

## Desenvolvimento de espécies arbóreas em reflorestamentos de áreas mineradas da Floresta Amazônica

**Araína Hulmann Batista**<sup>(1)</sup>; **Laércio Barbeiro**<sup>(2)</sup>; **Ramon Gomes**<sup>(2)</sup>; **Vander de Freitas Melo**<sup>(3)</sup>.

<sup>(1)</sup> Estudante de doutorado; Universidade Federal do Paraná; Curitiba, Paraná; arainahulmann@gmail.com; <sup>(2)</sup> Engenheiro Florestal, STCP Engenharia de Projetos; Curitiba, Paraná; <sup>(3)</sup> Professor; Universidade Federal do Paraná; Curitiba, Paraná.

**RESUMO:** A mineração para extração de bauxita em Oriximiná, estado do Pará, ocorre desde a década de 1970. O perfil estratigráfico nessa região é formado pelo Latossolo Amarelo (3 a 5 m), horizonte litoplântico (F) (2 a 3 m) e camada de bauxita (2 a 3 m), de interesse econômico. O presente trabalho foi conduzido em 2012 e teve como objetivo avaliar o desenvolvimento das espécies arbóreas em reflorestamentos dos anos de 2005, 2006 e 2007 em função de características morfológicas e físicas dos solos recompostos. Foram selecionadas em cada uma das áreas reflorestadas cinco unidades amostrais (UA), determinando-se altura, diâmetro a altura do peito e número de árvores. Em relação ao solo foi aberta uma trincheira em cada UA (5 x 3 anos = 15 trincheiras) para análise morfológica, que incluiu a medida da massa de lateritas sobre a superfície do solo no entorno do perfil. O desenvolvimento das árvores nos reflorestamentos foi inverso à massa de fragmentos de lateritas em cada unidade amostral. O uso de máquinas pesadas também deve ter favorecido à compactação dos solos recompostos. Além da ocorrência de lateritas e a compactação do solo, outros fatores, de difícil medição atual, podem ter atuado negativamente sobre o crescimento das plantas nos plantios de 2006 e 2007. A recomposição dos solos e o restabelecimento das plantas é uma prática complexa, onde envolve a interação de vários fatores, e o peso de cada um deles na viabilização ou não dos reflorestamentos é variável em função de condições locais.

**Termos de indexação:** bauxita, recuperação ambiental, castanheira do Brasil.

### INTRODUÇÃO

Segundo dados do INPE (2009) as taxas anuais de supressão da vegetação na Amazônia atingiram cerca de 1,7 milhões de hectares nos últimos 10 anos. A mineração está entre as atividades responsáveis pelo desmatamento nesta região. Entretanto, diferentemente da ocupação irregular, tais ações são sujeitas a licenciamento ambiental, requerendo o desenvolvimento de ações de controle e minimização de impactos, a exemplo da recuperação de áreas degradadas.

Naturalmente os solos da região Amazônica são em sua maioria, profundos, de textura média a

argilosa, bem drenados e com relevo suave ondulado a plano (IBAMA, 2001). Este padrão possibilita o desenvolvimento de espécies muito exuberantes, como é o caso da castanheira do Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K). Alguns estudos realizados com esta espécie demonstram que, dentre as principais restrições de crescimento, encontram-se a disponibilidade hídrica e estrutura do solo (Ferreira et al., 2012), características que são alteradas em áreas mineradas.

No Estado do Pará, município de Oriximiná, extensas áreas com reserva de bauxita ( $Al_2O_3$  e  $Al(OH)_3$ ) em platôs sob a Formação Barreiras vêm sendo mineradas desde meados de 1970. As modificações nas características físicas podem relacionar-se à infiltração, redistribuição, adsorção e fornecimento de água e nutrientes, além do impedimento ao desenvolvimento do sistema radicular das árvores. O processo de recomposição do solo nestas áreas tem remobilizado a profunda camada de laterita para a superfície do terreno. Esta alteração pode ser responsável por dificultar o desenvolvimento satisfatório dos reflorestamentos.

