

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E
RECURSOS HÍDRICOS



**Avaliação do enraizamento e brotação na propagação de espécies potenciais
para revegetação e estabilização de taludes**

Clarice Maria de Souza Megale

Itajubá, Dezembro de 2011

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E
RECURSOS HÍDRICOS**

Clarice Maria de Souza Megale

Avaliação do enraizamento e brotação na propagação de espécies potenciais para revegetação
e estabilização de taludes

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências em Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de Concentração: Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Orientadora: Profa. Dra. Maria Inês Nogueira Alvarenga

Co-orientadora: Profa. Dra. Luciana Botzelli

Dezembro de 2011

Itajubá – MG

(ficha catalográfica)

Banca examinadora:

Profa. Dra. Lílian Vilela Andrade Pinto
IFET/Inconfidentes (Membro externo)

Profa. Dra. Eliane Guimarães Pereira Melloni
Universidade Federal de Itajubá (Membro Interno)

Profa. Dra. Luciana Botezelli
Universidade Federal de Itajubá (Co-orientadora)

Profa. Dra. Maria Inês Nogueira Alvarenga
Universidade Federal de Itajubá (Orientadora)

Aos meus avós: Alcides (em memória) e Cacilda,
Toninho e Lavínia.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, pelo dom da vida.

À professora Dra. Maria Inês, pelos amplos conhecimentos compartilhados durante a orientação deste trabalho e por estar sempre presente, corrigindo rumos, redirecionando idéias e me impulsionando sempre em direção à meta que ora alcanço. O meu profundo agradecimento e admiração.

À prezada amiga e professora Dra Luciana Botezelli, co-orientadora, com a qual aprendi que, em pesquisa, muitas vezes é preciso dar um tempo, ter paciência e retomar com um novo foco.

À Universidade Federal de Itajubá, através do Instituto de Recursos Naturais onde encontrei abrigo para a realização desta pesquisa.

À Tania e ao Claudio, técnicos dos laboratórios de Solos e Saneamento, pela inestimável ajuda e muita orientação técnica de que precisei.

A todos os e colegas do mestrado, especialmente a Carla, Heloisa e Jaime pela grande amizade e valiosa ajuda nas disciplinas e na elaboração desta dissertação. Foram para mim a companhia necessária na hora dos problemas.

Ao Rômulo, Clarisse e Camila, alunos da graduação que muito ajudaram na montagem e execução do experimento.

Agradeço especialmente ao professor Dr. Pedro Paulo Balestrassi e à sua esposa Marcia Cristina, meus tios e grandes incentivadores, na casa de quem encontrava sempre um lugar na mesa do almoço.

Aos tios Sergio e Fátima e à prima Ana Clara, que em sua casa me acolheram no primeiro ano em Itajubá, o meu muito obrigado.

Ao tio Moacir, tia Ana e primas, em cujo lar encontrei carinho e atenção nas horas de solidão e também divertida companhia na noite itajubense.

Às meninas da república, que só sossegaram quando me viram morando com elas. Bela amizade e confortável companhia nos estudos. Obrigada a todas.

Aos meus grandes amigos Bárbara, Guilherme e Jonas, que fizeram parte de um momento muito especial da minha vida contribuindo com conhecimento, amadurecimento, companheirismo e muitas risadas.

À Juliana minha sempre amiga desde o ensino médio, agradeço por sua tolerância com minha ausência em função do mestrado. Às inesquecíveis amigas da faculdade, Tatiane e Priscilla, embora distantes sempre presentes com palavras de conselho e otimismo.

Meus irmãos Tiago e João – a distância só serviu para fazer crescer mais o meu carinho e amor por vocês.

Aos meus pais, não só por prover todos os recursos materiais de que necessitei nestes dois anos mas, principalmente, pelo incondicional apoio ao meu projeto, nunca permitindo que me deixasse abater pelo desânimo, ao contrário, tendo sempre para me fortalecer, uma palavra de estímulo e otimismo. Meu muito obrigado e meu filial amor.

"Eu quase que nada sei, mas desconfio de
muita coisa"

Guimarães Rosa

RESUMO

MEGALE, C M. S. **Avaliação do enraizamento e brotação na propagação de espécies potenciais para revegetação e estabilização de taludes**. 2011. 60f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2011.

