

REGENERAÇÃO NATURAL COMO INDICADOR DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA A JUSANTE DA USINA HIDRELÉTRICA DE CAMARGOS, MG¹

Wendy Carniello Ferreira², Soraya Alvarenga Botelho³, Antonio Claudio Davide³, José Márcio Rocha Faria³ e Daniel Furtado Ferreira³

RESUMO - Foi avaliado o processo de regeneração natural de mata em função da distância do rio, da compactação do solo e da distância da fonte de sementes em uma área degradada por uso como área de empréstimo de terra para construção da barragem da UHE Camargos, MG, aos 155 meses após o plantio. Para o levantamento da regeneração natural foram implantadas parcelas de 2 x 15 m a cada 10 m, dentro de três transectos, alocados no sentido do declive, com 15 m de largura e comprimento variável, onde foi identificada e medida a altura de todos os indivíduos com DAP < 0,05 m e altura maior que 0,10 m. Foram encontradas 64 espécies de 27 famílias. O fragmento de mata adjacente à área de plantio deste estudo forneceu grande quantidade de propágulos para a regeneração, pois muitas das espécies regenerantes na área degradada foram encontradas apenas nesse estrato arbóreo. Distância de até 75 m do fragmento não afetou a densidade e a altura das plantas nem a diversidade da regeneração, mas, nas parcelas em que houve desenvolvimento de capim-gordura, a densidade de planta arbórea ou arbustiva foi menor, porém com indivíduos de maior altura, uma vez que somente plantas que conseguiram ultrapassar a massa vegetal formada pela planta invasora sobreviveram.

Palavras-chave: Área degradada, Recuperação de área degradada e Mata ciliar.

NATURAL REGENERATION AS AN INDICATOR OF LAND RECLAMATION NEAR THE CAMARGOS HYDROELECTRIC PLANT, STATE OF MINAS GERAIS

*Abstract – The process of natural regeneration in an area degraded for the construction of the Camargos hydroelectric plant dam, MG, was analyzed 155 months after the planting for its reclamation. The analyses were done in function of the distance to the river, soil compaction and distance of the seed sources. The survey of the natural regeneration was done in plots of 2 x 15m allocated every 10m along three transects (15m width and variable length) parallel to the slope direction. All plants with DBH < 5cm and height > 10cm were identified and measured in height. Sixty four species of 27 families were found. The adjacent fragment provides a great amount of propagules for the natural regeneration, since many regenerative species in the recovering area were found only in the arboreal stratum of that fragment. A distance of up to 75m to the fragment did not affect the regeneration density, height and diversity, but in the plots taken by the grass *Melinis minutiflora*, the density was smaller and the plants higher.*

Keywords: Degraded area, Land reclamation e Riparian forest.

1. INTRODUÇÃO

Além da supressão total ou parcial da mata ciliar pela formação do reservatório, as usinas hidrelétricas também causam outros impactos sobre a vegetação.

Müller (1995) afirmou que as superfícies ocupadas por áreas de empréstimo, depósitos de material rochoso e de “bota-foras” dos canteiros de obras de hidrelétricas, formam setores alterados, cuja recuperação é um problema considerável. Essas áreas são, geralmente,

¹ Recebido em 16.12.2007 e aceito para publicação em 02.03.2010.

² Universidade Federal de Goiás, UFG, Brasil. E-mail: <wcferreira_4@hotmail.com>.

³ Universidade Federal de Lavras, UFLA, Brasil.. E-mail: <sbotelho@dcf.ufla.br>, <acdavide@ufla.br> e <danielff@ufla.br>.



exploradas com equipamentos pesados, que compactam o solo, permanecendo sem qualquer condição para que nele se processe a regeneração natural, exigindo, portanto, o emprego de técnicas adequadas de recuperação como forma de amenizar o impacto ambiental.

A recuperação de ecossistemas florestais pode ser alcançada através do plantio de espécies facilitadoras da sucessão natural, em locais onde, a princípio, uma série de barreiras impede o desenvolvimento do processo. A capacidade de estabelecimento em condições limitantes, a atração de fauna, o crescimento rápido e a grande deposição de serrapilheira são características desejáveis de espécies para plantios de reabilitação (CHADA et al., 2004).

No Brasil são poucos os trabalhos que tratam da avaliação do sucesso dos reflorestamentos e da eficiência das técnicas utilizadas até então. Segundo Kageyama e Gandara (2001), são ainda muito duvidosas as possibilidades de polinização, dispersão, regeneração e predação natural, fatores essenciais na manutenção dos processos ecológicos das florestas já implantadas. Portanto, ainda não se pode afirmar se esses reflorestamentos conseguirão, efetivamente, constituir um novo ecossistema capaz de se regenerar e abrigar a fauna do mesmo modo que as florestas naturais.