Nas áreas reflorestadas uma das exigências do IBAMA para continuidade da lavra é a implantação de banco de germoplasma da *Bertholletia excelsa*. Um estudo preliminar de campo permitiu observar uma taxa significativa de mortalidade e baixo desenvolvimento das espécies florestais em áreas de reflorestamento da castanheira do Brasil.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento das árvores nos bancos de germoplasma e correlacionar as características dendrométricas com atributos morfológicos e físicos dos solos recompostos.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Área de estudo

A área está localizada na FLONA Saracá-Taquera, em Porto Trombetas, pertencente ao município de Oriximiná – PA, entre as coordenadas planas no sistema de projeção UTM, datum SAD69, X1: 545536; Y1: 9798312; X2: 571482; Y2: 9826340. O clima da região foi classificado como AF1 segundo a escala de Köppen (Salomão & Matos, 2002), com precipitação pluviométrica anual variando entre 2.500 a 3.000 mm e temperatura média de 26° C.

A região é rica em minério de alumínio distribuído

em diversos platôs, atualmente já minerados, ou em início de mineração. Os perfis estratigráficos dos platôs minerados apresentam a seguinte sequência e espessuras médias (de cima para baixo): i) regolito do Latossolo Amarelo (horizontes A, B e C) de 3 a 5 m; ii) camada contínua de lateritas (horizonte F) de 2 a 3 m; iii) bauxita de 2 a 3 m. Desta forma, para extração do minério, a operação de lavra se inicia com a supressão da cobertura vegetal, retirada do solo e da camada de laterita. Para recomposição do terreno, os horizontes B, C e F são misturados e retornados para as áreas de lavras (mistura chamada de estéril). No início da lavra procura-se separar e reservar o horizonte A, que é colocado sobre o material estéril. Ao final, sobre o terreno recomposto é então realizado o reflorestamento com espécies nativas da região. O solo nas covas de plantio recebeu corretivo e adubação com macronutrientes.

### Tratamentos e amostragens

Foram escolhidos três reflorestamentos usados para manter o banco de germoplasma de *Bertholletia excelsa* no platô denominado Almeidas. O ano de 2005, onde árvores apresentavam crescimento mais satisfatório, foi usado como referência para as avaliações nos reflorestamentos de baixo crescimento dos anos 2006 e 2007. O formato da parcela para proceder às avaliações dendrométricas foi o circular, com o raio de 5 m a partir da base de uma castanheira selecionada, totalizando 78,5 m<sup>2</sup>. Cada UA foi composta por um indivíduo de *Bertholletia excelsa* e as demais árvores de outras espécies nativas também plantadas no reflorestamento dentro da área previamente definida.

Todas as árvores localizadas no interior da parcela foram medidas com fita diamétrica e aquelas com circunferência à altura do peito (1,30 m) (DAP) maior do que 0,05 m foram registradas em fichas de campo. A altura total (HT) foi estimada com o uso do hipsômetro de Blume-Leiss. Para que a coleta representasse as possíveis variações nos tratamentos culturais e na recomposição do solo após a mineração em termos espaciais, procurou-se espalhar as UA dentro de cada banco de germoplasma (Figura 1).

Foram posicionados gabaritos de madeira de 0,5 m x 0,5 m em dois pontos (repetições) sobre o terreno em cada UA com a finalidade de estimar a massa de lateritas do pavimento. Os gabaritos foram posicionados sempre a um metro de distância das castanheiras e toda a laterita coletada dentro do gabarito foi pesada a campo.

Para descrição morfológica do solo foi aberta uma trincheira em cada UA, a cerca de 1 m da base

da castanheira, com o uso de retro escavadeira. Os perfis foram separados em seis profundidades (0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm, 40-70 cm, 70-100 cm) para descrição morfológica e coleta de amostras indeformadas com anéis de Kopech para determinação da densidade do solo. Os principais atributos morfológicos determinados foram: ocorrência de laterita, cor do solo, abundância de sistema radicular e notas quanto à resistência da camada à penetração com a faca.



