebrota, apresentando, portanto, baixa resiliência, isto é, seu retorno ao estado anterior pode ou não ocorrer ou ser extremamente lento. Nestes ecossistemas degradados a ação antrópica para a recuperação é necessária, pois eles já não mais

dispõem daqueles eficientes mecanismos de regeneração (Jesus, 1997).

A recuperação de um ambiente natural, diferentemente da recomposição, que é a restauração natural do ambiente sem a interferência do homem, necessita de técnicas e iniciativas antrópicas para lograr êxito. Nos processos de recuperação, podem ser usadas duas técnicas distintas: restauração e reabilitação. Segundo Viana (1990), a restauração refere-se ao conjunto de tratamentos que visam a recuperar a forma original do ecossistema, ou seja, a sua estrutura original, dinâmica e interações biológicas, sendo recomendada para ecossistemas raros e ameaçados que demandam maior tempo e resultam em custos elevados. A reabilitação, de acordo com Jesus (1997, 1994), diz respeito a tratamentos que buscam à recuperação de uma ou mais funções do ecossistema, as quais podem ser basicamente econômica e/ou ambiental; ela é aplicada normalmente em áreas onde o nível de degradação é elevado e há a necessidade de imediata recuperação.

Os plantios de enriquecimento e a indução da regeneração natural têm sido as práticas mais recomendadas para a recuperação de fragmentos degradados, podendo ainda, segundo Rodrigues e Gandolfi (1996), serem utilizadas em áreas muito degradadas e sem nenhuma das características bióticas da formação original.

A restauração da paisagem florestal em áreas lavradas pela MRN apresenta bons resultados em Porto Trombetas, estado do Pará. O reflorestamento heterogêneo (acelerando a cobertura do solo) aliado à prática de incorporação de solo superficial (propiciando a regeneração natural e a sucessão natural) nas áreas a serem restauradas têm-se mostrado promissores, podendo melhorar desde que sejam feitos alguns ajustes apontados pelo monitoramento, tanto dos reflorestamentos quanto da regeneração natural. O plantio de espécies arbóreas regionais (Salomão *et al.*, 2000a, 2000b; Carpanezzi *et al.*, 1999b) priorizando aquele grupo de espécies de melhor crescimento inicial são alguns dos ajustes que devem ser almejados e praticados.

O paradigma da restauração da paisagem florestal objetiva induzir o reflorestamento à melhoria das condições que propiciam a sucessão natural no menor espaço de tempo possível e ao menor custo, propiciando o máximo de acumulação de biomassa aliada a uma alta biodiversidade, de tal forma que os benefícios sociais e ecológicos da recuperação das áreas degradadas pela mineração a céu aberto, em regiões originalmente cobertas por florestas tropicais amazônicas, sejam otimizados, quer pela instalação de sistemas agroflorestais (Wandelli *et al.*, 1997) ou pela conservação ambiental em si (Carpanezzi *et al.*, 1990).

Fisionomicamente, a restauração florestal executada pela empresa, a partir de 1981, mostra-se promissora. Contudo, os parâmetros para uma avaliação mais precisa, sob a ótica científica e empresarial, não eram conhecidos (Barth, 1989). Assim, o monitoramento desses reflorestamentos e da regeneração natural é executado como forma de diagnosticar e subsidiar os diversos procedimentos de recuperação das áreas degradadas pelas atividades intrínsecas à mineração. Para conhecer essa dinâmica, parcelas permanentes foram então instaladas nestas áreas (Salomão *et al.*, 1997, 2000a), bem como na floresta tropical primária que ali se encontra. As informações obtidas no estudo da floresta primária visam a subsidiar as decisões acerca das técnicas silviculturais de produção e restauração das áreas degradadas, prover um estoque de sementes das espécies empregadas - já identificadas cientificamente - e permitir avaliações comparativas da dinâmica destas florestas em contraposição às florestas artificiais resultantes do pós-lavra.

Objetivou-se, neste trabalho, analisar a dinâmica da composição florística e da estrutura da vegetação entre 2001 e 2005, procurando identificar os tipos e os agentes de dispersão dos propágulos, assim como as características gerais da morfologia dos frutos e sementes dessas espécies; elaborar uma matriz dos indicadores da dinâmica da regeneração natural e também propor a experimentação de novas técnicas,

ou modificações de algumas já praticadas, visando a um melhor desenvolvimento da regeneração natural das espécies arbóreas nas respectivas áreas anuais de restauração florestal.

## METODOLOGIA

O estudo da dinâmica da vegetação nas áreas mineradas pela MRN, na Floresta Nacional Saracá-Taquëra/IBAMA, teve início em 1996, envolvendo o monitoramento dos reflorestamentos anuais (ou plantios florestais) realizados pela MRN entre 1981 e 1987 e 1992 e 2002 (Salomão *et al.*, 1997, 2000a, 2002, 2004, 2006) e também em duas áreas de floresta tropical primária densa, uma em solo franco-argiloso e outra em solo franco-arenoso. A partir de 2001, teve início o monitoramento da regeneração natural de arbóreas nas mesmas parcelas permanentes dos plantios florestais anuais (Salomão; Pires, 2006).

O estudo da regeneração natural de arbóreas teve, então, início em 2001 (ano 1), quando também foi estabelecido que as medições obedeceriam intervalos de dois anos. Em 2003 (ano 2) foi feita a segunda medição e em 2005 (ano 3) a terceira. Neste trabalho são analisados os dados referentes ao período de 2001 a 2005, abrangendo um período de quatro anos, ou seja, as mensurações do ano 2 não foram consideradas.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido no platô Saracá, com altitude média de 180 m, na Flona Saracá-Taquëra, subordinada ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), inserida na Microrregião do médio Amazonas paraense, no distrito de Porto Trombetas, município de Oriximiná, estado do Pará, onde se encontra o projeto de mineração de bauxita da MRN. O distrito de Porto Trombetas (1° 21' S - 56° 22' W) está localizado a 100 km a oeste da confluência do rio Trombetas com o rio Amazonas, distante 450 km de Manaus a leste e 850 km a oeste de Belém, em linha reta.

## Clima

O clima da região é o AF1 e apresenta precipitação pluviométrica média anual variando entre 2.200 e 2.500 mm. As áreas sob influência desse subtipo localizam-se na porção nordeste e oeste do estado. As áreas que apresentam esses valores pluviométricos ocorrem, predominantemente, no litoral paraense, com penetrações para o continente no eixo Belém-Tailândia e também na direção nordeste-sudoeste da ilha do Marajó. Além dessas, existem outras duas mais: uma na confluência dos rios Tapajós e Juruena e a outra abrangendo as partes média e baixa dos rios Trombetas e Nhamundá.

Como regra geral na Amazônia, o clima apresenta dois períodos climáticos distintos: inverno, de dezembro a maio, quando ocorrem as maiores precipitações pluviométricas; e verão, de junho a novembro, quando a estiagem é bem acentuada. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)), a temperatura média, a precipitação pluviométrica, a umidade relativa e a insolação anual para região são, respectivamente, 26°C, 2.197 mm, 81% e 2.026 h.

## Geologia

Na bacia amazônica, os depósitos de bauxita são associados à série Barreiras do Terciário, constituídos de arenitos, siltitos e, ocasionalmente, conglomerados. As lateritas são encontradas no topo dos platôs, fortemente dissecados pela erosão, remanescentes do peneplano Terciário que se estende ao longo do lado nordeste do rio Amazonas, desde as vizinhanças de Oriximiná até Jardilândias, no rio Jari (Lapa, 2000). Estes platôs são bem definidos, têm os topos planos, achatados, cuja elevação varia de 70 a 120 m, com altitude de 150 a 200 m em relação ao nível do mar.

## Solo e geomorfologia

Predominam na área o Latossolo Amarelo distrófico, textura muito argilosa e o Latossolo Amarelo distrófico textura argilosa, sob floresta densa de relevo plano com bordos dissecados (RADAMBRASIL, 1974).

Geomorfologicamente a região encontra-se na unidade morfoestrutural do Planalto Dissecado rio Trombetas - rio Negro, e nas proximidades da margem direita do rio Trombetas há relevos tabulares em que ocorre a exploração de bauxita (RADAMBRASIL, 1976).

## Vegetação

A área acha-se inserida na região da Floresta Tropical Densa, sub-região dos Baixos Platôs da Amazônia, domínio da floresta densa das baixas altitudes, cuja fisionomia refere-se à floresta localizada principalmente nos platôs Terciários e terraços antigos e recentes, apresentando-se em dois estratos distintos: um emergente e outro uniforme. As principais espécies que caracterizam o estrato emergente são: *Dinizia excelsa* (angelim-pedra), *Bertholletia excelsa* (castanheira) e *Cedrelinga catanaeformis* (cedrorana). O estrato uniforme é caracterizado por *Manilkara* spp. (maçarandubas), *Protium* spp. (breus) e *Pouteria* spp. (abius). Trata-se de florestas com alto volume de madeira de grande valor comercial. Comparada com outras áreas florestais da Amazônia, é uma das mais belas, com sub-bosque limpo, boa regeneração natural e de fácil locomoção (RADAMBRASIL, 1976).

## CARACTERIZAÇÃO DAS PARCELAS PERMANENTES

Todas as parcelas implantadas têm a forma retangular e foram caracterizadas no campo com piquetes de madeira-de-lei ou tubos rígido de pvc nos vértices, sendo o perímetro delimitado por um fio de arame. No total, foram implantadas 26 parcelas permanentes de 25 m x 10 m (250 m<sup>2</sup>); duas para cada ano analisado (1981 a 1987 e 1992 a 1995) e quatro para o ano de 1996. A caracterização detalhada da área de estudo, das parcelas permanentes e dos procedimentos de medição são apresentadas por Salomão *et al.* (1997, 2002).

## PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO

Todos os indivíduos arbóreos com altura total igual ou superior a 1,5 m, oriundos da regeneração natural, foram registrados, plaqueados e identificados. Os indivíduos, independentemente do ano de restauração florestal,

tiveram medidos o diâmetro a 1,3 m do solo (DAP) e a altura total.

### PARÂMETROS CALCULADOS

Para a análise da dinâmica florestal, os parâmetros calculados foram: a diversidade arbórea, a abundância arbórea, a mortalidade periódica (ou acumulada) e a mortalidade média anual, o incremento médio em diâmetro, o incremento médio em altura, o incremento médio da área basal, a taxa de renovação (*turnover*) e o tempo de substituição (*turnover time*).

Taxa de Renovação  $\rightarrow t = (m+r)/2$  (Phillips; Gentry, 1994) (*turnover*)

onde: t, em %

m = mortalidade no período (%)

r = recrutamento no período (%)

Tempo de Substituição  $\rightarrow ts = (1/m)*100$  (Oliveira, 1997) (*turnover time*)

onde: ts, em anos

m = mortalidade no período (%)

### CONVENÇÕES E CONCEITUAÇÕES

- A denominação solo superficial (sinonímia: solo vegetal, solo orgânico, *top soil*, terra preta) refere-se à serrapilheira, camada superficial do solo constituída de folhas caídas, ramos, caules, cascas, frutos, sementes e material orgânico em decomposição, equivalente ao horizonte 0 (zero) dos solos, acrescida do horizonte A.
- Registro: táxon (unidade taxonômica: família, gênero e espécie) que foi registrado.
- Ingresso: espécie que entrou na amostragem após o ano 1, apresentando tamanho mínimo (altura total)  $\geq 1,5$  m.
- Egresso: espécie que saiu da amostragem através da morte do(s) indivíduo(s) que a representava(m); termo usado em referência à espécie e não a indivíduo para o qual se usa o termo morte/mortalidade.

- Recrutamento: indivíduo de uma espécie presente na primeira medição, que entrou na amostragem após o ano 1 por apresentar o tamanho mínimo de qualificação (altura total  $\geq 1,5$  m).
- Mortalidade: refere-se ao espécime ou indivíduo que saiu da amostragem, independentemente da espécie a qual pertença; relação percentual entre o número de indivíduos mortos após o ano 1 e o número de indivíduos no ano inicial.
- Reingresso: táxon registrado no ano inicial que saiu da amostra para num outro momento retornar; por exemplo, uma determinada espécie foi registrada num censo e, num outro posterior, o indivíduo foi registrado como morto para em um novo censo voltar a ocorrer.
- O termo 'Área Anual de Restauração Florestal' (ARF) refere-se à área total de um determinado ano que tem que ser reflorestada após a completa incorporação de solo superficial na referida área.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### DINÂMICA DA COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA

No ano 1 (2001), foi registrado um total de 137 espécies arbóreas e 1.780 indivíduos para todas as ARF's (Apêndice 1); quatro anos depois (ano 3, 2005) estes números aumentaram para 153 espécies e 2.323 indivíduos (Apêndice 2). O ingresso apurado para o período de quatro anos foi de 16 espécies (4 espécies/ano) e 543 indivíduos (135,8 ind/ano).