A erosão atua na superfície do solo através da remoção e arraste de material, culminando na instabilidade de terrenos declivosos. A necessidade de conter e/ou reverter os processos de degradação do solo tem inspirado o desenvolvimento de técnicas como a bioengenharia, que utiliza materiais naturais e sintéticos em conjunto com métodos de engenharia, com o intuito de devolver à superfície condições de sustentação e equilíbrio. O uso de estacas vivas é uma das técnicas utilizadas para o estabelecimento da vegetação como solução de instabilidade de taludes e contenção de voçorocas, através da inserção de partes de plantas no solo. Devido ao grande número de taludes estabelecidos e a intensa ocorrência de problemas com sua estabilidade, a demanda na utilização de procedimentos de prevenção e recuperação tem aumentado, exigindo procedimentos de fácil execução, custo baixo e solução rápida. Dessa forma, este trabalho busca aprimorar a técnica de estaquia contribuindo com a análise do potencial de enraizamento e brotação de estacas de cinco espécies de plantas comuns na região (*Acalypha wilkesiana*, *Jasminum mesnyi*, *Sphagneticola trilobata*, *Calliandra harrisii* e *Pennisetum purpureum*), e análise do desenvolvimento de estacas de diferentes tamanhos (28; 15; 7,5 e 3 cm), com o intuito de facilitar o manejo e o plantio das mesmas. Para tanto, foram realizadas observações do número e peso seco de raízes e folhas, em dois tipos de substratos (areia e solo) e em dois modos de enterrio (estacas enterradas ou semi-enterradas). Os resultados mostraram que a espécie *Pennisetum purpureum* apresentou melhor produção de folhas e enraizamento nos dois substratos. Quanto ao tamanho das estacas, verificou-se que, de modo geral, as estacas que tiveram maior índice de enraizamento foram as de 7,5 e 15 cm de comprimento no substrato solo; no substrato areia, o maior índice de enraizamento ocorreu nas estacas com 15 cm de comprimento.

Palavras-chave: Bioengenharia, Estacas, Recuperação de áreas degradadas

ABSTRACT

Evaluation of rooting and sprouting in the spread of potential species for revegetation and slope stabilization

Erosion acts on the soil surface by removing and dragging material, resulting in instability of sloping ground. The need to contain and / or reverse the processes of soil degradation has inspired the development of techniques such as bioengineering, which uses natural and synthetic materials together with engineering methods in order to return to the surface the conditions of support and balance. The use of live stakes is one of the techniques used for the establishment of vegetation as a solution to the instability of slopes and containment of gullies through the inclusion of parts of plants in soil. Due to the large number of established slopes and to the occurrence of several problems with its stability, the demand for the use of procedures for prevention and recovery has increased, requiring techniques easy to perform, low cost and quick solution. Thus, this work seeks to improve the technique of cutting contributing through the analysis of the potential of rooting and sprouting of five plant species common in the region (*Acalipha wilkesiana*, *Jasminum mesnyi*, *Sphagneticola trilobata*, *Calliandra harrisii* and *Pennisetum purpureum*), and through the analysis of the development of cuttings of different sizes (28, 15, 7.5 and 3 cm), in order to facilitate their handling and plantation. With this goal, observations were made of the number and dry weight of roots and leaves in two types of substrates (sand and Oxisol) and two modes of burial (buried or semi-buried). The results indicated that the specie *Penisetum purpureum* showed better production of leaves and roots in both substrates. For the size of the stakes, it was found that, overall, the stakes with the highest rate of rooting were 7.5 and 15 cm length in Oxisol substrate; In the sand substrate, the highest rate of rooting occurred in cuttings 15 cm length.

