

CRESCIMENTO INICIAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS NA RECOMPOSIÇÃO DA MATA CILIAR EM TALUDES SUBMETIDOS À TÉCNICA DA BIOENGENHARIA DE SOLOS
INITIAL DEVELOPMENT OF FOREST SPECIES ON RIPARIAN VEGETATION RECOVERY AT RIVERBANKS UNDER SOIL BIOENGINEERING TECHNIQUE

Francisco Sandro Rodrigues Holanda¹ Luciana Godinho Nery Gomes² Igor Pinheiro da Rocha³
Thiago Tavares Santos⁴ Renisson Neponuceno de Araújo Filho⁵ Thiago Roberto Soares Vieira⁶
João Basílio Mesquita⁷

RESUMO

A Bacia Hidrográfica do rio São Francisco, vem sendo submetida a fortes impactos ambientais por meio de alterações do regime hidrológico e sedimentológico, além de avançada destruição da sua mata ciliar. A vegetação ciliar possui importante função na proteção das margens dos rios promovida pela cobertura vegetal e seu sistema radicular, melhorando a agregação de um solo pouco coeso, diminuindo o arraste de partículas e, conseqüentemente resultando em menor taxa de erosão e assoreamento do curso d'água. Este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento inicial de espécies florestais em talude marginal submetido à técnica de bioengenharia de solos no rio São Francisco. A bioengenharia de solos foi composta pela cobertura longitudinal do talude com o biotêxtil (Tela Fibrax® 400BF), e em razão das variações diárias de cota do rio foram também utilizados retentores de sedimentos (Bemalonga® D40) para redução ao impacto da água na base do talude, evitando o solapamento promovido pelo fluxo e refluxo das ondas. Antes da fixação do biotêxtil, foram semeadas a lanço sementes da espécie *Brachiaria decumbens* para promoção de uma rápida cobertura vegetal. Em seguida foram plantadas mudas de seis espécies florestais nativas da região: aroeira vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi.), pau-pombo (*Tapirira guianensis* Aubl.), mulungu (*Erythrina velutina* Willd.), tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vellozo) Morong), canafístula (*Cassia grandis* L.f.) e pau-ferro (*Caesalpinia leiostachya* (Bentham) Ducke). O desenvolvimento das mudas foi analisado por meio da Taxa de Crescimento Relativo de Altura da parte aérea e Diâmetro do colo. Após 360 dias, ao final das avaliações, observou-se que o maior número de indivíduos vivos foi identificado no tratamento com bioengenharia de solos. A grande densidade e agressivo crescimento da espécie *Brachiaria decumbens* na área com biotêxtil, trouxe danos para o desenvolvimento inicial das mudas arbóreas.

Palavras-chave: espécies arbóreas nativas; recuperação de taludes marginais; rio São Francisco.

ABSTRACT

The São Francisco River Basin has been submitted to strong environmental impacts through changes in the hydrologic and sedimentological regime, and also the ongoing destruction of its riparian vegetation. The

1. Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Associado do Departamento de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe, Cidade Universitária Professor José Aloísio de Campos, Av. Mal. Rondon s/n, Jardim Rosa Elze, CEP 49100-000, São Cristóvão (SE). fholanda@infonet.com.br
2. Bióloga, MSc., Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Sergipe, CEP 49100-000, São Cristóvão (SE).
3. Engenheiro Florestal, MSc., Bolsista do CNPq, Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Sergipe, CEP 49100-000, São Cristóvão (SE). rochaigor@hotmail.com
4. Engenheiro Agrônomo, Mestrando pelo Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Sergipe, CEP 49100-000, São Cristóvão (SE). tgtavares@click21.com.br
5. Engenheiro Florestal, Mestrando pelo Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Sergipe, CEP 49100-000, São Cristóvão (SE). nepoaraujo@hotmail.com
6. Engenheiro Florestal, Mestrando pelo Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Sergipe, CEP 49100-000, São Cristóvão (SE). albas_floresta@yahoo.com.br
7. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Sergipe, CEP 49100-000, São Cristóvão (SE). basilio@ufs.br

Recebido para publicação em 18/03/2009 e aceito em 10/12/2009.

riparian vegetation has an important role on the riverbank's protection, through the roots system and the plant cover, improving the soil particles aggregation in a low cohesion situation, reducing the runoff and resulting in a lower erosion rate and sedimentation of the river channel. The objective of study was to evaluate the initial development of forest species at riverbank under soil bioengineering technique in São Francisco River. The soil bioengineering technique was composed of longitudinal slope covered with the biotextile (Fibrax 400 BF) and sediment retainers (Bemalonga® D40), to reduce the impact of wave water at the slope bottom, avoiding the bank undercutting, due to daily variations of water level. Before the biotextile installation the species, *Brachiaria decumbens* was sown to promote rapid cover vegetation. Six forest native species such as aroeira vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi.), pau pombo (*Tapirira guianensis* Aubl.) mulungu (*Erythrina velutina* Willd.) tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vellozo) Morong), canafístula (*Cassia grandis* Lf) and pau-ferro (*Caesalpinia leiostachya* (Bentham) Ducke) were planted. The species developments were analyzed through the Relative Growth Rate (RGR) of the shoot height and crown diameter. After 6 (six) months, by the end of evaluations, the bigger number of live individuals was identified in the soil bioengineering treatment. The high density and strong growth of *Brachiaria decumbens* in the area with biotextile, have contributed to the lower initial tree seedlings development.

Keywords: native tree species; riverbank recovery; São Francisco River.

INTRODUÇÃO

A regularização da vazão do rio São Francisco, à jusante da cascata de hidrelétricas, e a ocupação das áreas ribeirinhas de forma desordenada, tem levado a uma exposição do talude marginal, dominado por solos arenosos de baixa coesão, contribuindo para alterações na dinâmica do rio. O fluxo de água em contato com o talude marginal e o embate de ondas na sua base, leva ao solapamento, desencadeando movimentos de massa de solo na forma de grandes blocos, levando à verticalização das margens (CASADO *et al.*, 2002; HOLANDA *et al.*, 2008).

