

# COMPARANDO TÉCNICAS DE NUCLEAÇÃO UTILIZADAS NA RESTAURAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA<sup>1</sup>

Niwtton Leal Filho<sup>2</sup>, Gisele Rodrigues dos Santos<sup>2</sup> e Ricardo Leme Ferreira<sup>3</sup>

**RESUMO** – A exploração de petróleo na Amazônia, em geral, implica na abertura de clareiras. No plantio tradicional de mudas de espécies arbóreas nessas áreas remotas degradadas, usam-se os transportes aéreo e fluvial de máquinas e insumos, o que encarece o processo de restauração. Objetivando o desenvolvimento de técnicas de nucleação de baixo custo baseadas na aplicação de elementos naturais disponíveis localmente, o que permite a regeneração natural de espécies pioneiras arbóreas, na região de Urucu, AM, foram testados cinco tratamentos com cinco repetições, distribuídos em quadrado latino de 25 x 25 m: T0 (controle), T1 (aplicação de “topsoil” sobre canteiros de solo escarificado manualmente, adubado e com laterais protegidas por troncos de *Cecropia* spp.), T2 (aplicação de “topsoil” sobre canteiros adubados e sem proteção lateral), T3 (aplicação de “topsoil” diretamente sobre a superfície adubada da área degradada) e T4 (aplicação de “topsoil” por hidrossemeadura sobre canteiros). Foram avaliados os efeitos sobre a densidade aparente e a fertilidade do solo e a densidade de plântulas emergidas e seu crescimento. Após 18 meses, os tratamentos T1, T2 e T3 apresentaram, respectivamente, o estabelecimento de 3, 1, 1 ind. m<sup>-2</sup>, com altura similar, provenientes do “topsoil”. Os tratamentos T0 e T4 não apresentaram emergência de plântulas. A densidade do solo foi mais elevada nos tratamentos (>1,3 g cm<sup>-3</sup>) que na floresta (0,95 cm<sup>-3</sup>), enquanto a aplicação de fertilizante e calcário promoveu aumento na fertilidade do solo nos tratamentos, exceto de N e matéria orgânica, com teores mais elevados na floresta.

Palavras-chave: Banco de sementes do solo; Restauração ecológica; Mitigação de impactos.

## COMPARING NUCLEATION TECHNIQUES USED FOR THE RESTORATION OF DEGRADED AREAS IN THE BRAZILIAN AMAZON

**ABSTRACT** – Oil exploration in the Amazon generally results in the creation of clearings. The traditional planting of tree seedlings in these remote degraded areas uses air and river transport of machinery and supplies resulting in a very expensive restoration process. To develop low cost nucleation techniques based on the application of locally available natural elements, allowing the natural regeneration of pioneer tree species, 5 treatments with 5 replicates, distributed in a 25 x 25 m Latin square, were tested, in the region of Urucu, Amazonas: T0 (control), T1 (application of topsoil on fertilized seedbeds of manually scarified soil with sides protected using *Cecropia* logs), T2 (application of topsoil on fertilized seedbeds without lateral protection), T3 (application of topsoil directly on the fertilized surface of the degraded area) and T4 (application of topsoil by hydroseeding on seedbed). The effects on apparent density and soil fertility, as well as on the density and growth of emerged seedlings, were evaluated. After 18 months, the T1, T2 and T3 treatments resulted in the establishment of 3, 1 and 1 individuals m<sup>-2</sup>, respectively, with similar heights, originating from the topsoil. The T0 and T4 treatments had no seedling emergence. The soil density was higher in treatments (>1.3 g cm<sup>-3</sup>) compared to the forest (0.95 cm<sup>-3</sup>). While the application of fertilizer and limestone promoted an increase in the soil fertility in the treatments, the levels of nitrogen and organic matter were higher in the forest.

Keywords: Ecological restoration; Impact mitigation; Soil seed bank.

<sup>1</sup> Recebido em 13.02.2012 aceito para publicação em 06.08.2013.

<sup>2</sup> Departamento de Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPA, Brasil. E-mail: <niwtton@inpa.gov.br> e <gyselesantos@hotmail.com>.

<sup>3</sup> Bureau Veritas, PETROBRAS, Brasil. E-mail: <rleme\_ferreira@yahoo.com.br>.

## 1. INTRODUÇÃO

A exploração predatória dos recursos naturais pode resultar na degradação ambiental e na perda de biodiversidade (RODRIGUES et al., 2011). O uso sustentável desses recursos deve se basear no conhecimento sobre o funcionamento dos ecossistemas, da biodiversidade e da complexidade das interações ecológicas. O restabelecimento das condições ambientais semelhantes às originais pode assumir caráter de restauração, reabilitação ou recuperação (HERRERA et al., 1993; LOTT et al., 2004). A restauração de áreas degradadas pela atividade antrópica demanda a utilização de diferentes técnicas envolvendo conhecimentos multidisciplinares, sendo obrigatória não somente em função da legislação ambiental, mas devido à pressão exercida atualmente pela opinião pública sobre empresas e governos.

Os processos de restauração contemporâneos, assim como sua avaliação, apresentam base ecológica sólida (PARROTTA et al., 1997; VALCARCEL; SILVA, 1997; KAGEYAMA; GANDARA, 2000; HOWE; MIRITI, 2004; ALMEIDA; SÁNCHEZ, 2005; MARTINS et al., 2008), diferente da realidade observada em um passado recente, quando se caracterizava como atividade marcada por empirismos, com objetivos restritos de controle de erosão, estabilização de taludes e melhoria visual, entre outros (RODRIGUES; GANDOLFI, 2000; LAMB, 2005).

O uso de princípios teóricos da sucessão vegetal estabelecidos por inúmeros autores (GLEASON, 1926; CLEMENTS, 1936; YARRANTON; MORRISON, 1974; GRUBB, 1977; GARWOOD, 1989; HOWE; MIRITI, 2004) na restauração de áreas degradadas possibilita a proposição de técnicas de baixo custo fundamentadas nos mecanismos naturais, induzindo a regeneração local (BECHARA, 2007; TRES et al., 2007; BENTO, 2010).

Entre as técnicas de baixo custo utilizadas na restauração de áreas degradadas, destacam-se as técnicas de nucleação, sendo mais conhecida a que usa a transposição do banco de sementes do solo florestal e envolve princípios da facilitação (TRES et al., 2007; MIRANDA NETO et al., 2010), ou seja, a capacidade da vegetação em propiciar significativa melhoria ambiental, permitindo o aumento na probabilidade de ocupação desse ambiente por outras espécies de interesse. A técnica consiste em utilizar o potencial dos elementos naturais disponíveis localmente na formação de sítios nucleadores,

onde são formadas condições mínimas de atratividade, como abrigo, alimentação e local de reprodução dos dispersores de propágulos, favorecendo o estabelecimento e desenvolvimento da vegetação pioneira envolvida no processo inicial de regeneração natural (REIS et al., 2003; CALVI; VIEIRA, 2006; LEAL FILHO et al., 2006; REIS et al., 2010).

