

**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL DE MINAS GERAIS
Campus Inconfidentes**

LEANDRO LUIZ DE ANDRADE

**AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA E DO DESENVOLVIMENTO DE
MUDAS DE CAPIM VETIVER (*Vetiveria zizanioides*) EM RAÍZES NUAS
E PRODUZIDAS EM SAQUINHOS DE POLIETILENO PLANTADAS
EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS**

**INCONFIDENTES-MG
2011**

LEANDRO LUIZ DE ANDRADE

**AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA E DO DESENVOLVIMENTO DE
MUDAS DE CAPIM VETIVER (*Vetiveria zizanioides*) EM RAÍZES NUAS
E PRODUZIDAS EM SAQUINHOS DE POLIETILENO PLANTADAS
EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do curso de Graduação Tecnológica em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes, para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientadora: Lilian Vilela Andrade Pinto
Co-orientador: Michender Werison Motta Pereira

**INCONFIDENTES-MG
2011**

LEANDRO LUIZ DE ANDRADE

**AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA E DO DESENVOLVIMENTO DE
MUDAS DE CAPIM VETIVER (*Vetiveria zizanioides*) EM RAÍZES NUAS
E PRODUZIDAS EM SAQUINHOS DE POLIETILENO PLANTADAS
EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS**

Orientadora: Prof^ª. D. SC. Lilian Vilela Andrade Pinto
IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes

Co-orientador: Michender Werison Motta Pereira

Prof^ª. D. SC. Lúcia Ferreira
IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes

**AO MEU PAI DO CÉU E AOS MEUS PAIS DA TERRA ANTONIO LUIZ DE
ANDRADE E ANDRELINA BRAZ MUNIZ DE ANDRADE, MEUS IRMÃOS
ALESSANDRO LUIZ DE ANDRADE E TATIANE FELISBINA DE ANDRADE.**

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por me ter oferecido momentos difíceis, e neles soprar ao meu ouvido que tudo posso naquele que me fortalece.

Ao meu pai Antonio Luiz de Andrade agradeço pelas broncas, que sempre me deram garra e força, à minha mãe Andreina Bráz Muniz de Andrade pelo amor, dedicação e incentivo nas horas difíceis, aos meus irmãos Tatiane Felisbina de Andrade e Alessandro Luiz de Andrade por sempre acreditarem em mim.

Agradeço a minha companheira, amiga e namorada Paula que sempre me suportou nestes 3 anos, agüentando além dos deveres de faculdade as responsabilidades do trabalho que sempre tomava nossos domingos e feriados e em especial ao TCC de quem tanto ela tinha ciúmes.

Agradeço aos meus professores, pela dedicação, aprendizagem e paciência nos ensinamentos oferecidos nestes anos, sem eles nada disso seria possível. Em especial agradeço a professora Lilian por orientar não apenas meu trabalho de conclusão de curso, mas também por orientar meus caminhos, por dedicar seu tempo e paciência ao meu aprendizado.

De coração ao meu grande amigo Rafael Ribeiro meu chefe e parceiro, agradeço por sempre perseverar e acreditar em minha capacidade, me oferecendo chances para continuar meu caminho, deixando de lado muitas vezes suas próprias obrigações para me ajudar, obrigado.

As minhas amadas tias que nunca me esqueceram em suas orações, sempre prezando pela minha segurança e preocupadas com meu futuro, obrigado.

Na vida nos deparamos com pessoas especiais, que não abandonam nossas memórias. Ao destino e ao acaso os amigos são parte essencial da chegada a qualquer objetivo. Aos melhores amigos que já tive o prazer de conhecer agradeço a todos. Pela irreverência e descontração do Anderson (Batata), pela alegria amizade e companheirismo do Caio (Crisólia), pelas situações inusitadas e divertidas do Odilon (Ódi), pela simplicidade e amizade do Paulo (Mandioca), pela calma e paciência do Rafael (Martinez), pela loucura, alegria e simplicidade do Ramon (Bixo), Renan pela sinceridade e censo político nas citações, Pela amizade determinação e força de personalidade da Amanda (Dita), pela simplicidade em simplificar o complicado Carol, sempre apressada em terminar os trabalhos, Cecília pelo carisma e amizade, pela força e compreensão da Tatine e pela amizade e ajuda da Renata desde o início, obrigado a todos por estarem ao meu lado.

Ao meu grande amigo Michender que aprendi a gostar muito ao longo destes anos por sempre me socorrer nas horas difíceis, sempre dando um jeito. Em especial por ter me acolhido em seu projeto e me oferecido a honra de utilizar seu trabalho como tema do meu trabalho de conclusão de curso, e por ser meu co-orientador, agradeço de coração por contribuir com a minha subida.

EPIGRAFE

A grande força que move nossas vidas é a que nos permite transformar dificuldade em força e energia, que alimenta e dá vigor aos nossos sonhos, e faz de nós ferramentas para manipular o certo e o errado, desanimar ou persistir, sonhar ou tornar realidade, caminhar ou parar, cair e levantar, seguir em frente sempre, pois a dificuldade e as críticas nos trazem a realidade. A sabedoria retira sempre das tormentas proveito, aprendizagem e força.

É quando estou fraco que me fortaleço.

Santo Agostinho

A inteligência do homem está em que e para que ele utiliza seu poder.

Aristóteles

A mente que se abre a uma nova idéia jamais volta ao seu tamanho original.

Einstein

RESUMO

A utilização de plantas para estabilização de solos caracteriza-se como uma técnica de baixo custo quando comparado com as grandes obras de bioengenharia. Desta forma, o capim Vetiver apresenta-se como uma boa opção de planta pioneira na reabilitação e estabilização de solos, pois possui uma enorme capacidade de sobreviver à secas prolongadas uma vez que suas raízes atingem uma enorme profundidade de até 3m lhe proporcionando retirar água do solo mesmo nas épocas de estiagem, além de apresentarem grande capacidade em estabilizar solos sujeitos ou sofrendo processos erosivos e com déficit nutricional aumentando o poder de agregação do solo. Neste sentido o objetivo do presente trabalho é avaliar a sobrevivência e desenvolvimento de mudas de capim Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) em raízes nuas e produzidas em saquinhos de polietileno plantadas em diferentes espaçamentos, visando-se futuros projetos de proteção de encostas com esta gramínea. O experimento foi realizado na fazenda escola do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, MG, em uma encosta experimental, com declividade média de 30° e rampa de 6 m, onde foram avaliados 2 tipos de mudas de capim vetiver (raízes nuas e produzidas em saquinhos de polietileno) e 9 diferentes espaçamentos. Os parâmetros mensurados foram a taxa de sobrevivência das mudas 60 dias após o plantio; altura e diâmetro ao nível do solo das plantas no período de 150 à 270 dias após o plantio. Concluiu-se que: i) a taxa de sobrevivência, diâmetro ao nível do solo e altura das plantas de vetiver não é influenciada pelo espaçamento de plantio. ii) as plantas provenientes de mudas de vetiver produzidas em saquinhos de polietileno apresentam taxa de sobrevivência e diâmetro ao nível do solo superior àquelas plantadas diretamente no campo (raízes nuas) e iii) mudas produzidas em raízes nuas inicialmente apresentam menores valores de altura, entretanto após certo período de tempo estas mudas atingem valores similares ou maiores que os apresentados por mudas produzidas em saquinhos de polietileno.

Palavras-Chave: Proteção de encostas, diâmetro ao nível do solo, taxa de sobrevivência, altura de plantas, produção de mudas.

ABSTRACT

The use of plants for soil stabilization is characterized as a low cost technique compared to the great works of bioengineering. Thus, the Vetiver grass shows itself as a good choice of pioneer plant in the rehabilitation and soil stabilization, as it has a great capacity to survive prolonged drought because its roots reach an enormous depth of 3m permitting it to remove water from ground even in times of drought, besides they have a high capacity to stabilize soil erosion or suffering nutritional deficits, increasing the power of soil aggregation. In this sense the purpose of this study is to evaluate the survival and development of seedlings of vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) in bare root and grown in polyethylene bags planted at different spacings, aiming future projects to protect the slopes with this grass. The experiment was conducted at the school IFSULDEMINAS - Campus Conspirators, MG, in an experimental slope of 30 degrees and ramp of 6 m. It was planted two types of seedlings of vetiver grass (bare rooted and grown in polyethylene bags) and 9 different spacings. The measured parameters were the survival rate of seedlings 60 days after planting, height and diameter at ground level of the plants in the period of 150 to 270 days after planting. It was concluded that: i) the survival rate, diameter at ground level and plant height of vetiver **is not influenced** by plant spacing. ii) the plants from seedlings of vetiver grown in polyethylene bags have survival rate and diameter at ground level higher than those planted directly in the field (bare root) and iii) seedlings grown in bare root initially have lower values of height, however after a certain period of time these seedlings reach similar or higher values than those submitted by seedlings grown in polythene bags.

KEY WORDS: Protection of slopes, diameter at ground level, survival rate, plant height, seedling production.

SUMÁRIO

RESUMO.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1. Uso do solo e problemas ambientais.....	3
2.2. Processo de formação das encostas.....	4
2.3. Deslizamentos de encostas.....	6
2.3.1. Efeitos do deslizamento.....	7
2.3.2. Efeitos ambientais.....	8
2.3.3. Efeitos econômicos.....	8
2.4. Proteção de encostas.....	10
2.4.1. Métodos de proteção de encostas.....	10
2.5. Vetiver.....	13
2.5.1. Características morfológicas.....	13
2.5.2. Áreas de utilização.....	15
2.5.3. Potencial para proteção de encostas.....	16
2.5.3.1. Benefícios.....	18
2.5.3.2. Casos de sucesso.....	19
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
3.1. Caracterização da área.....	22
3.2. Experimento 1 – Efeito do espaçamento de plantio na sobrevivência e no desenvolvimento em altura e diâmetro ao nível solo de plantas de capim vetiver.....	23
3.3. Experimento 2 – Efeito do tipo de muda na sobrevivência e no desenvolvimento em altura e diâmetro ao nível solo de plantas de capim vetiver.....	24
3.4. Análise estatística.....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1. Experimento 1 – Efeito do espaçamento de plantio.....	26
4.1.1. Taxa de sobrevivência.....	26
4.1.2. Altura das plantas.....	26
4.1.3. Diâmetro das plantas.....	27
4.2. Experimento 2 – Efeito do tipo de muda.....	28
4.2.1. Taxa de sobrevivência.....	28
4.2.2. Altura das plantas.....	29
4.2.3. Diâmetro das plantas.....	30
4. CONCLUSÕES.....	31
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

O solo, substrato básico a sobrevivência das plantas suporta sobre sua superfície os mais diversos usos para satisfazer as necessidades humanas de obter fonte para seu sustento e sobrevivência. Os usos do solo trazem alterações drásticas em suas características físicas decorrentes da exposição do mesmo as águas de precipitação que originam as erosões.

As erosões hídricas em sua maioria são o resultado das águas que escoam sobre as encostas, causando o arraste de partículas de solo e material orgânico para regiões mais baixas da paisagem/encosta. A encosta quando desprotegida, apresentando superfície nua, sem estrutura que contenha a força das águas fica propícia ao processo de erosão. Com o início do processo erosivo a desestabilização do solo aumenta pois a derivação do solo leva consigo não apenas material superficial, carregando também grande parte da matéria orgânica integrante deste solo.

Apesar do prejuízo ambiental os processos erosivos podem afetar diretamente a sociedade. Grandes cidades sofrem com o mau planejamento que amplia as possibilidades de crescimento descontrolado, normalmente dando margem para que a cidade cresça em direção as encostas. O fato real de que cidades são fundadas ao pé de encostas traz diversas conseqüências, pois com o início das chuvas as áreas de encostas ficam instáveis a tal ponto que ocasionam deslizamentos que levam até a margem dos rios tudo que está à sua frente, casas, carros quando não vidas.

Os países do terceiro mundo sofrem com o processo de erosão em todas as dimensões, pois não abrigam em seus planos de ação medidas efetivas que previnam desastres ambientais, assim sendo é dever da sociedade conscientizar-se da importância da manutenção dos solos, prezando pela manutenção de suas características físicas.