Em vista disso e de acordo com Vieira e Gandolfi (2006), o monitoramento das comunidades que se formam em áreas recuperadas é uma atividade muito importante, devendo ser efetuada tanto para permitir a correção de eventuais problemas quanto para a criação de uma base de dados que permitam avaliar e refinar as estratégias prescritas para a restauração de áreas degradadas. Nesse contexto, este trabalho foi realizado com o objetivo de verificar os processos sucessionais por meio da análise da regeneração natural de espécies arbustivo-arbóreas, em função da distância do rio, da resistência do solo à penetração e da distância da fonte de sementes em área degradada em margem de rio.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da área

Este trabalho foi desenvolvido em uma área situada a jusante da barragem da Usina Hidrelétrica de Camargos, na margem direita do rio Grande, em uma altitude média de 890 m. O sítio localiza-se no Município de Itutinga, região fisiográfica Campo das Vertentes (entre os

paralelos 21°15' e 21°50' S e os meridianos 44°15' e 44°45' W) e microrregião Campos da Mantiqueira, em Minas Gerais.

Na década de 1950, o local foi utilizado como área de empréstimo para a construção da barragem, tendo sofrido desmatamento e remoção de até 5m de perfil do solo. Durante mais de 30 anos, nenhuma medida para a recuperação da área foi tomada. A rala cobertura vegetal que se desenvolveu era formada por espécies herbáceas, pouco eficientes na proteção do solo. Em 1991, o local foi novamente utilizado como área de empréstimo, visando à construção de uma enscadeira para reparos no piso de concreto abaixo dos vertedouros. Nessa operação foram retirados cerca de 40.000 m³ de terra, tornando a área ainda menos favorável aos processos naturais de estabelecimento de cobertura vegetal e gerando, assim, a necessidade de intervenção antrópica para sua recuperação. Em março de 1992, foram realizados os procedimentos para a recuperação da área. Foram construídos terraços em nível, e a área foi totalmente subsolada a 0,30-0,60 m de profundidade, em linhas em nível a cada 1,5 m. Posteriormente, efetuou-se o sulcamento, também em nível, a cada 1,5 m, intercalado às linhas de subsolagem. O plantio foi realizado no espaçamento de 1,5 x 3,0 m, em quincôncio, com base nos princípios de sucessão secundária, alternando linhas de espécies pioneiras com linhas de espécies climácicas. Em função do custo operacional e da carência de informações sobre as exigências nutricionais das espécies florestais nativas foi realizada uma adubação para o conjunto de espécies, baseada em análise de solo, de 250 g/cova de superfosfato simples e uma única adubação em cobertura, aos dois anos, com 150 g/planta de NPK 10:30:10 (DAVIDE e FARIA, 1997).

2.2. Método de amostragem

O levantamento da regeneração natural foi feito pela alocação de parcelas de 2 m de comprimento a cada 10 m dentro de três transectos, alocados no sentido do declive, com 15 m de largura e comprimento variável, onde foram incluídos todos os indivíduos com DAP (diâmetro a altura do peito) menor que 0,05 m e altura maior que 0,10 m. Os transectos foram denominados Transectos A, B e C. O Transecto A dista 5 m da borda de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual (fonte de sementes), o Transecto B dista 40 m e o Transecto C, 75 m (Figura 1).

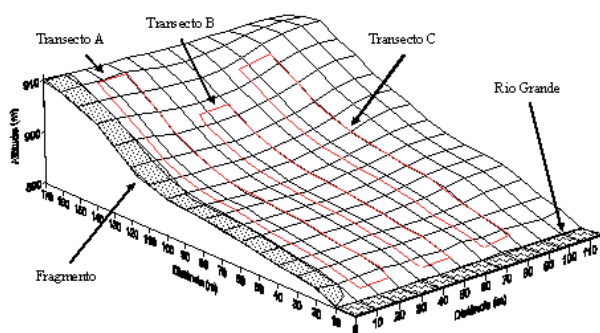


Figura 1 – Croqui da área de estudo a jusante da barragem da Usina Hidrelétrica de Camargos.

Figure 1 – Layout of the study area near the Camargos hydroelectric plant.

Também foram avaliadas a comunidade arbórea e a regeneração natural desse fragmento, localizado ao lado da área em processo de recuperação. O objetivo deste levantamento foi investigar a estrutura florística e fitossociológica desse fragmento e compará-lo com a regeneração natural da área reflorestada, para verificar a efetividade do processo de recuperação e a relação entre a regeneração natural e o fragmento.