O uso de técnicas de nucleação (TRES et al., 2007) associado ou não ao plantio de espécies florestais em áreas degradadas, visando à formação de nova cobertura florestal com características naturais similares às originais, é denominado restauração neste trabalho, como definido por Espíndola et al. (2005).

A Floresta Tropical amazônica caracteriza-se pela alta biodiversidade e elevada biomassa de sua cobertura vegetal sobre solos de baixa fertilidade (CHAUVEL, 1982; SCHUBART et al., 1984), o que dificulta a sua restauração, principalmente após a eliminação da cobertura vegetal e da camada superficial do solo (DIAS; GRIFFITH, 1998). A eficiência da ciclagem de nutrientes entre a vegetação e o solo explica a coexistência da floresta rica e solos pobres (GOLLEY et al., 1978; LUCAS et al., 1993; FERREIRA et al., 2006; SANTOS JR. et al., 2006).

Na Amazônia brasileira, a agropecuária, a abertura de estradas e a mineração promovem distúrbios em áreas extensas. Entretanto, na exploração de petróleo o distúrbio ocorre em grande número de pequenas áreas isoladas de difícil restauração devido à elevada temperatura interna, aos processos erosivos, ao solo naturalmente adensado e de baixa infiltração e fertilidade e à situação agravada pela compactação promovida pela movimentação de máquinas em seu interior. Nessas pequenas áreas, elimina-se frequentemente não somente a vegetação, mas também a camada superficial dos solos, que contém a maior parte dos nutrientes, a matéria orgânica, os microrganismos e o banco de sementes (GARWOOD, 1989; DIAS; GRIFFITH, 1998; TOY et al., 2001; PARROTTA et al., 2001; TEKLE; BEKELE, 2002).

O transporte de máquinas, equipamentos, insumos e mão de obra por helicópteros e balsas para a restauração das áreas remotas degradadas pela atividade petrolífera eleva os custos das técnicas tradicionais, como o plantio de mudas de espécies arbóreas, que frequentemente apresentam desenvolvimento insatisfatório. Em razão desses fatos e da necessidade de restauração dessas

áreas, este estudo comparou a eficiência de diferentes técnicas de nucleação, com o intuito de facilitar o início da formação de uma vegetação secundária rica em espécies pioneiras e atrativa para a fauna local.

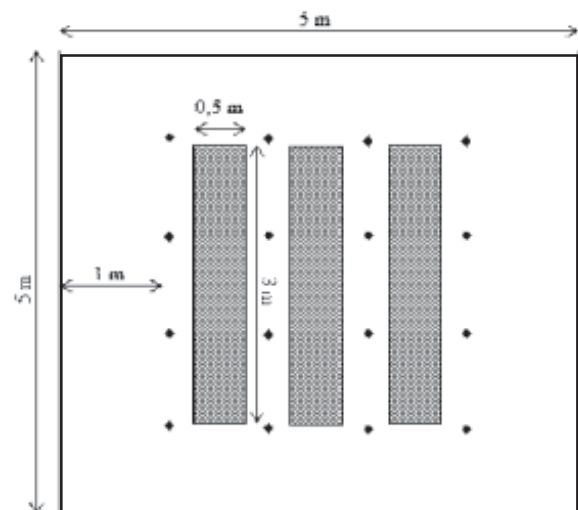
## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área da bacia do rio Urucu, situada no Município de Coari, AM ( $4^{\circ}$ - $5^{\circ}$ S,  $63^{\circ}$ - $66^{\circ}$ O), onde a Petrobras explora gás e petróleo. O clima é classificado como Afi segundo Köppen, com temperatura média anual elevada ( $>25^{\circ}$ C). A precipitação pode alcançar até 3.000 mm/ano com os meses de maior precipitação, ocorrendo entre dezembro e junho. Os solos predominantes podem ser classificados como Cambissolos, Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo nas áreas mais elevadas do relevo suave e ondulado e Gleissolo nas áreas inundadas periodicamente. A vegetação é classificada como Floresta Ombrófila Densa de terra firme, com dossel variando entre 23-32m de altura (LIMA FILHO et al., 2001; RIBEIRO et al., 2006; MACEDO et al., 2010).

A área experimental, com aproximadamente 3 ha, foi utilizada inicialmente como jazida (jazida 97) de argila e, posteriormente, como área de bota-fora de diversos materiais, principalmente solos degradados originados de reformas de estradas. As condições ambientais observadas no interior dessa área podem ser consideradas comuns à maior parte das áreas a serem restauradas nessa região.

Em parte plana e livre de inundação no interior da jazida 97, foi demarcada uma área com dimensões de 25 x 25 m, onde foram testados cinco tratamentos com cinco repetições estabelecidas em parcelas de 5 x 5 m no arranjo de quadrado latino. O experimento foi acompanhado por 18 meses, entre março de 2009 e setembro de 2010, através de visitas mensais para eventual controle de ervas daninhas e medições a cada seis meses. Para facilitar a movimentação das contagens e medidas das plântulas, os tratamentos foram estabelecidos sobre três faixas paralelas com dimensões de 3 x 0,5 m, instaladas no centro das parcelas experimentais com espaçamento de 0,5 m entre elas (Figura 1). O experimento de nucleação foi consorciado com o plantio de enriquecimento de mudas de espécies arbóreas nativas entre as faixas, com espaçamento de 1 m entre elas, adotando-se a metodologia de plantio da empresa usando covas de 30 x 40 cm e adubação na cova com NPK 04-14-04 (200 g) e calcário dolomítico (50 g.m<sup>-2</sup>).

Os tratamentos testados foram: (T0) controle representado pela superfície natural do solo nu da área; (T1) canteiros (0,2 x 0,5 x 3 m) formados pelo solo local escarificado manualmente com o uso de picareta e laterais protegidas da erosão por troncos roliços de *Cecropia* spp., abundantes na borda da clareira, com diâmetro aproximado de 20 cm e comprimento idêntico à lateral protegida. O canteiro foi adubado com NPK 04-14-04 (250 g.m<sup>-2</sup>) e calcário dolomítico (200 g.m<sup>-2</sup>) e, para facilitar a emergência das plântulas das espécies pioneiras presentes no banco de sementes, foi aplicada superficialmente uma camada de aproximadamente 2 cm de espessura do “topsoil” da floresta, representado pela camada de solo superficial de 10 cm de espessura. O “topsoil” foi retirado em uma área aproximada de 40 m<sup>2</sup> da floresta e incluiu a camada de serapilheira, que contém parte do banco de sementes; (T2) idêntico ao anterior, exceto pela ausência da proteção lateral do canteiro; (T3) aplicação de camada aproximada de 2 cm de altura do “topsoil” sobre faixas (0,5 x 3 m) de solo nu não escarificado, com aplicação de calcário e NPK na mesma proporção de T1 e T2; (T4) aplicação através de hidrossemeadura manual da solução constituída por: água (7 l.m<sup>-2</sup>), calcário (1,5 g.l<sup>-1</sup>), NPK



**Figura 1** – Distribuição das faixas experimentais no interior das parcelas amostrais no experimento de nucleação em Urucu, Coari, AM (♦: mudas plantadas; ■: faixa experimental).