O maior número de espécies, registrado em 2001, foi observado nas ARF's de 1995 e 1994, 42 e 40, respectivamente. O menor, na ARF de 1982 (nove espécies) e ARF's de 1983 e 1985 (18 cada); enquanto em 2005 o maior número foi observado nas ARF's de 1992 e 1984, 42 e 41, respectivamente, e o menor na ARF de 1982 (16) e 1985 (19) (Apêndice 1).

As espécies mais abundantes na regeneração natural, em 2001, foram lacre vermelho (*Vismia latifolia*), goiaba de anta/muúba (*Bellucia grossularioides*), pau jacaré



(*Laetia procera*), lacre (*Vismia guianensis*), gaivotinha (*Croton lanjouwensis*), lacre branco (*Vismia cayennensis*) e cupiúba (*Goupia glabra*) com, respectivamente, 247, 236, 175, 127, 109, 107 e 101 indivíduos; 47 espécies ocorreram com apenas um indivíduo (Apêndice 1).

Quatro anos após, em 2005, as espécies mais abundantes foram lacre vermelho (*V. latifolia*), goiaba de anta/muúba (*B. grossularioides*), lacre (*V. guianensis*), lacre branco (*V. cayennensis*), pau jacaré (*L. procera*), lacre goiabinha (*V. cayennensis* ssp. *sessilifolia*), cupiúba (*G. glabra*) e gaivotinha (*C. lanjouwensis*), respectivamente com 552, 252, 161, 146, 116, 97, 91 e 89 indivíduos; com apenas um indivíduo foram registradas 52 espécies (Apêndice 2).

Na década de 1990, já não se fazia nenhum plantio florestal sem a incorporação de preta, daí a maior diversidade de espécies oriundas da regeneração natural naquelas áreas. Já na década de 1980, sabe-se, seguramente, que até 1985 não se adotava essa técnica; já nas áreas de 1985, 1986 e 1987, houve pouca incorporação do solo superficial com seu rico banco de sementes.

As ARF's apresentaram ingresso de espécies entre 2001 e 2005, variando de 15 novas espécies (ARF's de 1984 e 1987) a uma espécie (ARF's de 1986, 1993, 1994 e 1995); e egresso variando de sete espécies (ARF de 1996) a zero (ARF de 1982) (Tabela 1). Na década de 1980, todas as ARF's apresentaram incremento positivo do número de novas espécies, à exceção da ARF de 1986, quando entrou uma espécie e saíram duas; contrariamente, na década de 1990, todas as ARF's apresentaram incremento negativo, exceto a ARF de 1992, onde houve ingresso de 12 espécies e egresso de cinco (Apêndice 3). Quando o incremento da entrada de novas espécies é negativo, significa que, naquelas áreas anuais e no período considerado, o egresso de espécie(s) foi superior ao ingresso.

As áreas plantadas/restauradas da década de 1980, por serem mais antigas, apresentaram incrementos positivos devido a uma maior estabilização das ARF's, que já são mais visitadas pela fauna dispersora de sementes. Em contrapartida, naquelas áreas da década

Tabela 1. Número de espécies arbóreas da regeneração natural registradas no período de quatro anos, com respectivo número de ingresso e egresso nas áreas anuais de restauração florestal, Flona Saracá-Taquëra/IBAMA, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará. Valores positivos referem-se ao ingresso; negativos, ao egresso de espécies na amostra.

Ano da Restauração Florestal (Reflorestamento)	Idade (anos) ref: 2005	Ano 1: 2001	Ano 3: 2005	Nº de Espécies	
				Ingresso	Egresso
1981	24	19	30	13	2
1982	23	9	16	7	0
1983	22	18	25	9	2
1984	21	28	41	15	2
1985	20	18	19	5	4
1986	19	32	31	1	2
1987	18	24	36	15	3
1992	13	35	42	12	5
1993	12	25	23	1	3
1994	11	40	38	1	3
1995	10	42	39	1	4
1996	9	38	37	6	7
Média	-	27,3±10,3	31,5±8,8	7,2±5,6	3,1±1,8





de 1990, onde foi registrado um maior egresso do que ingresso de espécies, acarretando num incremento negativo, pode-se concluir que a fauna dispersora ainda não está sendo atraída e também que o grande número de indivíduos das espécies pioneiras está inibindo o desenvolvimento das demais espécies.

A relação de todas as espécies com respectivos números de indivíduos, para cada ano de restauração florestal (reflorestamento), e seu respectivo ingresso e egresso, tomando-se 2005 (ano 3) como referência, é apresentada no Apêndice 3.

### RECRUTAMENTO

Em 2001, ano 1 do monitoramento, a abundância variou de 1.020 ind/ha na área anual de restauração florestal de 1987 (ARF de 1987) a 6.980 ind/ha na ARF de 1994, com média de  $2.772,5 \pm 1.510,7$  ind/ha (Apêndice 1); e, em 2005 (ano 3), de 1.600 (ARF de

1987) a 5.860 ind/ha (ARF de 1994), com média de  $3.605,8 \pm 1.108,5$  ind/ha (Apêndice 2), ou seja, houve um aumento médio de 1.608 ind/ha no período de quatro anos de monitoramento. A relação das espécies com o respectivo número de indivíduos recrutados em cada área anual de restauração florestal é apresentada no Apêndice 3.

O recrutamento variou de 860 (ARF de 1982) a 70 ind/ha/ano (ARF de 1993), média de  $402,9 \pm 194,6$  ind ha/ano; em termos percentuais, a variação foi de 39,1 (ARF de 1982) a 2% (ARF de 1994), média de  $17,7 \pm 8,9$  % (Tabela 2). Nas áreas da década de 1980, mais antigas e mais estabilizadas, o recrutamento pode ser considerado como muito bom em todas as áreas (superior a 14%); já nas áreas mais recentes (década de 1990), somente a de 1996 apresentou valor naquele intervalo, as demais variaram de 2 a 13,6% (Tabela 2).

Tabela 2. Recrutamento médio anual, no período de quatro anos de monitoramento, da regeneração natural de arbóreas nas áreas anuais de restauração florestal, Flona Saracá-Taquëira/IBAMA, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará.

Ano da Restauração Florestal (ARF)	Idade (anos)	Abundância (Nº Ind/ha)		Recrutamento	
		Ano 1: 2001	Ano 3: 2005	nº ind/ha/ano	%
1981	24	1.880	3.300	570	30,3
1982	23	2.200	4.960	860	39,1
1983	22	1.700	2.540	365	21,5
1984	21	2.680	5.120	795	29,7
1985	20	3.500	4.740	505	14,4
1986	19	1.860	2.440	265	14,2
1987	18	1.020	1.600	205	20,1
1992	13	3.020	4.000	410	13,6
1993	12	2.680	1.960	70	2,6
1994	11	6.980	5.860	140	2,0
1995	10	3.420	3.560	205	6,0
1996	9	2.330	3.190	445	19,1
Média	-	2.772,5	3.605,8	402,9	17,7
Desvio Média	-	971,7	1.108,5	194,6	8,9

Obs.: Duas parcelas de 250 x 10 m cada para os anos de 1981 a 1995 e quatro parcelas para 1996.



## MORTALIDADE

A mortalidade anual variou de 460 (ARF de 1996) a 60 ind/ha (ARF de 1987); média de  $213,3 \pm 81,9$  ind/ha; em termos percentuais foi de 19,7 (ARF de 1996) a 5 % ao ano (ARF de 1995). A mortalidade na área, de 1996, foi excessivamente alta se comparada com as demais áreas (Tabela 3).

As altas taxas de mortalidade na área, de 1996, podem indicar que a quantidade de solo superficial não foi suficiente para aproximá-la da média geral. Outros fatores relacionados diretamente com a mortalidade em todas as demais áreas anuais, e sobretudo nesta, são a grande infestação de formigas saúvas, que devem ser combatidas por ocasião do período de estiagem (agosto-novembro); e a queda de árvores em consequência de ventos fortes e do sistema radicular superficial apresentado por várias espécies (Figura 1).

Uma característica marcante na floresta tropical pluvial refere-se ao fato de muitas espécies desenvolverem o sistema radicular superficialmente. Esta adaptação é um eficiente mecanismo na conservação e ciclagem de

nutrientes, amplamente encontrado nessas florestas (Jordan, 1985). Nas áreas restauradas (reflorestadas), este processo também se verifica. Tal fato é comprovado quando se avalia as causas da mortalidade, sobretudo aquela causada pela queda de árvores durante as fortes chuvas e/ou ventos, causa majoritária dessas mortes (Figura 1).

O processo de secagem da liteira (e conseqüente inibição da atividade microbiana e da mesofauna do solo, para decomposição biológica, prejudicando a ciclagem de nutrientes) tem sua origem no reduzido grau de cobertura vegetal do solo. As altas temperaturas e os baixos teores de umidade fazem com que as espécies de árvores pioneiras originárias da chuva de sementes sobre o local não tenham condições para germinar ou se estabelecer (Ferraz, 1991). Quando ocorrem na estação chuvosa, as novas plantas, em sua grande maioria, não chegam a suportar a seca subseqüente, como demonstrado pela ausência ou um número extremamente reduzido de árvores pioneiras em várias áreas de restauração. Deve-se atentar para o fato dessas áreas anuais em processo de restauração terem pouca liteira (solo superficial)

Tabela 3. Mortalidade média anual dos indivíduos arbóreos no período de quatro anos de monitoramento da regeneração natural nas áreas anuais de restauração florestal, Flona Saracá-Taquëra/IBAMA, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará.

Ano da Restauração Florestal (ARF)	Idade (anos)	Abundância (Nº Ind/ha)		Mortalidade	
		Ano 1: 2001	Ano 3: 2005	nº ind/ha/ano	%
1981	24	1.880	3.300	215	11,4
1982	23	2.200	4.960	170	7,7
1983	22	1.700	2.540	155	9,1
1984	21	2.680	5.120	185	6,9
1985	20	3.500	4.740	195	5,6
1986	19	1.860	2.440	115	6,2
1987	18	1.020	1.600	60	5,9
1992	13	3.020	4.000	165	5,5
1993	12	2.680	1.960	250	9,3
1994	11	6.980	5.860	420	6,0
1995	10	3.420	3.560	170	5,0
1996	9	2.330	3.190	460	19,7
Média	-	2.772,5	3.605,8	213,3	8,2





Figura 1. Mortalidade na regeneração natural e nos plantios florestais causada pela queda de árvores devido às fortes chuvas e aos ventos que ocorrem nos platôs e, também, pelo intenso ataque de saúvas, Flona Saracá-Taquëira/IBAMA, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará. Fotos: R. P. Salomão, 2005.

acumulada, diferentemente das clareiras que são formadas em consequência da exploração florestal em florestas primárias, onde essa camada é bem espessa.

#### TAXA DE RENOVAÇÃO E TEMPO DE SUBSTITUIÇÃO

A taxa de renovação pode ser entendida como sendo a parte de uma população que é renovada num determinado espaço de tempo. A área de restauração florestal anual, que apresentou a menor taxa de renovação, foi a de 1994 (4,4%), em contraposição a maior, que foi a de 1982 (19,3%) (Tabela 4).

Observando-se as taxas anuais médias de renovação, percebe-se que, nas áreas de restauração florestal da década de 1980, os valores são mais altos, talvez pelo fato

de haver um maior número de visitas pela fauna dispersora de sementes e do ambiente, sobretudo o solo encontrarse mais estabilizado em relação às áreas mais recentes da década de 1990 (Tabela 4).

De acordo com Oliveira (1997), citando Uhl (1982), o *turnover time* é um descritor que procura dar uma noção do regime de distúrbio da floresta, sendo definido como o tempo médio necessário para que morra um número igual ao das árvores inicialmente amostradas. Muitos autores consideram o tempo de substituição como o inverso da taxa de mortalidade, o que, na realidade, representa uma adaptação da fórmula descrita por Uhl *et al.* (1988). A ARF de 1995 apresentou o maior tempo de substituição com 20,1 anos e a ARF de 1996 o menor com 5,1 anos (Tabela 4).

#### DINÂMICA DO CRESCIMENTO DAS ÁRVORES

##### Crescimento em Diâmetro e Área Basal

O DAP, em 2001, variou de 4,79 (ARF 1992) a 1,94 cm (ARF 1982), média de  $3,30 \pm 0,74$  cm; e, em 2005, variou de 5,51 (ARF 1993) a 2,3 cm (ARF 1982 e ARF 1987), média de  $3,34 \pm 0,85$  cm, ou seja, o diamétrico médio manteve-se praticamente constante no período de 4 anos, com variação média desprezível de  $0,03 \pm 0,58$  cm em quatro anos de monitoramento (Tabela 5). A variação do DAP entre 2001 e 2005 foi negativa em sete áreas anuais de restauração e positiva nas demais cinco áreas. Mantendo-se essa tendência nas próximas medições, pode-se afirmar que a camada de solo superficial espalhada nas áreas a restaurar está aquém da ideal.