Historicamente as medidas para conter a erosão acelerada no baixo curso do rio São Francisco são realizadas pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba – (CODEVASF) por meio da implantação de enrocamentos. Esta técnica é composta de camadas de rochas, com granulometria e arranjos específicos, colocadas ao longo das margens, que exigem um esforço como o destinado às obras civis, grande necessidade de mão-de-obra para transporte e instalação, modificando sensivelmente a paisagem, dificultando a regeneração natural da floresta ripária e a recuperação ambiental do ecossistema (RACIN *et al.*, 2000). De acordo com Holanda *et al.* (2007), os enrocamentos no Baixo São Francisco, embora tenham apresentado eficiência no controle da erosão se caracterizam como obras de alto custo para implantação e de forte impacto na paisagem ribeirinha.

Outras técnicas para recuperação de margens

de cursos d'água podem ser utilizadas como opção às obras civis a exemplo da bioengenharia de solos. Segundo Durlo e Sutili (2005) a bioengenharia de solos é um biotécnica que consiste na utilização de materiais vivos ou inertes de natureza vegetal, biotêxteis, associados ou não a rochas, concreto ou metais e se apresenta ambientalmente sustentável para contenção de erosão dos taludes em suas diversas condições de declividade, granulometria e composição, inclusive para margens de corpos d'água como reservatórios, canais de irrigação e rios. O solo estabilizado e os materiais vivos utilizados permitem o desenvolvimento da cobertura vegetal iniciando ou propiciando o processo de sucessão ecológica natural, facilitado pela degradação dos materiais bio e fotodegradáveis utilizados na bioengenharia (JONES e HANNA, 2004).

A recomposição da vegetação ciliar é uma forma bastante indicada para a conservação de taludes e de grande importância para evitar o surgimento de voçorocas e seus desmoronamentos, soterramento de estradas, entupimento de suas calhas com solo e assoreamento de rios, etc. Segundo Tenório (1970) em estudos sobre a colonização espontânea desses taludes, devem ser indicadas espécies vegetais mais adaptadas a tal ambiente, ou seja, para cada tipo de ambiente e de talude, determinadas espécies vegetais irão se adaptar melhor. O sistema radicular da vegetação ciliar, além de dificultar o cisalhamento do solo, forma uma rede de canais que permitem a interação da vazão com a margem, ou seja, a água fluvial consegue percolar no solo marginal, reduzindo a taxa de erosão e permitindo, conseqüentemente, a

estabilização da margem (DAVIDE *et al.*, 2000).

De uma forma geral, sabe-se que, para a atividade específica de recomposição vegetal de taludes, as espécies vegetais selecionadas devem apresentar algumas características importantes para o seu desenvolvimento no local. Segundo Pereira (2008), essas características são: tolerância à seca, sistema radicular profundo, crescimento vigoroso, disponibilidade de sementes, facilidade na propagação, sobrevivência em condições de baixa fertilidade e eficácia na cobertura do solo. Em muitos casos uma só espécie não apresenta todas as características desejáveis, então é necessário optar por aquelas que tenham o maior número de características e procurar consorciá-las.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento inicial de espécies florestais em talude marginal submetido à técnica de bioengenharia de solos no rio São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na margem direita do baixo curso do rio São Francisco, no estado de Sergipe, nordeste do Brasil, que apresenta clima definido como Megatérmico Semiárido Brando, com

temperatura média anual de 26°C, e período chuvoso de março a agosto, com precipitação média de 806 mm por ano (ANA, 2001). O solo do sítio experimental possui granulometria composta em mais de 90%, por areia média, fina e muito fina, sendo classificado como Neossolo Flúvico.

A área experimental

A área de estudo está localizada na região sedimentar do Baixo São Francisco sergipano, no município de Propriá em área ocupada pelo Perímetro Irrigado Cotinguiba – Pindoba (Figura 1) (UTM 744.301,092 E / 8868.461,918 N), onde foi identificada uma grande concentração de focos de erosão, e margens com incipiência de cobertura vegetal. O talude selecionado apresentou declividade média de 34%, altura de 3,35 m, com dimensões de 127 m de comprimento por 11 m de largura, perfazendo uma área total de 1.397 m².

As áreas, previamente identificadas com focos de erosão, foram avaliadas com relação à adaptabilidade para implantação das técnicas de bioengenharia de solos associadas à recomposição da vegetação ripária.