Dentro do fragmento foram lançados dois transectos de largura igual à do plantio e de comprimento variável até o fim do fragmento, seguindo o gradiente topográfico. A locação das parcelas para levantamento do estrato arbóreo seguiu o esquema anterior. O primeiro transecto foi composto de seis e, o segundo, de cinco parcelas. Os critérios de inclusão e avaliação das espécies arbóreas e da regeneração natural também seguiram a metodologia do inventário realizado na área reflorestada.

A resistência mecânica do solo à penetração foi determinada dentro da área de plantio utilizando-se o penetrômetro de impacto modelo IAA/PLANALSUCAR-STOLF, segundo metodologia preconizada por Stolf et al. (1983), até uma profundidade de 0,60 m. Os cálculos foram realizados com o apoio do programa PENETRON[®] (STOLF, 1991), tendo os valores obtidos em kgf/cm², sido convertidos em MPa, multiplicando-se pela constante 0,098. Na primeira parcela de cada transecto não foi avaliada a resistência à penetração, pois elas se localizavam sobre um enrocamento construído no talude formado na margem do rio para se evitar a erosão fluvial, o que poderia comprometer esta avaliação.

Todas as espécies não identificadas no local foram coletadas e herborizadas para posterior identificação no Herbário da Universidade Federal de Lavras (Herbário ESAL).

A avaliação foi realizada aos 155 meses após o plantio.

2.3. Análise dos dados

Os dados coletados foram processados, obtendo-se estimativas de parâmetros fitossociológicos para caracterização da regeneração natural. Foram estimados os parâmetros densidade e frequência em seus valores absolutos e relativos e o índice de diversidade de Shannon (H'). Para verificar o efeito da distância do rio e da resistência do solo à penetração sobre a diversidade, a densidade e a altura da regeneração natural, foi realizada uma análise de regressão, utilizando-se o programa SAS, pelo método *Backward*. Já o efeito da distância do fragmento sobre essas três variáveis foi avaliado por meio de uma Análise de Variância, em que cada transecto foi considerado um tratamento e cada parcela uma repetição.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição florística

No levantamento florístico da regeneração natural dentro dos transectos, foram identificados indivíduos de 64 espécies arbustivo-arbóreas pertencentes a 27 famílias.

Na Figura 2A são apresentadas as 10 famílias com maior número de espécies, representando 65,63% das espécies encontradas na área. As 10 famílias com maior número de indivíduos, representando 90,31% dos indivíduos encontrados na área, são apresentadas na Figura 2B.

A subfamília Fabaceae/Mimosoideae apresentou tanto o maior número de espécies (6), juntamente com a subfamília Fabaceae/Caesalpinioideae, quanto o maior número de indivíduos (414). Outras famílias que são comuns aos dois grupos foram Myrtaceae, Anacardiaceae, Melastomataceae e Asteraceae.

Em levantamento realizado por Sousa Júnior (2005), também no entorno do reservatório da UHE de Camargos, a família Myrtaceae apresentou o maior número de espécies e a família Asteraceae, o maior número de indivíduos. Essa diferença observada entre dois levantamentos realizados na mesma região pode ter

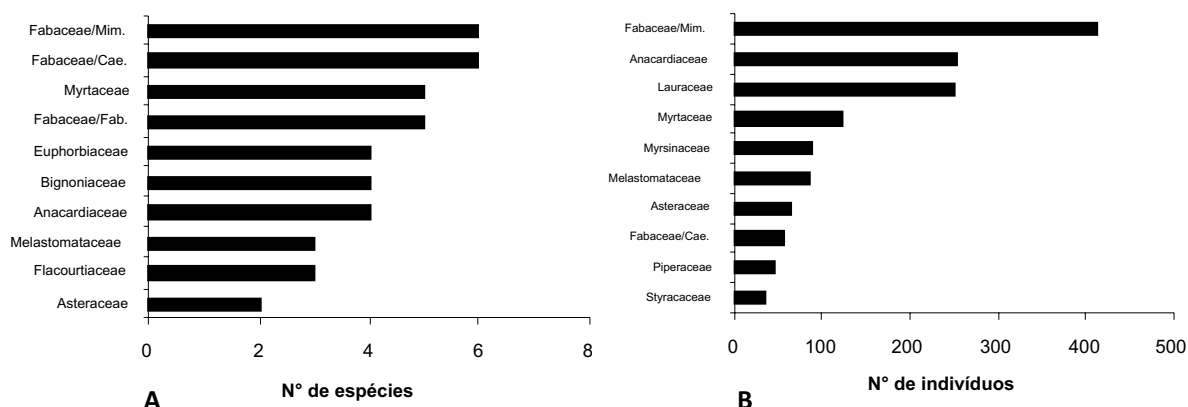


Figura 2 – Número de espécies presentes das 10 famílias com maior representatividade (A) e número de indivíduos por família das 10 famílias com maior número de indivíduos (B) na regeneração natural da área degradada em recuperação.