A utilização de plantas para estabilização de solos caracteriza-se como uma técnica de baixo custo quando comparado com as grandes obras de bioengenharia.

Desta forma, o capim Vetiver apresenta-se como uma boa opção de planta pioneira na reabilitação e estabilização de solos, pois possui uma enorme capacidade de

sobreviver à secas prolongadas uma vez que suas raízes atingem uma enorme profundidade lhe proporcionando retirar água do solo mesmo nas épocas de estiagem, além de apresentarem grande capacidade em estabilizar solos sujeitos ou sofrendo processos erosivos e com déficit nutricional aumentando o poder de agregação do solo (Castro, 2007).

O Vetiver é usado na conservação de solos agrícolas, estabilização de locais inclinados, reabilitação de solos salinos e contaminados, como barreira efetiva para controle de erosão e sedimentos (Truong & Hart, 2001).

Segundo Pereira (2006), o capim Vetiver apresenta rápido crescimento em altura e diâmetro. Este bom crescimento se deve principalmente a capacidade da planta em aproveitar melhor o nitrogênio incorporado ao solo.

O Vetiver se adapta às mais diversas e inóspitas condições edafoclimáticas, assim sendo se desenvolve onde nenhuma outra planta sobreviveria (Truong, 2000). Extremamente rústica, o Vetiver é simultaneamente hidrófilo e xerófilo, além de resistir a extremos hídricos (300–3.000 mm/ano), também tolera extremos térmicos (-14°C a +55°C). O Vetiver vegeta em praticamente qualquer tipo de terreno, tolerando solos de baixa fertilidade, e com valores extremos de pH (3-10), salinidade e toxidez. Caso venha a ser enterrado, pelo deslocamento e o acúmulo de sedimentos, os nós do capim Vetiver emitem novas raízes, que nivelam a planta com a nova superfície do terreno.

Neste sentido o objetivo do presente trabalho foi avaliar a sobrevivência e o desenvolvimento de mudas de capim Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) em raízes nuas e produzidas em saquinhos de polietileno plantadas em diferentes espaçamentos, visando-se futuros projetos de proteção de encostas com esta gramínea.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Uso do solo e problemas ambientais

O solo é um recurso básico que suporta toda a cobertura vegetal, que, por sua vez quando removida causa diversas alterações na superfície, promovendo importantes modificações nas propriedades físicas dos solos podendo modificar também a dinâmica hidrológica das encostas (Santos et al., 2006). O solo desprotegido favorece a formação da selagem superficial, que resulta na diminuição da taxa de infiltração e no conseqüente aumento do escoamento superficial acarretando em erosão.

O solo contém o importante papel de sustentar a vida vegetal, assim devido ao seu enorme valor e apreço, tem sido utilizado no decorrer da evolução da humanidade para diversos fins na manutenção da vida humana. A maneira evasiva e acelerada com que o homem tem utilizado o solo pelos vários séculos tem causado uma rápida degradação de suas propriedades. Para Abdo (2006) os principais fatores de degradação de solo são: desmatamento, extração de florestas comerciais, construção de estradas e urbanização, atividades industriais, mineração, superpastejo, atividades agrícolas com o uso insuficiente ou excessivo de fertilizantes, uso inadequado de máquinas agrícolas e ausência de práticas agrícolas eficientes. A exposição do solo à ação dos agentes erosivos pela sua exploração intensa, retirada da vegetação, tem causado uma rápida alteração de suas características físicas, levando-o ao empobrecimento, que muitas vezes se torna precoce.

Abdo (2006) afirma que cerca de 15% do solo mundial (1.966.106 ha) encontra-se degradado, na América do Sul, são 244.106 ha de solo degradado, aos quais 41% devido ao desmatamento, 27,9% ao superpastejo, 26,2% a atividades agrícolas e 4,9% à exploração intensa da vegetação. No Brasil estima-se que o desmatamento e as atividades agrícolas são os principais fatores de degradação.

Muitos solos encontram-se em processo de degradação. Segundo Pereira (2006) no Brasil, estas situações são preocupantes, principalmente em relação às perdas de solos agrícolas causadas pela erosão hídrica, destacando o desmatamento e as atividades agrícolas como os principais fatores da degradação.

Por conta da extração exagerada de recursos naturais, sistemas de manejo inadequado e grandes áreas usadas para plantações de monocultura e pastagens, várias regiões foram altamente degradadas tornando o solo pobre. Como resultado, estes solos se tornaram instáveis e impróprios para uso, proporcionando e acelerando processos erosivos (Rossi & Neto, 2009).

Cerri et al. (1991) e Gregorich et al. (1998) atribuíram a exaustão dos atributos físicos do solo principalmente pela falta de cobertura vegetal eficiente, retirada principalmente para o estabelecimento de cultivos agrícolas, agravando ainda mais o quadro e levando o solo a erosão. Lal & Pirce (1991) retrataram que a rápida degradação do solo sob exploração agrícola, despertou, nas últimas décadas, a preocupação com a qualidade do solo, a sustentabilidade da exploração agrícola e os efeitos da erosão.

No mundo inteiro a perda de solos cultivados em decorrência do arraste de partículas por águas provenientes de precipitações representa milhões de toneladas por ano. Isso provoca o empobrecimento dos terrenos cultivados, tornando-os cada vez mais improdutivos e propícios a erosão (Pereira, 2006).

2.2. Processo de formação das encostas

De acordo com Miniaurélio Eletrônico (2004) encostas ou vertentes são superfícies íngremes demasiadamente inclinadas que conduzem as águas pluviais até um ponto mais baixo da encosta. Veloso (2006) define uma encosta simplesmente como um elemento da superfície terrestre inclinado em relação à horizontal, que contribui com a formação de processos erosivos, mas também participa na formação dos solos.

As encostas, que contribuem para os mais diferentes graus de erosão e modificação da paisagem terrestre, porque afetam diretamente a velocidade do escoamento superficial. Condições físicas e climáticas são fatores predisponentes à ocorrência de movimentos de massa e processos erosivos (Sobreira, 1991). As condições climáticas, com períodos de chuvas intensas e prolongadas, complementam o quadro de predisposição ao desenvolvimento de processos físicos de caráter superficial, principalmente escorregamentos, erosão e movimentação de materiais rochosos, que se manifestam durante a estação chuvosa (Sobreira & Fonseca, 2001).

De acordo com Veloso (2006) o fato de que muitas superfícies terrestres sejam inclinadas é relevante. A água das chuvas flui rapidamente pelas encostas mais íngremes, tanto sobre o terreno, quanto se infiltrando no solo, e contribuindo para o movimento de partículas de rocha, solo, e material dissolvido. Se a encosta for bastante íngreme, os materiais podem escorregar ou rolar sem a interferência de qualquer agente externo como, por exemplo, as águas correntes. Esse processo é denominado “processos de transporte”, que retiram rochas ou pedaços do solo de um lugar (intemperismo), e o depositam de novo em outro local (erosão). Numa encosta várias formas de erosão podem tomar lugar dependendo das condições da chuva (quantidade, duração e intensidade) e da resistência do solo em função de suas características físicas e de seu manejo.

A erosão do solo é dividida em duas categorias, erosão natural ou geológica (formação dos solos) e erosão acelerada ou antrópica (erosão).

A erosão geológica é aquela que ocorre em solos onde não houve interferência humana, não é considerada um problema, mas parte essencial de evolução das paisagens naturais. Responsável pela formação dos solos essa erosão produziu todos os tipos de topografia hoje existentes (Veloso, 2006).

A erosão acelerada tem problemas mais expressivos na sociedade, uma vez que é a responsável pelas perdas de solos e deslizamentos em áreas urbanas ocorrendo em áreas que sofreram ação antrópica. As atividades que conduzem à erosão acelerada são principalmente os desmatamentos para a agricultura, pecuária e construção civil. Os dois principais fatores que levam à erosão acelerada são as taxas de erosividade e de erodibilidade (Veloso, 2006).

Erosividade: é a capacidade das chuvas de causar erosão. Depende das características físicas da chuva como: intensidade total, tamanho das gotas e velocidade. Conhecendo estes fatores saberemos a energia cinética ou a totalidade do poder erosivo de determinada chuva (Veloso, 2006).

Erodibilidade: é a vulnerabilidade ou susceptibilidade à erosão, em função das características físicas do solo e do seu manejo. O fator de erodibilidade dos solos refere-se principalmente às propriedades físicas dos solos, tais como: I) Velocidade de infiltração; II) Permeabilidade e capacidade de armazenamento; III) Resistência as forças de dispersão, abrasão e transporte pelas águas da chuva e escoamento superficial (Bertoni & Lombardi Neto, 1985).

A erodibilidade depende de muitas variáveis, porém os solos onde não houve atividade humana não apresentam erodibilidade. Deste modo, este é um fenômeno causado por interferência humana (Veloso, 2006).

Muitas encostas naturais estão sujeitas a deslizamentos ou escorregamentos cujas formas são diretamente controladas pelos processos erosivos nelas atuantes (Veloso, 2006).

De acordo com Guerra (1998), a cobertura vegetal reduz significativamente a quantidade de energia cinética que a água aplica ao solo durante uma chuva, além de reduzir os processos erosivos, nas formas de escoamento superficial e transporte de sedimentos. Salienta que, em áreas com menos de 70% de cobertura vegetal, o run-off (escoamento superficial) aumenta substancialmente, fazendo com que a perda de solos e água também aumente proporcionalmente.

2.3. Deslizamentos de encostas

A instabilidade de encostas é uma realidade presente em nosso cotidiano, tendo ciência destes fatos vários episódios de destruição poderiam ser evitados com medidas preventivas de conservação do solo. Destacam-se os incidentes ocorridos nas propriedades rurais da região sul de São Paulo. Em 2011 fortes chuvas que caíram no início do ano e a falta de conservação de solo estão sendo uma combinação fatal para ocasionar erosões. Segundo reportagem do jornal da região enormes erosões foram formadas, o caso mais grave ocorre em uma lavoura de milho, encontrando-se ali uma cratera de 9 metros de profundidade por 100 metros de comprimento, classificada pela dimensão como sendo uma voçoroca. Segundo o engenheiro agrônomo Carlos Egídio, as estradas municipais são outro problema, pois estão sem nenhuma prática de contenção das águas das chuvas, ocasionando grandes erosões nas laterais, às vezes tornando-as intransitáveis (Poloni, 2011).

O desastre decorrente ao excesso de chuvas causado nas cidades de Teresópolis, Nova Friburgo e Petrópolis no estado do Rio de Janeiro, chamou a atenção para a importância de práticas de conservação do solo (Dantas, 2011).

O presidente do Conselho Regional de Arquitetura, Engenharia e Agronomia do Rio de Janeiro (CREA-RJ), Agostinho Guerreiro, disse que 80% das mortes seriam evitadas, caso as prefeituras das cidades afetadas respeitassem a legislação ambiental do país. "Técnicos apuraram que o desmatamento fez a velocidade do escoamento de água atingir mais de 100 km/h em alguns trechos", afirmou o presidente do CREA. Ainda salienta que a ocupação de morros com inclinação superior a 45 graus é crime ambiental, pois são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APPs) e recomenda a retirada da população desses locais imediatamente. O CREA-RJ sugeriu um conjunto de obras de contenção de encostas para evitar a repetição da tragédia. O documento enfatiza que são necessários o reflorestamento dos morros e a recuperação da vegetação nas margens dos rios. Os fatores

para o desastre estavam presentes, faltava apenas à chuva excessiva como elemento desencadeador, para provocar o efeito dominó, resultando numa avalanche de lama e detritos (Dantas, 2011).

No dia treze de janeiro de 2011 em Piracicaba/SP no bairro Saibreiro, um terreno baldio com fortes indícios de erosão ameaça engolir pelo menos oito casas. Com desnível de quase 15 metros de altura, tornou-se um risco tanto para quem construiu na parte de cima dele quanto para quem está na encosta da erosão. Com o início das chuvas, o processo erosivo se torna ainda mais acelerado, alarmando a população que correm riscos constantes (Vicente, 2011).

Veroni (2010) relatou sobre deslizamento de terra acontecido em Angra dos Reis, litoral do Rio de Janeiro, onde dezenas de pessoas morreram, durante as festas de reveillon.