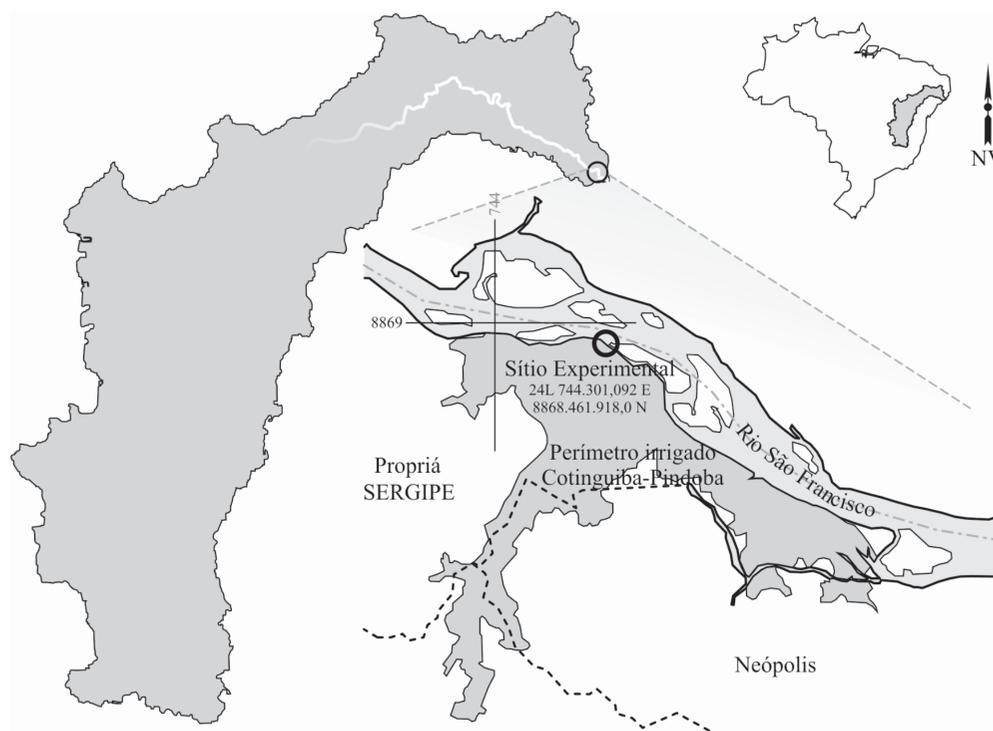


FIGURA 1: Localização da área de estudo, no Perímetro Irrigado Cotinguiba-Pindoba, município de Propriá, estado de Sergipe (Adaptado de Holanda *et al.* (2008)).

FIGURE 1: Location of area being studied, in the Irrigated Area of Cotinguiba-Pindoba, city of Propriá, Sergipe State. (Adapted from Holanda *et al.* (2008)).

O sítio experimental foi dividido em duas parcelas (com e sem bioengenharia de solo), no sentido montante a jusante do rio. A implantação da técnica de bioengenharia de solos foi iniciada em julho de 2004 com a suavização manual de todo o talude (retaludamento). Em seguida, o talude foi recoberto longitudinalmente com o biotêxtil Fibrax® 400 BF, composto 100% por fibra de coco (*Cocos nucifera* L.) entrelaçada por uma malha de polipropileno fotodegradável, fixado com grampos de aço em forma de “V” com 0,2 m de comprimento e 0,042 m de diâmetro. Segundo DEFLOR (2005), esse biotêxtil possui como característica a degradação programada para o período de 48 a 60 meses, propiciando proteção inicial e incorporação de matéria orgânica ao solo, ao longo do tempo. Na parcela destinada ao tratamento com proteção de solo foi semeada a gramínea *Brachiaria decumbens*, a lanço, para promover uma rápida cobertura vegetal do talude e melhor fixação do biotêxtil.

Na base do talude, foram utilizados retentores de sedimentos (Bermalonga® D-40) para promover a redução do impacto do fluxo e refluxo das ondas, evitando o solapamento e a exposição direta do talude às variações diárias da cota do rio. Os Bermalongas® são compostos por fibras vegetais desidratadas e prensadas, envolvidas por malha de polipropileno fotodegradável, com 0,4 m de diâmetro e comprimento-padrão igual a 1,7 m. Esses retentores de sedimentos foram fixados com estacas de maçaranduba (*Manilkara* sp) nas dimensões 1,1 m de comprimento, 0,05 m de largura e 0,05 m de espessura, posicionadas na extremidade e inseridas no meio dos retentores de sedimentos.

Visando à recuperação da vegetação ciliar, foram plantadas mudas de espécies florestais nativas da região, selecionadas tomando por base as informações do levantamento Florístico apresentado por Holanda *et al.* (2005), de ocorrência natural nas margens do rio São Francisco. As espécies *Schinus terebinthifolius* Raddi. (Aroeira vermelha), *Tapirira guianensis* Aubl. (Pau pombo) e *Erythrina velutina* Willd. (Mulungu), são pertencentes ao grupo ecológico das Pioneiras, possuem hábito de crescimento rápido e tolerância à luminosidade intensa, enquanto as espécies *Enterolobium contortisiliquum* (Vellozo) Morong (Tamboril), *Cassia grandis* L.f. (Canafístula) e *Caesalpinia leiostachya* (Bentham) Ducke (Pau ferro) são pertencentes ao grupo ecológico das climáticas, possuem hábito de crescimento lento e se desenvolvem

melhor em ambientes sombreados (BUDOWSKI, 1965).

Produção de mudas e tratamentos culturais

As mudas foram produzidas no Horto Florestal da Universidade Federal de Sergipe, em sacos de polietileno preto (14 x 21 cm), tendo como substrato terra preta, esterco curtido e areia na proporção 3:1:1. Na adubação do substrato, foi utilizado para todas as mudas 5 kg de Superfosfato Simples somados a 500 g de Cloreto de Potássio e 300 g de FTE (micronutrientes) por m³.

Após 30 dias da semeadura, foi realizada adubação de cobertura, utilizando-se 10 g de Superfosfato Simples somados a 2,5 g de Cloreto de Potássio para cada 1 litro de água, sendo aplicados 2 mL do adubo/muda, conforme orientação de Aragão *et al.* (2004).

O plantio das mudas foi realizado 30 dias após a instalação dos elementos de bioengenharia, baseado nos princípios da sucessão ecológica, onde espécies clímax sucedem às pioneiras. Foi empregado o sistema de quincôncio, com espaçamento 2,5 x 2,5 m para as espécies de rápido crescimento, inserindo-se as espécies de crescimento lento entre estas, correspondendo a 2,5 x 1,3 m. As covas foram abertas com as dimensões 30 x 30 x 30 cm em ambos os tratamentos, sendo, no tratamento com proteção do solo, realizados cortes em forma de “X” no biotêxtil, a fim de proceder à abertura das covas.

Foi realizada a fertilização de arranque no fundo de cada cova adicionando 180 g da formulação 10:14:12 (NPK). Na adubação de cobertura, 90 dias após o plantio, foram utilizados 15 g de Sulfato de Amônio e 65 g de Cloreto de Potássio por cova, em ambos os tratamentos.

O coroamento das mudas foi realizado em um raio de 50 cm convencionalmente, no tratamento sem proteção do solo, e com o uso de tesourão no tratamento com proteção do solo, quando a vegetação rasteira atingia altura suficiente para sombrear as mudas plantadas.