O diâmetro médio tende a manter-se constante ao longo dos anos em florestas climáticas (primárias) quando em ecossistemas semelhantes. Nas áreas de restauração florestal de Porto Trombetas, as variações observadas são decorrentes da instabilidade do ecossistema artificial em recuperação, devendo, quando estabilizadas, apresentar valores semelhantes nas diferentes áreas consideradas.

Os teores de nitrogênio nos solos acompanham aqueles da matéria orgânica: os solos mais ricos em matéria orgânica são aqueles que também têm os maiores teores de nitrogênio (Ferraz, 1991). Nas áreas onde o crescimento arbóreo e o grau de cobertura do solo foram maiores, notou-se também uma maior quantidade de liteira, indicando, assim, o estabelecimento do processo de ciclagem de nutrientes; nestas áreas o crescimento em diâmetro é superior à média.

As espécies que apresentaram os maiores valores de DAP são apresentadas na Tabela 6. As enviras (*Rollinia exsucca* e *Xylopia nitida*) geralmente têm bom crescimento em áreas abertas, assim como o morototó (*Schefflera morototoni*), imbaúba torém (*Cecropia sciadophylla*), os lacres (*Vismia cayenensis*, *V. guianensis* e *V. latifolia*), os murucis (*Byrsonima aerugo*, *B. densa* e *B. stipulacea*), goiaba de anta (*Bellucia grossularioides*), tinteiros (*Miconia serialis* e *M. pyrifolia*) e as Euphorbiaceae *Croton lanjowensis* e *C. trombetensis*; as quatro espécies de Leguminosae (*Cassia fastuosa* – mari-mari da terra firme; *Stryphnodendron obovatum* – fava camuzê; *Parkia*

*multijuga* – paricá grande; *Acacia auriculiformis* – acácia mangium) têm desenvolvimento muito bom em áreas degradadas da Amazônia. Destas espécies, apenas *A. auriculiformis* é introduzida. A espécie *C. trombetensis* foi encontrada pela primeira vez em Porto Trombetas, na área deste estudo.

As espécies que apresentaram os maiores incrementos no crescimento em diâmetro no período, considerando além daquelas apresentadas na Tabela 6, são *Cordia sericalyx* (freijozinho), *Vochysia vismiaefolia* (quaruba-cedro), *Sclerobium paniculatum* (tachi do campo), *Miconia poeppigii* (tinteiro branco f. peluda), *Laetia procera* (pau jacaré) e *Hymenolobium pulcherrimum* (angelim folha peluda) (Tabela 7). Entre todas essas, a espécie mais promissora na recuperação de áreas degradadas é, sem dúvida, *S. paniculatum* e *Bertholletia excelsa* – castanheira (que não ocorreu no monitoramento da regeneração natural até o momento). Conforme demonstrado por Salomão *et al.* (2006) e Leão *et al.* (2005), a presença de quaruba-cedro, freijozinho e angelim folha peluda, espécies

Tabela 4. Taxas de mortalidade (m), recrutamento (r), substituição (t) e tempo de substituição (ts) da regeneração natural de arbóreas no período de quatro anos, nas áreas anuais de restauração florestal anual, Flona Saracá-Taquëra/IBAMA, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará.

Área Anual de Restauração Florestal	Mortalidade Anual (m) (%)	Recrutamento Anual (r) (%)	Taxa de Renovação (t) (%)	Tempo de Substituição (ts) (anos)
1981	11,4	30,3	20,9	8,7
1982	7,7	39,1	23,4	12,9
1983	9,1	21,5	15,3	11,0
1984	6,9	29,7	18,3	14,5
1985	5,6	14,4	10,0	17,9
1986	6,2	14,2	10,2	16,2
1987	5,9	20,1	13,0	17,0
1992	5,5	13,6	9,5	18,3
1993	9,3	2,6	6,0	10,7
1994	6,0	2,0	4,0	16,6
1995	5,0	6,0	5,5	20,1
1996	19,7	19,1	19,4	5,1
Média ± desvio	8,2±2,8	17,7±8,9	13,0±5,4	14,1±3,7

Tabela 5. Diâmetro médio dos indivíduos das espécies arbóreas da regeneração natural e respectiva variação em um período de quatro anos nas áreas anuais de restauração florestal, Flona Saracá-Taquëra/IBAMA, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará.

Ano da Restauração Florestal	Idade (anos)	Diâmetro médio (cm)		
		Ano 1: 2001	Ano 3: 2005	Varição Ano 3 – Ano1
1981	24	2,83	2,45	-0,38
1982	23	1,94	2,30	0,36
1983	22	3,20	3,00	-0,20
1984	21	2,75	2,43	-0,32
1985	20	2,26	2,62	0,36
1986	19	4,25	3,41	-0,84
1987	18	2,40	2,30	-0,10
1992	13	4,79	4,30	-0,49
1993	12	3,91	5,51	1,60
1994	11	3,38	4,25	0,87
1995	10	3,86	4,31	0,45
1996	9	4,05	3,14	-0,91
Média	-	3,30±0,74	3,34±0,85	0,03±0,58

da floresta climática da região com bom crescimento diamétrico, é um bom indicador da recuperação dos ecossistemas artificiais formados após o processo da lavra do minério.

A área basal, em 2001, variou de 10,9 (ARF 1994) a 0,88 m<sup>2</sup>/ha (ARF 1987); média de 5,3 ± 3,16 m<sup>2</sup>/ha. Em 2005 houve variação de 14,39 (ARF 1994) a 1,11 m<sup>2</sup>/ha (ARF 1987); média de 6,71 ± 4,12 m<sup>2</sup>/ha.

Todas as ARF's da década de 1990 apresentaram valores superiores à média, em contrapartida, todas as ARF's da década de 1980 ficaram abaixo da média devido à não incorporação do solo superficial naquelas áreas de plantio, ou seja, a regeneração natural nas áreas da década de 1980 é oriunda quase que exclusivamente da atividade dos dispersores de sementes (até 1985); conseqüentemente, a diversidade e a riqueza de espécies serão reduzidos, implicando indiretamente nos baixos valores da área basal. As áreas da década de 1990 que contaram com os benefícios dos dispersores naturais e da riqueza do banco de sementes presente

no solo superficial apresentam valores superiores à média (Tabela 8).

A área de restauração florestal de 1987 apresentou os menores valores de área basal para a regeneração natural de arbóreas nos dois anos considerados. Tal fato é explicado porque, naquela área, o reflorestamento foi feito usando-se um desenho de plantio diferente dos demais anos. Ali se usou a mesma espécie nas várias linhas de plantio, com predominância de linhas de taxi-do-campo (*Sclerolobium paniculatum*). Esta espécie teve um desenvolvimento excepcional, causando um sombreamento forte no piso da mata, fazendo com que várias espécies do próprio plantio e da regeneração natural morressem, aliados ao não favorecimento das condições propícias à regeneração, daí os baixos valores (Salomão, 2004).

Quanto maior a área basal de uma determinada floresta, maior será a acumulação de biomassa. Em relação aos demais ecossistemas antrópicos da Amazônia, como se comportam as áreas de restauração

Tabela 6. Espécies arbóreas da regeneração natural que apresentaram os maiores crescimentos em diâmetro nas áreas anuais de restauração florestal, Flona Saracá-Taçüera/IBAMA, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará.

Nome Popular	Espécie	Família	DAP (cm)
Goiaba de anta/muúba	<i>Bellucia grossularioides</i>	Melastomataceae	30,6
Fava camuzê	<i>Stryphnodendron obovatum</i>	Mimosaceae	29,7
Muruci f. peluda	<i>Byrsonima stipulaceae</i>	Malpighiaceae	27,1
Morototó	<i>Schefflera morototoni</i>	Araliaceae	25,3
Paricá grande	<i>Parkia multijuga</i>	Mimosaceae	21,6
Envira biribá	<i>Rollinia exsucca</i>	Annonaceae	20,1
Muruci da mata	<i>Byrsonima aerugo</i>	Malpighiaceae	19,8
Lacre branco	<i>Vismia cayennensis</i>	Clusiaceae	18,9
Acácia mangio f. fina	<i>Acacia auriculiformis</i>	Mimosaceae	18,7
Tinteiro branco	<i>Miconia pyrifolia</i>	Melastomataceae	18,0
Muruci vermelho	<i>Byrsonima densa</i>	Malpighiaceae	17,9
Envira cana	<i>Xylopia nitida</i>	Annonaceae	16,9
Gaivotinha	<i>Croton lanjouwensis</i>	Euphorbiaceae	16,5
Imbaúba torém	<i>Cecropia sciadophylla</i>	Cecropiaceae	16,0
Mari-mari da mata	<i>Cassia fastuosa</i>	Caesalpiniaceae	15,9
Lacre	<i>Vismia guianensis</i>	Clusiaceae	15,7
Tinteiro f. marrom	<i>Miconia serialis</i>	Melastomataceae	15,5
Paruru	<i>Vantanea parviflora</i>	Humiriaceae	15,2
Lacre f. marrom/vermelho	<i>Vismia latifolia</i>	Clusiaceae	14,8
Pau de índio	<i>Croton trombetensis</i>	Euphorbiaceae	14,5

florestal no tocante à acumulação de biomassa? Esta interrogação pode ser em parte respondida através da avaliação da área basal. Em uma floresta secundária originada após o abandono dos tratamentos silviculturais de uma plantação de seringueira, com aproximadamente 50 anos, no planalto de Belterra, município de Santarém, Pará, Oliveira e Silva (1995) calcularam uma área basal de 21,2 m<sup>2</sup>/ha para indivíduos com DAP ≥ 5 cm.

Na mais antiga área de colonização agrícola da Amazônia brasileira (região Bragantina, nordeste do Pará) submetida a mais de uma dezena de ciclos de corte-queima-plantio-abandono, desde o final do século passado, Vieira *et al.* (1996) demonstraram a diminuição da diversidade e da riqueza nestas áreas,

enquanto Salomão *et al.* (1998) avaliaram a biomassa e estimaram para capoeiras (florestas secundárias) de 5, 10 e 20 anos uma área basal de 4, 10,9 e 17,5 m<sup>2</sup>/ha, respectivamente. Em pastagens abandonadas de uso intensivo a moderado com até 8 anos de idade, em Paragominas, Pará, Uhl *et al.* (1988) observaram valor inferior àquele observado por Salomão *et al.* (1998) para capoeiras de 5 anos, que foi de 4 m<sup>2</sup>/ha.

As capoeiras estudadas por Salomão *et al.* (1996, 1998) e Vieira *et al.* (1996), assim como as pastagens avaliadas por Uhl *et al.* (1988), são exemplos de grande degradação florestal em consequência da atividade antrópica e não servem como padrão para a Amazônia e sim para um alerta. Todavia, se comparados os resultados destes estudos com os das áreas de

Tabela 7. Espécies arbóreas da regeneração natural que apresentaram os maiores incrementos do crescimento diamétrico (DAP), no período de quatro anos, nas áreas anuais de restauração florestal, Flona Saracá-Taquëra/IBAMA, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará.