Em novembro de 2008 o estado de Santa Catarina sofreu a sua maior tragédia. Foram 150 pessoas mortas entre soterramentos e afogamentos. Milhares de bovinos morreram afogados. Vários automóveis ficaram submersos por dias, rodovias foram destruídas e gasodutos explodiram. Após cessar a chuva, mesmo com semanas de sol forte, ainda as pedras e terra rolavam encostas abaixo, devido ao encharcamento e instabilidade do solo (Fretta, 2008).

2.3.1. Efeitos do deslizamento

O fenômeno da erosão acarreta um pesado ônus à sociedade, pois além de danos ambientais que podem ser irreversíveis, produz também prejuízos sociais. Dentre eles estão à diminuição da produtividade agrícola, assoreamentos de reservatórios que reduzem a produção de energia elétrica e do volume de água para abastecimento urbano, além de uma série de transtornos aos demais setores produtivos da economia (Oliveira et al., 1987) como o aumento dos custos de produção (adubação, correção de solo, etc.), aumento dos custos dos alimentos, redução da demanda de mão de obra no meio rural, êxodo rural, etc (CETEC, 1989).

Com relação ao assoreamento dos reservatórios pelo processo erosivo, Mahmood (1987) mostrou que a vida útil destes no mundo teve decréscimo de 22 anos, avaliando-se cerca de 6 bilhões de dólares o custo anual para remoção dos sedimentos.

Carvalho (1994) apresentou um total de 38 reservatórios com problemas diversos decorrentes do depósito de sedimentos no Brasil entre eles encontram-se o Tucuruí (Rio

Tocantins), Três Marias (Rio São Francisco), Funil (Rio Paraíba do Sul), Barra Bonita (Rio Tietê) e Capivara (Rio Paranapanema).

Assim o processo erosivo pode inutilizar áreas aptas à agricultura, ameaçar obras viárias e áreas urbanas, assorear rios, lagos e reservatórios, comprometendo o abastecimento das cidades, projetos de irrigação e até a geração de energia elétrica (Oliveira, 1987).

2.3.2. Efeitos ambientais

Segundo Lal & Stewart (1992) a degradação dos solos modifica as características de sua natureza; física, química e biológica, decorrente as alterações climáticas causadas por fatores naturais ou em decorrência da ação antrópica. Os autores destacaram ainda que a erosão implica na diminuição da capacidade produtiva dos solos. Solos erodidos apresentam atributos físicos, químicos e biológicos pouco propícios à produção agrícola. Toda erosão leva para as margens dos rios sedimentos em suspensão ou dissolvidos nas águas, em geral nutrientes e agrotóxicos diluídos ou agregados aos sedimentos.

O desmatamento é a primeira etapa da erosão, que atenua a ação das chuvas no solo. A erosão se classifica como maléfica, pois é mais rápida do que os processo de formação do solo, não permitindo que este se regenere. Dentre outros danos, a erosão causa assoreamento de cursos e corpos d'água, degradação do solo prejudicando a manutenção da fertilidade, alterando a profundidade do solo e causando a perda do horizonte A, o qual contém a maior parte dos nutrientes para as plantas, a maioria da matéria orgânica e a melhor estrutura para o desenvolvimento das raízes. A erosão e o assoreamento trazem também como conseqüências uma maior freqüência e intensidade de enchentes e alterações ecológicas que afetam fauna e flora (São Paulo, 1990).

Com a erosão do solo ocorrem a poluição dos rios e o desaparecimento da flora e da fauna natural, acarretando assim na perda significativa da biodiversidade. Além do comprometimento da camada fértil do solo que pode ser perdida, removida ou mesmo enterrada (Abdo, 2006).

2.3.3. Efeitos econômicos

A erosão do solo é um fenômeno complexo, envolve desagregação, transporte e deposição de partículas (Bertol et al., 2007). Para Pimentel et al. (1995), é uma das maiores ameaças para o desenvolvimento sustentável e pra capacidade produtiva da agricultura pois acarreta em diversos prejuízos.

Os custos de produção aumentam devido às perdas de solo causadas pela erosão, pois demandam cada vez mais corretivos e fertilizantes, reduzem o rendimento operacional das máquinas, inserindo dispêndios de práticas para controlá-las (Bertoni & Lombardi Neto, 1999). Esse conjunto de fatores resulta em redução do potencial produtivo deste solo, significando, em última análise, menor valor da terra.

A erosão não é somente um fenômeno físico, mas também um problema social e econômico. A perda e a recuperação do solo potencializam prejuízos, inclusive monetários, já destacava Bennett (1929).

Os problemas econômicos gerados pela erosão são importantes para determinar o custo social dela dentro de um país. A erosão representa um considerável arranque na economia, pois o país depende de condições políticas dos mercados não-agrícolas que estão relacionadas ao solo. Dentro do cenário econômico, além de reduzir a produção de *commodities*, a erosão implica em um retrocesso ao desenvolvimento econômico, na redução da produção de diferentes setores da economia, redução na oferta de empregos, bem como na formação dos salários, aumento nos preços dos produtos, aumento do desemprego e da migração, e um desequilíbrio na balança de pagamentos (aumento de importações e redução de exportações), gerando um déficit primário (Alfsen et al., 1996).

O Brasil abriga cerca de 20% dos solos agricultáveis do mundo (Batista Filho, 2007), um recurso estratégico, não renovável, de alta importância social, econômica e ambiental. A produtividade agrícola brasileira, de aproximadamente 20 milhões de t ano⁻¹, pode ser reduzida a zero ou tornar-se economicamente inviável devido à erosão ou degradação induzida pela erosão, o que representa enorme ônus aos governos que injetam verba diretamente no setor sem obter resultados de melhora (Rosa, 2000).

Cavalcanti (1995) estimou valores para as perdas de nutrientes decorrentes da erosão de US\$ 1,4 bilhão no Vale do Rio São Francisco e Castro & Valério Filho (1997), de US\$ 1,7 bilhão para o Estado de São Paulo. Somente no Estado do Paraná, com seis milhões de hectares de área agrícola, o prejuízo por perdas de nutrientes devido à erosão é da ordem de 121 milhões de dólares por ano (Derpsch et al., 1991). Com base em parâmetros obtidos na literatura e nas perdas de solo, Bahia et al. (1992) estimaram que o prejuízo com as perdas de nutrientes no Brasil é da ordem de 4 bilhões de dólares por ano.

Para Pimentel et al. (1995) prejuízos decorrentes ao processo erosivo na produção chegam a US\$77/ha. Hertzler et al (1985) estimam que o custo de perda de solo é de aproximadamente US\$70,00/ha.

2.4. Proteção de encostas

Todas as encostas são cobertas por solo e sobre estes solos aplicam-se forças que induzem a movimentação das massas sobre as encostas. Uma força é uma ação que tende a modificar o estado de movimento de um corpo. A principal força que atua nas encostas é a gravidade, que é a atração mútua entre dois corpos. Mas a gravidade não tem valor expressivo sobre os solos quando aplicada sozinha, por isso atua em conjunto com outros agentes, principalmente as águas correntes. A gravidade causa o movimento da água pelas encostas, esta por sua vez, exerce forças nas partículas sedimentares, tendendo a transportá-las (Veloso, 2006).

Muitas vezes as encostas sofrem com ação de forças externas ao qual o resultado final é a erosão dos solos. Com o intuito de privar os solos de agentes que modifiquem suas características físicas ao decorrer da história o homem desenvolveu metodologias a fim de conservar o solo dos processos erosivos.

O objetivo das práticas de contenção do solo é o de controlar ou reduzir a erosão do solo causada pelas águas. A erosão hídrica desaloja as partículas do solo pelo volume excessivo e/ou alta velocidade de um escoamento superficial da água. O objetivo da prática de conservação da água é aumentar a infiltração da água no corpo do solo, introduzindo sobre a superfície vários métodos de contenção (Derpsch et al., 1991).

As várias práticas de contenção do solo agregam um conjunto de ações multidisciplinares inerentes à situação, que visam proporcionar proteção a fim de restabelecer condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes em sistemas naturais (Griffith & Dias, 1998). As metodologias aplicadas na contenção de solos envolvem grande quantidade de mão de obra e muitas vezes agregam grandes quantidades de capital.

O principal problema de estabilidade de encostas é garantir a estabilidade nos mais diversos tipos de processos sofridos pelos solos, por isso é de fundamental importância que a escolha do método a ser utilizado proporcione segurança e confiança criando uma barreira que traga benefícios para os solos nela aplicados (Veloso, 2006).

2.4.1. Métodos de proteção de encostas

A quantidade de solo perdido na erosão é diretamente influenciada pela forma de manejo aplicada na área. Sendo assim, para evitar a erosão é importante eliminar o fator “desagregamento do solo pela chuva” e aumentar a velocidade de infiltração da água no solo

(Lombardi Neto & Bertoni, 1985). Para tal são usadas diversas técnicas que visam conter a capacidade dos agentes erosivos, entre estes métodos se encontram técnicas como:

→ **Práticas mecânicas:** operações mecanizadas e/ou manuais para construção de obras de contenção e dispositivos de drenagem superficial. Seu objetivo é estabelecer condições mínimas para que se possa estabelecer práticas vegetativas, ou revegetação da área, algumas técnicas envolvidas são:

- **Terraço tipo Murundu:** canal com um camalhão ou dique bem alto, cuja finalidade é diminuir ou quebrar a velocidade da água.

- **Barreiras naturais:** dentre elas a construção de terraços que tem a finalidade de diminuir a velocidade da água que escorre pela área. Utilizando-se de materiais como madeira, troncos de árvores, pedras soltas na formação de barreiras contra a erosão. As barreiras podem ser construídas também com mourões de eucalipto e sacos de composto com sementes. A barreira deve ser construída em formato de meia lua ou de acordo com o formato da erosão (CETEC, 2000).

- **Paliçadas:** podem ser construídas com bambus e com aproveitamento de pneus usados (Embrapa, 2006). De acordo com Bertoni & Lombardi Neto (1990), constitui a formação de uma barreira de nível mais elevada que visa quebrar a inércia da água que escorre superficialmente.

→ **Medidas de Engenharia:** medidas envolvendo técnicas de engenharia para conter os deslizamentos, dentre eles se encontram:

- **Barreiras de pedras:** são amplamente eficientes para aumentar a taxa de infiltração de água no solo, pois constitui uma barreira porosa que possibilita a percolação de água e impede a leva de solo (CETEC, 2000).

- **Chumbadores:** barras de aço fixadas com calda de cimento ou resina, usados para fixar obras de concreto armado sobre o solo, sem o uso de proteção (Bertoni & Lombardi Neto, 1990).

- **Pano de pedra:** revestimento da encosta com blocos de rocha, talhados em forma regular e de tamanho conveniente, arrumados e rejuntados com argamassa, promovendo maior estabilidade (Araújo & Paiva, 2005).

- **Gabião-manta:** armação de malha metálica, preenchida por pedra, podendo ser construído na forma de caixa, saco, ou manta, sendo que este último apresenta vantagens quanto à possibilidade na utilização de material local, de capacidade autodrenantes (Veloso, 2006).

- **Tela e Gunita:** Aplicação de tela metálica, com malha de 5 a 20cm e fios de 2 a 5 mm, presa à superfície do talude por chumbadores, sobre o qual se projeta uma argamassa de cimento e areia (gunita), com espessura média de 3 a 5 cm. Esse sistema deve ser provido de drenos para evitar o represamento da água, que pode provocar a ruptura de sua estrutura. Tem como inconveniente o custo bastante elevado (Veloso, 2006).

- **Solo grampeado:** constituído de hastes semi-flexíveis presas no solo. Nas estruturas de solo grampeado as inclusões são compostas, em geral, por barras de aço, envolvidas por calda de cimento (Oliveira, 2009).

- **Estacas raiz:** são estacas concretadas in loco, com diâmetro que varia de 80 a 450 mm. Executadas em direção vertical ou inclinada, utilizadas em solos com circulação de água e lama (Veloso, 2006).

- **Selos de solo argiloso:** processo que envolve o preenchimento de sulcos de erosão, trincas e fissuras, com material argiloso, sendo que esta técnica é utilizada em associação com outros tipos de proteção superficial, em especial o de cobertura vegetal (Araújo & Paiva, 2005).