Figure 2 – Number of species of the ten families with the greatest number of species (A) and number of plants of the 10 families with the greatest number of plants (B) at the natural regeneration of the degraded area.

sido causada pelo grande número de indivíduos da família Fabaceae/Mimosoideae, que foram implantados na recuperação da área de estudo e estão fornecendo propágulos para essa abundante regeneração.

As famílias Piperaceae e Styracaceae, que se apresentaram entre as 10 com o maior número de indivíduos, tiveram apenas as espécies *Piper aduncum* e *Styrax ferrugineus* como as únicas representantes dessas respectivas famílias. Quatorze das 28 famílias amostradas, ou seja, 50%, apresentaram apenas uma espécie.

Das 64 espécies regenerantes (Tabela 1), 7 foram espécies plantadas e, também, encontradas no fragmento; 17 foram apenas de espécies plantadas; 31 encontradas apenas no estrato arbóreo do fragmento; e 9 não se encontravam entre as espécies plantadas e as do fragmento. O fragmento, portanto, forneceu a maioria dos propágulos responsáveis pela regeneração natural (38 espécies).

O índice de diversidade de Shannon (H') da regeneração natural no povoamento foi de 2,96. Esse valor foi próximo a valores encontrados em alguns outros estudos em áreas degradadas em processo de recuperação com idades avançadas no Estado de Minas Gerais. Nappo et al. (2004) encontrou um H' de 2,93 para a regeneração em um sub-bosque de *Mimosa scabrella* em área minerada aos 228 meses de idade, e Araújo et al. (2006) encontraram um H' de 2,75 em uma área minerada aos 240 meses.

A densidade de plantas encontrada na área reflorestada foi de 14.577 plantas/ha; já a observada no fragmento foi de 28.900 plantas/ha. Nappo et al. (2000) obtiveram densidade de 20.500 plantas/ha para a regeneração em sub-bosque de *Mimosa scabrella*, em área degradada pela extração de bauxita em recuperação há 180 meses, no Município de Poços de Caldas, MG. Verifica-se, assim, que a densidade de plantas na regeneração de área de empréstimo nesta avaliação foi menor que em mata nativa vizinha e também em relação à outra área degradada.

Em se tratando da síndrome de dispersão, 62,5% das espécies regenerantes foram classificadas como zoocóricas, 21,9% como anemocóricas e 15,6% como autocóricas e, ou, hidrocóricas. Esses resultados, além de destacar a importância da fauna na regeneração de florestas tropicais, estão de acordo com Carmo e Morellato (2001), que afirmaram que em florestas semidecíduas a proporção de espécies zoocóricas é próxima de 60%.

3.2. A regeneração em função da distância da fonte de sementes

As variáveis diversidade (H'), densidade e altura média da regeneração não foram afetadas pela distância do fragmento de mata até a distância máxima deste estudo, de 75 m, conforme mostrado nos Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 1 – Relação das espécies arbustivo-arbóreas encontradas na regeneração natural na área degradada em recuperação a jusante da Usina Hidrelétrica de Camargos, seguida de presença ou não dessas espécies no extrato arbóreo do povoamento e do fragmento, além da síndrome de dispersão.

Table 1 – Species naturally regenerating in the degraded area in process of restoration near the reservoir of the Camargos Hydroelectric Plant, followed by the indication of its presence as planted species, as naturally growing in the fragment, and dispersal syndrome.