Crescimento inicial das espécies florestais

O crescimento inicial das mudas foi avaliado por meio da mensuração dos parâmetros de crescimento (altura e diâmetro do colo), com o auxílio de trena graduada em centímetros para medição da altura e paquímetro (0,05mm) para

medição do diâmetro do colo.

As avaliações foram realizadas mensalmente até o 180º dia, quando então passaram a ser realizadas semestralmente. Após 360 dias do plantio das espécies florestais, foram calculadas a Taxa de Sobrevivência das espécies, e a Taxa de Crescimento Relativo (TCR) da altura e do diâmetro do colo, obtida (em porcentagem) por meio da equação: $TCR = [(Mf \times Mi) / Mf] \times 100$, na qual Mf é a média final do parâmetro de interesse, Mi é a média inicial do parâmetro de interesse (BENINCASA, 1988).

O Delineamento Experimental empregado foi o de Blocos Casualizados (DBC) com parcelas subdivididas, em que o emprego ou não da Bioengenharia de Solos (2) foi considerado o Tratamento Principal, e as espécies florestais (6) o Tratamento Secundário, com três repetições cada. As médias de crescimento em altura e diâmetro de cada espécie e em cada tratamento foram submetidas ao Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As espécies apresentaram baixas taxas de sobrevivência e elevado Coeficiente de Variação (Tabela 1), em razão da elevada perda de indivíduos devido ao aumento expressivo da erosão no sítio experimental, ao longo do período de avaliação. Os indivíduos dentro do tratamento com bioengenharia obtiveram maiores taxas de sobrevivência em relação aos indivíduos do tratamento sem bioengenharia, por se apresentarem fisicamente protegidos contra a erosão marginal pelos elementos da biotécnica, assim como a menor exposição do solo ao sol, permitindo a manutenção de uma maior umidade por mais tempo.

Excetuando-se as espécies *Tapirira*

guianensis e *Cassia grandis*, que não apresentaram indivíduos vivos aos 360 dias, não houve diferença significativa para a sobrevivência das outras espécies avaliadas, no tratamento sem bioengenharia do solo, no entanto, no tratamento com a biotécnica a espécie *Schinus terebinthifolius* apresentou a maior taxa de sobrevivência na comparação com as demais espécies.

Observou-se que não houve influência do tratamento bioengenharia do solo no crescimento em altura e diâmetro do colo das espécies implantadas. Entretanto, na comparação das espécies, as médias desses parâmetros diferiram estatisticamente (Tabela 2).

De modo geral, as espécies apresentaram crescimento inicial abaixo do esperado, tanto em Altura como em Diâmetro do Colo, para o período de 360 dias, concordando com os achados de Ferreira *et al.* (2009) e Melotto *et al.* (2009). Essa diferença pode ser explicada pela baixa fertilidade do solo da área experimental, não permitindo uma adequada nutrição mineral inicial dos indivíduos, deixando-os ainda mais vulneráveis aos processos erosivos. Com efeito, não foi possível a realização de adubações complementares durante o ciclo biológico das espécies estudadas, em face da vulnerabilidade à erosão do talude inclinado, que uma vez pisoteado poderia possibilitar a ocorrência de focos erosivos.

O rápido desenvolvimento da espécie *Brachiaria decumbens* também pode ter influenciado negativamente neste resultado. O seu crescimento rápido e agressivo estabeleceu uma competição com as mudas por água e nutrientes, além de possíveis efeitos alelopáticos em espécies desse mesmo Gênero sobre o crescimento de espécies arbustivas e florestais, como observado por Pitelli e Marchi (1991), Souza *et al.* (2003), Toledo *et al.* (2003a e 2003b), Dias *et al.* (2004) e Barbosa *et al.* (2008). De forma contrária,

TABELA 1: Taxa de sobrevivência das espécies nos tratamentos com bioengenharia de solos.

TABLE 1: Survival rate of species on soil bioengineering technique tests.

Espécie	Taxa de Sobrevivência (%) ⁽²⁾	
	Com Bioengenharia	Sem Bioengenharia
<i>Schinus terebinthifolius</i>	66,66 aA	13,33 aB
<i>Erythrina velutina</i>	40,47 ab	5,56 a
<i>Tapirira guianensis</i> ⁽¹⁾	0,00	0,00
<i>Cassia grandis</i> ⁽¹⁾	0,00	0,00
<i>Caesalpinia leiostachya</i>	25,00 ab	40,00 a
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	33,33 ab	11,11 a

Em que: Valores seguidos das mesmas letras minúsculas na vertical, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade; Valores seguidos das mesmas letras maiúsculas na horizontal, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade; 1 = Não apresentou indivíduos vivos ao final das avaliações; 2 = CV = 116,28%.

TABELA 2: Resumo da análise de variância das médias de Altura e Diâmetro do Colo das espécies estudadas.
TABLE 2: Summary of the analysis of variance of averages to height and basal diameter of species being studied.

Grupo Ecológico	Espécie	Altura (cm) ⁽²⁾		Diâmetro (mm) ⁽³⁾	
		Com Bioengenharia	Sem Bioengenharia	Com Bioengenharia	Sem Bioengenharia
Pioneiras	<i>Schinus terebinthifolius</i>	70,11 a	72,43 a	8,31 b	9,67 ab
	<i>Erythrina velutina</i>	39,24 b	47,36 abc	16,04 a	11,95 a
	<i>Tapirira guianensis</i> ⁽¹⁾	-	-	-	-
Climáticas	<i>Cassia grandis</i> ⁽¹⁾	-	-	-	-
	<i>Caesalpinia leiostachya</i>	64,60 ab	60,39 ab	7,36 b	6,83 bc
	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	56,45 ab	42,01 bc	6,05 b	4,47 c

Em que: Valores médios seguidos das mesmas letras na vertical, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade; 1 = Não apresentou indivíduos vivos ao final das avaliações; 2 = CV = 24,02%; 3 = CV = 22,35%.

concordando com Budowski (1965), o aporte em altura das espécies climáticas (*Caesalpinia leiostachya* e *Tapirira guianensis*) pode ter sofrido a influência positiva de *B. decumbens*, que promoveu condições de sombreamento a essas espécies nos momentos iniciais do seu ciclo biológico.