→ **Solo impermeabilizado:** técnicas que cobrem o solo privando-o dos processos que levam a erosão, entre elas:

- **Impermeabilização asfáltica:** disposição de uma camada delgada de asfalto, aplicada por rega ou por aspersão. Necessita de manutenção para garantir adequado desempenho, pois sofre deterioração pela ação de raios solares e por ação física (Veloso, 2006).

- **Solo-cal-cimento:** utilização de uma mistura de solo, cal e cimento, aplicada em estado plástico, reduzindo a infiltração e a exposição à água (Veloso, 2006).

- **Argamassa:** aplicação de argamassa de cimento e areia, protegendo o solo das incidências hídricas. Seu maior inconveniente é o custo elevado (Veloso, 2006).

→ **Cobertura vegetal:** a cobertura vegetal atua como proteção mecânica contra os agentes erosivos, como fonte potencial no fornecimento de matéria orgânica (Andrade et al., 1995) e como mecanismo regulador da liberação e ciclagem de nutrientes contidos na superfície (Heaney & Proctor, 1989; Costa et al., 1996, 1997). A formação de uma camada de plantas recobrando o solo mantém as características físico químicas do solo preservadas, é a técnica de proteção de solo mais barata e a que oferece mais vantagens por devolver o aporte de matéria orgânica ao solo.

- **Cobertura vegetal com gramíneas:** a agregação dos solos aumentam em solos colonizados com gramíneas. Experimentos mostram que, quando gramíneas são usadas,

se verifica maior taxa de recuperação da agregação dos solos principalmente em solos degradados (Suzuki, 2006).

A utilização de gramíneas para a recuperação de áreas degradadas foi estudada por Muller et al. (2001), e atribuiu que a degradação da camada superficial diminui a cobertura vegetal, resultando em aumento da densidade na camada superficial do solo. Bayer & Mielniczuk (1997) analisaram o incremento nos teores de matéria orgânica no solo depositado por gramíneas. A constatação de um maior incremento de matéria orgânica no solo depositado pelas gramíneas indica que a planta pode ser utilizada na recuperação de áreas degradadas.

As gramíneas depositam matéria orgânica que aumenta a infiltração de água no solo, reduzindo por sua vez o escoamento superficial e a erosão (Gray & Leiser, 1982; Binder et al., 1983; Durlo & Sutili, 2005). A busca por soluções de menor custo e com uma maior integração com o meio ambiente em menos tempo levou ao desenvolvimento da bioengenharia, apoiada na utilização de materiais biologicamente ativos como a vegetação, visando a estabilização de solos e cursos d'água.

A vegetação tem sido utilizada amplamente como uma ferramenta natural da bioengenharia para recuperar o solo, controlar a erosão e estabilizar encostas. Ao longo dos séculos sua popularidade tem aumentado gradativamente devido à eficácia de custo e respeito ao meio-ambiente desta “agradável” abordagem da engenharia.

“Por conservação do solo, dever-se-á entender a preservação e o desenvolvimento, de modo a proporcionar o maior bem para o maior número e pelo maior período de tempo, dos recursos naturais de caráter renovável, quais sejam, o solo, as florestas, as pastagens, a fauna silvestre e, em certa extensão, a água.”
(Bunce, 1942).

2.5. Vetiver

2.5.1. Características morfológicas

O Vetiver, conhecido no mundo científico como *Vetiveria zizanioides* é uma planta da família das gramíneas (Poaceae/Gramíneas), herbácea e perene, podendo vegetar durante séculos, cespitosa (cresce em moita), e chega a atingir cerca de 2 m de altura, com raízes que podem penetrar até 3 m de profundidade (Henriques, 2009).

Grimshaw (2003) ressalta que a planta enquadra-se nas características do grupo C4, portanto se desenvolve melhor em ambientes com plena exposição solar. Com folhas de 2 cm de largura no início da base, estendendo até a extremidade superior que termina

pontiaguda, alcançando uma altura que varia de 1,5 a 2 m. Não é uma planta invasora, pois se propaga principalmente pela forma vegetativa, ou seja, por meio de mudas, não se disseminando por sementes, rizomas ou estolões (Truong, 2000). Desta forma, o capim Vetiver é considerado uma espécie muito segura para ser utilizada, não existindo o risco de se tornar invasora.

O capim Vetiver é bastante conhecido desde os mais remotos tempos da antigüidade, cultivado há pelo menos 6.000 anos, têm sido utilizados para as mais diversas finalidades, como aromatizantes, perfumes finos, planta medicinal e, principalmente como protetor do solo (Truong, 2000).

A espécie é constituída por touceiras de arquitetura ereta que plantadas em cordões formam barreiras contra a erosão. Acredita-se que o Vetiver seja nativo do subcontinente indiano (Vietnã, Sri Lanka e Sul da Índia), sendo vastamente cultivado na Indonésia, Índias Ocidentais, África e Polinésia. O Brasil vem aumentando sua produção uma vez que o capim Vetiver tem múltiplas aplicações a favor do meio ambiente (Pereira, 2006).

O sistema radicular do capim Vetiver se destaca pela profundidade que pode atingir até 3 metros, e pela capacidade de agregar o solo que pode inclusive transpor camadas com impedimentos rochosos. Funcionando como "pregos" no solo e retendo até os mais finos sedimentos, criando uma barreira natural ao escoamento da água. Como a raiz cresce para baixo, há redução da velocidade de enxurradas e aumento da capacidade de infiltração da água no solo. Além disso, o extenso alcance das raízes confere à planta capacidade de resistência à seca prolongada e de recuperação após situações de stress, como queimadas, pastoreio intensivo e alagamentos. Também é comprovada a tolerância ao ataque de pragas e doenças (Henriques, 2009). A figura 1 demonstra a efetiva proteção que as raízes de Vetiver proporcionam ao solo devido à grande perfilhação no solo.

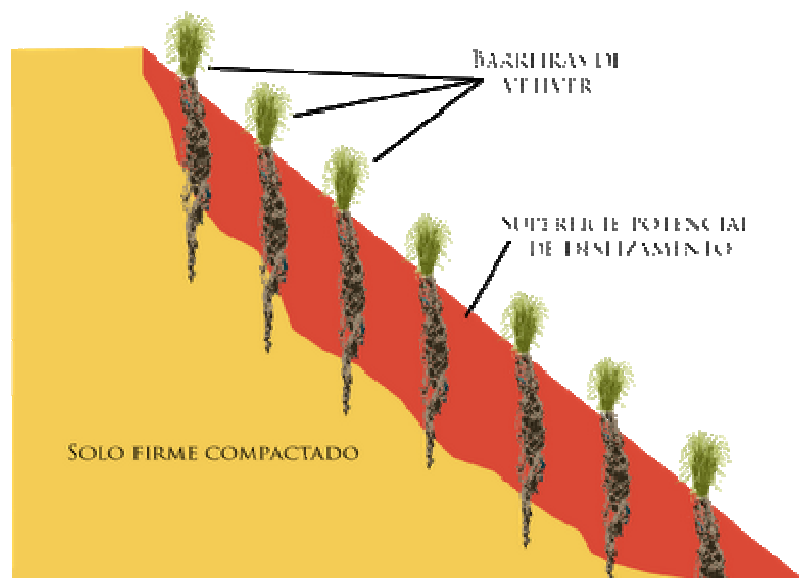


Figura 1. Proteção do solo influenciada pela perfilação de raízes de Vetiver (Fonte: Pereira, 2006)

Segundo Pereira (2006), o capim Vetiver apresenta rápido crescimento em altura e diâmetro. Este bom crescimento se deve principalmente a capacidade da planta em aproveitar melhor o nitrogênio do solo.

Espécie pioneira, o Vetiver se adapta às mais diversas e inóspitas condições edafoclimáticas, assim sendo se desenvolve onde nenhuma outra planta sobreviveria (Truong, 2000). Extremamente rústica, o Vetiver é simultaneamente hidrófilo (que absorve bem a água) e xerófilo (suporta a escassez de água), além de resistir a extremos hídricos (300–3.000 mm/ano), também tolera extremos térmicos (-14°C a +55°C). O Vetiver vegeta em praticamente qualquer tipo de terreno, tolerando solos de baixa fertilidade, e com valores extremos de pH (3-10), salinidade e toxidez. Caso venha a ser enterrado, pelo deslocamento e o acúmulo de sedimentos, os colmos do capim Vetiver emitem novas raízes, que nivelam a planta com a nova superfície do terreno.

2.5.2. Áreas de utilização

O Vetiver tem múltiplas aplicações a favor do ambiente: ele controla a erosão, é um filtro biológico, contribui para a recarga de aquíferos, permitindo recuperar zonas marginais ou degradadas, etc.

Segundo Pereira (2006), o Vetiver é amplamente utilizado em obras civis como estradas e ferrovias. Teve seu auge na década de 1970, fase do desenvolvimento das teorias e práticas modernas para o controle de erosão. John Greenfield da Nova Zelândia e o norte-

americano Richard Grimshaw, descobriram diversas potencialidades do Vetiver na biorremediação de solos contaminados. Nesse aspecto, o australiano Paul Truong trouxe muitas contribuições importantes, enfatizando as ótimas características dessa planta na criação de barreiras vivas e outros usos na conservação dos solos.

De acordo com Greenfield (2002) a planta contém características únicas, pois possui vários atributos capazes de regenerar solos degradados, revitalizar áreas desprotegidas e até recuperar ambientes inóspitos.

As folhas do Vetiver podem ser utilizadas como cobertura morta para minimizar o efeito erosivo provocado pelas águas da chuva, pois diminuem as variações de temperatura no solo, conservam a umidade e controlam plantas indesejáveis. As folhas e as raízes do Vetiver misturadas agem no solo como repelente a diversas pragas. Esse material tem longa duração podendo ser aplicado em diversas atividades no cultivo de culturas perenes e de horticulturas. Diversos experimentos demonstram que o Vetiver possui substâncias que agem contra diversas pragas, sendo, por isso, considerado um inseticida natural (Pereira, 2006).

Alem do potencial de recuperação de solos degradados e áreas propícias a erosão, as folhagens de Vetiver são utilizadas como forros em construções rurais. Em alguns casos, pequenas cabanas são totalmente cobertas por folhas Vetiver (Nimityongskul et al., 2003). Fibras de Vetiver são utilizadas na fabricação de blocos de argila e cimentos, uma vez que diminuem as rachaduras e a condutividade térmica, promovendo melhor conforto em casas construídas com esses blocos. As cinzas do Vetiver podem ser utilizadas como argamassa em construções, substituindo o cimento. Ainda segundo os mesmos autores a adição de 30% a 40% de fibras de Vetiver na fabricação de papel contribui para diminuir a quantidade de árvores cortadas.

Na Etiópia, as fibras de Vetiver são utilizadas na fabricação de colchões. No Brasil é utilizado como componente na fabricação de pastilhas de freios (Parisca & Tamaya, 2006), em artesanatos, na produção de tapetes, cestas, persianas. Suas raízes possuem aromas por isso são utilizadas para odorizar guarda-roupas, armários, etc. Em aplicações medicinais, seu óleo e suas raízes são utilizados em tratamentos terapêuticos e estéticos, bem como na fabricação de perfumes.

2.5.3. Potencial para proteção de encostas

As gramíneas podem ser descritas como espécies que apresentam um crescimento rápido, baixa exigência em fertilidade do substrato e aproveitam cerca de 80% do nitrogênio incorporado ao solo pelas leguminosas acelerando ainda mais seu crescimento. O seu

perfilhamento contribui para a sustentabilidade do sistema através do fornecimento de matéria orgânica (Botelho et al., 2001; Botelho & Davide, 2002).

O uso de espécies como o capim Vetiver desempenha um papel fundamental na revegetação de solos deteriorados, pois melhora as propriedades físicas do solo oferecendo suporte mecânico para o sistema, assim sendo, é altamente recomendada para a utilização em estabilização de encostas (Pereira, 2006).