**Figure 1** – Distribution of experimental seedbeds within the sample plots in the experiment of nucleation in Urucu Coari, AM (♦: seedlings planted; ■: experimental seedbed).

(6,5 g.l<sup>-1</sup>), "topsoil" peneirado em malha de 1 cm (1,4 l.m<sup>-2</sup>) e Acetamulch® (1,7 l.m<sup>-2</sup>) sobre canteiro não adubado e sem proteção lateral.

Para avaliar o efeito dos tratamentos sobre a densidade aparente e fertilidade superficial do solo, três meses após a instalação do experimento foram coletadas aleatoriamente, para cada variável estudada, 10 amostras de solo superficial em cada tratamento e na floresta primária, a uma distância mínima de 200 m da borda da jazida. Para avaliar o efeito da retirada do solo da floresta, na área onde foi coletado o "topsoil" foram coletadas aleatoriamente 10 amostras de solo superficial para estimar a densidade aparente e 10 para estimar a fertilidade.

Amostras de densidade aparente foram retiradas com 5 cm de diâmetro e 5 cm de profundidade, com o uso de um trado volumétrico cilíndrico. As amostras foram transportadas para o Laboratório de Análise de Solos e Plantas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), secas em estufa por 48 h a 105 °C e pesadas para o cálculo da densidade aparente do solo (peso seco da amostra/volume da amostra).

As amostras para análise de fertilidade do solo superficial foram coletadas com 5 cm de diâmetro e 10 cm de profundidade, com o uso de um trado volumétrico cilíndrico, e processadas e analisadas no INPA em relação aos macronutrientes (N, P, K, Mg, Ca), pH em H<sub>2</sub>O e conteúdo de matéria orgânica (M.O.), conforme a metodologia utilizada pela Embrapa (1997).

A densidade e os parâmetros de fertilidade foram comparados através de análise de variância (ANOVA a 5%) e as médias, quando necessário, comparadas pelo teste de Scheffé (5%), usando-se o programa Statistica 8.0. Os dados foram normalizados pela transformação em log<sub>10</sub> (x) quando necessário (ZAR, 1974).

Os experimentos foram inventariados aos 6, 12 e 18 meses após a instalação. Em cada inventário foram registrados o número e a altura dos indivíduos estabelecidos com altura > 10 cm, além da identificação botânica. Para diminuir a competição com as ervas que infestavam a área, principalmente *Paspalum* sp., limpezas manuais sobre os canteiros e capinas entre canteiros e entre parcelas foram realizadas aos 3, 6, 12 e 18 meses após o início do experimento. Devido a sinais de deficiência mineral, uma adubação de reforço com 200 g de NPK+ 50 g de MgSO<sub>4</sub>+ 50 g de calcário foi aplicada a lanço sobre os canteiros com tratamentos aos 12 meses após

o início do experimento. A densidade e a altura média nos diferentes períodos avaliados foram comparadas através da análise de variância (ANOVA a 5%) e as médias, quando necessário, comparadas pelo teste de Scheffé (5%). Os dados foram normalizados pela transformação em  $\sqrt{x}$  quando necessário.

### 3. RESULTADOS

A comparação entre médias dos parâmetros químicos e da densidade aparente do solo presentes nas áreas de florestas e nos diferentes tratamentos de nucleação mostra que as áreas experimentais apresentam elevação significativa da densidade e do pH, comparado às áreas de florestas. As áreas que receberam adubação química indicaram tendências claras de elevação na concentração dos macronutrientes, exceto para nitrogênio e a matéria orgânica, que foram mais elevados nas áreas de florestas (Tabela 1).

Entre os experimentos de nucleação, os tratamentos T1, T2 e T3 apresentaram estabelecimento de pioneiras arbóreas. O tratamento T1 esteve sempre entre aqueles com maior densidade média de indivíduos estabelecidos nos períodos analisados (Figura 2). Os tratamentos T0 e T4 não apresentaram regeneração natural. A densidade média de indivíduos estabelecidos aos seis meses diferiu significativamente entre os tratamentos (F: 6,400; p < 5%), sendo similares em T1 e T2 e menor em T3. Também houve diferença significativa (F: 6,962; p < 5%) na densidade entre os tratamentos aos 12 meses, sendo T1 maior que T3, e ambos foram similares a T2. Aos 18 meses, novamente os tratamentos diferiram significativamente (F: 8,816; p < 5%), com a densidade maior em T1 e similares em T2 e T3. (Figura 2).

Os tratamentos diferiram significativamente em relação à altura média calculada para indivíduos estabelecidos do banco de sementes. Aos 6 (F: 172,350; p < 5%) e 12 meses (F: 6,245; p < 5%), após o início do experimento, T1 apresentou a maior altura média, enquanto aos 18 meses não houve diferença significativa (F: 1,472; p > 5%) entre os tratamentos (Figura 3).

Seis meses após a instalação do experimento foram contabilizados, em todos os tratamentos, 1.540 indivíduos arbóreos distribuídos em 11 famílias, 14 gêneros e 21 espécies. Aos 12 meses, 556 indivíduos arbóreos distribuídos em sete famílias, oito gêneros e 13 espécies e aos 18 meses, 99 indivíduos arbóreos distribuídos em três famílias, três gêneros e quatro espécies. O

**Tabela 1** – Valores de macronutrientes, matéria orgânica (M.O), pH e densidade aparente do solo (Da), encontrados nos diferentes tratamentos de nucleação e nas áreas de floresta estudadas, em Urucu, Coari – AM.