Em razão da expressiva perda de indivíduos no sítio experimental, o resultado da análise de variância para a Taxa de Crescimento Relativo se apresentou não significativo, no entanto, quando acompanhado o crescimento inicial das espécies a cada avaliação de campo (Figuras 2 e 3) é possível perceber os momentos em a erosão das margens ocasionada pelos movimentos de massa de solo agem deletoriamente sobre o crescimento inicial dos indivíduos.

No tratamento com bioengenharia, a escolha

pela não realização de coroamento nas mudas, para preservação da integridade do biotêxtil, e o rápido desenvolvimento da gramínea *Brachiaria decumbens* foram determinantes na fase inicial de experimentação. Percebe-se que a partir do 60º dia após o plantio, as espécies sofreram constantes reduções em suas curvas de crescimento, tanto em Altura, como em Diâmetro do Colo e de acordo com Holanda *et al.* (2007) isso ocorre pelo tombamento de grandes blocos de terra da porção superior do talude, que promove o aterramento do colo das mudas, que, em razão da conicidade do seu tronco responde com menores valores de diâmetro. Ocorreu também prejuízos na altura das plantas, uma vez que o nível do solo foi elevado, levando em alguns casos ao seu total soterramento.

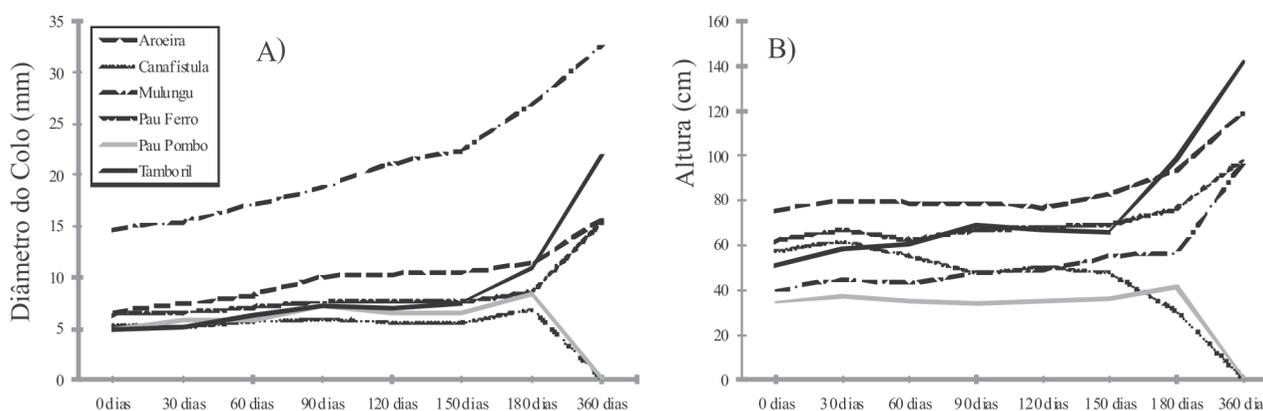


FIGURA 2: Curva de crescimento em Diâmetro do Colo (A) e Altura das espécies plantadas (B) no tratamento com bioengenharia.

FIGURE 2: Growth line to basal diameter (A) and plant heights of species (B) in tests with soil bioengineering.

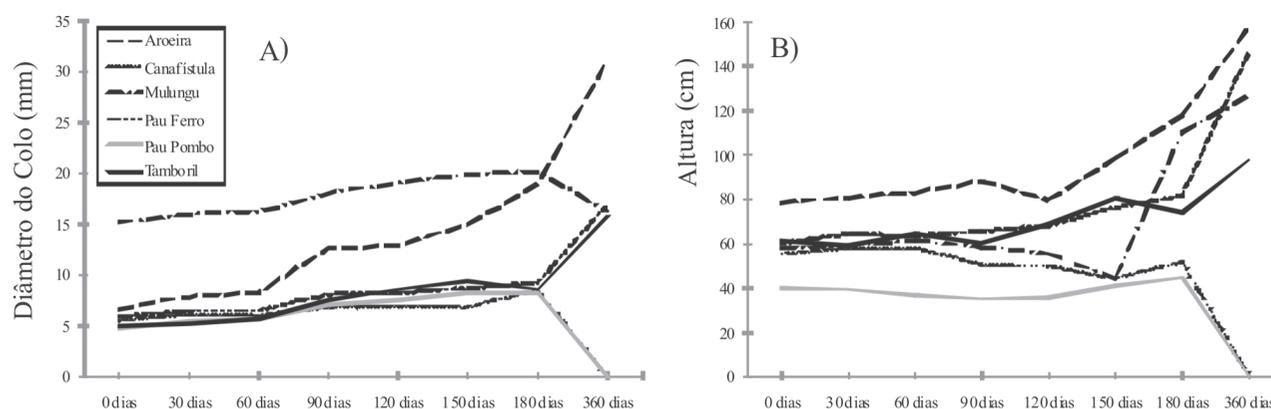


FIGURA 3: Curva de crescimento em Diâmetro do Colo (A) e Altura das espécies plantadas (B) no tratamento sem bioengenharia.

FIGURE 3: Growth line to basal diameter (A) and plant heights of species (B) in tests without soil bioengineering.

Crescimento inicial de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira)

Aos 180 dias após o plantio, os valores médios de Altura e Diâmetro do Colo identificados para a espécie *Schinus terebinthifolius* se apresentaram próximos aos encontrados por Pedrosa *et al.* (2004), que registraram Altura de 38 cm nesse mesmo período. Após 360 dias do plantio, os valores se assemelharam aos achados de Ferreira *et al.* (2009) que trabalharam em condições ambientais equivalentes, possibilitando a afirmativa de que este é o comportamento normal de crescimento em altura e diâmetro dessa espécie para a região.