Segundo Hengchaovanich (1998), as plantas de Vetiver podem crescer verticalmente em declives superiores a 150%. Seu rápido crescimento e notável reforço que suas raízes proporcionam, fazem com que seja classificada como a melhor na utilização de estabilização das encostas. Segundo o mesmo autor entre suas características mais marcantes se diz respeito as suas raízes, devido ao seu poder de penetração, sua força e vigor que lhe permitem penetrar em solos com camadas rochosas, lhe oferecendo tamanho potencial em estabilizar solos fragilizados. Segundo o autor as raízes podem ser classificadas como buchas no solo de 2-3m, comumente utilizadas na ‘difícil abordagem’ do trabalho de estabilização das encostas. Aliada a sua enorme capacidade de se estabelecer rapidamente em solo de difíceis condições, essas características fazem do capim Vetiver a mais indicada na estabilização de encostas.

Truong (2004) salientou que o capim Vetiver não tem apenas o papel de reduzir a perda de solo, mas também funciona como um aplicativo para a manutenção da fertilidade além de impedir a enxurrada superficial. Em áreas mais úmidas, o Vetiver, devido ao seu profundo e extenso sistema radicular, absorve nutrientes solúveis que de outra forma seriam perdidos por estarem muito profundos e inalcançáveis a outros tipos de plantas. Estes nutrientes retornam ao solo quando o capim Vetiver é cortado e utilizado como composto de folhas mortas, portanto, estes nutrientes podem ser reciclados melhorando as condições químicas de solos degradados.

A parte aérea da planta forma touceiras que ao se unirem umas as outras criam uma barreira natural que além de reter a terra, segura a água que ao invés de descer a encosta como uma enxurrada, perde velocidade e não danifica o solo. O uso de barreiras vivas do capim Vetiver bordejando as canaletas de drenagem em vias públicas, limita o transporte de sedimentos e detritos para as tubulações e evita o assoreamento destes. Ainda, o capim-Vetiver é recomendado para reforçar o solo em áreas de risco, onde a remoção de moradores é inviável, promovendo assim uma maior estabilidade e menor risco de deslizamentos de terra (Pereira, 2006).

As barreiras formadas pelo Vetiver controlam a velocidade de escoamento da água na superfície do terreno e suas raízes, resistentes e profundas, ajudam na estabilização do solo, prevenindo deslizamentos cujos planos de instabilidade sejam inferiores a dois metros. Segundo Hengchaovanich (1998), barreiras de Vetiver não são impermeáveis, ao contrario reduzem a velocidade do escoamento, filtrando e regulando a passagem de água, evitando a formação de sulcos, ravinas e voçorocas com conseqüente diminuição na perda de solos e assoreamento de drenagens.

À montante das barreiras se forma uma capa de sedimentos geralmente de alta fertilidade. Conforme aumenta a espessura dos sedimentos, há um incremento de fertilidade e umidade do substrato, formando-se terraços naturais. Portanto, quanto mais alta for a capa de sedimentos retidos, mais alta será também as barreiras de Vetiver (Madruga & Salomão, 2005). A figura 2 mostra a retenção de sedimentos que a barreira de Vetiver forma.

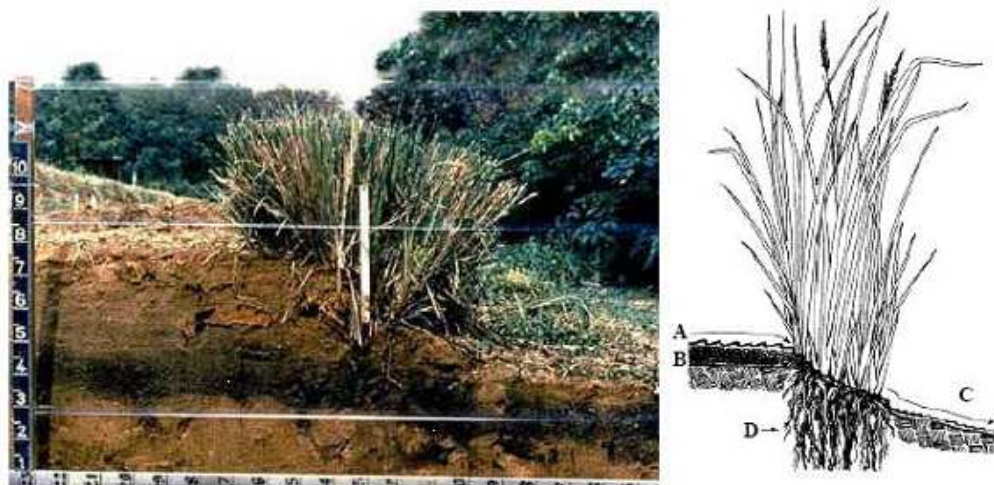


Figura 2. À esquerda corte transversal demonstrando o acúmulo de sedimentos formados pela retenção da touceira de Vetiver, os sedimentos retidos contem substrato de alta fertilidade. À direita esquema representativo aos quais as letras representam: (A) deposição de sedimentos, (B) Escoamento de água entre as folhas de Vetiver, (C) diminuição da velocidade da água, (D) estabilização do solo pelas raízes. (Fonte: Madruga & Salomão, 2005.)

2.5.3.1. Benefícios

A grande vantagem do Vetiver sobre medidas de engenharia convencional é o seu baixo custo e longevidade. Em projetos de estabilização de encostas, medidas de engenharia corretas significam grande variação no preço final do projeto. De acordo com Xie (1997) e Xia et al. (1999) o custo de projetos para estabilização de encostas, a aplicação de soluções de engenharia tradicionais (gabiões, solo grampeado, impermeabilização com cimento...) representa 85-90% do preço final do projeto. Já na utilização de métodos alternativos

(cobertura vegetal) variam de 64% -72%, do preço final. Braken & Truong (2001) ressaltam que, o custo máximo de práticas vegetativas é de apenas 30% do custo das soluções de engenharia tradicionais. Além disso, os custos anuais de manutenção são reduzidos significativamente, quando as coberturas Vetiver ficarem estabelecidas.

Sob o ponto de vista ecológico e ambiental, o Vetiver é perfeito, pois não é uma planta invasora, não se reproduz por sementes, estolões ou rizomas, mas somente por mudas. A esterilidade das sementes, combinada com um sistema radicular não invasor, faz do Vetiver uma das plantas mais seguras do mundo, por ocasião de sua introdução em novos habitats e condições de cultivo (Madruga & Salomão, 2005).

Resistente ao fogo, o Vetiver tem sua coroa abaixo da superfície do solo, permanentemente se protegendo do fogo e pisoteio. Tem perenidade permanente, com grande capacidade de sobrevivência, como uma barreira vegetal densa por longo período, desenvolvendo-se apenas no local onde foi plantado (Pereira, 2006). Uso do Vetiver na estabilidade de taludes e encostas Forma uma barreira vegetal viva e densa acima do nível do terreno, que funciona como um filtro, retendo sedimentos e reduzindo a energia potencial do escoamento superficial.

O Vetiver é muito eficaz em solos pobres, altamente erodíveis e dispersíveis. O capim Vetiver é de grande utilidade em regiões de clima tropical quente com predominância de solo areno/argiloso com uma rápida decomposição de matéria orgânica e longo período de estiagem, onde o solo está empobrecido por: erosões, lixiviações, compactação, perda microbiana, e dificuldade de retenção de água (Henriques, 2009).

The Journal of the American Botanical Council (1995), publicou em artigo relacionado sobre a importância do “Sistema Vetiver” na recuperação de encostas, as vantagens econômicas e ambientais em utilizar o método, e encerra a dissertação afirmando que “os povos do terceiro mundo são os que mais podem se beneficiar desta “dádiva da natureza”.

2.5.3.2. Casos de sucesso

Hengchaovanich (1998), relata sobre as vantagens de custo na utilização da planta. Além de ser uma solução duradoura, sua estrutura radicular previne deslizamentos cujos planos de instabilidade sejam inferiores a dois metros de profundidade.

Pereira (2006) salienta que o Vetiver é tradicionalmente utilizado na Índia e em outros países asiáticos na conservação dos solos e águas em zonas rurais.

Na Venezuela, o Vetiver foi introduzido, há mais de 100 anos, mas há 25 anos que se vem estudando sobre suas propriedades antierosivas. Esses estudos iniciaram-se na Faculdade de Agronomia da Universidade Central da Venezuela, pelos professores Napoléon Fernandez e Oscar Rodrigues Pereira. Durante as décadas de 1980 e 1990 a Estación Experimental Bajo Seco da Universidad Central de Venezuela utilizou plantas de Vetiver como conservacionista em solos de encostas, as experiências positivas proporcionaram volumosas citações sobre a planta, encontradas até hoje na literatura mundial (Pereira, 2006).

O capim Vetiver tem mais de 200 anos de histórias na Índia, usado normalmente como “terraços vegetais”. Milhares de hectares de terras cultivadas estão protegidos na Índia, China e África. Nas montanhas da Tailândia, Laos e no Camboja, esta espécie é muito utilizada na contenção de encostas e na criação de barreiras vivas contra a força da água, o Vetiver possui um sistema radicular muito mais espesso e profundo que outras plantas, por isso é amplamente aplicado em projetos de contenção (Truong, 2000).

Na Tailândia, experimentos conduzidos pelo Centro de Estudos de Desenvolvimento Real Huai Sai demonstraram que as barreiras de Vetiver plantadas em terreno inclinado formam um dique vivo, fazendo das raízes uma barreira abaixo da superfície, evitando que praguicidas e outras substâncias tóxicas atinjam o lençol freático, e acima do solo uma barreira de proteção do solo (Pereira, 2006).

Apesar de ser uma planta tropical o capim Vetiver suporta as mais drásticas mudanças de temperatura. Na Austrália, o crescimento não foi afetado por uma geada severa de -14 °C e sobreviveu por um curto período a -22 °C (-8° F) no norte da China (Truong, 2000). Na Geórgia (E.U.A.), o capim Vetiver sobreviveu a uma temperatura no solo de -10°C, mas não a -15°C, assim após tempestades com baixas temperaturas as plantas ainda estarão vivas, aptas a proteção do solo.

O Vetiver tem sido muito utilizado na recuperação de cavas de minas de carvão a céu aberto, áreas de material de rejeitos com teores de sódio bem elevados e baixos teores de nitrogênio e fósforo. Em experimento realizado na Austrália a espécie *Vetiveria zizanioides* após 210 dias de plantio colonizou totalmente o solo defasado, apresentando bons índices de matéria seca e desenvolvimento radicular (Pereira, 2006).

Grimsbaw & Helfer (1995) relataram que após 30 anos trabalhando com Vetiver em diversos países do mundo, nunca foi observado qualquer praga e/ou doença que possa atacá-la ou servir como hospedeiro. Uma análise de risco realizada pelos órgãos ambientais da Austrália e Nova Zelândia classificou o Vetiver como de baixo risco de se tornar uma espécie invasora com a pontuação -8, sendo que plantas com pontuação menor que 1 podem ser

importadas para estes países sem preocupações. Zaleski (2011) apresenta uma lista de trabalhos técnicos que servem como embasamento científico de suporte a esta classificação. No Brasil o Vetiver é indicado pelo Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT) em sua “Norma 074/2006 – ES” para ser utilizado no tratamento ambiental de taludes e encostas. Da mesma forma a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) recomenda o uso do Vetiver como uma técnica de baixo custo para ser utilizado no controle de voçorocas em áreas rurais (Embrapa, 2006).

A tecnologia do capim Vetiver chegou ao Brasil em agosto de 1996, por intermédio dos CIERs - Centros Integrados de Educação Rural, com a implantação de pequenos viveiros para a multiplicação das plantas. Desde então casos de sucesso com a planta são cada vez mais comuns, como o caso do Sr. João Henrique nos municípios de Itaipáva - Petrópolis/RJ - que relata sobre uma encosta ao lado de sua propriedade que apresentou intenso processo erosivo, decorrente as fortes chuvas de 2008, chegando inclusive a ameaçar sua casa que se encontra logo abaixo. A encosta, com área de 1800 m² e altura de mais de 70 metros foi diagnosticada, por alguns especialistas como caso perdido. Assim iniciaram-se os trabalhos de plantio com capim Vetiver, mais de 9 mil mudas foram plantadas e hoje, após 2 anos, toda área esta bem estabilizada e com boa segurança (Henriques, 2009).