**Table 1** – Nutrients, organic matter (M.O.), pH and soil bulk density (Da) in different treatments of nucleation and in the forest areas studied in Urucu, Coari-AM.

| Tratamentos  | pH em H <sub>2</sub> O | Ca (cmolkg <sup>-1</sup> ) | Mg (cmolkg <sup>-1</sup> ) | K (cmolkg <sup>-1</sup> ) | N (g kg <sup>-1</sup> ) | P (mgkg <sup>-1</sup> ) | M.O. (g kg <sup>-1</sup> ) | Da (g cm <sup>-3</sup> ) |
|--------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|
| T0           | 5,981 (a)              | 4,508 (a)                  | 0,274 (a, c)               | 0,048 (a)                 | 0,522 (a)               | 2,246 (a)               | 9,685 (a)                  | 1,403 (a)                |
| T1           | 6,281 (a)              | 4,265 (a)                  | 0,413 (a, b)               | 0,104 (b)                 | 0,681 (a, b)            | 19,188 (b, c, d)        | 9,954 (a)                  | 1,390 (a)                |
| T2           | 6,347 (a)              | 4,999 (a)                  | 0,422 (a, b)               | 0,101 (b)                 | 0,681 (a, b)            | 30,937 (b)              | 15,469 (a, b)              | 1,333(a)                 |
| T3           | 5,950 (a)              | 4,441 (a)                  | 0,363 (a, b)               | 0,120 (b)                 | 0,642 (a, b)            | 6,654 (a, b, c, d)      | 13,787 (a, b)              | 1,368 (a)                |
| T4           | 5,748 (a)              | 4,974 (a)                  | 0,517 (b)                  | 0,118 (b)                 | 0,813 (b)               | 45,885 (b, c)           | 16,478 (a, b)              | 1,378 (a)                |
| Floresta 1*  | 3,824 (b)              | 0,071 (b)                  | 0,165 (c, d)               | 0,093 (b)                 | 1,637 (c)               | 2,259 (a, c)            | 34,524 (b)                 | 1,032 (b)                |
| Floresta 2** | 3,728 (b)              | 0,045 (b)                  | 0,159 (d)                  | 0,071 (a, b)              | 1,373 (c)               | 1,543 (a, d)            | 27,799 (b)                 | 0,952 (b)                |

Obs. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scheffé (5%).

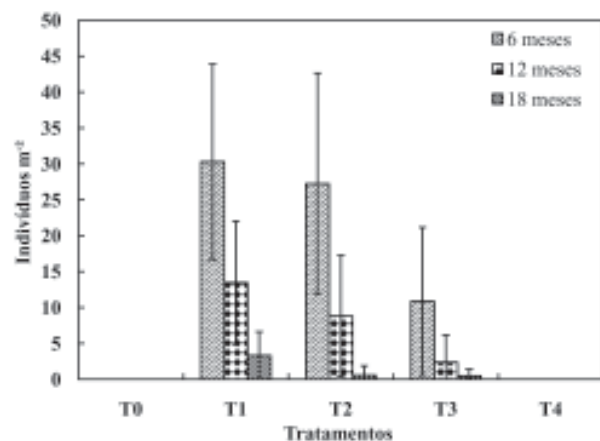
\* Floresta primária onde houve a retirada do "topsoil".

\*\* Floresta primária localizada a uma distância mínima de 200 m da borda da jazida.

Note means followed by same letter do not differ by the Scheffé test (5%).

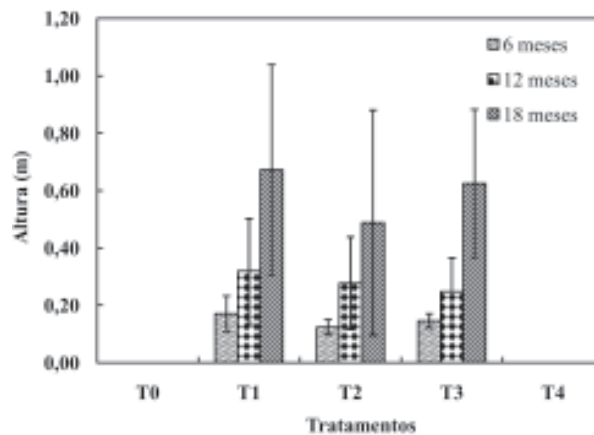
\* Primary forest where there was the removal of "topsoil".

\*\*Primary forest located at a minimum distance of 200 m from the edge area.



**Figura 2** – Densidade média dos indivíduos emergidos do banco de sementes e seus respectivos desvios padrões, em três épocas distintas, nos tratamentos de nucleação instalados em área degradada, localizada em Urucu, Coari-AM. T0 (controle), T1 (aplicação de "topsoil" sobre canteiros de solo escarificado manualmente, adubado e com laterais protegidas por troncos de *Cecropia* spp.), T2 (aplicação de "topsoil" sobre canteiros adubados e sem proteção lateral), T3 (aplicação de "topsoil" diretamente sobre a superfície adubada da área degradada) e T4 (aplicação de "topsoil" por hidrossemeadura sobre canteiros).

**Figure 2** – Average density of individuals emerged from the seed bank and their standard deviation in three distinct areas, in the nucleation treatments installed in the degraded area, located in Urucu, Coari, AM: T0 (control), T1 (application of topsoil on fertilized seedbeds of manually scarified soil with sides protected using *Cecropia* logs), T2 (application of topsoil on fertilized seedbeds without lateral protection), T3 (application of topsoil directly on the fertilized surface of the degraded area) and T4 (application of topsoil by hydroseeding on seedbed).



**Figura 3** – Altura média dos indivíduos arbóreos pioneiros emergidos do banco de sementes e seus respectivos desvios padrões, em três épocas distintas, nos tratamentos de nucleação instalados em área degradada, localizada em Urucu, Coari, AM - T0 (controle), T1 (aplicação de "topsoil" sobre canteiros de solo escarificado manualmente, adubado e com laterais protegidas por troncos de *Cecropia* spp.), T2 (aplicação de "topsoil" sobre canteiros adubados e sem proteção lateral), T3 (aplicação de "topsoil" diretamente sobre a superfície adubada da área degradada) e T4 (aplicação de "topsoil" por hidrossemeadura sobre canteiros).

**Figure 3** – Average height of individual trees pioneers emerged from the seed bank and its standard deviation at three different times, in the treatment of nucleation installed in degraded area, located in Urucu, Coari AM - T0 (control), T1 (application of topsoil on fertilized seedbeds of manually scarified soil with sides protected using *Cecropia* logs); T2 (application of topsoil on fertilized seedbeds without lateral protection); T3 (application of topsoil directly on the fertilized surface of the degraded area) and T4 (application of topsoil by hydroseeding on seedbed).

tratamento T1 apresentou em todos os períodos avaliados o maior número de indivíduos, espécies, gêneros e famílias estabelecidas (Tabela 2).

No tratamento T1 foi observada, aos seis meses, a presença de indivíduos, distribuídos em 6 famílias, 8 gêneros e 12 espécies; aos 12 meses, havia quatro famílias, quatro gêneros e sete espécies; aos 18 meses, foram contabilizados três famílias, três gêneros e quatro espécies. No tratamento T2, foram identificadas, aos 6 meses, 9 famílias, 11 gêneros e 16 espécies. Aos 12 meses, 6 famílias, 7 gêneros e 11 espécies; e aos 18 meses, 3 famílias, 3 gêneros e 4 espécies. Já em T3 foram contabilizados, respectivamente: 6 famílias, 7 gêneros e 11 espécies; 2 famílias, 2 gêneros e 5 espécies; e 2 famílias, 2 gêneros e 3 espécies.