Na comparação entre os tratamentos a aroeira obteve maiores valores de crescimento em Altura e do Diâmetro do Colo no tratamento sem bioengenharia, embora sem diferenciar estatisticamente em altura, das espécies climácicas. Resultado semelhante foi encontrado por Scalon *et al.* (2006), ao avaliarem o desenvolvimento inicial desta espécie em diferentes níveis de sombreamento, sugerindo que o crescimento inicial dessa espécie é melhor quando realizado a pleno sol, ou seja, situação encontrada no tratamento sem bioengenharia.

Crescimento inicial de *Erythrina velutina* Willd. (Mulungu)

Os valores médios de diâmetro do colo de *Erythrina velutina* não diferiram estatisticamente entre os tratamentos, porém os valores da variável altura se apresentaram maior no tratamento sem

bioengenharia (Tabela 2). Esse comportamento era esperado por se tratar de uma espécie exigente em luz, cabendo ressaltar a influência dos tratos culturais de coroamento realizados nesse tratamento, que propiciaram melhores condições de desenvolvimento das mudas. Resultados diferentes foram encontrados por Melo e Cunha (2008), que ao trabalharem com diferentes níveis de sombreamento observaram uma relação inversamente proporcional entre a altura de *Erythrina velutina* e luminosidade. Por outro lado, de modo semelhante a esse autores, a Taxa de Sobrevivência de *Erythrina velutina* se apresentou maior no tratamento com bioengenharia que proporcionou maior sombreamento. (Tabela 1). Esse fato também pode ser explicado pela proteção física promovida pela biotécnica, que promoveu uma proteção ao solo contra a erosão evitando a perda de mudas.

Crescimento inicial de *Caesalpinia leiostachya* Benth (Pau ferro)

Diferente do esperado, a Taxa de Sobrevivência de *Caesalpinia leiostachya* no tratamento sem bioengenharia (40,0%) foi maior que no tratamento com bioengenharia (25,0%) (Tabela 1). É possível que tenha ocorrido a morte de indivíduos em função da competição por água e nutrientes e do efeito alelopático de *Brachiaria decumbens* no tratamento com bioengenharia. Embora esse tratamento tenha propiciado uma menor Taxa de Sobrevivência dessa espécie, as condições ecológicas mais favoráveis ao seu desenvolvimento promoveram

maiores médias de crescimento em Altura e Diâmetro do colo dos indivíduos remanescentes quando comparados com o tratamento sem bioengenharia (Tabela 2).

Crescimento inicial de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) (Tamboril)

Os valores de Taxa de Sobrevivência e altura da planta foram mais expressivos no tratamento com bioengenharia, porém o crescimento em diâmetro não diferiu estatisticamente entre os tratamentos (Tabelas 1 e 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Scalon *et al.* (2005), ao avaliarem o crescimento inicial de *Enterolobium contortisiliquum* em diferentes níveis de luminosidade. Parece que esse resultado está mais relacionado com o sombreamento promovido por *Brachiaria decumbens* do que com a proteção física oferecida pelo conjunto da técnica de bioengenharia propriamente dita. Kageyama e Castro (1989) classificam como normal o lento crescimento dessa espécie em condições de pouca luminosidade, pois se trata de uma espécie pertencente ao grupo ecológico das climáxicas.

Percebeu-se uma boa adaptação da espécie em margens degradadas, em estágio sucessional primário, como no caso do Baixo São Francisco sergipano. O seu rápido desenvolvimento destaca vantagens para sua utilização na recuperação ambiental das margens de rios localizados em área de clima tropical, visto que é uma espécie que possui maior ocorrência em capoeiras em estágios mais adiantados da sucessão secundária (LORENZI, 2002).

Contribuição do biotêxtil na estabilização do solo

Durante o período de monitoramento, foi possível constatar eficiência do biotêxtil no controle da erosão do talude marginal pela eficaz proteção que exerceu sobre os movimentos de massa de solo, frequentes numa situação de baixa coesão das partículas de solo. Os retentores de sedimentos se mostraram importantes como elementos protetores da base do talude, porém oferecendo somente eficácia inicial contra o impacto causado pelo fluxo e refluxo das ondas. Uma vez fixados com estacas que atravessavam o seu conteúdo de fibra de coco, foram abertos rasgos, que com o passar do tempo, a partir do terceiro mês de implantação, não suportaram o forte impacto das ondas, nos pontos injuriados, sendo

gradativamente destruídos ou levados pela correnteza, deixando a base do talude no tratamento com bioengenharia desprotegida. Tal fato orienta para mudanças na forma de fixação e disposição dos retentores de sedimento nessa ordem de importância, ou mesmo a sua substituição por estruturas que apresentem a mesma função de proteção, porém com maior resistência.

O biotêxtil FIBRAX 400 BF® contribuiu para estabilização de um talude formado por solo de baixa coesão. Embora tenha ocorrido a destruição dos retentores de sedimento, a base do talude apresentou incipiente processo erosivo. Predominantemente nos locais onde o biotêxtil se encontrava em bom estado de conservação, foi possível observar a estabilização do solo da margem permitindo o desenvolvimento da espécie *Brachiaria decumbens* e de outras herbáceas autóctones que se desenvolveram partindo de um processo de dispersão possivelmente por anemocoria. Tais espécies formaram uma densa cobertura vegetal do solo e uma grande rede de raízes que auxiliaram na fixação do biotêxtil e na estabilização das camadas superficiais do solo.