Pereira (2006) relata a importância e eficácia do capim Vetiver na aplicação em estabilização de taludes, recuperação de áreas degradadas e proteção de margens de cursos d'água no Brasil. Estudos realizados por Departamento de águas e energia elétrica (1987) no estado de São Paulo e por Itiquira Itisa Itiquira Energética e Instituto de Pesquisa Matogrossense (2003) na bacia do alto curso do Rio Itiquira, no estado do Mato Grosso, comprovaram que em torno de 80% das grandes voçorocas são causadas por águas lançadas por estradas, e ressaltam o uso do capim Vetiver na estabilização de voçorocas.

Outros trabalhos existem no Brasil com aplicação do capim Vetiver, especialmente na Região Nordeste, relacionados a proteção de taludes em estradas e cultivo para produção de perfumaria. A rede Brasil-Vetiver, tem sempre estimulado o desenvolvimento da planta em todo o País (Pereira, 2006). Na Região Sudeste vários trabalhos com uso do capim Vetiver estão sendo conduzidos referentes à estabilidade de taludes, barreiras vivas para retenção de sedimentos e filtros em áreas contaminadas (Madruga & Salomão, 2005).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área

O experimento foi instalado em uma encosta experimental com declividade média de 30° e rampa de 6m. As mudas de capim vetiver (*Vetiveria zizanioides*) foram plantadas em 9 espaçamentos conforme demonstra a tabela 1.

Tabela 1. Espaçamentos de plantio utilizados no experimento

Espaçamentos	Entre Linhas (m)	Entre plantas (m)
1x0,15	1	0,15
1x0,30	1	0,30
1x0,45	1	0,45
1,5x0,15	1,5	0,15
1,5x0,30	1,5	0,30
1,5x0,45	1,5	0,45
2x0,15	2	0,15
2x0,30	2	0,30
2x0,45	2	0,45

O município de Inconfidentes localiza-se no sul do estado de Minas Gerais e apresenta altitude média de 855m e posição geográfica de latitude S 22° 19" 00'e longitude W 46° 19" 40'. O clima da região, segundo a classificação de KOËPPEN é do tipo tropical úmido (Cwb), com duas estações definidas: chuvosa (outubro a março) e seca (abril a setembro), com médias anuais de 1.800mm e 19°C de precipitação e temperatura, respectivamente.

Os parâmetros mensurados no experimento foram:

- i) taxa de sobrevivência das mudas, sendo determinada com base no número de mudas existentes na área 60 dias após o plantio em relação ao número de mudas plantadas.
- ii) altura das plantas a cada 30 dias (Figura 3).
- iii) diâmetro ao nível do solo das plantas a cada 30 dias (figura 3).

Os parâmetros altura e diâmetro das plantas foram determinados no período de 150 a 270 dias após o plantio, com auxílio de fita métrica e paquímetro digital, respectivamente, totalizando 5 medições.

Todos os parâmetros mensurados foram avaliados em função do espaçamento de plantio e do tipo de muda utilizada.



Figura 3. A) Avaliação da altura das plantas de vetiver, com fita métrica. B) Avaliação do diâmetro ao nível do solo das plantas de vetiver com auxílio de paquímetro digital.

3.2. Experimento 1 – Efeito do espaçamento de plantio na sobrevivência e no desenvolvimento em altura e diâmetro ao nível solo de plantas de capim vetiver

Para avaliar o efeito do espaçamento de plantio em plantas de capim vetiver foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, sendo 9 tratamentos (espaçamentos, conforme tabela 1) e 3 blocos/repetições.

A área de cada parcela é de 15 m², sendo 2,5 m de largura por 6 m de comprimento. Para controlar o efeito dos diferentes tratamentos deixou-se uma bordadura com plantas de 0,5 m nas laterais de cada parcela, totalizando uma área útil de 9 m², como demonstrado na figura 4.

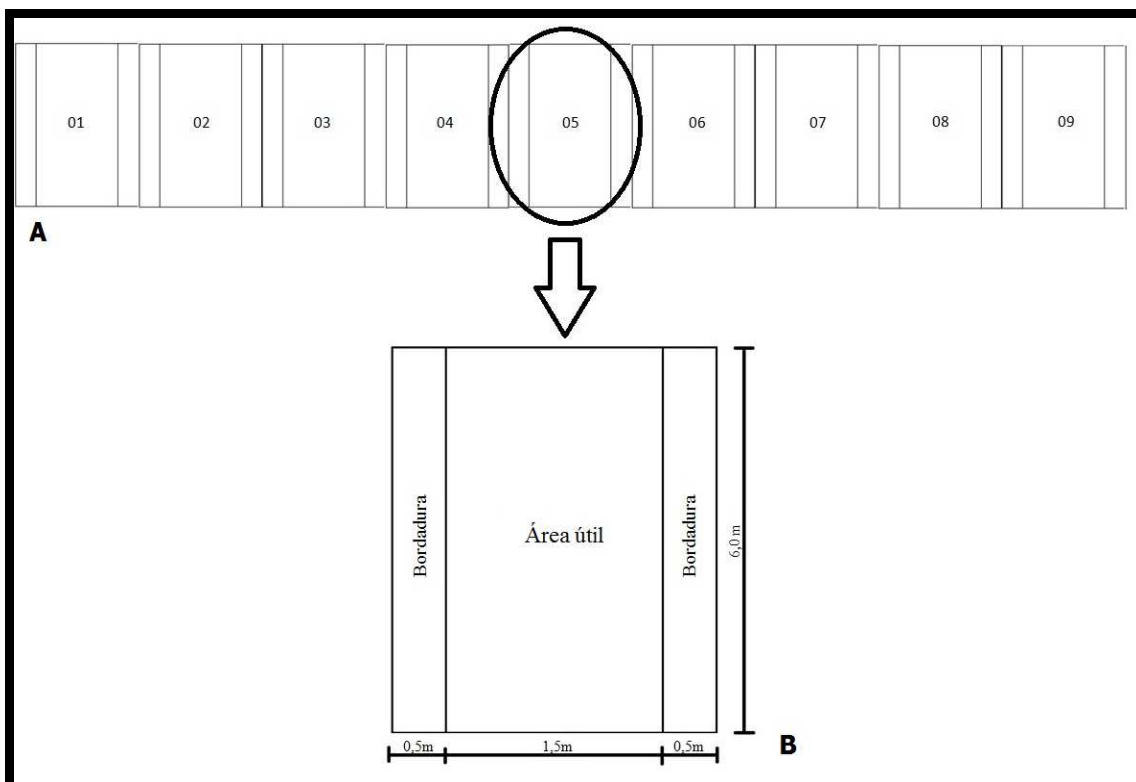


Figura 4. Croqui de um bloco do experimento: A) Bloco com as 9 parcelas dos diferentes espaçamentos. B) Parcela de 15 m², bordadura de 0,5 m nas laterais da parcela e área útil de 9 m².

3.3. Experimento 2 – Efeito do tipo de muda na sobrevivência e no desenvolvimento em altura e diâmetro ao nível solo de plantas de capim vetiver

Para avaliar o efeito do tipo de muda foram utilizados dois tratamentos, sendo mudas em raízes nuas e mudas produzidas em saquinhos de polietileno (Figura 5), com 320 repetições (plantas).

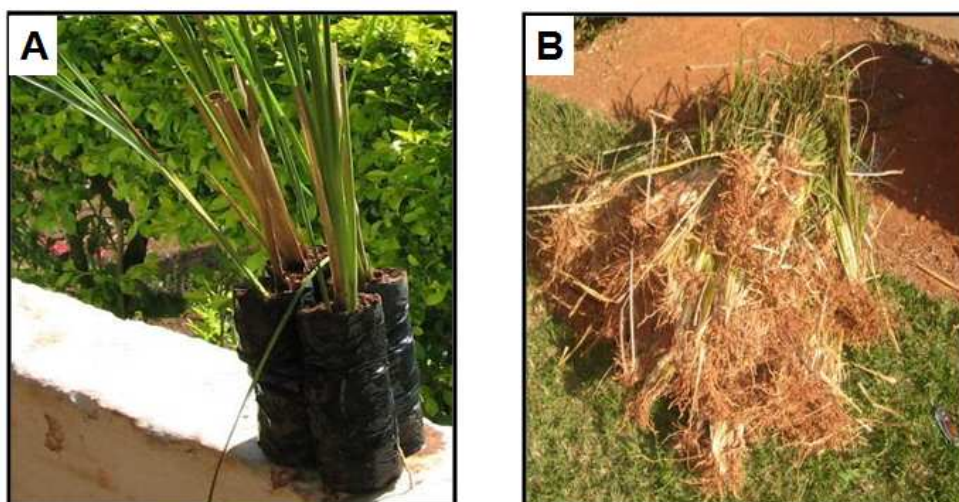


Figura 5. Mudas de vetiver: A) Produzidas em saquinhos de polietileno. B) Em raízes nuas.

As mudas de saquinhos foram selecionadas e padronizadas a partir de matrizes de qualidade, fazendo-se o uso de substrato composto por esterco bovino previamente curtido e terra de barranco. As mudas ficaram no viveiro de mudas do IFSULDEMINAS - Campus de Inconfidentes por 90 dias e em seguida foram plantadas na encosta experimental. Já as mudas em raízes nuas foram desmembradas de matrizes de qualidade e plantadas diretamente na encosta experimental, conforme demonstra a figura 6.



Figura 6. Plantio das mudas na encosta experimental, Inconfidentes/MG.

3.4. Análise estatística

A análise dos dados dos parâmetros mensurados foi realizada por meio da análise de variância (ANAVA) e as médias dos dados foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% significância, usando-se o programa SISVAR 4.3 (Ferreira, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento 1 – Efeito do espaçamento de plantio

4.1.1. Taxa de sobrevivência

Os diferentes espaçamentos de plantio estudados não apresentaram influência significativa na taxa sobrevivência das mudas de vetiver, conforme demonstrado pela tabela 2.

Tabela 2. Taxa de sobrevivência de mudas de vetiver sob diferentes espaçamentos, Inconfidentes/MG.

Espaçamento (m)	Taxa de sobrevivência (%)
2 x 0,45	85,72 a
2 x 0,30	89,81 a
1,5 x 0,15	91,48 a
1,5 x 0,30	93,33 a
1 x 0,45	93,88 a
1,5 x 0,45	94,29 a
1 x 0,30	94,71 a
1 x 0,15	95,23 a
2 x 0,15	96,76 a
CV	5,29%

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

4.1.2. Altura das plantas

A altura das plantas de capim vetiver não apresentou diferença significativa em função do espaçamento de plantio, conforme demonstrado pela tabela 3. Isso se deve ao fato de que as plantas de vetiver por conter um sistema radicular muito profundo, não competem entre si mesmo em diferentes espaçamentos.

Tabela 3. Altura, em metros, das plantas de capim vetiver, dos 150 aos 270 dias após o plantio em diferentes espaçamentos, Inconfidentes/MG.

Espaçamento (m)	Idade (dias)					Crescimento no Período (m)
	150	180	210	240	270	
1 x 0,15	0,66 a	0,76 a	0,92 a	1,25 a	1,32 a	0,66 a
1 x 0,30	0,62 a	0,85 a	0,96 a	1,26 a	1,36 a	0,74 a
1 x 0,45	0,52 a	0,65 a	0,79 a	1,00 a	1,15 a	0,63 a
1,5 x 0,15	0,67 a	0,80 a	0,86 a	1,06 a	1,25 a	0,58 a
1,5 x 0,30	0,70 a	0,89 a	0,94 a	1,15 a	1,22 a	0,52 a
1,5 x 0,45	0,69 a	0,83 a	0,94 a	1,18 a	1,27 a	0,58 a
2 x 0,15	0,63 a	0,81 a	0,88 a	1,08 a	1,19 a	0,56 a
2 x 0,30	0,48 a	0,61 a	0,78 a	1,04 a	1,18 a	0,70 a
2 x 0,45	0,53 a	0,65 a	0,80 a	0,97 a	1,12 a	0,59 a
CV (%)	17,19	14,63	10,34	16,90	14,27	13,34

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

4.1.3. Diâmetro das plantas

O diâmetro ao nível do solo das plantas em função do espaçamento de plantio não apresentou diferença estatística para nenhum dos espaçamentos testados. Destaca-se que todos os espaçamentos testados apresentaram crescimento similar, conforme demonstra a figura 7.