Keywords: Bioengineering, Piles, Recovery of degraded areas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Malha rodoviária na Região Sul de Minas Gerais.	20
Figura 2: Espécies testadas no experimento 1. a) <i>Pennisetum purpureum</i> ; b) <i>Calliandra harrisii</i> ; c) <i>Jasminum mesnyi</i> ; d) <i>Sphagneticola trilobata</i> ; e) <i>Acalipha wilkesiana</i>	34
Figura 3: Bandejas com estacas enterradas e semi-enterradas.	34
Figura 4: Estacas enterradas nos substratos Areia (a), Solo (b).	35
Figura 5: Estacas semi enterradas de <i>Penisetum purpureum</i> . (a) Areia (b) Solo.	35
Figura 6: Estacas semi enterradas de <i>Sphagneticola trilobata</i> . (a) Areia (b) Solo.....	35
Figura 7: Estacas semi enterradas de <i>Acalipha wilkesiana</i> . (a) Areia (b) Solo.	35
Figura 8: Estacas semi enterradas de <i>Calliandra harrisii</i> . (a) Areia (b) Solo.	36
Figura 9: Bandeja mostrando os diferentes tamanhos de estacas.	37
Figura 10: Bandejas dispostas na casa de vegetação.	37
Figura 11: Avaliadora realizando análise visual.....	38
Figura 12: Produção de folhas por espécie no substrato Solo.	39
Figura 13: Produção de raízes por espécie no substrato Solo.....	40
Figura 14: Produção de folhas em dois modos de plantio no substrato Solo	41
Figura 15: Produção de raízes em dois modos de plantio no substrato Solo.....	41
Figura 16: Produção de folhas por espécie no substrato Areia.....	43
Figura 17: Produção de raízes por espécie no substrato Areia	43
Figura 18: Produção de folhas em dois modos de plantio no substrato Areia.....	44
Figura 19: Produção de raízes em dois modos de plantio no substrato Areia	44
Figura 20: Número de brotos nos substratos Areia e Solo	46
Figura 21: Contagem de raízes nos substratos Areia e Solo.....	47
Figura 22: Peso seco de folhas nos substratos Areia e Solo.....	47

Figura 23: Peso seco de raízes nos substratos Areia e Solo	48
Figura 24: Notas atribuídas ao enraizamento no substrato Solo	49
Figura 25: Notas atribuídas ao enraizamento no substrato Areia.....	50

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	OBJETIVOS	16
2.1.	OBJETIVO GERAL.....	16
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1.	RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	17
3.1.1.	Fatores que influenciam a erosão do solo.....	17
3.1.2.	Estabilidade de taludes.....	19
3.1.3.	Bioengenharia	22
3.1.4.	Revegetação.....	24
3.1.5.	Efeitos das plantas na estabilidade de taludes e encostas	25
3.2.	REPRODUÇÃO VEGETATIVA.....	27
3.3.	MANEJO E PROPAGAÇÃO DE ESTACAS	27
4.	MATERIAL E MÉTODOS	31
4.1.	DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES ESTUDADAS.....	31
4.1.1.	<i>Acalipha wilkesiana</i>	31
4.1.2.	<i>Jasminum mesnyi</i>	31
4.1.3.	<i>Sphagneticola trilobata</i>	31
4.1.4.	<i>Calliandra harrisii</i>	32
4.1.5.	<i>Pennisetum purpureum</i>	32
4.2.	DESCRIÇÃO GERAL DOS PROCEDIMENTOS.....	32
4.3.	PROCEDIMENTOS ESPECÍFICOS: EXPERIMENTO 1.....	33
4.4.	PROCEDIMENTOS ESPECÍFICOS: EXPERIMENTO 2.....	36
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5.1.	EXPERIMENTO 1	39
5.1.1.	<i>Substrato solo</i>	39
5.1.2.	<i>Substrato areia</i>	42
5.2.	EXPERIMENTO 2	45
5.2.1.	<i>Avaliação visual com atribuição de notas:</i>	49

6.	CONCLUSÕES.....	51
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1. INTRODUÇÃO

As necessidades de uma população com acelerado e contínuo crescimento demográfico, exigem cada vez mais a evolução de novas tecnologias, de novas construções, e de infraestrutura, que muitas vezes não são suficientes para atender a demanda, sobrecarregando o meio ambiente. Mesmo com todo o desenvolvimento tecnológico em termos de aproveitamento, gerenciamento, reuso e exploração sustentável dos recursos naturais, a dependência de elementos fornecidos pela natureza ainda é muito intensa, com evidente degradação ambiental.