Figura 1. Visão geral das áreas (bancos de germoplasma) distribuídas nos anos dos reflorestamentos (2005, 2006, 2007) e localização das unidades amostrais.

### Análise estatística

Os resultados de HT e DAP das castanheiras em cada UA foram submetidos à estatística descritiva. Os resultados das análises morfológicas e físicas foram submetidos à análise de variância e ao teste de Duncan para a comparação das médias a 5% de probabilidade. Os dados de solo foram correlacionados (Pearson) com os parâmetros de crescimento das plantas, utilizando-se do programa estatístico SAS, 2001 (Statistical Analysis System, versão 6.11).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Vegetação

#### Crescimento das castanheiras e outras espécies

Os maiores valores para as variáveis DAP e HT foram observados no plantio de 2005 (Tabela 1). O crescimento em 2006 foi ligeiramente superior à 2007. A distribuição diamétrica das árvores de todas as espécies também foi mais favorável no

reflorestamento de 2005 (**Figura 2**). Esses dados confirmam as observações visuais de campo em relação ao desenvolvimento das castanheiras e das demais plantas nos três anos de plantio: 2005 > 2006 > 2007 (**Figura 1**).

Tabela 1 – Estatística descritiva das variáveis diâmetro a altura do peito (DAP) e altura total (HT) das árvores de *Bertholletia excelsa* nos plantios dos anos de 2005, 2006 e 2007.

Estatísticas	Ano de reflorestamento					
	2005		2006		2007	
	DAP <sup>(1)</sup> (cm)	HT <sup>(2)</sup> (m)	DAP (cm)	HT (m)	DAP (cm)	HT (m)
Média Aritmética	10,88	11,2	2,61	1,71	1,55	1,26
Desvio Padrão	2,86	2,54	2,49	0,77	0,52	0,5
Coefficiente de Variação (%)	25,56	24,32	95,14	45,31	3,94	39,98

<sup>(1)</sup> Diâmetro a altura do peito; <sup>(2)</sup> altura.

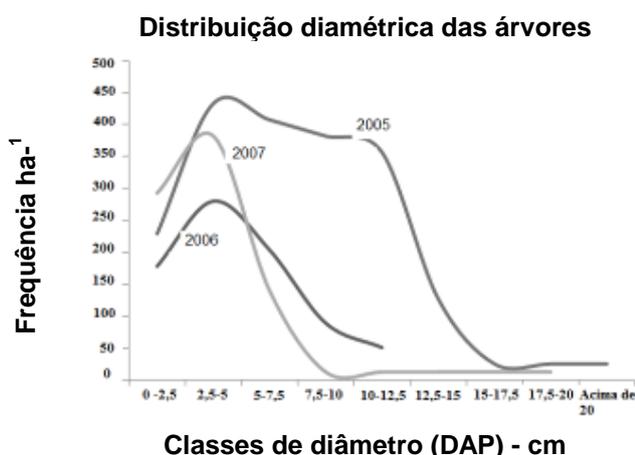


Figura 2 - Distribuição diamétrica das árvores dos reflorestamentos de 2005, 2006 e 2007 (castanheiras + outras espécies nativas).

Considerando o espaçamento utilizado nos reflorestamentos de 3 x 3 m entre os indivíduos, tem-se 1.111 plantas por hectare. A estimativa do número de indivíduos por hectare nos reflorestamentos foi de 2.012 em 2005, 802 em 2006 e 879 em 2007. Com estes dados é possível observar que a mortalidade nos anos de 2006 e 2007 ficaram próximas a 30%.

Os resultados foram diferenciados para o plantio de 2005, onde o número de indivíduos praticamente duplicou, sugerindo que esse plantio apresenta condições de sítios melhores.