Nome Popular	Espécie	Família	DAP 2001 (cm)	DAP 2005 (cm)	Incremento (cm)	
					Periódico	anual
Envira biribá	<i>Rollinia exsucca</i>	Annonaceae	9,5	20,1	10,6	2,7
Muruci f. peluda	<i>Byrsonima stipulaceae</i>	Malpighiaceae	17,1	27,1	10,0	2,5
Tinteiro f. marrom	<i>Miconia serialis</i>	Melastomataceae	6,6	15,5	8,9	2,2
Lacre branco	<i>Vismia cayennensis</i>	Clusiaceae	2,0	10,5	8,5	2,1
Freijozinho	<i>Cordia sericalyx</i>	Boraginaceae	5,4	13,2	7,8	2,0
Envira cana	<i>Xylopia nitida</i>	Annonaceae	6,1	13,9	7,8	2,0
Fava camuzê	<i>Stryphnodendron obovatum</i>	Mimosaceae	22,3	29,7	7,4	1,9
Lacre	<i>Vismia guianensis</i>	Clusiaceae	1,0	8,4	7,4	1,9
Goiaba de anta/Muúba	<i>Bellucia grossularioides</i>	Melastomataceae	6,9	13,8	6,9	1,7
Muruci da mata	<i>Byrsonima aerugo</i>	Malpighiaceae	8,1	15,0	6,9	1,7
Quaruba-cedro	<i>Vochysia vismiaefolia</i>	Vochysiaceae	2,7	9,1	6,4	1,6
Lacre f. marrom/vermelho	<i>Vismia latifolia</i>	Clusiaceae	8,6	14,8	6,2	1,6
Tachi do campo	<i>Sclerolobium paniculatum</i>	Caesalpiniaceae	2,7	8,4	5,7	1,4
Muruci vermelho	<i>Byrsonima densa</i>	Malpighiaceae	6,9	12,5	5,6	1,4
Paricá grande	<i>Parkia multijuga</i>	Mimosaceae	16,5	21,6	5,1	1,3
Paruru	<i>Vantanea parviflora</i>	Humiriaceae	2,1	7,1	5,0	1,3
Tinteiro branco f. peluda	<i>Miconia poeppigii</i>	Melastomataceae	9,5	14,2	4,7	1,2
Pau jacaré	<i>Laetia procera</i>	Flacourtiaceae	7,5	12,1	4,6	1,2
Tinteiro branco	<i>Miconia pyrifolia</i>	Melastomataceae	10,1	14,7	4,6	1,2
Angelim f. peluda	<i>Hymenolobium pulcherrimum</i>	Fabaceae	8,2	12,7	4,5	1,1

mineração, que são solos extremamente degradados (física, química e biologicamente), percebe-se que estes resultados parciais podem ser considerados promissores no que tange à área basal das ARF's de Porto Trombetas, sobretudo se observados os resultados das áreas da década de 1990, onde as novas práticas silviculturais adotadas contribuem para um melhor desenvolvimento da regeneração natural e dos plantios.

Os incrementos anuais médios da área basal variaram de 0,9421 (ARF 1992) a 0,0334 m<sup>2</sup>/ha (ARF 1981), sendo negativo na ARF de 1986 (-0,4085 m<sup>2</sup>/ha); média de 0,3521 ± 0,2404 m<sup>2</sup>/ha. Todas as áreas anuais de restauração da década de 1990 apresentaram incrementos superiores à média (exceto a ARF 1996); contrariamente,

as áreas da década de 1980 ficaram abaixo da média, com exceção das ARF's de 1985 e 1982.

### Crescimento em Altura

O crescimento médio em altura das árvores oriundas da regeneração natural variou de 5,7 (ARF 1986) a 2,3 m (ARF 1982), média de 4,55 ± 0,98 m (Tabela 9). Todas as áreas anuais de restauração da década de 1990 apresentaram valores superiores à média, contrariamente, todas as áreas da década de 1980, exceto a ARF de 1986, têm valores inferiores à média.

Nas ARF's da década de 1980, com mais de 18 anos de restauração, a altura apresentou média de 4,04 m; enquanto as áreas da década de 1990, entre nove e

Tabela 8. Área basal média nos Anos 1 (2001) e 3 (2005) e respectivo incremento anual médio da áreas anuais de restauração florestal da MRN, Flona Saracá-Taçüera/IBAMA, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará.

Ano da Restauração Florestal (Reflorestamento)	Período (Idade) em anos	Área Basal		
		2001 m <sup>2</sup> /ha	2005 m <sup>2</sup> /ha	Incremento - 4 anos - m <sup>2</sup> /ha/ano
1981	24	3,71	3,84	0,0334
1982	23	1,25	3,26	0,5027
1983	22	3,81	4,25	0,1103
1984	21	3,71	4,79	0,2712
1985	20	3,56	5,26	0,4250
1986	19	5,53	3,89	-0,4085
1987	18	0,88	1,11	0,0567
1992	13	9,41	13,18	0,9421
1993	12	5,50	8,14	0,6596
1994	11	10,90	14,39	0,8711
1995	10	6,31	8,90	0,6480
1996	9	9,06	9,51	0,1141
Média	-	5,30±3,16	6,71±4,12	0,35±0,24

13 anos, apresentaram média de 5,26 m, ou seja, 30,1% superior àquela (Tabela 8). Tal fato deve estar intimamente relacionado com a deposição de solo superficial nas áreas de restauração, pois, como dito anteriormente, somente a partir de 1985, a MRN passou a adotar sistematicamente esta prática edáfica.

As espécies de maior crescimento em altura (Tabela 10) têm todas, sem exceção, algo em comum, são espécies pioneiras que apresentam alto crescimento em altura, superior ao das demais espécies de outros grupos ecológicos.

### PRÁTICAS DE CARÁTER EDÁFICO

A mineração de superfície e a completa remoção da cobertura florestal provocam grandes impactos no solo e na topografia do local através da erosão e da sedimentação, que atingem seu máximo impacto sobre os recursos hídricos a partir do início das atividades até pelo menos seis meses depois das operações (Curtis, 1973a). O depauperamento e o caráter tóxico dos solos também precisam ser corrigidos

caso pretenda-se que o local alterado torne-se produtivo e não seja prejudicial ao meio ambiente. A única maneira de mitigar a maior parte desses impactos negativos é através do restabelecimento de uma cobertura vegetal perene sobre o local modificado. Thompson e Hutnik (1972) citam alguns problemas intrínsecos a esses solos: instabilidade, inadequada textura, altas temperaturas diurnas da camada superficial e características químicas e biológicas dos solos remanescentes. Prevendo o estabelecimento de uma cobertura florestal perene como a melhor solução para recuperação de áreas mineradas, é necessário proceder ao preparo do local em que serão plantadas as mudas.

### Incorporação de solo superficial na área a restaurar

A mineração de superfície exige a retirada da vegetação e da capa superior do solo, existentes sobre o minério. Essa capa de solo, enriquecida com material orgânico, é deslocado para qualquer posição, o que muitas vezes favorece sua perda, causada pela ação da erosão hídrica.



Tabela 9. Crescimento em altura médio das espécies arbóreas da regeneração natural nas áreas anuais de restauração florestal, Flona Saracá-Taquëra/IBAMA, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará.

Ano da Restauração Florestal	Altura Média (m)
1981	3,9
1982	2,3
1983	4,2
1984	4,4
1985	3,9
1986	5,7
1987	3,9
1992	5,6
1993	5,5
1994	5,2
1995	5,0
1996	5,0
Média	4,55±0,98

Davis e Hill (1972) informam que a armazenagem da capa superior diminui o conteúdo orgânico do minério de bauxita.

Farmer *et al.* (1976) fizeram importante estudo sobre a revegetação dos restos ácidos provenientes da mineração de cobre-cobalto. Concluíram que a armazenagem e a posterior redistribuição da capa superior do solo e da camada imediatamente inferior (até aproximadamente 20,5 cm de profundidade), em conjunto com um programa de fertilização, foram mais eficientes em estimular o revestimento vegetal do local.

Vários autores têm sugerido normas para armazenagem de solos orgânicos. O ideal é removê-los e armazená-los misturados com a vegetação do mesmo local, convertida mecanicamente em cobertura morta (Tyson, 1979). De acordo com Geiser e Oliveira (1977), o solo pode ser amontoado em camadas de terra de até 1,5 m de altura e de 3 a 4 m de largura, com qualquer comprimento. De preferência, o local deve ser plano e protegido das enxurradas e da erosão.

Deve-se evitar a compactação do solo durante a operação de armazenamento. O solo armazenado também deve ser protegido dos raios solares com uma cobertura de palha. Não se deve armazenar solos muito úmidos, nem fazê-lo em época de chuva (Geiser; Oliveira, 1977). Os solos compactados durante mais de um ano em grandes montões começam a perder nutrientes e microorganismos (Canada, 1975).

Por ocasião da incorporação do solo no local a ser recuperado com vegetação, o subsolo a ser revestido com a nova capa deve ter superfície áspera e úmida, porém não saturado. O solo, ou solo misturado com cobertura morta feita das plantas do local, deve ser distribuído a uma profundidade uniforme (Tyson, 1979).

Em geral, os estudos sobre o tratamento de solos minerados recomendam a aplicação de uma cobertura morta para facilitar o estabelecimento da vegetação (Cook *et al.*, 1974; Sandoval *et al.*, 1973; Sutton, 1970); o material utilizado pode ser palha, casca desfibrada de árvore, folha, cavacos de madeira ou outro material orgânico. A vegetação removida do local a ser minerado, por exemplo, pode fornecer material para ser convertido em cobertura morta.

Tyson (1979) concluiu que o sucesso da cobertura morta depende do uso da própria vegetação do local em combinação com o solo original. Também verificou, em recuperação dos cortes de estradas, que o uso de fertilizantes não tornou a cobertura morta mais efetiva no processo da regeneração natural.

A acidez dos solos remanescentes das minerações inibe o estabelecimento de vegetação no processo de recuperação e também influi na disponibilidade de nutrientes e nos processos biológicos das plantas (Berg, 1965). Plass (1969) verificou que são poucas as espécies herbáceas ou arbóreas capazes de sobreviver em solos ácidos, com pH entre 3,5 e 4, e que quase nenhuma espécie sobrevive em solos com pH inferior a 3,5. O calcário é freqüentemente utilizado para corrigir problemas edáficos provenientes da alta acidez. O tratamento dos

Tabela 10. Espécies arbóreas da regeneração natural que apresentaram, em 2005, os maiores crescimentos em altura nas áreas anuais de restauração florestal, Flona Saracá-Taçüera/IBAMA, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará.

Nome Popular	Espécie	Família	Altura Média (m)
Muruci verdadeiro	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Malpighiaceae	20
Muruci f. peluda	<i>Byrsonima stipulaceae</i>	Malpighiaceae	18
Imbaúba da capoeira	<i>Cecropia palmata</i>	Cecropiaceae	17
Goiaba de anta/Muúba	<i>Bellucia grossularioides</i>	Melastomataceae	16
Imbaúba vermelha	<i>Cecropia distachya</i>	Cecropiaceae	16
Morototó	<i>Schefflera morototoni</i>	Araliaceae	16
Fava camuzê	<i>Stryphnodendron obovatum</i>	Mimosaceae	16
Muruci da mata	<i>Byrsonima aerugo</i>	Malpighiaceae	15
Mari-mari da mata	<i>Cassia fastuosa</i>	Caesalpiniaceae	15
Imbaúba f. áspera/f. peluda	<i>Cecropia ficifolia</i>	Cecropiaceae	15
Imbaúba torém	<i>Cecropia sciadophylla</i>	Cecropiaceae	15
Gaivotinha	<i>Croton lanjouensis</i>	Euphorbiaceae	15
Pau jacaré	<i>Laetia procera</i>	Flacourtiaceae	15
Tinteiro f. marrom	<i>Miconia gratissima</i>	Melastomataceae	15
Paricá grande	<i>Parkia multijuga</i>	Mimosaceae	15
Envira biribá	<i>Rollinia exsucca</i>	Annonaceae	15
Lacre branco	<i>Vismia cayennensis</i>	Guttiferae	15
Lacre	<i>Vismia guianensis</i>	Guttiferae	15
Envira cana	<i>Xylopia nitida</i>	Annonaceae	15
Pau de índio	<i>Croton trombetensis</i>	Euphorbiaceae	14
Tinteiro branco	<i>Miconia pyrifolia</i>	Melastomataceae	14
Paruru	<i>Vantanea parviflora</i>	Humiriaceae	14
Lacre f. marrom/vermelho	<i>Vismia latifolia</i>	Guttiferae	14

solos com cinzas industriais pode corrigir, pelo menos parcialmente, a acidez dos solos minerados (Adams *et al.*, 1972; Capp e Gillmore, 1973; Kovacic, 1972; Plass e Capp, 1974). De acordo com vários estudos, a acidez, embora corrigida originalmente, freqüentemente retorna a um alto nível (Farmer *et al.*, 1976).

Ferraz (1991), no 'Diagnóstico do comportamento do reflorestamento realizado na mina Saracá entre 1981 e 1987', concluiu que (i) a matéria orgânica permite o desenvolvimento da estrutura do solo melhorando a capacidade de retenção de água e de absorção de nutrientes; (ii) fertilizantes químicos não suprem as

deficiências minerais das plantas nos plantios sem solo superficial; (iii) área com solo superficial apresenta espécies com crescimento satisfatório no ecossistema artificialmente restaurado; (iv) o solo superficial é indispensável na reestruturação química, física e biológica do solo; (v) além de fonte de nutrientes, o solo superficial possibilita uma maciça inoculação de micorizas e rizóbios, vitais na regeneração e sucessão florestal; (vi) a acidez dos solos minerados é alta ou muito alta; (vii) o teor médio de matéria orgânica nos solos sem solo superficial é muito baixo (0,1%), o que faz a liteira produzida pelas árvores não sofrer decomposição e sim secagem e

fragmentação com conseqüente erosão pelo vento e água; (viii) a não decomposição *in situ* da matéria orgânica produzida reflete na indisponibilidade de fósforo para as plantas, o que explica a inexistência de microorganismos que realizam a fermentação da matéria orgânica; e (ix) a liteira produzida, quando fixada numa área, permite a regeneração natural de grande número de espécies e o conseqüente desenvolvimento da mesofauna indicando que a ciclagem do nutriente foi iniciada.