Família/Espécie	Espécie implantada na recuperação	Presença da espécie no fragmento vizinho	Síndrome de dispersão ¹ (*)
Anacardiaceae			
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	X	X	zoo
<i>Schinus molle</i> L.	-	-	zoo
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	X	-	zoo
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	X	X	zoo
Annonaceae			
<i>Rollinia laurifolia</i> Schdtl.	-	X	zoo
Asteraceae			
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	-	-	anemo
<i>Vernonia polyanthes</i> Less.	-	-	anemo
Bignoniaceae			
<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don.	X	-	anemo
<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. ex DC.) Standl.	-	X	anemo
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl.) Nich.	-	X	anemo
<i>Tecoma stans</i> (L.) Kunth.	X	-	anemo
Burseraceae			
<i>Protium heptaphyllum</i> March.	-	X	zoo
Celtidaceae			
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	-	X	zoo
Erythroxylaceae			
<i>Erythroxylum deciduum</i> St. Hil.	-	X	zoo
Euphorbiaceae			
<i>Alchornea triplinervia</i> (Speng) M. Arg.	-	X	zoo
<i>Croton urucurana</i> Baill.	X	X	auto/hidro
<i>Pera glabrata</i> (Sch.) Baill.	-	X	zoo
<i>Sebastiania schottiana</i> M. Arg.	X	-	auto/hidro
Fabaceae/Caesalpinioideae			
<i>Bauhinia longifolia</i> (Bong.) Steudel	-	X	auto
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	X	X	zoo
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	X	X	zoo
<i>Senna macranthera</i> (Collad.) Irwin & Barn	X	X	auto
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) Irwin & Barn.	X	-	auto
<i>Senna spectabilis</i> (Collad.) Irwin & Barn	X	-	auto
Fabaceae/Faboideae			
<i>Erythrina falcata</i> Benth.	X	-	auto
<i>Lonchocarpus guilleminianus</i> (Tul.) Malme	-	X	anemo
<i>Machaerium stipitatum</i> Vog.	-	X	anemo
<i>Platypodium elegans</i> Vog.	-	X	anemo
<i>Sesbania sesban</i> (L.) Merr.	X	-	auto
Fabaceae/Mimosoideae			
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	X	-	anemo
<i>Inga vera</i> Willd. subsp. <i>affinis</i> (DC.) T.D. Penn.	X	X	zoo
<i>Inga marginata</i> Willd.	X	-	zoo
<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	X	-	auto
<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth	X	-	auto
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J. F. Macbr.	X	-	anemo
Flacourtiaceae			

Continua ...
Continued ...

Tabela 1 – Cont.

Table 1 – Cont.

<i>Casearia decandra</i> Jacq.	-	X	zoo
<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	-	X	zoo
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	-	X	zoo
Lacistemataceae			
<i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat	-	X	zoo
Lauraceae			
<i>Nectandra nitidula</i> Nees.	-	X	zoo
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meissn.) Mez.	-	-	zoo
Lythraceae			
<i>Lafoensia pacari</i> St. Hil.	-	-	anemo
Melastomataceae			
<i>Miconia chartacea</i> Triana.	-	X	zoo
<i>Tibouchina candolleana</i> Cogn.	-	X	anemo
<i>Tibouchina ursina</i> (Cham.) Cogn.	-	X	anemo
Meliaceae			
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleum.	-	X	zoo
Moraceae			
<i>Ficus</i> sp.	X	-	zoo
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) Don ex Stendel.	-	X	zoo
Myrsinaceae			
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	-	X	zoo
<i>Rapanea ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Mez.	-	X	zoo
Myrtaceae			
<i>Eugenia florida</i> DC	-	X	zoo
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	-	X	zoo
<i>Myrcia velutina</i> O.Berg.	-	X	zoo
<i>Psidium guajava</i> L.	X	-	zoo
<i>Syzygium jambolanum</i> (Lam.) DC.	X	-	zoo
Piperaceae			
<i>Piper aduncum</i> L.	-	X	zoo
Rhamnaceae			
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reiss.	-	-	zoo
Rubiaceae			
<i>Alibertia concolor</i> (Cham.) K.Schum.	-	X	zoo
Rutaceae			
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	-	X	zoo
Solanaceae			
<i>Solanum granuloso-leprosum</i> Dunal.	-	-	zoo
<i>Solanum pseudoquina</i> St. Hil.	-	-	zoo
Styracaceae			
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	-	X	zoo
Urticaceae			
<i>Cecropia pachystachya</i> Trec.	X	-	zoo
Verbenaceae			
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	-	-	zoo

Entre as espécies que apresentaram as maiores frequências e densidades no Transecto A, que é o mais próximo do fragmento, estando a 5 m deste, apenas uma espécie não foi encontrada no estrato arbóreo do fragmento fornecedora de sementes, evidenciando, assim, a importância deste para o processo de regeneração natural na área degradada.

No Transecto B, que está a 40 m do fragmento, das 10 espécies com as maiores frequências e densidades, três não foram encontradas no fragmento. O grande número de árvores de *Piptadenia gonoachanta* nesse transecto, oriundas do plantio realizado em 1992, propiciou grande regeneração dessa espécie pelo fornecimento de grande número de sementes.