Em todos os tratamentos, durante os sucessivos inventários as famílias que apresentaram maior porcentagem de indivíduos estabelecidos foram Urticaceae (86%, 74% e 24%) e Clusiaceae (11%, 24% e 72%). O gênero *Cecropia* foi o que teve maior porcentagem de indivíduos estabelecidos nos dois primeiros inventários, com 86% e 73%, respectivamente, seguidos pelo gênero *Vismia*, com 11% e 24%.

Já no terceiro inventário, em razão da mortalidade diferencial elevada do gênero *Cecropia*, o gênero que apresentou a maior porcentagem de indivíduos sobreviventes foi a *Vismia*, com 72%, seguida do gênero *Cecropia*, com 24% (Tabela 2). Entre o primeiro e o último inventário houve mortalidade de 94% dos indivíduos estabelecidos. Entre os gêneros, *Cecropia* apresentou mortalidade de 98%, provocada por herbivoria e deficiência nutricional, e *Vismia*, mortalidade de 57%, com baixa taxa de ataques de herbívoros e ausência de sinais de deficiência nutricional.

#### 4. DISCUSSÃO

Como esperado, de forma geral os valores encontrados nas análises de Ca, Mg, K, P e de pH do solo, nas áreas experimentais que receberam calagem e adubação, mostraram-se mais elevados que aqueles observados nas áreas de floresta, como observado também por Macedo et al. (2009). Já os valores de N foram maiores nos solos das áreas de floresta, refletindo a facilidade de lixiviação e volatilização do elemento e os teores mais elevados de M.O. nessas áreas. Resultados similares foram encontrados por Moreira et al. (2006) e Cantarella (2007).

O valor do pH elevado observado em T0 pode ser o resultado da adição de cal virgem (CaO) ao solo utilizado na construção de estradas realizada na própria jazida ou, ainda, do solo de reformas de estradas descartado posteriormente na jazida utilizada como bota fora, conforme observado por Macedo et al. (2009). Pode, ainda, resultar do carreamento do calcário aplicado na superfície dos tratamentos e nas covas do plantio, devido à baixa infiltração da água nesse solo, o que favorece o escoamento intenso de água superficial, comum na época das chuvas na região. Da mesma forma, os teores elevados em T0 dos macronutrientes de maior mobilidade, como K, Mg e N, podem ter a mesma origem.

Os resultados da densidade aparente indicaram que o solo da área, mesmo após a escarificação manual, é mais adensado que aqueles encontrados nas áreas de floresta. O resultado reflete as diferenças de textura e estrutura observadas entre o solo superficial rico em matéria orgânica e organismos associados que ocorrem na superfície da floresta e aquele depositado na superfície da jazida, compactados pela movimentação de máquinas e naturalmente adensados, principalmente quando originado das camadas mais profundas do solo, como observado por Martins et al. (2006).

A ausência de regeneração em T0 ressalta a deficiência do estabelecimento de propágulos provenientes da dispersão da vegetação lateral e da importância do banco de sementes contido na camada de solo superficial da floresta para o estabelecimento inicial das pioneiras arbóreas nas áreas de nucleação, como observado por Nepstad et al. (1990) e Miranda Neto et al. (2010).

A ausência de regeneração natural em T4, aplicação do "topsoil" peneirado através de hidrossemeadura, provavelmente é devida à perda de viabilidade das sementes, em razão da dosagem elevada de adubo e calcário na solução preparada. Além disso, a ausência de matéria orgânica da liteira e dos fragmentos de raízes finas do "topsoil", promovida pelo peneiramento, facilita a movimentação vertical das pequenas sementes, típicas das espécies pioneiras presentes no banco de sementes, para camadas mais profundas do solo escarificado manualmente. E isso dificultaria a emergência das plântulas originadas de sementes com reduzida quantidade de tecido de reserva, como citado por Dias Filho (1998).

Os resultados do estabelecimento de plântulas reiteram conclusões obtidas em outros trabalhos que utilizaram a transposição do "topsoil" diretamente sobre

**Tabela 2** – Número de indivíduos, família, gêneros, espécies nos tratamentos de nucleação em área degradada, localizada em Urucu, Coari-AM, em três diferentes períodos -T0 (controle), T1 (aplicação de “topsoil” sobre canteiros de solo escarificado manualmente, adubado e com laterais protegidas por troncos de *Cecropia* spp.), T2 (aplicação de “topsoil” sobre canteiros adubados e sem proteção lateral), T3 (aplicação de “topsoil” diretamente sobre a superfície adubada da área degradada) e T4 (aplicação de “topsoil” por hidrossemeadura sobre canteiros).

**Table 2** – Number of individuals, families, genera, species in the treatment of nucleation in degraded areas, located in Urucu, Coari-AM, in three different periods: T0 (control), T1 (application of topsoil on fertilized seedbeds of manually scarified soil with sides protected using *cecropia* spp. logs), T2 (application of topsoil on fertilized seedbeds without lateral protection), T3 (application of topsoil directly on the fertilized surface of the degraded area) and T4 (application of topsoil by hydroseeding on seedbed).