Segundo O.H. Knowles (comunicação pessoal, 2006), havia recomendação da MRN para que se raspasse uma camada de 20 a 25 cm do solo superficial nas áreas a serem lavradas – este volume consistiria no solo superficial a ser incorporado nas áreas anuais de plantios florestais. Esse solo superficial era separado durante o preparo da área para retirada da bauxita. Posteriormente, era incorporado naquelas áreas onde a lavra já fora processada e que deveriam ser restauradas visando à restauração do ecossistema florestal.

Deve-se ressaltar que o ambiente artificial formado após a lavra que deveria ser restaurado encontra-se no extremo de degradação ambiental, pois todas as propriedades físicas, químicas, biológicas e ecológicas do solo foram drasticamente alteradas ou destruídas pela atividade minerária.

Normalmente, o solo superficial é estocado de um ano para o outro. Caso fosse possível adequar a retirada à 'imediata' deposição do mesmo nas áreas a serem restauradas, a regeneração natural, muito provavelmente, seria mais vigorosa, rica e diversa aos índices hoje observados.

A restauração da paisagem florestal nas áreas submetidas à lavra é feita atendendo a dois pressupostos básicos e necessários para o sucesso da operação: a facilitação dos processos da regeneração natural (através da reincorporação do solo superficial) e o plantio de árvores e palmeiras regionais (reflorestamento).

De acordo com Knowles (1992), em 1985 a MRN passou a adotar a prática de reincorporação do solo

superficial nas áreas anuais de plantios florestais, formando uma camada de 15 cm. A partir desse ano, a MRN não mais realiza somente o reflorestamento em suas áreas pós-lavra e sim a restauração da paisagem florestal nessas áreas através do manejo das duas mais importantes condicionantes para o pleno sucesso desse objetivo: o manejo da regeneração natural aliada ao plantio florestal.

Têm-se, atualmente, como diretriz no preparo da área, a colocação de uma camada de 15 cm de solo superficial que deve ser espalhado seguindo o modelo da malha diamante (Figura 2). Considerando-se que tenha uma espessura de 15 cm, então, cada hectare deve receber um volume médio de 1.500 m<sup>3</sup> de solo superficial.

Pesquisas visando ao manejo mais adequado do solo superficial nessas áreas fortemente antropizadas na Amazônia devem ser desenvolvidas objetivando otimizar as duas premissas básicas para o sucesso do programa de restauração florestal: a maximização da biodiversidade e da biomassa vegetal de árvores, sobretudo aquelas de rápido

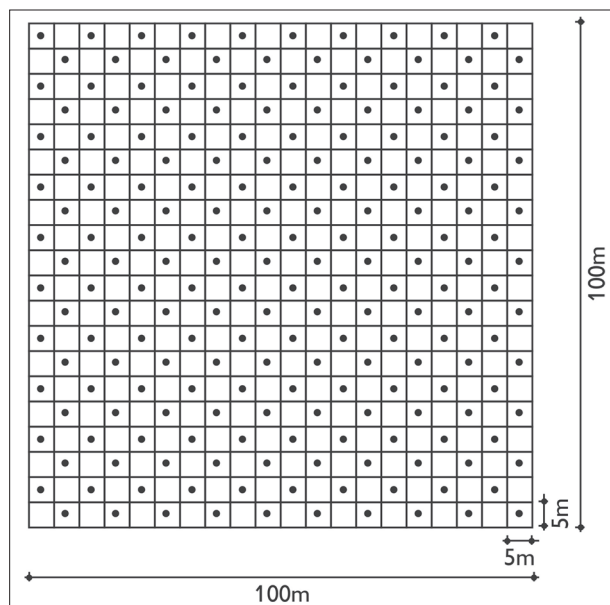


Figura 2. Diagrama (malha diamante) representando a distribuição de solo superficial em 1 ha de terreno visando à restauração florestal em áreas mineradas, Flona Saracá-Taquëra/IBAMA, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará. • = 1 'carrada' com 7,5 m<sup>3</sup> de solo superficial.

crescimento adaptadas a esses ambientes (Salomão *et al.*, 2000b, 2006).

A incorporação de solo superficial é uma prática edáfica de fundamental importância e completamente indispensável à restauração florestal de áreas degradadas. Aspectos do desenvolvimento da vegetação em parcelas de estudos de duas áreas distintas do ano de 1996, uma com solo superficial (parcela permanente 96A18) e outra sem (parcela permanente 96A25), são apresentados na Figura 3.

As palmeiras sem estipe palha-branca (*Attalea attaleoides*) e murumuru (*Astrocaryum acaule*) devem ser semeadas por ocasião dos plantios em todas as áreas, pois além de apresentar ótima regeneração natural, são espécies muito comuns no sub-bosque das florestas primárias de todos os platôs dessa Flona. Uma característica muito interessante nessas palmeiras refere-se ao fato delas acumularem 'sua' própria matéria orgânica, daí a ótima adaptabilidade nos ecossistemas artificiais criados no ambiente pós-lavra. Uma outra espécie comum na região é a mumbaca (*Astrocaryum mumbaca*), com estipe, que também é indicada por favorecer os processos de recolonização e sucessão natural.

### Escarificação do solo

Alguns dos efeitos da escarificação superficial do solo são bem conhecidos: fornece leito e refúgio para as sementes; abre solos compactados para facilitar a infiltração hídrica; e facilita a utilização de nutrientes e oxigênio pelas plantas. Porém, Curtis (1973b) constatou que a escarificação não alterou a densidade e a umidade de solos remanescentes da exploração de minas de carvão. A escarificação feita por arados comuns pode apresentar problemas, como alcançar pouca profundidade e danificar o arado, quando em solos rochosos, fato muito comum em locais minerados (Brown, 1977).

Aldon (1976) e Aldon e Garcia (1972) estudaram os efeitos da escarificação profunda em terreno semi-árido, usando um aparelho especial, puxado por um trator,



Figura 3. Aspecto de uma parcela experimental: a) sem solo superficial, aos 10 anos de idade, cujas mudas apresentam altura máxima de 1 m e diâmetro médio ao nível do solo de 2 cm, sem praticamente nenhuma regeneração natural; comparar com b) outra área plantada naquele mesmo local onde foi incorporado o solo superficial; Flona Saracá-Taçüera/IBAMA, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará. Foto: R. P. Salomão, 2005/2006.

contendo dois 'dentes', com 2,2 m entre si, os quais cortavam sulcos de 71 cm de profundidade e 10 cm de largura. Duas chapas, com a configuração de um triângulo e montadas na parte superior dos dentes, abriram mais ainda a parte superior dos sulcos, deixando-os com aproximadamente 38 cm de largura. Verificou-se que a escarificação profunda reduziu em 85% o escoamento de água e de 31% a erosão, efeitos medidos três anos depois da aplicação do tratamento; quando a camada superficial for composta de xisto argiloso, o tratamento pode acarretar erosão subterrânea. A repetição do

tratamento pode estender o efeito benéfico por alguns anos, mas pode também danificar a vegetação já estabelecida no local.

Em outro estudo de caso, Aldon e Garcia (1972) observaram que a repetição causou mudança benéfica no tipo de vegetação que recobria naturalmente o local. Deve-se notar que esse estudo não foi feito em área minerada, mas numa bacia hidrográfica altamente suscetível à erosão. Há equipamentos especiais para a escarificação profunda. Um exemplo é o *ripper*, dente grande, puxado por um trator e movido por cilindros hidráulicos, que pode quebrar até rochas (Brown, 1977).

Nas áreas anuais de restauração florestal em Porto Trombetas, o solo superficial é espalhado no terreno pela lâmina de um trator de esteira D-6. Um outro trator de esteira mais potente (D-8) procede a escarificação do solo com um equipamento acoplado na tomada de força traseira, também denominado *ripper*, que apresenta três garras de 100 cm de comprimento com distância de 1 m entre elas (Figura 4). Esse equipamento, uma vez passado no terreno que já se encontra nivelado, forma as linhas de plantio para as 1.666 muda/ha (linhas alternadas, já



Figura 4. Trator de esteira D-8 com um *ripper* de três garras acoplado na tomada de força; detalhe do *ripper* que atinge 1 m de profundidade; Flona Saracá-Taquiera/IBAMA, Porto Trombetas, Pará. Fotos: R. P. Salomão, 2005

que o espaçamento adotado pela MRN é de 2 m entre linhas e 3 m na linha de plantio).

Neste processo, o solo superficial cai dentro das linhas (no sulco), o que é interessante e desejável por favorecer com matéria orgânica e água o estabelecimento da futura muda ali plantada. Esta operação deve ser feita no fim do verão (outubro-novembro-dezembro), enquanto o solo ainda está seco para que as primeiras chuvas de janeiro possam levar mais solo superficial para os sulcos (linhas de plantio) e, em fevereiro, tenha início o plantio florestal. A drenagem nas áreas de plantios é excelente, pois a camada de solo estéril chega até 12 m de profundidade.

A escarificação é uma prática silvicultural que mostrou desempenhar um papel importante no estabelecimento das árvores nas áreas de restauração. Tal procedimento, além de diminuir a compactação nas linhas de plantio, promove uma incorporação profunda de matéria orgânica no solo subsuperficial, facilitando e estimulando, pela maior oferta de nutrientes e água nas camadas mais profundas, o desenvolvimento radicular (Ferraz, 1991).

Todavia, alguns itens devem ser avaliados:

- Após o espalhamento de terra preta, o solo estaria mesmo compactado? A compactação produzida pelas máquinas durante a sistematização do terreno, para o posterior plantio, não deve compactar o solo ao nível de produzir um estrangulamento que venha impedir o crescimento do sistema radicular; ressalta-se que uma certa compactação favorece a retenção de água, vital para as plantas no período seco.
- A escarificação profunda (*ripper* com garras de 1 m de profundidade) promove o enterramento da matéria orgânica e, conseqüentemente, dos propágulos presentes no rico banco de sementes, inviabilizando-os; não se sabe qual o grau desta inviabilização sobre o número de espécies e de indivíduos.
- A escarificação talvez deva ser feita com, no máximo, 40 a 50 cm de profundidade e não a 1 m, como é

atualmente, e somente nas linhas de plantio; sendo o espaçamento atualmente adotado de 3 x 2 m, ou seja, 2 m entre linhas e 3 m nas linhas, deve-se retirar a garra central do *ripper*; tal prática deverá favorecer a germinação das sementes do banco, implicando em favorecimento à regeneração natural.

### DISPERSÃO NATURAL DE SEMENTES

A evolução reprodutiva proporcionou às plantas o desenvolvimento de características morfológicas e fisiológicas para atrair potenciais disseminadores de suas sementes e garantir a dispersão que pode ser definida como o deslocamento da semente para garantir a sobrevivência da espécie e evitar o acúmulo dos descendentes em pequenas áreas (Modesto; Siqueira, 1981).

A interação entre a fauna e a vegetação é de fundamental importância dentro do processo de recuperação de áreas degradadas. Os animais frugívoros fazem o papel de agentes dispersores das sementes, transportando-as em seu interior (tubo digestivo) e, posteriormente, eliminando-as nas fezes ou regurgitando-as pela boca para longe da planta mãe em lugares favoráveis à germinação e ao desenvolvimento da plântula.

De acordo com Pires-O'Brien e O'Brien (1995), a dispersão é considerada um tipo de mutualismo planta-animal, embora ainda haja muitas dúvidas acerca das forças evolutivas que a originou. De qualquer forma, as diásporas representam uma unidade fundamental de dispersão da espécie, podendo constituir-se de sementes isoladas ou sementes junto com os frutos - inteiros ou não. Os mecanismos de dispersão das espécies por suas diásporas constituem um aspecto importante da biologia evolutiva. O animal, ou agente físico, que transporta a semente ou o fruto é denominado de dispersor. Em épocas de abundância, alguns mamíferos enterram os frutos para comê-los posteriormente, o que corresponde à dispersão sinzoocórica, pois muitos frutos são esquecidos e suas sementes acabam por germinar (Pires-O'Brien; O'Brien, 1995).

Uma breve caracterização morfológica do fruto e semente das espécies arbóreas monitoradas na regeneração natural, assim como respectivos dispersores é apresentada no Apêndice 4.