Estes resultados são importantes do ponto de vista de proteção do solo pelas plantas. Conforme descrito por Truong & Hart (2001), quanto maior diâmetro ao nível do solo maior a capacidade de retenção de sedimentos da planta.

Estes resultados demonstram que o plantio de vetiver em encostas inclinadas pode ser efetuado levando-se em consideração as necessidades do projeto, ou seja, em caso de necessidade de cobertura do solo mais rápida, deverão ser utilizados espaçamentos menores, e caso a necessidade seja por um menor custo de proteção, poderão ser utilizados espaçamentos de plantio maiores, que empregam menos mudas, insumos e mão de obra. Desta forma, em ambos os casos o diâmetro ao nível do solo das plantas terá comportamento similar.

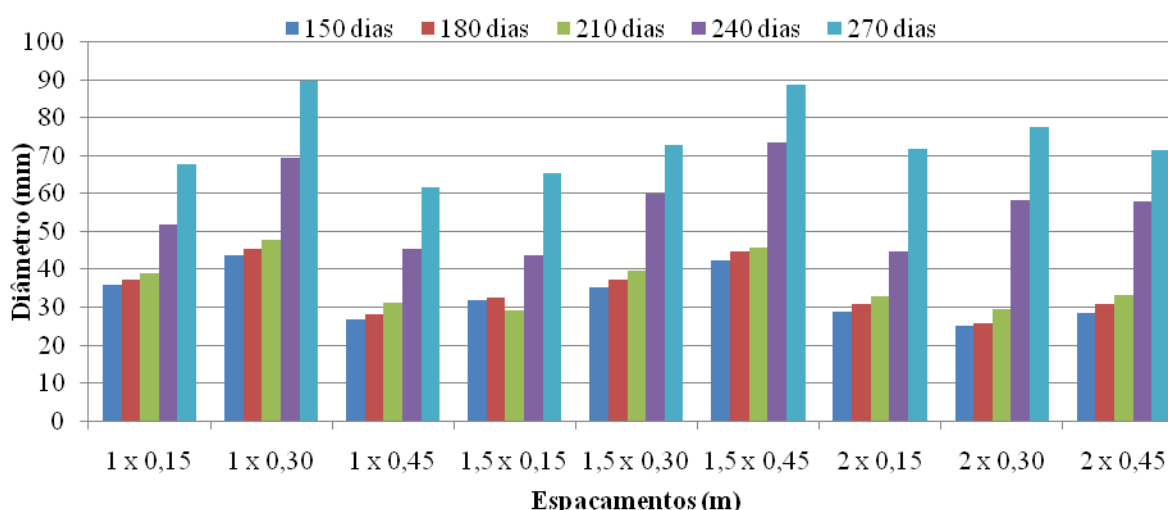


Figura 7. Diâmetro ao nível do solo, em milímetros, das plantas de capim vetiver, dos 150 aos 270 dias após o plantio em diferentes espaçamentos, Inconfidentes/MG.

4.2. Experimento 2 – Efeito do tipo de muda

4.2.1. Taxa de sobrevivência

Quanto ao tipo de muda, pode-se observar diferença significativa (Tabela 4), onde o plantio de mudas em raízes nuas apresentou taxa de sobrevivência inferior (86,85%) às mudas previamente preparadas em saquinhos de polietileno (95,76 %).

Tabela 4. Taxa de sobrevivência de mudas de vetiver em raízes nuas e produzidas em saquinhos de polietileno, Inconfidentes/MG.

Tipo de Muda	Taxa de Sobrevivência (%)
Mudas em Saquinhos de polietileno	95,76 a
Mudas em “Raízes Nuas”	86,85 b
CV	7,30%

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Estes resultados estão relacionados ao fato das mudas em saquinhos de polietileno já estarem enraizadas e aclimatadas no momento do plantio, tendo, portanto, maiores condições e meios de sobreviver no campo quando comparadas as mudas em raízes nuas que não passam por este processo.

Pereira (2006) referenciou os benefícios de utilizarem-se mudas de vetiver enraizadas em saquinhos, dado a uma maior taxa de pegamento, apesar do aumento do custo de plantio.

Entretanto destacam-se os dois tipos de mudas apresentaram taxa de sobrevivência satisfatória, estando acima de 85%.

4.2.2. Altura das plantas

As plantas de capim vetiver, provenientes de mudas em raízes nuas, inicialmente possuem desenvolvimento em altura inferior àquelas produzidas em saquinhos de polietileno, entretanto, com o passar do tempo, aos 240 dias após o plantio, o valor da altura destas mudas alcançam estatisticamente aquelas produzidas em saquinhos de polietileno, podendo inclusive ultrapassá-las (Tabela 5, Figura 8).

No período analisado, as plantas provenientes de mudas em raízes nuas destacaram-se com o maior crescimento no período, sendo 0,70m, não diferindo estatisticamente das mudas produzidas em saquinhos que obtiveram crescimento de 0,61m (Tabela 5).

Tabela 5. Altura, em metros, de plantas de capim vetiver, dos 150 aos 270 dias após o plantio das mudas em raízes nuas e produzidas em saquinhos de polietileno, Inconfidentes/MG.

Tipo de Muda	Idade (dias)					Crescimento no Período (m)
	150	180	210	240	270	
Saquinhos	0,57 a	0,71 a	0,83 a	1,09 a	1,18 a	0,61 a
Raízes Nuas	0,50 b	0,62 a	0,71 b	1,00 a	1,20 a	0,70 a
CV (%)	10,51	13,96	11,71	17,79	13,20	13,98

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

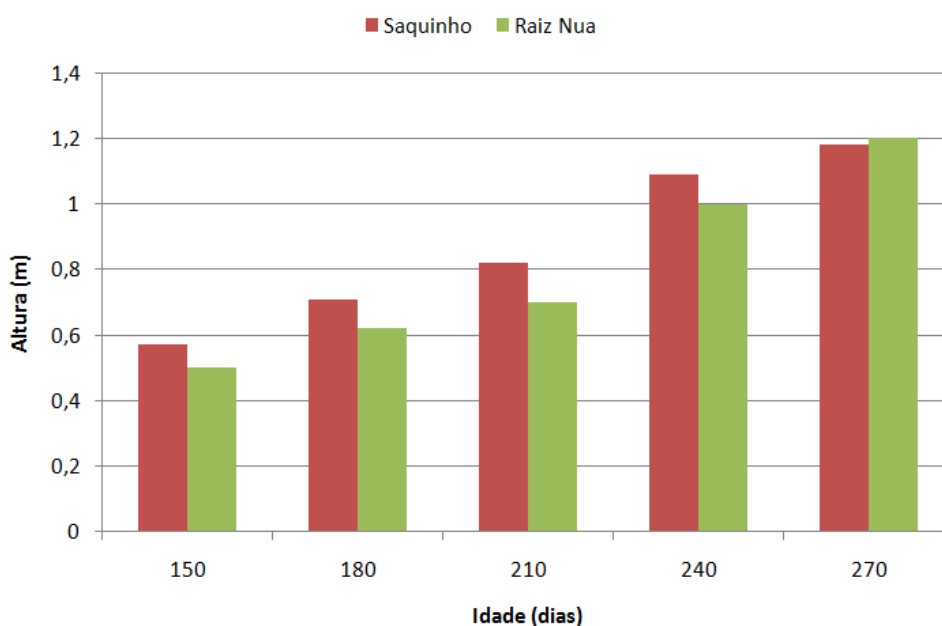


Figura 8. Altura, em metros, de plantas de capim vetiver, dos 150 aos 270 dias após o plantio das mudas em raízes nuas e produzidas em saquinhos de polietileno, Inconfidentes/MG.

4.2.3. Diâmetro das plantas

O diâmetro ao nível do solo em função do tipo de muda apresentou diferença estatística apenas aos 270 dias, conforme demonstra a tabela 6. Observa-se que em todo o período analisado as mudas produzidas em saquinhos de polietileno apresentaram diâmetro ao nível do solo superior àquelas em raízes nuas. Estes resultados relacionam-se com os apresentados pela análise da taxa de sobrevivência das mudas, onde as mudas de vetiver produzidas em saquinhos de polietileno apresentam taxa de sobrevivência no campo superior àquelas plantadas diretamente no campo (raízes nuas).

Tabela 6. Diâmetro ao nível do solo, em milímetros, das plantas de capim vetiver, dos 150 aos 270 dias após o plantio das mudas em raízes nuas e produzidas em saquinhos de polietileno, Inconfidentes/MG.

Tipo de Muda	Idade (dias)					Crescimento no Período (m)
	150	180	210	240	270	
Saquinho	30,94 a	32,49 a	33,41 a	57,39 a	79,40 a	48,46 a
Raiz Nua	25,85 a	27,11 a	28,66 a	46,50 a	61,41 b	35,56 a
CV (%)	30,14	29,14	29,07	26,90	15,28	16,43

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Destaca-se que aos 270 dias após o plantio, o diâmetro ao nível do solo das mudas de saquinhos de polietileno (79,40 mm) diferiu estatisticamente das mudas produzidas em raízes nuas (61,41 mm) fato este que demonstra um aumento em diâmetro ao nível do solo maior em mudas produzidas em saquinho de polietileno em relação às mudas de raízes nuas.

4 CONCLUSÕES

A taxa de sobrevivência, diâmetro ao nível do solo e altura das plantas de vetiver não são influenciados pelo espaçamento de plantio.

As plantas provenientes de mudas de vetiver produzidas em saquinhos de polietileno apresentam taxa de sobrevivência e diâmetro ao nível do solo superior àquelas plantadas diretamente no campo (raízes nuas).

Mudas produzidas em raízes nuas inicialmente apresentam menores valores de altura, entretanto após certo período de tempo estas mudas atingem valores similares ou maiores que os apresentados por mudas produzidas em saquinhos de polietileno.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDO, M.T.V.N.; **Recuperação de áreas degradadas: o exemplo da voçoroca em Pindorama**. Monografia. (Curso de Especialização em Geografia e Meio Ambiente). FAFICA/UEL. Catanduva-SP,. 2006,158p.

AHE ITIQUIRA ITISA ITIQUIRA ENERGÉTICA S.A. **Programa de controle de erosão e assoreamento para a bacia hidrográfica do alto Rio Itiquira**. IPEM Instituto de Pesquisa Matogrossense. Relatório. N. 05 Cuiabá, 2003.

ALFSEN, K. H.; DE FRANCO, M. A.; GLOMSROD, S.; JOHNSEN, T. **The cost os soil erosion em Nicarágua**. Ecological Economics, v. 16, n. 2, p. 129-145, 1996.

ANDRADE, A. G.; COSTA, G. S. & FARIA, S. M. de. Produção e qualidade de serapilheira de leguminosas arbóreas usadas na recuperação de solos degradados. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25. **Anais...** Viçosa, 1995.

ARAÚJO, N. C.; PAIVA, V. L. G. Formulário de Resposta Técnica Padrão - O Capim Vetiver. **Sistema brasileiro de respostas técnicas**. 2005.

AURÉLIO. **Miniaurélio Eletrônico versão 5.12**. Editora Positivo Informática-Ltda, versão eletrônica, 7a edição. 2004.

BAHIA, V.G.; CURI, N.; CARMO, D.N.; MARQUES, J.J.G.S.M.; Fundamentos de erosão do solo (tipos, formas, mecanismos, fatores determinantes e controle). **Informe Agropecuário**, v. 16, n. 176, p.25-31, 1992.

BATISTA FILHO, M.; O Brasil e a segurança alimentar. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, v. 7, n. 2, p. 121-122, 2007.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 21, p. 235-239, 1997.

BENNETT, H. H.; Some Aspects of Soil Erosion as a National Problem. **Soil Science Society of American Journal**, v. 10, n. 01, p. 55-74, 1929.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; SCHICK, J.; GUDAGNIN, J. C.; AMARAL, A. J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 01, p. 133-142, 2007.