A degradação de áreas é resultado da combinação de condições naturais com ações antrópicas. Portanto, a diversidade de características físicas do ambiente como tipo de solo, de relevo, clima, vegetação, somadas a interferência do homem, através de atividades que causam desmatamento, superpastoreio, modificação do relevo e outros, irão desequilibrar e intensificar processos naturais de diferentes formas, resultando em condições, muitas vezes, irreversíveis como a perda total da capacidade produtiva dos solos.

A erosão, hídrica e eólica, atua na superfície através da remoção e arraste de material, intensificação de escoamento superficial, compactação em superfície, deformação do terreno possibilitando acúmulo de água e outros processos que atuando separadamente ou em conjunto, possibilitam o empobrecimento, redução e/ou perda de produtividade dos solos, bem como a instabilidade de terrenos declivosos.

A cobertura vegetal proporciona uma eficiente proteção à superfície. A parte aérea minimiza o impacto das gotas de chuva e intercepta o fluxo de água superficial diminuindo a velocidade do escoamento. As raízes possibilitam melhor infiltração da água, contribuindo para a porosidade e permeabilidade do solo e agregam fisicamente as partículas do solo. Portanto, a remoção da vegetação intensifica os processos erosivos ao retirar a camada natural protetora do solo.

A instabilidade de taludes construídos é uma das consequências da relação de atuação antrópica com as características do terreno tais como: textura do solo, forma e comprimento da rampa, declividade e outros fatores; interferindo no equilíbrio físico da superfície e resultando em fraturas, erosão, voçorocas, deslizamentos e movimentos de massa.

Desse modo, faz-se necessária uma relação de sustentabilidade entre o homem e a natureza, para que ocorra o equilíbrio entre a exploração dos recursos e sua conservação. Essa necessidade tem inspirado o desenvolvimento de técnicas para recuperação de áreas degradadas, utilizando matérias primas disponíveis em abundância na natureza visando à recuperação física, química e biológica do ecossistema solo, bem como a recuperação visual da paisagem.

A bioengenharia é uma técnica que utiliza materiais naturais e sintéticos em conjunto com métodos de engenharia, com o intuito de devolver e fornecer à superfície condições de sustentação e reequilíbrio, atuando na prevenção de processos erosivos e na recuperação de áreas degradadas. Essas técnicas são empregadas na solução de problemas em taludes como ravinas e voçorocas, bem como em movimentos de massa e perda de solo.

O uso de estacas vivas é umas das técnicas utilizadas para o estabelecimento da vegetação como solução de instabilidade de taludes e contenção de voçorocas, através da inserção de partes de plantas, sem suas ramificações, no solo. Através da reprodução assexuada, as estacas originam novas plantas, ocupando a superfície, e conseqüentemente fornecendo características de proteção para o solo. Para conter a instabilidade do talude, a espécie deve apresentar boa resistência a condições adversas do clima e adaptação às variações de temperatura e precipitação; possuir elevada quantidade de raízes e parte aérea desenvolvida. Ademais, flores e frutos são atrativos para insetos polinizadores e animais, compondo a melhoria da paisagem.

Devido ao grande número de taludes estabelecidos e a intensa ocorrência de problemas com sua estabilidade, resultantes da combinação de abertura de estradas e as características de solo, relevo e distribuição de chuvas fizeram com que a demanda na utilização de procedimentos de prevenção e recuperação aumentassem, exigindo procedimentos de fácil execução, custo baixo e solução rápida a curto e médio prazos.