Do ano de 2001 (1ª avaliação) a 2005 (3ª avaliação), foram registradas 164 espécies arbóreas nas parcelas permanentes de monitoramento nas áreas anuais de restauração florestal da MRN (Apêndice 4). Avaliando-se a dispersão natural das sementes dessas espécies, observa-se que 136 (82,9%) são dispersas pela fauna, 33 (20,1%) pelo vento (anemocórica), 29 (17,7%) por gravidade (barocórica) e oito (4,9%) por balística (balocórica) (Figura 5).

Das 136 espécies dispersas pela fauna, 127 (77,4%) são endozoocóricas e nove (5,5%) são sinzoocóricas (Figura 6). Deve-se atentar para o fato de que muitas espécies têm as sementes dispersadas por mais de um agente (Apêndice 4).

As espécies arbóreas florestais que têm seus frutos enterrados intencionalmente pela fauna (sinzoocoria) através da paca, cutia, quatipuru etc nas áreas anuais de restauração florestal são listadas no Apêndice 4, assim como as espécies arbóreas cujos frutos e/ou sementes são digeridas pelos animais (endozoocoria).

As árvores cujas sementes são dispersas pelo vento (anemocoria) nas áreas de regeneração natural são apresentadas no Apêndice 4; essas espécies, em geral, são de difícil reprodução em viveiro devido à dificuldade de obtenção de sementes.

Aquelas espécies arbóreas que apresentam frutos grandes e médios e têm a dispersão basicamente feita pela gravidade (barocoria) durante a queda dos frutos estão registradas no Apêndice 4. Algumas espécies que apresentam frutos pesados, como a castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), além de apresentar dispersão por gravidade têm, também, dispersão sinzoocórica.

A balocoria consiste na 'explosão' do fruto quando maduro, propiciando às sementes serem lançadas a certa distância da árvore-mãe; praticamente

todas as euforbiáceas apresentam este tipo de dispersão. As espécies monitoradas nas ARF's acham-se listadas no Apêndice 4.

Knowlles e Parrotta (1995), ao analisarem os dados da fenofase referente à frutificação de inúmeras espécies arbóreas florestais, em Porto Trombetas, observaram que existe uma correlação entre os meses de frutificação e da estação chuvosa (janeiro-maio) 'inverno amazônico', da estiagem (setembro-dezembro) 'verão' e da 'primavera amazônica' (junho-agosto).

Apesar de haver variações anuais do mês de frutificação entre indivíduos da mesma espécie, a tabela fenológica tem utilidade no planejamento da coleta e

armazenagem de sementes e também na produção de mudas no viveiro.

#### MATRIZ DOS INDICADORES DA DINÂMICA DA REGENERAÇÃO NATURAL

Uma matriz com os valores extremos das variáveis analisadas é apresentada na Tabela 11, com objetivo de ranquear as áreas anuais de restauração florestal, no tocante à regeneração natural de arbóreas. Foram avaliadas a riqueza e respectivos incrementos (ingresso e egresso de espécies), a abundância e o recrutamento de indivíduos, a mortalidade, a taxa de renovação e o tempo de substituição, o diâmetro médio, a área basal e também a altura total média.

Para cada ano de restauração florestal, foram computados os dois valores melhores (mais altos) e os piores (mais baixos); somente os valores extremos (o maior e o menor) de cada item analisado acham-se destacados em **negrito** (Tabela 11). O uso das expressões melhores e piores, ao invés de maiores ou menores, prende-se ao fato de, no caso da mortalidade e egresso de espécies, por exemplo, o valor maior não ser o melhor.

A riqueza de espécies é uma das mais importantes variáveis na recuperação de áreas degradadas, quanto maior o número de espécies vegetais, mais eficientemente está se processando a sucessão natural, refletindo num maior número de dispersores na área e num incremento positivo altamente desejável da biodiversidade. A amplitude de variação no número de espécies registradas nas parcelas em 2001 foi surpreendente: 42 na área de 1995 contra apenas 9 na de 1982; em 2005, essa amplitude foi um pouco menor: 42 na de 1992 e 16 na ARF de 1982 (Tabela 11).

O ingresso de espécies, no período de quatro anos, foi mais intenso nas áreas de 1984 e 1987 (15 para cada), contra apenas uma espécie para as áreas de 1986, 1993, 1994 e 1995; já o egresso foi mínimo na área de 1982 (zero), chegando a sete espécies na área de 1996

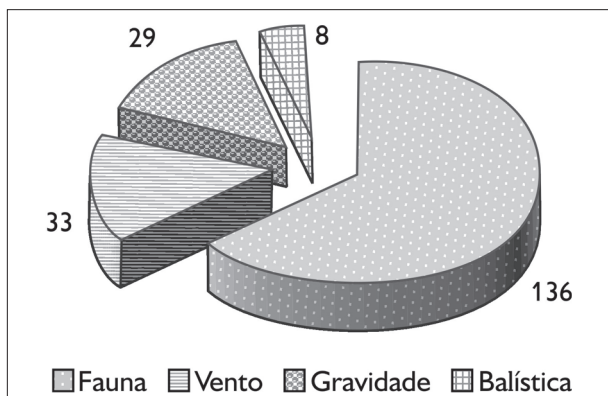


Figura 5. Tipos de dispersão das espécies arbóreas nas áreas anuais de restauração florestal; Flona Saracá-Taquëra/IBAMA, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará.

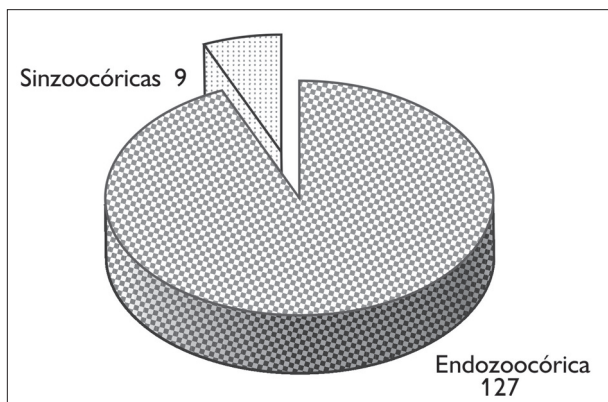


Figura 6. Número e percentual das espécies arbóreas que são dispersas pela fauna nas áreas anuais de restauração florestal; Flona Saracá-Taquëra/IBAMA, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará.

(Tabela 11). As áreas da década de 1980, por serem mais antigas, conseqüentemente estão mais estabilizadas, daí apresentarem estes bons resultados, contrariamente àquelas da década de 1990.

A abundância também é outro fator importante nos programas de recuperação de áreas degradadas, pois influirá diretamente na acumulação de biomassa. Como esperado, nestes ecossistemas artificiais relativamente recentes, em processo de restauração na Amazônia, as áreas mais jovens apresentaram maiores abundâncias; coincidentemente, a área de 1984 registrou 6.980 e 5.860 ind/ha nos dois anos analisados (2001 e 2005, respectivamente), enquanto a menor abundância foi verificada na ARF de 1987 (1.020 e 1.600 ind/ha, respectivamente para àqueles anos de monitoramento) (Tabela 11).

O incremento da abundância entre dois períodos distintos pode ser entendido, se positivo, como sendo o recrutamento e, se negativo, como mortalidade. O maior recrutamento médio anual foi na área de 1982, seguida da de 1981 (39,1 e 30,3%, respectivamente), enquanto os menores foram nas áreas de 1994 e 1993 com respectivamente, 2 e 2,6% (Tabela 11). A mortalidade anual foi muito alta na área de 1996 (19,7%) e alta na área de 1981 (11,4%); já as menores taxas foram observadas nas áreas de 1995 (5%) e 1992 (5,5%), devido aos fatores já discutidos (Tabela 11).

O recrutamento e a mortalidade estão diretamente relacionados com o *turnover* e a mortalidade inversamente com o *turnover time*. Quanto maior a taxa de renovação, mais instável é o ecossistema; florestas climáticas primárias contínuas apresentaram taxas anuais entre 2,26 e 1,22%, e as florestas primárias de Porto Trombetas (área deste estudo) apresentaram taxas de 1,22 (solo franco argiloso) e 1,78% (solo franco arenoso) (Salomão, 2006). O mais alto recrutamento, verificado na área de 1982 (39,1%), aliado a uma baixa taxa anual de mortalidade (7,7%), induziu esta área a apresentar a maior taxa de renovação (19,3%), em contraposição à menor observada na ARF de 1994 (4,4%).

Se os ecossistemas mais instáveis estão sujeitos a modificações mais intensas no tocante ao recrutamento e mortalidade, num determinado período, obviamente o tempo de substituição será menor nesses ecossistemas. Assim, a área de 1984, conseqüentemente, apresentou o menor tempo de substituição (4,4 anos) e a de 1995 o maior (20,1 anos) (Tabela 11).

O diâmetro médio foi maior, em 2001, nas áreas de 1992 (4,79 cm) e de 1986 (4,25 cm) e menor nas ARF's de 1982 (1,94 cm) e 1985 (2,26 cm); em 2007, os maiores valores calculados foram para as áreas de 1993 e 1995 (5,51 e 4,31 cm, respectivamente), enquanto os menores foram para as ARF's de 1982 (3,3 cm) e de 1984 (2,43 cm). O maior incremento anual estimado foi para a área de 1993 (1,6 cm/ano) e o menor para a de 1996 (-0,91 cm/ano) (Tabela 11).

A maior média da altura total foi estimada para a ARF de 1986 (5,74 m), seguida pela área de 1992 (5,62 m); as menores foram 2,3 m (ARF de 1982) e 3,9 m nas áreas de 1981, 1985 e 1987 (Tabela 11).

O incremento anual médio da área basal, no período de quatro anos, foi maior na área de 1992 (0,94 m<sup>2</sup>/ha/ano) e na de 1994 (0,87 m<sup>2</sup>/ha/ano), em oposição aos menores, nas áreas de 1986 e 1981, respectivamente -0,41 e 0,03 m<sup>2</sup>/ha/ano (Tabela 11).

Após a tabulação dos dados das variáveis na matriz, foi feito o ranqueamento das áreas anuais de restauração baseando-se no maior diferencial entre as quantidades de valores extremos melhores e piores de cada variável, no número (quantidade) de valor extremo melhor de cada variável e no número (quantidade) de valor extremo pior de cada variável. Quando o diferencial entre os valores melhores e piores eram idênticos, o critério de desempate foi o número (quantidade) de valor extremo melhor (Tabela 12).

Algumas variáveis, como a riqueza de espécies, foram avaliadas em dois momentos distintos (2001 e 2005) e os seus respectivos incrementos nesse período desdobrados em outros dois (ingresso e egresso), resultando, dessa forma, na avaliação da



riqueza desdobrada em quatro itens; analogamente, a abundância, o diâmetro médio e a área basal tiveram procedimento semelhante.

A área de 1992 (Figura 7) foi ranqueada como a de melhor restauração quando se analisa a regeneração natural de arbóreas: do total de nove valores computados, oito referem-se às melhores estimativas e apenas um à pior, sendo que, entre os melhores valores, há três valores extremos melhores (maior número de espécies monitoradas em 2005, maior diâmetro médio em 2001 e maior incremento da área basal no período considerado) e nenhum valor extremo pior.

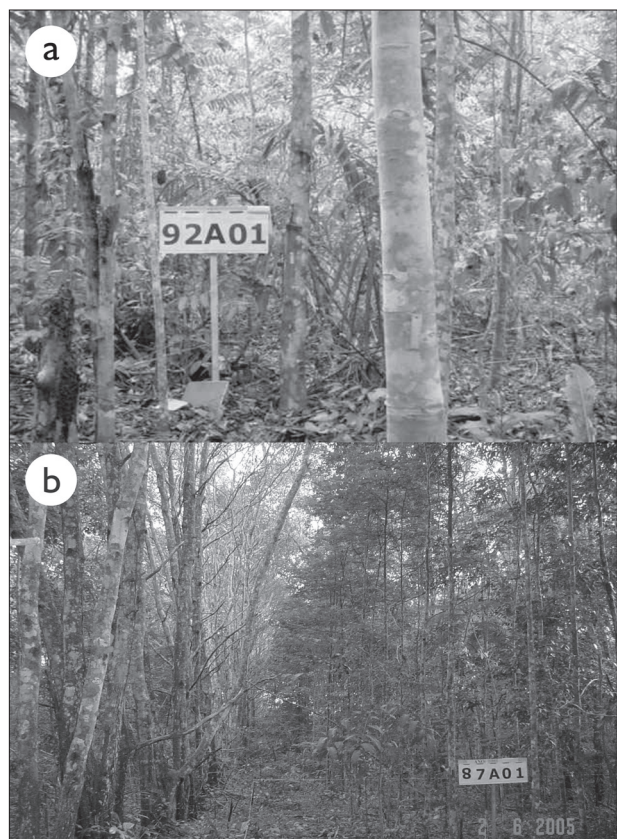


Figura 7. Parcela permanente 92A1 da área de 1992, observar: a) a liteira formada e as várias regenerações naturais (placas retangulares); no 1º plano à direita um espécime de gaivotinha (*Croton lanjowensis*) com 16,5 cm X 13 m; b) parcela permanente 87A1 da área de 1987 onde o plantio nas linhas usou a mesma espécie; Flona Saracá-Taquëra/IBAMA, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará. Fotos: R. P. Salomão, 2005.