| Famílias               | Espécies                                | Tratamentos/Meses |    |     |     |    |     |     |    |     |    |    |    |    |    |    |
|------------------------|---|-------------------|----|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|----|----|----|----|----|----|
|                        |   | T0                |    |     | T1  |    |     | T2  |    |     | T3 |    |    | T4 |    |    |
|                        |   | 6                 | 12 | 18  | 6   | 12 | 18  | 6   | 12 | 18  | 6  | 12 | 18 | 6  | 12 | 18 |
| <b>Annonaceae</b>      | <i>Annonaceae</i> sp.                   |                   |    |     |     |    |     |     |    |     |    |    |    |    |    | 1  |
|                        | <i>Annonaceae</i> sp.1                  |                   |    |     |     |    |     | 1   |    |     |    |    |    |    |    |    |
| <b>Clusiaceae</b>      | <i>Vismia cayennensis</i> (Jacq.) Pers. |                   |    | 46  | 36  | 20 | 23  | 12  | 5  | 9   | 6  | 3  |    |    |    |    |
|                        | <i>Vismia Japurensis</i> Reich.         |                   |    | 40  | 38  | 33 | 30  | 23  | 5  | 14  | 11 | 5  |    |    |    |    |
|                        | <i>Vismia sandwithii</i> Ewan           |                   |    | 4   | 5   |    |     |     |    | 1   | 1  |    |    |    |    |    |
| <b>Desconhecida</b>    | Desconhecida                            |                   |    |     |     |    |     | 1   | 1  |     |    |    |    |    |    |    |
| <b>Dilleniaceae</b>    | <i>Doliocarpus magnificus</i> Sluim.    |                   |    | 2   |     |    |     |     |    |     | 2  |    |    |    |    |    |
| <b>Melastomataceae</b> | <i>Bellucia</i> sp.                     |                   |    |     |     |    |     | 2   | 1  |     |    |    |    |    |    |    |
| <b>Mimosoideae</b>     | <i>Inga cf. Cordatoalata</i> Ducke      |                   |    | 16  | 7   | 2  | 2   | 3   | 2  |     |    |    |    |    |    |    |
|                        | <i>Mimosa rufescens</i> Benth.          |                   |    | 1   |     |    |     |     |    |     |    |    |    |    |    |    |
| <b>Moraceae</b>        | <i>Brosimum</i> sp.                     |                   |    |     |     |    |     | 1   |    |     |    |    |    |    |    |    |
|                        | <i>Ficus</i> sp.                        |                   |    |     |     |    |     | 1   |    |     |    |    |    |    |    |    |
|                        | <i>Moracea</i> sp.                      |                   |    |     |     |    |     |     | 1  |     |    |    |    |    |    |    |
| <b>Passifloraceae</b>  | <i>Passiflora coccínea</i> Aubl.        |                   |    | 6   | 1   |    | 2   |     |    |     | 1  |    |    |    |    |    |
| <b>Piperaceae</b>      | <i>Piper</i> sp.                        |                   |    |     |     |    |     | 1   |    |     |    |    |    |    |    |    |
|                        | <i>Piper</i> sp.1                       |                   |    |     |     |    |     |     | 1  |     |    |    |    |    |    |    |
| <b>Rubiaceae</b>       | <i>Isertia hypoleuca</i> Benth.         |                   |    | 2   |     |    |     | 1   |    |     |    |    |    |    |    |    |
| <b>Sapotaceae</b>      | <i>Sapotaceae</i> sp.                   |                   |    |     |     |    |     |     |    |     |    | 1  |    |    |    |    |
| <b>Urticaceae</b>      | <i>Cecropia cf. purpurascens</i>        |                   |    |     |     |    |     |     |    |     |    |    |    |    |    |    |
|                        | C. C. Berg                              |                   |    | 242 | 171 | 20 | 202 | 112 | 1  | 63  | 19 | 3  |    |    |    |    |
|                        | <i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.      |                   |    | 321 | 45  |    | 340 | 44  |    | 151 | 17 |    |    |    |    |    |
|                        | <i>Cecropia</i> sp.                     |                   |    |     |     |    |     | 1   |    |     |    |    |    |    |    |    |
|                        | <i>Pourouma cf. myrmecophila</i>        |                   |    |     |     |    |     |     |    |     |    |    |    |    |    |    |
|                        | Ducke                                   |                   |    |     |     |    |     | 5   | 1  | 2   |    |    |    |    |    |    |
|                        | <i>Pourouma</i> sp.                     |                   |    |     |     | 2  |     |     |    |     |    |    |    |    |    |    |
| Total Geral            |   |                   |    | 682 | 303 | 75 | 613 | 199 | 13 | 245 | 54 | 11 |    |    |    |    |

a superfície da área degradada, similar ao T3, e apontam que a técnica é potencialmente promissora como método de nucleação. Considerando o período de observação, os resultados encontrados neste trabalho aproximam-se de outros de estudos obtidos em Floresta Estacional Semidecidual, como de Basso et al. (2007), que aos seis meses após a implantação do experimento encontraram 13 ind. m<sup>2</sup>; Miranda Neto et al. (2010), que após 9 meses obtiveram 11 ind. m<sup>2</sup>; Rodrigues et al. (2010), que depois de 6 meses detectaram 22 ind. m<sup>2</sup> das formas de vida arbustiva e arbórea; Bechara et al. (2007), que após quatro meses encontraram 13 ind. m<sup>2</sup>,

enquanto Schorn et al. (2010), após três anos e sete meses, detectaram 2 ind. m<sup>2</sup>. Em área de restinga, Vieira (2004), no período de um ano, detectou 30 ind. m<sup>2</sup>.

De maneira geral, no tratamento T1, proposto originalmente neste trabalho, destacou-se, quanto ao estabelecimento das espécies pioneiras arbóreas originadas do banco de sementes, que o resultado pode ser explicado pela proteção lateral dos canteiros conferida pelos troncos de *Cecropia* spp., provavelmente evitando a remoção das sementes presentes no “topsoil”, ao reduzir a erosão do canteiro, diminuindo a invasão

do canteiro por espécies herbáceas daninhas, principalmente por *Paspalum* sp. ou, ainda, mantendo, de forma mais eficiente, a umidade e os nutrientes presentes no solo do canteiro ao longo do tempo.

Observações pessoais após 18 meses, acompanhando os experimentos, apontaram que os tratamentos T1 e T2 mantiveram praticamente intactos os canteiros cobertos com o "topsoil", resultados da serapilheira e das raízes finas nele contidas que, ao serem distribuídas sobre os canteiros, amenizam a erosão do solo promovida pelo impacto das chuvas, o que reduz a remoção das sementes presentes no banco de sementes, facilitando a germinação e o estabelecimento inicial das espécies pioneiras.

O maior desenvolvimento inicial em altura no T1, aliado à maior densidade de indivíduos estabelecidos aos 18 meses, indicou melhores condições de regeneração neste tratamento. Porém, aos 18 meses não houve diferenças entre os tratamentos em relação à altura dos indivíduos remanescentes, mostrando que T1 reduz suas vantagens iniciais no decorrer do tempo.

A necessidade de limpezas frequentes para controle de ervas nessa área infestada, principalmente por *Paspalum* sp. e da adubação de manutenção, devido à pobreza dos solos, indica que a técnica pode ser utilizada nas áreas infectadas por ervas ruderais, desde que tenha o acesso facilitado, permitindo visitas periódicas. Entretanto, o método poderá obter melhores resultados, sem a necessidade de manutenção periódica, em áreas isoladas na floresta, onde gramíneas e ciperáceas agressivas estejam ausentes do banco de sementes e da vegetação local e garantida a reposição das camadas superficiais do solo da floresta original removidas durante a abertura da clareira, que promoveria maior desenvolvimento das espécies pioneiras arbóreas devido às melhores condições físicas e químicas do solo.

O número de espécies decresce com o passar do tempo em todos os tratamentos analisados, assim como o número de famílias e de gêneros, indicando a possível formação de uma vegetação secundária inicial com baixa riqueza de espécies florestais. Outros trabalhos consideraram outras formas de vida e encontraram maior riqueza de espécie. Vieira (2004), em seu estudo de nucleação em restinga, obteve 472 plântulas estabelecidas, referentes a 58 espécies e 29 famílias botânicas, no período de um ano. Miranda

Neto et al. (2010), em Floresta Semidecidual, observaram, após quatro meses, o estabelecimento de 231 indivíduos, distribuídos em 22 espécies, 17 gêneros e 13 famílias.

Miranda Neto et al. (2010), estudando a transposição do solo de Floresta Estacional Semidecidual, encontraram abundância de espécies pioneiras que representavam 64% do total de espécies arbustivas e arbóreas. Rodrigues et al. (2010), em seu estudo na mesma tipologia florestal, identificaram que espécies pioneiras representaram 69,41% dos indivíduos arbustivos e arbóreos, e a espécie *Cecropia hololeuca* representou 46,17% do total de indivíduos amostrados.