Além da proteção física da camada superficial do solo, o biotêxtil promoveu a melhoria das condições microclimáticas na interface solo-atmosfera, em razão da conservação da umidade na camada superficial do solo, consequentemente permitindo um melhor desenvolvimento das plantas. Na área com biotêxtil, desenvolveu-se uma rápida e densa cobertura vegetal, como apresentado na Figura 4. No estágio inicial (Figura 4 a), percebe-se a ausência de vegetação logo após o retaludamento, seguido pela implantação do biotêxtil, que permitiu o desenvolvimento de plena cobertura do talude, necessário à implantação da biotécnica, diminuindo a verticalização original do talude em processo erosivo, atendendo à recomendação de inclinação de 2:1, eliminando fendas ou sulcos de erosão (ESENSS, 2008). Um mês após a implantação (Figura 4 b), a vegetação composta pela *Brachiaria decumbens* e outras herbáceas já cobriam parcialmente o talude, demonstrando ausência de impedimento do biotêxtil para o desenvolvimento de uma densa cobertura vegetal. Três meses após, a área com biotêxtil se apresentava completamente coberta pela vegetação, com grande densidade de *Brachiaria decumbens* (Figura 4 c). Após 90 dias a cobertura vegetal havia se estabelecido de forma eficiente como apresenta a Figura 4 d, garantindo a plena fixação do biotêxtil e promovendo

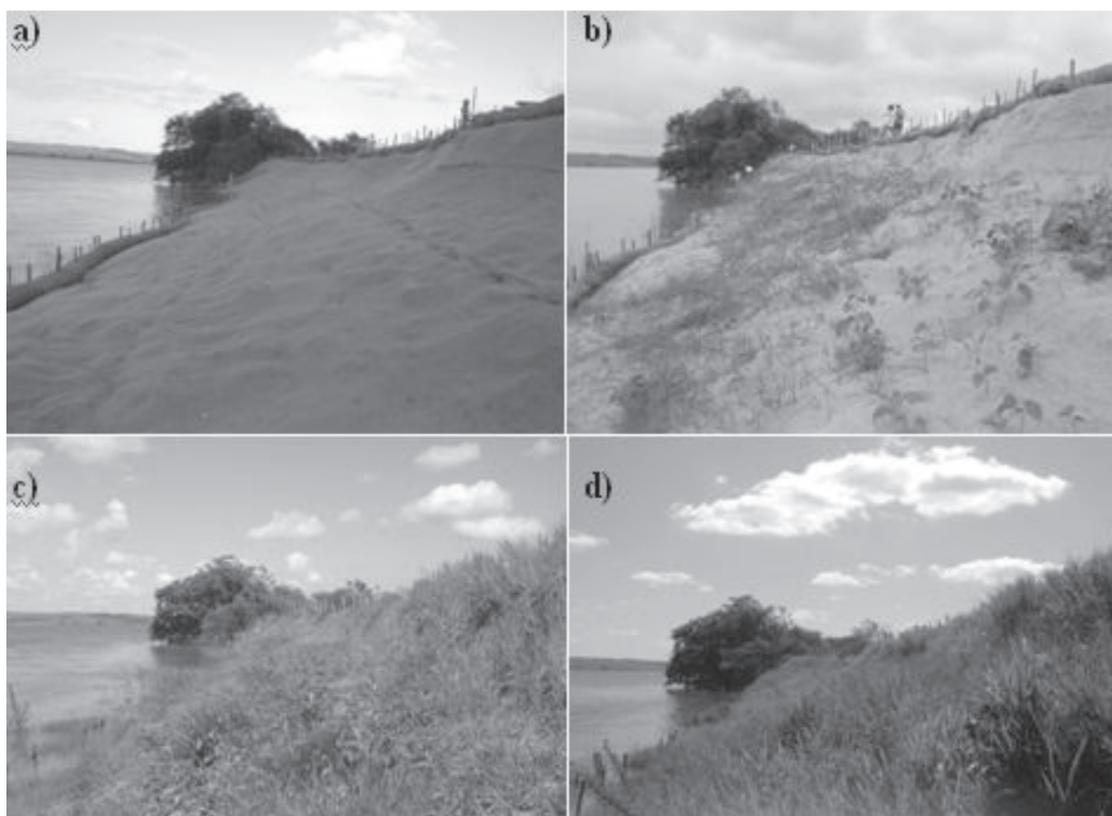


FIGURA 4: Evolução da cobertura vegetal no talude com Bioengenharia de solos. a) julho/2004; b) agosto/2004; c) outubro/2004; d) janeiro/2005.

FIGURE 4: Evolution of vegetation covering in the river bank with soil bioengineering. a) July, 2004; b) August, 2004; c) October, 2004; d) January, 2005.

o esperado efeito na estruturação do solo, diante do desenvolvimento de um denso sistema radicular.

CONCLUSÕES

O crescimento inicial das espécies florestais no tratamento com bioengenharia de solos foi prejudicado pela dificuldade de realização dos tratamentos culturais.

A gramínea *Brachiaria decumbens* contribuiu negativamente no crescimento das mudas florestais no tratamento com bioengenharia, pela agressiva competição com as espécies florestais.

A espécie *Schinus terebenthifolius* Raddi (Aroeira) apresentou crescimento inicial em ambos os tratamentos dentro do esperado para a espécie, com melhores resultados para as variáveis analisadas no tratamento sem bioengenharia de solos.

As espécies *Tapirira guianensis* (Pau-pombo) e *Cassia grandis* (Canafístula) não apresentaram desenvolvimento que indicasse eficiência na recuperação de margens de cursos d'água, submetidas às adversidades relacionadas com movimentos de

massa de solo no talude do rio.

Para a recuperação ambiental de margens de cursos d'água devem ser selecionadas para plantio espécies que apresentem desenvolvimento rápido, boa cobertura para necessário enriquecimento orgânico do solo, que permitam uma melhor fixação da muda, necessários para resistir os eventos de cheias e aos movimentos de massa causados pelo solapamento da base do talude marginal.