Contrastando com a área de 1992, tem-se a pior restauração na área de 1987, com apenas um valor extremo melhor (ingresso de espécies) e quatro valores extremos piores (menor abundância em 2001, menor diâmetro médio em 2005 e menor área basal em 2001 e 2005) (Tabela 12). Essa área de 1987, apesar de ser considerada a mais problemática no que se refere à regeneração natural de arbóreas, é a que apresenta o melhor desenvolvimento do plantio florestal (reflorestamento), onde foi adotado na época plantio sempre com a mesma espécie na linha (Figura 7), variando as espécies somente entre linhas. Uma das espécies empregadas foi o tachi-do-campo (*Sclerolobium paniculatum*), que se desenvolveu espetacularmente, praticamente fechando o dossel e sombreando o piso da floresta, o que refletiu diretamente no baixo desenvolvimento da regeneração natural de arbóreas, tanto no número de espécies quanto no crescimento dos indivíduos (Salomão *et al.*, 2002).

## CONCLUSÃO

Nas áreas do domínio da floresta primária ombrófila densa da Amazônia setentrional brasileira, submetidas à mineração a céu aberto, onde toda a vegetação florestal é suprimida, assim como o solo, para possibilitar a lavra do minério e, posteriormente, ser submetida à restauração da paisagem florestal através de plantios florestais (reflorestamentos) aliados à indução/facilitação da regeneração natural via adição de solo superficial, foi observado para um período de quatro anos de monitoramento que a regeneração das espécies arbóreas: apresenta maior número de espécies nas áreas jovens (entre nove e 13 anos) do que as mais maduras (entre 18 e 24 anos de idade); as áreas mais antigas apresentam maior incremento no número de espécies, talvez por serem mais estáveis ecologicamente; a abundância (número de indivíduos por unidade de área) tende a ser maior nas áreas mais jovens; o recrutamento tende a ser bem mais intenso na áreas maduras do que nas jovens; a mortalidade anual nas áreas jovens é maior (9,1%) do que naquelas

maduras (7,5%); a taxa de renovação (*turnover*) é bem mais intensa nas áreas maduras; o tempo de substituição (*turnover time*) é mais extenso nas áreas jovens; o diâmetro médio manteve-se praticamente constante no período analisado; o incremento da área basal é maior nas áreas maduras do que nas áreas jovens; a altura total média é maior nas áreas jovens (5 m) que naquelas

maduras (3,9 m); várias espécies são dispersas por mais de um agente, todavia, mais de 5/4 das espécies monitoradas são dispersas pela fauna que exerce um papel fundamental na sucessão ecológica; a área anual de 1992 foi ranqueada como a de melhor restauração florestal quando se analisa a regeneração natural de arbóreas; no extremo oposto, com maiores problemas, está a área de 1987; deve-se

Tabela 11. Matriz das variáveis da regeneração natural nas áreas anuais de restauração florestal da MRN, Flona Saracá-Taquëra/IBAMA, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará. Período: 4 anos; Referência: Ano de 2005. Valores em negrito referem-se ao extremo da melhor e da pior estimativa. (continua)

VARIÁVEL	VALORES EXTREMOS DAS ESTIMATIVAS	ÁREAS ANUAIS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL – ARF's												
		1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1992	1993	1994	1995	1996	
Nº DE ESPÉCIES MONITORADAS EM 2001	MELHORES										40	<b>42</b>		
	PIORES		<b>9</b>	18		18								
Nº DE ESPÉCIES MONITORADAS EM 2005	MELHORES				41				<b>42</b>					
	PIORES		<b>16</b>			19								
Nº INGRESSO DE ESPÉCIES	MELHORES	13			<b>15</b>			<b>15</b>						
	PIORES					5	<b>1</b>			<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		
Nº EGRESSO DE ESPÉCIES	MELHORES	2	<b>0</b>	2	2		2							
	PIORES								5				<b>7</b>	
ABUNDÂNCIA EM 2001 (nº ind/ha)	MELHORES					3.500					<b>6.980</b>			
	PIORES			1.700				<b>1.020</b>						
ABUNDÂNCIA EM 2005 (nº ind/ha)	MELHORES				5.120						<b>5.860</b>			
	PIORES							<b>1.600</b>	1.960					
RECRUTAMENTO ANUAL (%)	MELHORES	30,3	<b>39,1</b>											
	PIORES									2,6	<b>2,0</b>			
MORTALIDADE ANUAL (%)	MELHORES								5,5			<b>5,0</b>		
	PIORES	11,4											<b>19,7</b>	
TAXA DE RENOVAÇÃO <i>TURNOVER</i> (%)	MELHORES	16,6	<b>19,3</b>											
	PIORES										<b>4,4</b>	5,2		
TEMPO DE SUBSTITUIÇÃO <i>TURNOVER TIME</i> (ANOS)	MELHORES								18,3			<b>20,1</b>		
	PIORES	8,7											<b>5,1</b>	
DIÂMETRO MÉDIO EM 2001 (cm)	MELHORES						4,25		<b>4,79</b>					
	PIORES		<b>1,94</b>			2,26								
DIÂMETRO MÉDIO EM 2005 (cm)	MELHORES									<b>5,51</b>		4,31		
	PIORES		<b>2,30</b>		2,43			<b>2,30</b>						
INCREMENTO MÉDIO DIÂMETRO (cm)	MELHORES									<b>1,60</b>	0,87			
	PIORES						-0,84						<b>-0,91</b>	



Tabela 11. Matriz das variáveis da regeneração natural nas áreas anuais de restauração florestal da MRN, Flona Saracá-Taquëra/IBAMA, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará. Período: 4 anos; Referência: Ano de 2005. Valores em negrito referem-se ao extremo da melhor e da pior estimativa.

(conclusão)

VARIÁVEL	VALORES EXTREMOS DAS ESTIMATIVAS	ÁREAS ANUAIS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL – ARF's											
		1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1992	1993	1994	1995	1996
ALTURA TOTAL MÉDIA EM 2001 (m)	MELHORES						<b>5,74</b>		5,62				
	PIORES	3,9	<b>2,3</b>			3,9		3,9					
ÁREA BASAL EM 2001 (m <sup>2</sup> /ha/ano)	MELHORES				<b>10,90</b>				9,41				
	PIORES		1,25					<b>0,88</b>					
ÁREA BASAL EM 2005 (m <sup>2</sup> /ha/ano)	MELHORES								13,18		<b>14,39</b>		
	PIORES		3,26					<b>1,11</b>					
INCREMENTO DA ÁREA BASAL (m <sup>2</sup> /ha/ano)	MELHORES								<b>0,94</b>		0,87		
	PIORES	0,03					<b>-0,41</b>						
Nº TOTAL DE VALORES		<b>8</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
Nº VALORES MELHORES		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>0</b>
Nº VALORES PIORES		<b>4</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
DIFERENÇA = MELHORES - PIORES		<b>0</b>	<b>-4</b>	<b>-1</b>	<b>4</b>	<b>-4</b>	<b>0</b>	<b>-5</b>	<b>7</b>	<b>-1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>-4</b>

Tabela 12. Ranqueamento das áreas anuais de restauração florestal na Flona Saracá-Taquëra/IBAMA, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará.

ANO DA ARF	Nº TOTAL DE VALORES	Nº DE VALORES MELHORES	Nº DE VALOR EXTREMO MELHOR	Nº DE VALORES PIORES	Nº DE VALOR EXTREMO PIOR	DIFERENÇA ENTRE OS VALORES (MELHORES – PIORES)	POSIÇÃO
1992	9	8	3	1	0	7	1 <sup>a</sup>
1984	6	5	2	1	0	4	2 <sup>a</sup>
1994	9	6	3	3	3	3	3 <sup>a</sup>
1995	6	4	3	2	1	2	4 <sup>a</sup>
1986	6	3	1	3	2	0	5 <sup>a</sup>
1981	8	4	0	4	0	0	6 <sup>a</sup>
1993	5	2	2	3	1	-1	7 <sup>a</sup>
1983	3	1	0	2	0	-1	8 <sup>a</sup>
1982	10	3	3	7	5	-4	9 <sup>a</sup>
1985	6	1	0	5	0	-4	10 <sup>a</sup>
1996	4	0	0	4	4	-4	11 <sup>a</sup>
1987	7	1	1	6	4	-5	12 <sup>a</sup>



investir em pesquisas sobre o manejo do solo superficial em áreas fortemente impactadas pela atividade humana objetivando maior riqueza, abundância e crescimento das espécies arbóreas; práticas silviculturais e de preparo do solo devem ser também objeto de pesquisa visando à otimização do paradigma da restauração florestal: a maximização da biodiversidade e da biomassa vegetal de árvores, sobretudo aquelas de rápido crescimento adaptadas a esses ambientes.

## AGRADECIMENTOS

À MRN e seus funcionários, em especial a Milena Moreira, Ademir Cavalcanti, Jenaldo Carvalho e Maria Carvalho; ao IBAMA e seus funcionários na Flona Saracá-Taquëra/IBAMA, por meio do coordenador Carlos Augusto A. Pinheiro, nossos sinceros agradecimentos.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, L. M.; CAPP, J. P.; GILMORE, D.W. Coal mine spoil and refuse bank reclamation with powerplant fly ash. **Compost Science**, [s.l.], v. 13, n. 6, p. 20-26, 1972.
- ALDON, E. F. Soil ripping treatments for runoff and erosion control. FEDERAL INTER-AGENCY SEDIMENTATION CONFERENCE, 1976, Denver, Colorado. **Proceedings...** 3. Denver, 1976. p. 2-24, 2-29, 1976.
- ALDON, E. F.; GARCIA, G. Vegetation changes as a result of soil ripping on the Rio Puerco in New México. **Journal of Range Management**, [s.l.], n. 25, p. 381-283, 1972.
- BARTH, R. C. **Avaliação da recuperação de áreas mineradas no Brasil**. Viçosa: SIF/UFV/IBRAM, 1989. 41 p. (Boletim Técnico, 1).
- BERG, W. A. Plant-toxic chemicals in acid-spoils. In: COAL MINE SPOIL SYMPOSIUM. UNIVERSITY PARK, 1965, Pennsylvania. **Proceedings...** Pennsylvania: School of Forest Resources, Pennsylvania State University. 1965. p. 91-94.
- BROWN, D. **Equipment for reclaiming strip-mined land**. Missoula, Montana: Department of Agriculture, Forest Service. 1977. 58 p. (Handbook).
- CANADA, Ministry of Natural Resources. **Vegetation for the rehabilitation of pits and quarries**. Ontário: Division of Forests, 1975. 38 p.
- CÂNDIDO, J. F.; GRIFFITH, J. J. **Recomendações para a recuperação de superfícies mineradas de bauxita**. Viçosa: UFV, 1978.
- CAPP, J. P.; GILLMORE, D.W. Soil-making potential of power-plant fly ash in mined-land reclamation. In: RESEARCH AND APPLIED TECHNOLOGY SYMPOSIUM ON MINED-LAND RECLAMATION, 1., 1973, Pittsburg, Pennsylvania. **Proceedings...** Monroeville, Pennsylvania: National Coal Association/Bituminous Coal Research, 1973. p. 178-186.
- CARPANEZZI, A. A.; COSTA, L.G. S.; KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, C. F. A. Funções múltiplas das florestas: conservação e recuperação do meio ambiente. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1999, Campos do Jordão. **Anais ...** Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1999a. p. 266-277.
- CARPANEZZI, A. A.; COSTA, L.G.S.; KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, C. F. A. Espécies pioneiras para recuperação de áreas degradadas: a observação de laboratórios naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais ...** Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990b. p. 216-221.
- COOK, C.W.; HYDE, R. M.; SIMS, P. L. **Revegetation guidelines for surface mined áreas**. Fort Collins, Colorado: Colorado State University, 1974. 73 p. (Science Series, 16).
- CURTIS, W. R. Effects of strip-mining on the hydrology of small mountain watersheds in Appalachia. In: HUTNIK, Russell J.; DAVIS, Grant. **Ecology and reclamation of devastated land**. New York: Gordon and Breach, 1973a. p. 145-157, v. 1.
- CURTIS, W. R. Moisture and density relations on graded strip-mined spoils. In: RUSSELL, Hutnik J.; GRANT, Davis. **Ecology and reclamation of devastated land**. New York: Gordon and Breach, 1973b. p. 135-144, v. 1.
- DAVIS, C. E.; HILLI, V.G. Reclamation of mined-out bauxite lands in Jamaica. In: SEPARATA DE AIME DE AIME ANNUAL MEETING, 1972, San Francisco, Califórnia. **Proceedings...** San Francisco, California, 1972. p. 20-24.
- FARMER, E. E.; RICHARDSON, B. Z.; BROWN, Ray W. **Revegetation of acid mining wastes in Central Idaho**. Ogden, Utah: Department of Agriculture, Forest Service, 1976. 17 p. (Research Paper, INT-178).
- FERRAZ, J. **Diagnóstico do comportamento do reflorestamento realizado na Mina Saracá entre 1981 e 1987**. Manaus: INPA-CPST, 1991. 4 v.
- FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F.; SILVA, E. M. R.; FARIA, S. M. **Revegetação de solos degradados**. Seropédica. EMBRAPA/CNPAB. 1992. 11 p. (Comunicado Técnico, 9).
- GEISER, R. R.; OLIVEIRA, M. C. Necessidade de armazenar o solo. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 2, n. 3, p. 58-59. 1977.
- GRIFFITH, J. J.; CÂNDIDO, J. F. **Recuperação de superfícies mineradas de bauxita em Poços de Caldas**. Viçosa, Sociedade de Investigações Florestais, 1978.