### Solo e sua interação com o crescimento vegetal

Os dados de massa de lateritas na superfície do terreno seguiram padrão contrário ao crescimento das plantas: 2007 > 2006 > 2005 (**Figura 3**). A ocorrência de lateritas distribuídas no perfil de solo contribui para impedimento ao crescimento do sistema radicular, o que dificulta o estabelecimento das plantas.

O grande volume de laterita na superfície do solo reflete as dificuldades operacionais de recomposição dos solos na mineração da bauxita. As médias das massas de lateritas em 2006 e em 2007 foram significativamente superiores à massa de lateritas em 2005 (**Figura 3**).

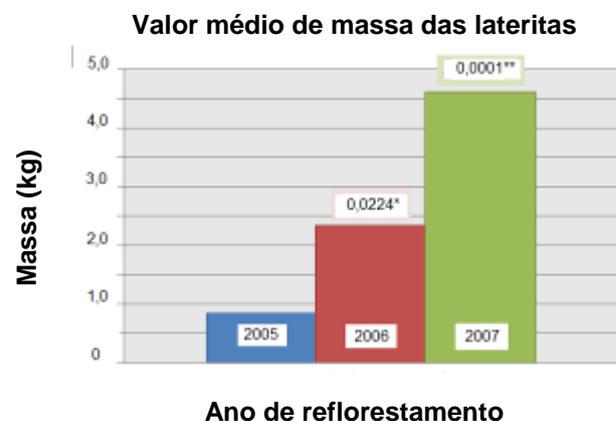


Figura 3 - Teste de média da massa de lateritas de uma área de 0,5 x 0,5 m na superfície do solo nos povoamentos de 2005, 2006 e 2007. Os *p* valores sobre as barras representam o nível de significância em que as médias dos anos de 2006 e de 2007 foram diferentes de 2005 pelo teste de Duncan. \* e \*\* representam diferenças significativas aos níveis de 5% e de 1% de probabilidade, respectivamente.

Verificaram-se correlações negativas e significativas entre a massa de lateritas (ML) na superfície dos solos e os dados dendrométricos de todas as espécies reflorestadas: ML x Volume = -0,55\*; ML x DAP = -0,70\*\*; ML x HT = -0,68\*\*.

Uma das condições diferenciadas registradas no povoamento de 2005 foi que a camada desses fragmentos se iniciava em maior profundidade: média de 30 cm entre os cinco perfis de solo. Esse comportamento pode ser atribuído a três fatores (não excludentes): i) nos perfis do povoamento de 2005 foi adicionada uma maior espessura da mistura dos horizontes A e parte do B do Latossolo original sobre o material estéril; ii) os processos erosivos favoreceram o arraste da cobertura com horizonte A em 2006 e 2007; iii) o horizonte A colocado em 2005 teve menor tempo de estocagem, o que confere ao material maior viabilidade do banco natural de sementes.

Os perfis de 2007 apresentaram condições morfológicas em condições distintas e menos favoráveis ao desenvolvimento vegetal. Não foi observado crescimento de raízes depois desta camada, bem como, em 15 cm de profundidade estas cresceram horizontalmente no perfil 3.

De maneira geral, considerando os três anos de reflorestamento, verificou-se aumento nos valores de densidade aparente com a profundidade do solo (**Figura 4**). O valor máximo de densidade do solo foi observado para a repetição 3, profundidade de 20 - 40 cm, do plantio de 2006 ( $D_s = 1,8 \text{ g cm}^{-3}$ ), a qual apresentou a maior quantidade de lateritas no interior do anel. Considerando uma camada acumulada até 20 cm o valor do coeficiente de correlação entre  $D_s$  e DAP foi negativo e altamente significativo ( $r = -0,74^{**}$ ). Além do efeito direto da ocorrência das lateritas são usadas máquinas pesadas em todo o processo, o que favorece a compactação do solo recomposto.