A espécie Mulungu (*Erythrina velutina*) apresentou resultados satisfatórios de altura e diâmetro da copa no tratamento com biotêxtil, mostrando-se tolerante à competição com espécies como a *Brachiaria decumbens*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional de Águas. **Projeto GEF São Francisco, 2001**. Disponível em: <(<http://www.ana.gov.br/gefsf/conteudo.asp?ecod=137&idmcod=1>)> Acesso em: 19 de outubro de 2008. ARAGÃO, A. G. *et al.* Produção de mudas de espécies arbóreas nativas para restauração de matas ciliares. In: REUNIÃO NORDESTINA DE

- BOTÂNICA, 26., 2004, Petrolina,. **Anais...** Petrolina: Sociedade Botânica do Brasil, 2004. ICD-ROM.
- BARBOSA, E. G.; PIVELLO, V. R.; MEIRELES, S. T. Allelopathic evidence in *Brachiaria decumbens* and its potential to invade the Brazilian cerrados. **Brazilian archives of biology and technology**, v. 51, n. 4, p. 825-831, July /Aug. 2008.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (Noções Básicas)**. Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1988. 42 p.
- BUDOWSKY, G. Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional processes. **Turrialba**, v. 15, n. 1, pag. 40-42, enero/marzo, 1965.
- CASADO, A. P. B. *et al.* Bank erosion evolution in São Francisco River. Viçosa, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 231-239, jan./mar. 2002.
- DAVIDE, A. C. *et al.* Restauração de matas ciliares. **Informe agropecuário**, v. 21, n. 207, p. 65-74, nov./dez, 2000.
- DEFLOS – Defesa Florestal Ltda. **Catálogo de produtos e serviços de bioengenharia**. Belo Horizonte: Deflor, 2005. 39 p.
- DIAS, T. C. S.; ALVES, P. L. C. A.; LEMES, L. N. Efeito da faixa de controle das plantas daninhas sobre o crescimento do cafeeiro. **Ciência das plantas daninhas. B. Inf. SBCPD**, v. 10, p. 32. nov. 2004.
- DURLO, M. A.; SUTILI, F. J. **Bioengenharia: manejo biotécnico de cursos de água**. Porto Alegre, RS: EST Edições, 2005. 198 p.
- ESSENS – **Environmentally Sensitive Streambank Stabilization**. Redding, California, 2008. ICD-ROM.
- FERREIRA, R. A. *et al.* Semeadura direta com espécies florestais na implantação de mata ciliar no Baixo São Francisco em Sergipe. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 81, p. 37-46, mar. 2009.
- HOLANDA, F. S. R. *et al.* Riparian fragments affected by bank erosion in the Lower São Francisco River, Northeastern Brazil. **Revista Árvore**, v. 29, n. 2, p.148-152, mar./abr. 2005.
- HOLANDA, F. S. R. *et al.* Análise multitemporal e caracterização dos processos erosivos no Baixo São Francisco. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 8, n. 2, p.85-94, jul./dez. 2007.
- HOLANDA, F. S. R.; ROCHA, I. P.; OLIVEIRA, V. S. Estabilização de taludes marginais com técnicas de bioengenharia de solos no Baixo São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 6, p.570-575, nov./dez. 2008.
- JONES, K.; HANNA, E. Design and implementation of an ecological engineering approach to coastal restoration at Loyola Beach, Kleberg County, Texas. **Ecological Engineering**, v. 22, p.249-261, July 2004.
- KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Sucessão secundária, estrutura e plantações de espécies arbóreas nativas. **IPEF**, n. 41/42, p.83-93, jan./dez.1989.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 2. ed. São Paulo: Nova Odessa, 2002. 384 p.
- MELO, R. R.; CUNHA, M. C. L. Crescimento inicial de mudas de mulungu (*Erythrina velutina* Wild.) sob diferentes níveis de luminosidade. **Ambiência**, v. 4, n. 1, p.67-77, jan./abr.2008.
- MELOTTO, A *et al.* Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas do Brasil central indicadas para sistemas silvipastoris. **Revista Árvore**, v. 33, n. 3, p. 425-432, maio/jun. 2009.
- PEDROSO, K. B. *et al.* A importância do elemento arbóreo em SAFs: desenvolvimento de seis espécies em solos semi-hidromórficos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2004. p. 455-457.
- PEREIRA, A. R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. 2. ed. Belo Horizonte: Ed. FAPI, 2008. 239 p.
- PITELLI, R. A.; MARCHI, S. R. Interferência das plantas invasoras nas áreas de reflorestamento. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 1., 1991, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: 1991. p. 110-123.
- RACIN, J. A.; HOOVER, T. P.; AVILA, C. M. C. **California bank and shore rock slope protection design**. Califórnia: California Department of Transportation, 2000. 109 p.
- SCALON, S. P. Q. *et al.* Armazenamento, germinação de sementes e crescimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v. 27, n. 2, p.107-112, abr./jun. 2005.
- SCALON, S. P. Q. *et al.* Desenvolvimento de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius*) e sombreiro (*Clitoria fairchildiana*) sob condições de sombreamento. **Ciência Agrotécnica**, v. 30, n. 1, p.166-169, jan./fev. 2006.
- SOUZA, L. S.; VELINI, E. D.; MAIOMONI-RODELLA, R. C. S. Efeito alelopático de plantas daninhas e concentrações de capim – brachiária (*Brachiaria decumbens*) no desenvolvimento inicial do eucalipto (*Eucalyptus grandis*). **Planta daninha**, v. 21, n. 3, p.343-354, dez. 2003.
- TENÓRIO, E. C. **Gramíneas usadas na conservação dos solos**. Boletim Técnico do Instituto de Pesquisas Agronômicas, Recife: IPPA, 1970. 22 p.
- TOLEDO, R. E. B. *et al.* Períodos de controle de *Brachiaria* sp e seus reflexos na produtividade de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 221-232, jun. 2003 a.
- TOLEDO, R. E. B. *et al.* Faixa de controle de plantas daninhas e seus reflexos no crescimento de plantas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 78-92, dez. 2003b.