Tabela 2 – Análise da variância da diversidade da regeneração natural (H') em função da distância do fragmento de mata.
Table 2 – Analysis of variance of the natural regeneration diversity (H') in function of the distance to the fragment.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrados médios	Teste F
Transecto	2	0,70260490	0,35130245	1,74 n.s. **
Erro	33	6,66699510	0,20203015	
Total	35	7,36960000		

Tabela 3 – Análise da variância da densidade da regeneração natural (plantas/ha) em função da distância do fragmento de mata.
Table 3 – Analysis of variance of the natural regeneration density (plants/ha) in function of the distance to the fragment.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrados médios	Teste F
Transecto	2	84024609	42012305	0,19 n.s. **
Erro	33	7269444405	220286194	
Total	35	7353469015		

Tabela 4 – Análise da variância da altura média da regeneração natural (m) em função da distância do fragmento de mata.
Table 4 – Analysis of variance of the natural regeneration medium height (m) in function of the distance to the fragment.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrados médios	Teste F
Transecto	2	0,22474221	0,11237111	0,49 n.s. **
Erro	33	7,52748834	0,22810571	
Total	35	7,75223056		

Das 10 espécies arbustivo-arbóreas regenerantes com as maiores frequências e densidades no Transecto C, que dista 75 m do fragmento, quatro não foram utilizadas no plantio de recuperação, mas encontradas no fragmento (*Nectandra nitidula*, *Tibouchina ursina*, *Myrcia velutina* e *Miconia chartacea*), três são exclusivas do plantio (*Piptadenia gonoacantha*, *Schinus terebinthifolius* e *Rapanea ferruginea*) e três foram utilizadas no plantio e encontradas no estrato arbóreo do fragmento (*Tapirira guianensis*, *Lithraea molleoides* e *Myrsine umbellata*). Isso mostra que, apesar da distância, o fragmento de mata contribuiu com grande parte dos propágulos responsáveis pela regeneração natural.

Do total de 52 espécies arbustivo-arbóreas regenerantes no Transecto A, 28 eram de espécies originalmente exclusivas do fragmento (54%); no Transecto B, eram 19 de um total de 35 (54%); e, no transecto C, eram 22 de um total de 45 (49%). Verificou-se, portanto, que no Transecto C, que era o mais distante do fragmento (75 m), a proporção de espécies regenerantes exclusivas do fragmento foi menor.

3.3. A regeneração em função da distância do rio e da resistência do solo à penetração

Os modelos de regressão que melhor estimaram as variáveis dependentes diversidade (H'), altura média (m) e densidade (plantas/ha), em função das variáveis

independentes distância do rio e resistência do solo à penetração de 0-0,3 m e de 0,3-0,6 m e da combinação destas, são apresentados a seguir:

$$\hat{div} = 0,9178 + 0,0000836 dr^2 + 3,75 \frac{1}{r60} - 0,028 \frac{dr}{r60}$$

$$R^2=0,80 a$$

$$\hat{alt} = 0,6275 + 0,09236r60$$

$$R^2=0,59$$

$$\hat{den} = -47187 - 919,997 dr + 2,8355dr^2 + 240,2029 dr \times r30 - 12,24 dr \times r60 + 154476 \frac{1}{r30} + 59117 \frac{1}{r60} - 592,5463 \frac{dr}{r60}$$

$$R^2=0,9991$$

em que:

div = diversidade (H');

alt = altura média (m);

den = densidade de plantas/ha;

dr = distância do rio (m);

r30 = resistência do solo à penetração na profundidade de 0 a 0,3 m; e

r60 = resistência do solo à penetração na profundidade de 0,3 a 0,6 m.

Verificou-se que houve efeito das variáveis distância do rio e resistência do solo à penetração de 0,3 a 0,6 m para a diversidade. O menor valor de diversidade foi observado na borda do rio (1 m), no Transecto C, onde existe fina camada de solo sobre grande quantidade de rochas, utilizadas no enrocamento construído para proteção da margem do rio. (Figura 3A).

Com relação à densidade de plantas, houve efeito das variáveis distância do rio e da resistência do solo à penetração de 0 a 0,3 m e de 0,3 a 0,6 m. Foi verificado um padrão que se repetiu nos três transectos. As maiores densidades foram encontradas nas parcelas a 25 m e a 97 m do rio, sempre com a maior densidade na parcela a 25 m (Figura 3B). Nessas parcelas, os indivíduos do estrato arbóreo obtiveram as maiores alturas e copas mais desenvolvidas, cujo sombreamento estaria favorecendo a germinação e estabelecimento de espécies clímax para regeneração da mata, bem como a exclusão das gramíneas competidoras.

Provavelmente, o efeito das camadas de impedimento abaixo de 0,3 m de profundidade sobre a densidade de plantas na regeneração foi consequência das alterações no estabelecimento e crescimento das mudas plantadas. Nesses locais de baixa densidade de regeneração houve grande mortalidade de indivíduos arbóreos, além do fato de os sobreviventes apresentarem copas pouco desenvolvidas, provavelmente pela baixa disponibilidade hídrica no solo em períodos sem precipitação, permitindo, assim, a invasão desses locais pelo capim-gordura, que prejudica o desenvolvimento da regeneração natural.