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo, 1. ed., Ícone, 1985. 355p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo, 2. ed., Ícone, 1990. 355p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed., Ícone, 1999. 355p
- 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. **Anais....** Belo Horizonte, 2002. p. 123-145.
- BOTELHO, S.A.; FARIA, J. M. R.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V. **Implantação de floresta de proteção**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 81p.(Especialização à distancia em Gestão e Manejo Ambiental em Sistemas Florestais).
- BRACKEN, N.; TRUONG, P.N.; **Application of Vetiver Grass Technology in the stabilization of road infrastructure in the wet tropical region of Australia**. Proc. Second International Vetiver Conf. Thailand, 2001.
- BUNCE, A. C.; **Economics of soil conservation**. Ames, Iowa State College Press, 1942. 277p.
- CARVALHO, P.E.R.; **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 1994. v. 02. 1036p.
- CASTRO, A. G.; VALÉRIO FILHO, M.; Simulação da expectativa de perdas de solo em microbacias sob diferentes manejos florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 04, n. 21, p. 419-26, 1997.
- CASTRO, P. T. da C.; **Cobertura vegetal e indicadores microbiológicos de solo em talude regetado**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa 2007. 39p. Tese (Mestrado).
- CAVALCANTI, J. E. A.; **Impactos econômicos das perdas de solo no vale do Rio São Francisco**. Petrolina. FAO, 1995.
- CENTRO TECNOLÓGICO DA FUNDAÇÃO PAULISTA DE TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO. **Diagnóstico da situação dos recursos hídricos das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá – UGRHI**. São Paulo, 2000.
- CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS.; **Voçorocas Medidas de Prevenção e Contenção em Áreas Rurais**. CETEC. Dossiê técnico, Fundação. 1989.
- CERRI, C. C.; FELLER, C.; CHAUVEL, A.; **Liberação das principais propriedades de um latossolo vermelho escuro após desmatamento e cultivo por doze e cinquenta anos com cana-de-açúcar**. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., V. 26, n. 01, p. 37-50. 1991.
- COSTA, G. S.; ANDRADE, A. G.; FARIA, S. M.; Aporte de nutrientes pela serapilheira de *Mimosa caesalpiniiifolia* (Sabiá) com seis anos de idade. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE

RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., **Anais...** Ouro Preto/MG, 1997. p. 344-349.

DAEE-DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Controle de erosão: Bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de voçorocas urbanas.** São Paulo: DAEE/IPT, 1987. 92 p.

DANTAS, P. **Tragédia no Rio: mortes poderiam ser evitadas.** Cuiabá/MT. Jan. 2011. Acesso em: fev. 2011. Disponível em: www.gazetadigital.com.br/materias.php.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U.; **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo.** Eschborn, GTZ/IAPAR, 1991.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FERREIRA, D.F.; Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos, SP: UFSCar, 2000. p.255-258.

FRETTA, A, E, R. **Erosão do Solo e a Tragédia de Santa Catarina,** Santa Catarina. 20 dez. 2008. Acesso em: 22 fev. 2011. Disponível em: www.webartigos.com/articles/12758/1/Erosao-do-Solo-e-a-Tragedia-de-Santa-Catarina/pagina1.html#ixzz1Gtjn4qzO.

GIFFITH, J. J.; DIAS, E. L.; **Conceituação e caracterização de áreas degradadas.** In: DIAS, E. L.; MELLO, J. W. V. Recuperação de áreas degradadas, Viçosa, UFV, 1998, p.1-7.

GRAY, D. H.; LEISER, A. T. **Biotechnical Slope Protection and Erosion Control.** Nova York: VanNostrand Reinhold, 1982.

GREENFIELD, J.; **Vetiver grass: the hedge against erosion.** Haverford, U.S.A. Infinity Publishing.com. 2002.

GREGORICH, E. G.; GREER, K. J.; ANDERSON, D. W.; LIANG, B. C.; **Carbon distribution and losses: erosion and deposition effects.** Soil and Tillage Research, n. 47, p.291-302. 1998.

GRIMSHAW, R. G.; **Vetiver grass: a world technology and its impact on water. Proceedings of the Third International Conference on Vetiver and Exhibition.** Guantghou, China. 2003.

GRIMSHAW, R. G. **Vetiver Grass: The Hedge,** Against. p.78, 1995.

GUERRA, A. J. T E BOTELHO, MACHADO, R. G.; **Erosão dos solos.** In: Geomorfologia do Brasil. CUNHA, S.B. da.; GUERRA, A.J.T. BertrandBrasil, Rio de Janeiro, 1998. p.181-227.

HEANEY, A.; PROCTOR, J.; **Chemical elements in litter in forests on Volcán Barva.** Costa Rica. In: Proctor, J. (Ed.), Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems. British Ecological Society, 1989. P. 255-272.

HENGCHAOVANICH, D.; **Grama Vetiver para estabilização de encostas e controle da erosão, com especial referência para aplicações em engenharia.** Boletim Técnico, Tailândia, 1998.

HENRIQUES, A.C. **Vetiver como alternativa contra erosão do solo.** Emater, Caxambú/MG. 2009. Acesso em: mar. 2011. Disponível em: www.portalruralsft.com/manejoExibe.asp.

HENRIQUES, A. C. **Minas estimula práticas de preservação ambiental.** Emater, Caxambú/MG. Set. 2009. Acesso em: mar. 2011. Disponível em: Minassustentavel.wordpress.com/tag/emater-minas.

HERTZLER, G.; IBAÑEZ-MEIER, C. A.; JOLLY, R. W. User coast of soil erosion and their effect on agricultural land prices: coast variables and capitalizad hamiltonians. **American Journal of Agricultural Economics.** v. 67, n. 5, 1985.

LAL, R.; PIRCE, F.J. **The vanishing resource.** In: Soil managemente for sustainability. Ankeny, Soil and Water zonservation Society, 1991. p.01-05.

LAL, R; STEWART, B.A. **Need for land restoration.** Advanced in Soil Science, v. 17, p.01-09, 1992.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. **Erodibilidade de solos paulistas.** Campinas: Instituto Agrônômico-Boletim Técnico, 1975.

MADRUGA, E. L.; SALOMÃO, X. T. **Uso do capim vetiver (sistema vetiver) na estabilização de taludes de rodovias, proteção de drenagens e de áreas marginais.** UFMT, Departamento de Engenharia Civil, 2005.

MAHMOOD, K. **Reservoir sedimentation – impact, extent and mitigation.** World Bank Tech. Paper, n. 71. Washington, 1987.

MULLER, L. D.; KOLVER, E. S.; HOLDEN, L. A. Nutritional needs of high producing cows on pasture. CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED ANUFACTURERS, **Proc...**, 2001, Rochester, p. 106-120. 2001.

NIMITYONGSKUL, P., PANICHNAVA, S., HENGSADEEKUL, T.; **Use of vetiver grass ash as cement replacement materials China.** In: proc. ICV-3, 2003, p.148-159.

NORMA DNIT 074/2006 – ES. **Tratamento ambiental de taludes e encostas por intermédio de dispositivos de controle de processos erosivos.** Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR Processo: 50.607.006.739/2005-97. Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de 11/07/2006.

OLIVEIRA, I.S.D. **Avaliação da contribuição do zoneamento ecológico econômico na implementação do estudo de impacto ambiental.** Tese (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental), USP - São Carlos, 1987.

OLIVEIRA, T.; AZEVEDO, M. T. **Execução de contenção de encostas em solo grampeado.** Salvador/BA. 2009. Acesso em: 11 mar. 2011. Disponível em: <http://info.ucsal.br/banmon/mostra-dados-doc.php?Seq=155>.

PARISCA, O. R.; TAMAYO, G. Y.; **Vetiver (*Vetiver zizanioides*): una extraordinaria planta para la protección ambiental.** Boletín Vetiver, Red Latinoamericana del Vetiver, Maracay – Venezuela, p. 4-6, 2006.

PEREIRA, A. R. **Uso do vetiver na estabilização de taludes e encostas.** Boletim técnico, Deflor Bioengenharia, ano 1 n.03, Set., 2006.

PIMENTEL, D.; HARVEY, C.; RESOSUDARMO, P.; SINCLAIR, K.; KURZ, D.; McNAIR, M.; CRIST, S.; SPHPRITZ, L.; FITTON, L.; SAFFOURI, R.; BLAIR, R. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. **Science.** v. 267, n. 5201, p. 1117-1123, 1995.

POLONI, C. E. **Erosão devasta lavouras e causa danos ao meio ambiente.** Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira UNESP, Departamento de Fitossanidade, Engenharia rural e Solos. Área de Hidráulica e Irrigação. fev. 2005. Acesso em fev. 2011. Disponível em: *Jornal Regional, Santa Fé do Sul, Ano IX, nº 470.*

ROSA, N. An assessment of the total external costs of UK agriculture. **Agricultural Systems,** v. 65, n. 2, p. 113–136, 2000.

ROSSI, M. B. Análise do comportamento de gramíneas na recuperação de áreas degradadas. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. II Jornada de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do Ifes. **Anais...** Espírito Santo, 2009.

SANTOS, R. R. M.; Influência do Processo de Selagem Superficial do Solo na Diminuição da Infiltração em Áreas Degradadas. VI Simpósio Nacional de geomorfologia/Regional conference on Geomorphology. **Anais...** Goiânia, 2006.

SÃO PAULO. **Controle de erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de boçorocas urbanas** Secretaria de Energia e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica. 2.ed. São Paulo, DAEE/IPT. 1990, p. 92.

SOBREIRA, F.G. **Estudo das Erosões de Cachoeira do Campo-MG.** Relatório FAPEMIG, UFOP/EM/DEGEO. Ouro Preto, 1991. 130p.

SOBREIRA, F. G.; FONSECA, M. A.; Geologic risk resulting from the land use of old mining sites in the Piedade neighborhood.. In: VII International Congress of Engineering Geology, 2001, Vancouver. **Proceedings...** International Association of Engineering Geology, september, 1998. V.0 7 p. 2025-2029.2001.

SUZUKI, L.E.A.S.; **Compactação do solo e sua influência nas propriedades físicas do solo e crescimento e rendimento de culturas.** Tese. (Doutorado), Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2005. 149p.

TRUONG, P.N. HART, B. **Sistema Vetiver para tratamento de águas residuais.** Boletim Técnico No. 2001 / 2. Rede Vetiver para as Orlas do Pacífico. Royal Projetos Administrativos de Desenvolvimento, Bangkok, Tailândia., 2001.

TRUONG, P.N. **Tecnologia da Grama Vetiver para a reabilitação de rejeitos de minas. Bioengenharia para controle da erosão no Solo e na água e estabilização de encostas.** NH, E.U.A., 2004.

TRUONG, P.N. **The Global Impacto of Vetiver Grass Technology on the Environment.** Proc. Second Intern. Vetiver Conf. Thailand. 2000.

VELOSO, A. J. G. **Importância do estudo das vertentes.** Universidade Federal Fluminense. 2006.

VERONI, W. **Reportagem Especial – Tragédia em Angra dos Reis movimentou os noticiários.** Belo Horizonte/MG. Jan. 2010. Acesso em: 15 mar. 2011. disponível em: <http://cafecomnoticias.blogspot.com/2010/01/reportagem-especial-tragedia-em-angra.html>.

VICENTE, E. V. **Erosão ameaça oito imóveis no bairro Alto.** Jan. 2011. Acesso em: fev. 2011. Disponível em: <http://www.tribunatp.com.br/modules/news/article.php?storyid=8144>.

XIA, H. P. Ao, H. X.; LIU, S. Z.; HE, D. Q. **Tecnologia de bio-engenharia para aplicação (utilização) da grama (capim) vetiver para a prevenção de derrapagens no Sul da China.** Seminário Internacional de Vetiver, Fuzhou, China. 1999.

XIE. **Vetiver para a estabilização da rodovia no Condado (Comarca) de Jian Yang: Demonstração e Extensão.** Procedimentos Abstratos. Seminário Internacional de Vetiver, Fuzhou, China. 1997.

ZALESKI, A. R. **O capim vetiver (Mudas). Vetiver Systems engenharia e meio ambiente.** 2009. Acesso em: 22 fev. 2011. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Vetiver>.