A alta mortalidade de *Cecropia* e a baixa mortalidade de *Vismia* indicam maior capacidade de sobrevivência desta última (72%), devido à maior adaptação às condições inóspitas da área degradada. Explica ainda a presença quase que exclusiva do gênero *Vismia*, principalmente da espécie *V. japurensis* (lacre vermelho), estabelecida naturalmente nas áreas degradadas antigas, que não sofreram ações de restauração. Entre o gênero *Cecropia* e a espécie *C. cf. purpurascens*, de pequeno porte e que também se estabelece naturalmente nas áreas mais antigas, apresentou número significativo de indivíduos sobreviventes aos 18 meses nos experimentos (Tabela 2), indicando, da mesma forma, grande capacidade para suportar as condições inóspitas da área degradada. A dominância de *Vismia* sp. aumenta com o tempo devido à menor mortalidade quando comparada com a *Cecropia* sp. e outras espécies que definham rapidamente após o estabelecimento. Observação pessoal indica que algumas espécies, principalmente aquelas do gênero *Cecropia*, sofreram ataques de herbívoros de grande e médio portes, provavelmente antas e veados. A mortalidade elevada se deve, provavelmente, além da competição com ervas de rápido crescimento, à interação de outros fatores, como: as características físicas e químicas inadequadas do solo degradado da jazida para o desenvolvimento de longo prazo na maioria das espécies pioneiras arbóreas estabelecidas. A presença de uma camada inferior com baixa capacidade de infiltração e que dificulta a penetração radicular mais profunda, mesmo nas áreas escarificadas manualmente. A presença de solos ácidos e carentes de nutrientes essenciais e, ainda, as características microclimáticas inóspitas das áreas, que apresentam picos de temperatura elevada durante os dias.



## 5. CONCLUSÃO

Os resultados permitem a conclusão de que a técnica de nucleação, utilizando a transposição do banco de sementes contido no solo superficial da floresta, apresenta elevado potencial em promover, de forma econômica, o estabelecimento inicial de uma vegetação secundária dominada por número reduzido de espécies pioneiras arbóreas nas áreas degradadas de Urucu. Entretanto, o sucesso no estabelecimento e desenvolvimento inicial da vegetação arbórea pioneira estabelecida no banco de sementes dependerá, muito provavelmente, das características físicas e químicas do substrato utilizado para receber o "topsoil".

## 6. AGRADECIMENTOS

Ao CENPES/PETROBRAS pelo apoio e financiamento do projeto Eco 18 – Reflorestamento/EcoUrucu. Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e ao CNPq/INPA pela bolsa PCI concedida.

## 7. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R.O.P.O.; SÁNCHEZ, L. E. Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho. **Revista Árvore**, v.29, n.1, p.47-54, 2005.
- BASSO, S. et al. Introdução de *Mimosa scabrella* Benth em áreas ciliares através da transposição de amostras de solo. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, s.1, p.684-686, 2007.
- BECHARA, F. C. et al. Unidades Demonstrativas de Restauração Ecológica através de Técnicas Nucleadoras de Biodiversidade. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, s.1, p.9-11, 2007.
- BENTO, R. A. **Custeio baseado em atividades das técnicas de restauração de áreas degradadas na Amazônia Central**. 2010. 72f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais)- Manaus, INPA, 2010.
- CALVI, G. P.; VIEIRA, G. A nucleação como ferramenta para recuperação de áreas degradadas pela atividade petrolífera. In: WORKSHOP DE AVALIAÇÃO TÉCNICA E CIENTÍFICA DA REDE CTPETRO, 2., 2006, Manaus. In: **Anais...** Manaus: 2006.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAES, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p.375-470.
- CHAUVEL, A. Os latossolos amarelos álicos argilosos dentro dos ecossistemas das bacias experimentais do INPA e da região vizinha. **Acta Amazonica**, v.12, n.3, p.47-60, 1982.
- CLEMENTS, F. E. Nature and structure of the climax. **The Journal of Ecology**, v.24, n.1, p.252-284, 1936.
- DIAS-FILHO, M.B. Alguns aspectos da ecologia de sementes de duas espécies de plantas invasoras da Amazônia Brasileira: implicações para o recrutamento de plântulas em áreas manejadas. In: GASCON, C.; MOUTINHO, P. (Ed.). **Floresta amazônica: dinâmica, regeneração e manejo**. Manaus: INPA, 1998. p.233-248.
- DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, E. L.; MELLO, J. W. V. (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, MG: UFV/ Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.1-7.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**..2.ed. Rio de Janeiro:1997.212p.
- ESPÍNDOLA, M. B. et al. Recuperação ambiental e contaminação biológica: aspectos ecológicos e legais. **Biotemas**, v.18, n.1, p.27-38, 2005.
- FERREIRA, S. J. F. et al. Nutrientes na solução do solo em floresta de terra firme na Amazônia Central submetida à extração seletiva de madeira. **Acta Amazonica**, v.36, n.1, p.59-67, 2006.
- GARWOOD, N. C. Tropical soil seed banks: A review. In: LECK, M. A.; PARKER, V. T.; SIMPSON, R. L. (Ed.). **Ecology of soil seed banks**. San Diego:Academic Press, 1989.p.149-209.
- GLEASON, H. A. The individualistic concept of the plant Association. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, v.53, n.1, p.7-26, 1926.

GOLLEY, F. B. et al. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo: EPU, 1978.p. 256.

GRUBB, P. J. The maintenance of species-richness in plant communities: The importance of the regeneration niche. **Biological Reviews**, v.52, n.1, p.107-145, 1977.

HERRERA, M.A.; SALAMANCA, C.P.; BAREA, J.M. Inoculation of woody legumes with selected arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia to recover desertified Mediterranean ecosystem. **Applied and Environmental Microbiology**, v.59, n.1, p.129-133, 1993.

HOWE, H. F.; MIRITI, M. N. When seed dispersal matters. **BioScience**, v.54, n.7, p.651-660, 2004.

KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, F.F.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.). **Matas ciliares: Conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2000. p.249-269.

LAMB, D. Restoring tropical moist broad-leaf forests. In: MANSOURIAN, S.; DUDLEY, D. V. N. (Ed.). **Forest restoration in Landscapes – beyond planting trees**. New York: Springer, 2005. p.291-297.

LEAL FILHO, N.; LEME, R. F.; SENA, J. S. Utilização de “topsoil” da floresta no processo de recuperação de áreas degradadas de Urucu. In: II WORKSHOP DE AVALIAÇÃO TÉCNICA E CIENTÍFICA DA REDE CTPETRO, 2., 2006, Manaus. In: **Anais...** Manaus:2006.

LIMA FILHO, D. A. et al. Inventário florístico de Floresta Ombrófila Densa de terra firme, na região do Rio Urucu, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v.31, n.4, p.565-579, 2001.