O efeito do capim-gordura sobre o desenvolvimento da regeneração é confirmado por Botelho e Davide (2002) e Martins et al. (2004), que afirmaram que, na fase de estabelecimento e crescimento inicial da regeneração, as plantas invasoras podem causar alta mortalidade e comprometer a recuperação de áreas degradadas. Portanto, é necessário o uso de tratamentos adequados de controle das plantas competidoras para garantir a sobrevivência e estabelecimento da população.

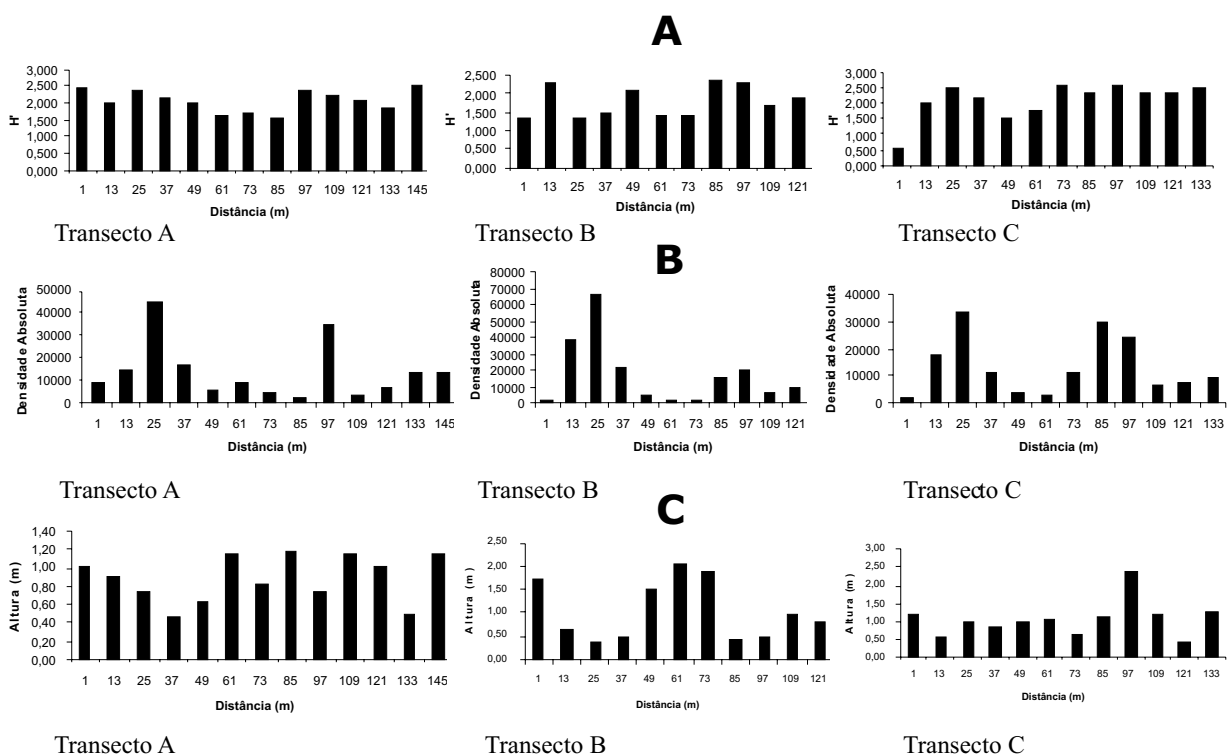


Figura 3 – Diversidade (A), densidade de plantas (B) e altura média (C) da regeneração natural em função da distância do rio.
Figure 3 – Diversity (A), density (B) and mean height (C) of the natural regeneration in function of the distance to the river.

A baixa densidade encontrada a 1 m do rio, nos três transectos, também pode ter sido causada pela grande quantidade de rochas que foram colocadas como proteção na sua margem (Figura 3B).

No trabalho realizado por Sousa Júnior (2005), no entorno do reservatório de Camargos, verificou-se que a densidade da regeneração em área de campo apresentou tendência de aumento com o distanciamento da margem do lago. Nos locais em que a ocupação foi cerrado/capoeira, a densidade aumentou a partir da borda (3.344,1 plantas/ha) até o centro da faixa-tampão de 100 m (4.113,8 plantas/ha), reduzindo-se a partir desse ponto. Esses padrões, mesmo sendo de áreas próximas, são diferentes dos encontrados neste trabalho.