- HINZ, D.; DOETTLING, H. P. **Rehabilitation of mined out bauxite bauxite áreas and red-mud pon surfaces at Gove, N.T.** Austrália: TMS Light Metal, 1979. v. 1. p. 45-58.
- JANOS, D. P. Vesicular arbuscular mycorrhizae affect lowland tropical forest plant growth. **Ecology**, New York, v. 6, n.11, p. 151-162, 1980.
- JESUS, M. J. Revegetação: da teoria à prática - técnicas de implantação. In: SIMPÓSIO SUL AMERICANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1/SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2, 1994, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SOBRADE/UFPR, 1994.
- JESUS, R. M. Restauração florestal na Mata Atlântica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3, 1997, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: SOBRADE/UFV, 1997. p. 544-557.
- JORDAN, C. F. **Nutrient cycling in tropical forest ecosystems.** Wiley, Chichester, 1985.
- KING, J. A. Some physical features of soil after opencast mining. **Soil use and management**, Edinburgh, v. 4, n. 1, p. 23-30, 1988.
- KNOWLES, O. H. Recomendações sobre a reabilitação da mina a céu aberto da MRN, Porto Trombetas. SIMPÓSIO NACIONAL DE ECOLOGIA, 2, 1980. **Anais...** Porto Alegre p. 159-168.
- KNOWLES, O. H. **Estudo exploratório sobre a influência do solo vegetal no crescimento e desenvolvimento do reflorestamento efetuado na mina Saracá no período de 1979-87:** relatório interno. Porto Trombetas: MRN, 1992.
- KNOWLES, O. H. Informações básicas para o êxito na reposição florestal em áreas degradadas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ALTERNATIVAS PARA O DESMATAMENTO, Belém, 1988. **Anais...** Belém, 1988. 20 p.
- KNOWLES, O. H. **Plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD) para a Mina Saracá da MRN, Trombetas.** Porto Trombetas, 1989. 7 p.
- KNOWLES, O. H.; PARROTTA, J. A. Amazonian forest restoration: an innovative system for native species selection based on phenological data and field performance indices. **Commonwealth Forestry Review**, v. 74, n. 3, p. 230-243, 1995.
- KOVACIC, W. J. The use of fly ash on the acid soil of reclaimed mined land. In: MINED LAND WORKSHOP, Kansas, 1972. **Proceedings...** Kansas: Kansas State Geological Survey, 1972. p. 26-27. (Special Distribution Publication, 65).
- LAPA, R. P. A bauxita e o rejeito da bauxita. In: BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A.; ROLAND F. (Eds.). **Lago Batata:** impacto e recuperação de um ecossistema Amazônico. Rio de Janeiro: IB-UFRJ/SBL, p. 27-5, 2000.
- LEÃO, N. V. M.; OHASHI, S. T.; VIEIRA, I. C. G.; GHILARD, R. **Ilha de germoplama de Tucuruí:** uma reserva da biodiversidade para o futuro. Brasília: Eletronorte, 2005. 232 p.
- LEWIS, R. R. Mangrove forests. In: LEWIS, R. R. (Ed.). **Creation and restoration of costal plant.** Boca Raton, Florida: CRC Press, 1982. p. 154-171.
- MODESTO, Z. M. M.; SIQUEIRA, N. J. B. **Botânica.** São Paulo: EPU, 1981. 378 p.
- MOSCATELLI, M.; DE'CARLI, C.; ALMEIDA, J.R.. Legalidade teórica e realidade prática na defesa de manguezais: estudo de caso em Angra dos Reis, Rio de Janeiro. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA: Subsídios a um Gerenciamento Ambiental, 3., 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1993. p. 93-98.
- MUIR, W. L. G. **Reclamation of surface mined land.** Harrow, England: Miller Freeman Publications Inc., 1979. 239 p.
- NICHOLS, D.G.; MICHAELSEN, D. V. **Successional tr nds in bauxite minesites rehabilitated using topsoil teohniques al ALCOA.** West Austrália: [s.n.], 1986.
- OLIVEIRA, A. A. **Diversidade, estrutura e dinâmica do componente arbóreo de uma floresta de terra firme de Manaus, Amazonas.** 1997. 155 p. Tese (Doutorado). Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- OLIVEIRA, L. C. de; SILVA, J. N. M. Dinâmica de uma floresta secundária no Planalto de Belterra, Santarém – Pará. In: SIMPÓSIO/WORKSHOP INTERNACIONAL MANEJO E REABILITAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS E FLORESTAS SECUNDÁRIAS NA AMAZÔNIA, Santarém, 1995. **Anais...** Santarém: USDA/Forest Service, 1995. p. 122-135.
- PHILLIPS, O. L.; GENTRY, A. H. Increasing turnover through time in tropical forests. **Science**, v. 263, p. 954-8, 1994.
- PILJ, L. Van der L. **Principles in hingler plants.** [S.l.:s.n.], 1905. [S.l.:s.n.].
- PIRES-O'BRIEN, M. J.; O'BRIEN, C. M. **Aspectos evolutivos da fenologia reprodutiva das árvores tropicais.** Belém: FCAP. Serviço de Documentação e Informação, 1995. 25 p.
- PLASS, W.T.; CAPP, J. P. Physical and chemical characteristics of surface mine spoil treated with fly ash. **Journal of soil and water conservation**, Ankeny, v. 29, n. 3, p. 119-121, 1974.
- PLASS, W.T. 1969. **Pine seedlings respond to liming of acid strip-mine spoil.** Upper Darby, Pennsylvania: Department of Agriculture, Forest Service. 8 p. (Research Norte, NE-103).
- RADAMBRASIL. **Folha SA22 – Belém:** Vegetação. Belém: DNPM. Levantamento de Recursos naturais. 1974, v. 5.
- RADAMBRASIL. **Projeto. Folha SA.21 - Santarém.** Belém: DNPM, 1976. v. 10. p. 310-414, 1976.

- RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Recomposição de florestas nativas: princípios gerais e subsídios para uma definição metodológica. **Rev. Bras. Hort. Orn.**, v. 2, n. 1, p. 4-15, 1996.
- SALOMÃO, R. P. Dinâmica da vegetação na recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita na Amazônia: enfoque na Resolução Nº 47, de 26/11/2003, para o Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 55., 2004, Viçosa. **Simpósios, palestras e mesas redondas**. Viçosa: Sociedade Botânica do Brasil/UFV, 2004. 1CD-ROM.
- SALOMÃO, R. P.; MATOS, A. H.; ROSA, N. A. Dinâmica de reflorestamentos visando a restauração da paisagem florestal em áreas de mineração na Amazônia. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, ser. Botânica**, Belém, v. 18, n. , p. 157-194, 2002.
- SALOMÃO, R. P.; NEPSTAD, D. C.; VIEIRA, I. C. G. Como a biomassa de florestas tropicais influi no efeito estufa? **Ci. Hoje**, v. 21, n. 122, p. 38-47, 1996.
- SALOMÃO, R. P.; NEPSTAD, D. C.; VIEIRA, I. C. G. Biomassa e estoque de carbono de florestas tropicais primária e secundária. In: GASCON, C.; MOUTINHO, P. (Eds.). **Floresta Amazônica: dinâmica, regeneração e manejo**. Manaus: INPA, 1998. p. 99-119.
- SALOMÃO, R. P.; PIRES, J. M. Dinâmica de florestas tropicais primárias fragmentadas e contínuas na Amazônia oriental. In: SEMINÁRIO DINÂMICA DE FLORESTAS TROPICAIS, Belém, 2006. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 1CD-ROM
- SALOMÃO, R. P.; ROSA, N. A.; CASTILHO, A. F.; MORAIS, K. A. C. Castanheira-do-Brasil recuperando áreas degradadas e provendo alimento e renda para comunidades da Amazônia setentrional. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, Belém, v. 1, n. 2, p. 65-78, 2006.
- SALOMÃO, R. P.; ROSA, N. A.; FERRAZ, J.; MATOS, A. H. Uso de parcelas permanentes em reflorestamento de diversas idades para avaliação da recuperação de áreas mineradas, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3, 1997, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: SOBRADE/UFV, 1997. p. 407-15.
- SALOMÃO, R. P.; ROSA, N. A.; MATOS, A. H. Aptidão ecológica de espécies arbóreas amazônicas para a recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita, Porto Trombetas, município de Oriximiná, Pará - 1ª aproximação In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 4, Blumenau. **Anais...** SOBRADE/FURB-Blumenau. 2000a. 13 p.
- SALOMÃO, R. P.; ROSA, N. A.; MATOS, A. H. Estudo e monitoramento da floresta tropical primária visando a restauração da paisagem florestal em áreas degradadas da Amazônia brasileira In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 4., 2000b, Blumenau. **Anais...** Blumenau: SOBRADE/FURB, 2006b. 19 p.
- SANDOVAL, F. M.; BOND, J. J.; POWER, J. F.; WILLIS, W. O. 1973. Lignite mine spoil in the northern great plains-characteristics and potential for reclamation. In: NORTH Dakota Geological Survey, Some environmental aspects of strip mining in North Dakota. [S.l.], 1973. p. 17 (Educational Service Publication, 5 EDITOR). SUTTON, P. **Restoring productivity of coal mine spoil-banks**. Ohio Rep., Wooster, Ohio: Ohio Agricultural Research and Development Center, 55(4):62-63, 1970.
- SZEGLI, J. Voros, N.; GULYAS, F. Soil biological problems of the recultivation of open cut pit tips in Hungary. **Zbl. Microbiol.**, n. 138, p. 577-583, 1983.
- THOMPSON, D. N.; HUTNIK, R. J. Environmental characteristics affecting plant growth on deep-mone coal refuse banks. **Pennsylvania state University School of forestry Research Briefs (PERIÓDICO)**, University Park, Pennsylvania, v. 6, n. 2, p. 22-25, 1972
- TYSON, W. The native regrowth method for steep slopes. **Landscape Architecture**, Louisville, Kentucky, p. 57-61, Jan. 1979.
- UHL, C. Tree dynamics in a species rich tierra firme forest in Amazonia, Venezuela. **Acta Ci. Venez.**, n. 33, p. 77-7, 1982.
- UHL, C.; BUSCHBACHER, R.; SERRÃO, E. A. S. Abandoned pastures in lastern Amazonia. I Patternus of plant sucesion. **Journal of Ecology**, v. 76, p. 663-681, 1988.
- VIANA, V. M. Biologia e manejo de fragmentos de florestas naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão. **Anais ...** Campos do Jordão, 1990. p. 219-21.
- VIEIRA, I. C. G; SALOMÃO, R. P.; ROSA, N. A.; NEPSTAD, D. C.; ROMA, J. C. O renascimento da floresta no rastro da agricultura. **Ci. Hoje**, v. 20, n. 119, p. 38-44, 1996.
- WANDELLI, E. V; PERIN, R.; SOUZA, S. G.; MATOS, J. C. S.; SOUZA, J. N.; Fernandes, C. M. Sistemas agroflorestais: uma alternativa para a recuperaçã de áreas degradadas na Amazônia ocidental. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3, Ouro Preto. **Anais...** Viçosa: DEF/UFV, 1997. p. 487-493.

Recebido: 09/10/2006  
Aprovado: 30/03/2007