LOTT, C. P. M.; BESSA, G. D.; VILELA, O. CRVD - Reabilitação de áreas e fechamento de minas. **Brasil Mineral - Edição especial Mineração e Meio Ambiente**, n.228, p.26-31, 2004.

LUCAS, Y. et al. The relation between biological activity of the rain forest and mineral composition of soils. **Science**, v.260, p.521-523, 1993.

MACEDO, R. S. et al. Determinação do fator erodibilidade de diferentes classes de solo do estado do Amazonas (métodos indiretos) e de um Cambissolo Háptico (método direto) na Província Petrolífera de Urucu, Coari - AM. In: REUNIÃO CIENTÍFICA DA REDE CTPETRO AMAZÔNIA, 3., 2010, Manaus. **Anais...** Manaus:2010. Disponível em <<http://projetos.inpa.gov.br/ctpetro/IIIReuniao/index.php>>. Acesso em: 31 de jan.2012.

MACEDO, S. T.; LEAL FILHO, N.; FERRAZ, I. D. K. Efeito da calagem e da adubação no estado nutricional de espécies pioneiras e clímax em plantios para recuperação de áreas degradadas na região do rio Urucu, Coari – AM. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., Fortaleza, 2009. **Anais...** Fortaleza:2009. CD ROM

MARTINS, G. C.; TEIXEIRA, W. G.; MACEDO, R. S. Resistência à penetração como indicador da qualidade física do solo na província petrolífera de urucu - Coari-AM. In: WORKSHOP DE AVALIAÇÃO TÉCNICA CIENTÍFICA REUNIDA REDE CTPETRO, 2., Manaus., 2006. **Anais...** Manaus:2006. Disponível em <[http://projetos.inpa.gov.br/ctpetro/workshop\\_site/index.html](http://projetos.inpa.gov.br/ctpetro/workshop_site/index.html)>. Acesso em: 31 de jan. de 2012.

MARTINS, S. V. et al. Banco de sementes como indicador de restauração de uma área degradada por mineração de caulim em Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, v.32, n.6, p.1089-1098, 2008.

MIRANDA NETO, A. et al. Transposição do banco de sementes do solo como metodologia de restauração florestal de pastagem abandonada em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v.34, n.6, p.1035-1043, 2010.

MOREIRA, A.; TEIXEIRA, W. G.; MARTINS, G. C. Limitações da fertilidade do solo e uso de fertilizantes compostos orgânicos no reflorestamento das áreas declareiras do polo petrolífero do urucu, Amazonas. In: WORKSHOP DE AVALIAÇÃO TÉCNICA CIENTÍFICA REUNIDA REDE CTPETRO, 2., Manaus., 2006. **Anais...** Manaus:2006. Disponível em <[http://projetos.inpa.gov.br/ctpetro/workshop\\_site/index.html](http://projetos.inpa.gov.br/ctpetro/workshop_site/index.html)>. Acesso em: 31 de jan. de 2012.

- NEPSTAD, D. C.; UHL, C.; SERRÃO, E.A. Surmounting barriers to forest regeneration in abandoned, highly degraded pastures: A case study from Paragominas, Pará, Brazil. In: ANDERSON, A. B. (Ed.). **Alternatives to deforestation: Steps toward sustainable use of Amazon rain forest**. New York: Columbia University Press, 1990. p.215-229.
- PARROTTA, J. A.; KNOWLES, O. H.; WUNDERLE JR., J. M. Development of floristic diversity in 10-years-old restoration forests on bauxite mined site in Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v.99, n.1, p.21-42, 2001.
- PARROTTA, J. A.; TURNBULL, J. W.; JONES, N. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, v.99, n.1, p.1-7, 1997.
- REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R. Nucleation in tropical ecological restoration. **Scientia Agricola**, v.67, n.2, p.244-250, 2010.
- REIS, A. et al. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza e Conservação**, v.1, n.1, p.28-36, 2003.
- RIBEIRO G. A. A.; TEIXEIRA, P. C.; RODRIGUES, M. R. L. Caracterização das propriedades químicas de diferentes solos da província petrolífera da bacia do rio Urucu-AM. In: WORKSHOP DE AVALIAÇÃO TÉCNICA CIENTÍFICA REUNIDA REDE CTPETRO, 2., Manaus, 2006. **Anais...** Manaus: 2006. Disponível em: <[http://projetos.inpa.gov.br/ctpetro/workshop\\_site/Resumos\\_PI2/PDF/PROPRIEDADES\\_QUIMICAS\\_GYOVANNI.pdf](http://projetos.inpa.gov.br/ctpetro/workshop_site/Resumos_PI2/PDF/PROPRIEDADES_QUIMICAS_GYOVANNI.pdf)>. Acesso em 15 de ago. de 2011.
- RODRIGUES, B.D.; MARTINS, S. V.; LEITE, H. G. Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. **Revista Árvore**, v.34, n.1, p.65-73, 2010.
- RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, F.F.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2000. p.235-247.
- RODRIGUES, R. R. et al. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.261, p.1605-1613, 2011.
- SANTOS JR., U. M.; GONÇALVES, J. F. C. G.; FELDPAUSCH, T. R. Growth, leaf nutrient concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v.226, n.1-3, p.299-309, 2006.
- SCHORN, L. A. et al. Avaliação de técnicas para indução da regeneração natural em área de preservação permanente sob uso anterior do solo com *Pinus elliottii*. **Floresta**, v.40, n.2, p.281-294, 2010.
- SCHUBART, H. O. R.; FRANKEN, W.; LUIZÃO, F. J. Uma floresta sobre solos pobres. **Ciência Hoje**, v.2, n.10, p.26-32, 1984.
- TEKLE, K.; BEKELE, T. The role of soil seed banks in the rehabilitation of degraded hillslopes in southern Wello, Ethiopia. **Biotropica**, v.32, n.1, p.23-32, 2002.
- TRES, D. R. et al. Poleiros artificiais e transposição de solo para a restauração nucleadora em áreas ciliares. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, s.1, p.312-314, 2007.
- TOY, T. J.; GRIFFITH, J. J.; RIBEIRO, C. A. A. S. Planejamento a longo prazo da revegetação para o fechamento de minas a céu aberto no Brasil. **Revista Árvore**, v.25, n.4, p.487-499, 2001.
- VIEIRA, N. K. **O papel do banco de sementes na restauração de restinga sob talhão de *Pinus elliottii* Engelm.** 2004. 83f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- VALCARCEL, A.; SILVA, Z. S. A eficiência conservacionista de medidas de recuperação de áreas degradadas: proposta metodológica. **Floresta**, v.27, n.1/2, p.101-114, 1997.
- YARRANTON, G. A.; MORRINSON, R. G. Spatial dynamics of a primary succession: nucleation. **Journal of Ecology**, v.62, n.2, p.417-428, 1974.
- ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice-Hall, 1974.