De acordo com o modelo de regressão obtido, a altura da regeneração foi maior nas parcelas com maior resistência do solo à penetração abaixo de 0,3 m (Figura 3C). Nessas áreas, onde houve maior mortalidade das espécies arbóreas plantadas e grande incidência de capim-gordura, provavelmente apenas as plantas que conseguiram atingir as maiores alturas para se sobrepor ao capim conseguiram sobreviver, resultando em maior média de altura das plantas em regeneração.

Apesar de proporcionar rápida cobertura do solo e consequente proteção contra processos erosivos em áreas degradadas, as plantas invasoras devem ser manejadas, considerando que poderão comprometer a regeneração natural, conforme foi verificado com o capim-gordura nesta área de estudo. Nas áreas onde houve maior resistência do solo à penetração, verificaram-se maior mortalidade e redução no crescimento dos indivíduos plantados, com posterior invasão da gramínea e redução da regeneração natural, evidenciando a necessidade de manejar a gramínea nessas áreas para permitir o estabelecimento de uma floresta.

4. CONCLUSÕES

O modelo implantado para a recuperação da área degradada foi considerado eficiente, por propiciar a proteção do solo e a ativação do processo de sucessão secundária. O plantio de árvores foi, portanto, importante fator de atração de diversidade biológica, pois 62,5% das espécies regenerantes não foram plantadas no processo de recuperação.

A presença do fragmento adjacente foi fundamental no processo de regeneração, proporcionando distribuição uniforme das espécies até 75 m de distância.

Houve efeito da distância do rio e da compactação do solo sobre a regeneração, e esse último fator prejudicou a regeneração natural por reduzir a sobrevivência das plantas e favorecer o estabelecimento do capim-gordura.

5. AGRADECIMENTOS

À Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, pela cessão da área de estudo e pelo financiamento do projeto P & D 039, através do convênio UFLA/CEMIG/ANEEL; e à CAPES, pela concessão da bolsa de pós-graduação ao primeiro autor.

6. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F. S. et al. Estrutura da vegetação arbustivo-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de caulim, Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, v.30, n.1, p.107-116, 2006.
- BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5., 2002, Belo Horizonte. **Palestras...** Belo Horizonte: SOBRADE/UFLA, 2002.
- CARMO, M. R. B.; MORELLATO, L. P. C. Fenologia de árvores e arbustos das matas ciliares da Bacia do Rio Tibagi, estado do Paraná, Brasil. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: USP/Fapesp, 2001. p.125-141.
- CHADA, S. S.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis, RJ. **Revista Árvore**, v.28, n.6, p.801-809, 2004.
- DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Revegetação de área de empréstimo da Usina Hidrelétrica de Camargos (CEMIG). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Trabalhos voluntários...** Viçosa, MG: SOBRADE; UFV/DPS/DEF, 1997. p.462-473.
- KAGEYAMA, P.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: USP/Fapesp, 2001. p.249-269.



- MARTINS, C. R.; LEITE, L. L.; HARIDASAN, M. Capim-gordura (*Melinis minutiflora*), uma gramínea exótica que compromete a recuperação de áreas degradadas em unidades de conservação. **Revista Árvore**, v.28, n. 5, p.739-747, 2004.
- MÜLLER, A. C. **Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: Makron Books, 1995. 412p.
- NAPPO, M. E. et al. Dinâmica da estrutura fitossociológica da regeneração natural em sub-bosque de *Mimosa scabrella* Bentham em área minerada, em Poços de Caldas, MG. **Revista Árvore**, v.28, n.6, p.811-829, 2004.
- NAPPO, M. E.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; MARTINS, S. V. A estrutura do sub-bosque de povoamentos homogêneos de *Mimosa scabrella* Bentham, em área minerada, em Poços de Caldas, MG. **Ciência Florestal**, v.10, n.2, p.17-29, 2000.
- SOUSA JÚNIOR, G. A. **Zoneamento da faixa tampão do reservatório da UHE-Camargos e avaliação de sua regeneração natural**. 2005. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- STOLF, R. Teoria e tese experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, n.3, p.229-235, 1991.
- STOLF, R.; FERNADES, J.; FURLANI NETO, V. L. **Recomendação para o uso do penetrômetro de impacto: modelo IAA/PLANALSUCAR/STOLF**. Piracicaba: 1983. p.1-9. (Série Penetrômetro de Impacto. Boletim Técnico, 1).
- VIEIRA, D. C. M.; GANDOLFI, S. Chuva de sementes e regeneração natural sob três espécies arbóreas em uma floresta em processo de restauração. **Revista Brasileira de Botânica**, v.29, n.4, p.541-554, 2006.