#### Valores médios de densidade aparente do solo

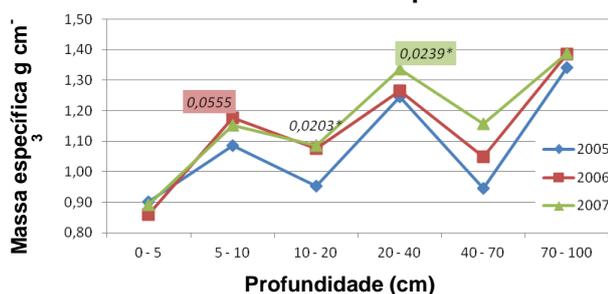


Figura 4 - Teste de média da densidade do solo em seis profundidades do perfil nos povoamentos de 2005, 2006 e 2007. Os  $p$  valores sobre os pontos do gráfico representam o nível de significância em que as médias dos anos de 2006 e de 2007 são diferentes da média de 2005 pelo teste de Duncan. O  $p$  valor sem cor significa que a média para ambas os anos são estatisticamente diferentes à media de 2005.\*Diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade.

O efeito positivo do incremento no crescimento das árvores e o fechamento do dossel do sub-bosque no plantio de 2005 (**Figura 1**) pode ter estimulado outros benefícios (sinergismo) nesse povoamento. Foi observada no campo que a exuberância da vegetação resultou em intensa deposição de matéria orgânica sobre o solo (formação de horizonte O). A formação de horizontes ricos em matéria orgânica, além de fundamental para a ciclagem de nutrientes, favorece a instalação e desenvolvimento da micro e mesofauna. Esta, por sua vez, contribui com a abertura de diversos canais biológicos e melhoria das qualidades físicas do solo, como aumento da macroporosidade e drenagem.

## CONCLUSÕES

Em virtude das análises apresentadas nesse estudo, pode-se concluir que a presença de fragmentos de laterita no perfil do solo foi importante no comprometimento das características morfológicas e físicas das áreas recompostas após a mineração, reduzindo o crescimento das espécies vegetais nos reflorestamentos.

Entretanto, não se pode negligenciar o efeito negativo de possíveis outros fatores, de difícil medição atual, sobre o crescimento das plantas nos plantios de 2006 e 2007, tais como: prolongado tempo de estocagem do horizonte A antes do seu espalhamento no terreno; baixa intensidade de controle de pragas; menor nível de precipitação nos meses seguintes ao plantio das mudas. Estas condições devem ser avaliadas em monitoramentos subsequentes.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à MRN – Mineração Rio do Norte – pelo apoio logístico e financeiro dado ao desenvolvimento do presente estudo, e ao ICMBio Trombetas pela licença para o desenvolvimento do mesmo na FLONA de Saracá-Taquera.

## REFERÊNCIAS

- FERREIRA, M.J.; GONÇALVES, J.F.C.; FERRAZ, J.B.S. Crescimento e eficiência do uso da água de plantas jovens de Castanheira-da-Amazônia em área degradada e submetidas à adubação. *Revista Ciência Florestal*, 22:393-401, 2012.
- IBAMA. Planejamento de Manejo da Floresta Nacional Saracá-Taquera, Estado do Pará, Brasil - Sumário Executivo. Curitiba: STCP, 2001 (paginado por capítulo).
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <(http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes\_1988\_2009.htm)> Acesso em: 02 de maio de 2013.
- SALOMÃO, R.P. & MATOS, A.H.M. Plano de Exploração Florestal em 160 Hectares de Floresta Tropical Primária Densa, Platô Aviso, Floresta Nacional Araçá-Taquera / IBAMA, Porto Trombetas, Oriximá, Pará. Porto Trombetas: MRN, 2002, 75 p.



# XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO

28 de julho a 2 de agosto de 2013 | Costão do Santinho Resort | Florianópolis | SC