Dessa forma justifica-se este trabalho, que busca aprimorar a técnica de estaquia contribuindo com a análise do potencial de enraizamento e brotação de estacas de cinco espécies de plantas comuns na região de Itajubá, Sul de Minas Gerais, bem como a análise do desenvolvimento de estacas de diferentes tamanhos, com o intuito de facilitar o manejo e o plantio das mesmas.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar o enraizamento de estacas vivas para fins de revegetação e estabilização de taludes.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a produção de raízes e folhas das estacas de cinco espécies em dois substratos;
- Avaliar o efeito do método de plantio das estacas (enterradas e semi-enterradas);
- Analisar o índice de enraizamento para as estacas de cada espécie;
- Analisar o índice de enraizamento para as estacas de diferentes tamanhos;
- Avaliar a produção de matéria seca de raízes e folhas nas estacas de capim-elefante de quatro diferentes tamanhos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

3.1.1. *Fatores que influenciam a erosão do solo*

A erosão é um processo caracterizado pela degradação, dissolução ou desgaste de materiais da crosta através do transporte realizado pelas geleiras, rios, mares, vento escoamento pluvial, somadas às características dos terrenos como declividade, comprimento e forma das encostas, propriedades químicas e físicas dos solos, tipo de cobertura vegetal e uso e manejo da terra (BASTOS, 2009). Esses processos podem ser acelerados pelos impactos das gotas de chuva, fluxos concentrados de água e evoluir de microravinas para voçorocas, até que a perda de material atinja o substrato rochoso, sendo esses processos mais difíceis de serem corrigidos à medida que evoluem.

Os processos supracitados apresentam uma elevada capacidade de produção e transporte de sedimentos de um ponto a outro, que evoluem do centro para as margens na superfície, formando profundas crateras que atingem o lençol freático. As paredes laterais se tornam instáveis e assim suscetíveis a movimentos de massa como desprendimento e escorregamento, resultando em problemas de perda de solo, destruição de nascentes, assoreamento de canais fluviais e outros (ARAÚJO et al, 2005; THOMAZ e LUIZ, 2010).

Os processos de desgaste, transporte e deposição na superfície, ocorrem naturalmente no ambiente, sendo estes processos os modeladores da paisagem e também envolvidos na formação do solo. Porém, a ação do homem na paisagem, irá potencializar cada fator, resultando na erosão acelerada, sendo esta a principal forma de degradação do solo, pois resulta em perda de partículas, nutrientes, sementes e matéria orgânica, bem como perda da biodiversidade e da atividade da biota, contribuindo para a compactação, perda de produtividade e estabilidade do solo (SIQUEIRA et al. 2007).

Muitas vezes a construção de estradas, subestações, barragens de reservatórios, exploração de minas e outros empreendimentos, resultam em obras intensamente

modificadoras da paisagem, exigindo movimentação de terras e formando taludes de corte e aterro. Além disso, essas obras incluem exposição dos horizontes do solo, remoção da cobertura vegetal nativa e modificação na forma e declividade da superfície, fazendo com que os taludes fiquem expostos às intempéries e oscilações de temperatura e umidade responsáveis, em grande parte, pela formação de focos erosivos e deslizamentos.

A estrutura do solo é composta por partículas de diversos tamanhos com diferentes intensidades de união entre elas. O arranjo das partículas forma os agregados, que respondem por processos como erodibilidade, perda de material superficial e fluxo de água e gases no solo, sendo essas propriedades de extrema importância para a dinâmica no solo como germinação de sementes, enraizamento e manutenção da cobertura vegetal (Oliveira, 2008).

A erodibilidade é a vulnerabilidade que os diferentes tipos de solo ou terrenos geológicos têm aos agentes erosivos como impacto das gotas de chuva, desagregação de partículas e transporte subsequente do material, que envolve um grande número de fatores físicos, químicos, biológicos e mecânicos intervenientes. Segundo Guerra e Cunha (1998), a erosão apesar de ser um problema mundial, é mais expressiva e causa mais danos em países de clima tropical e em desenvolvimento, resultante do regime hidrológico, geomorfologia e o irregular uso e ocupação das áreas. Isso explica a variedade espacial e temporal da erosão dos solos no Brasil, que devido à sua extensão apresenta variedade climática, geomorfológica e pedológica (GUERRA e CUNHA, 1998).

Pruski e Nearing (2002), ao simular as respostas de encostas com diferentes coberturas vegetais e tipos de solos às mudanças de intensidades e quantidades de chuvas constataram que o escoamento superficial e a perda de solo são, na maioria dos casos, altamente sensíveis às mudanças de precipitação, o que foi registrado pelo modelo matemático utilizado. A cada 1% de variação na quantidade e intensidade de precipitação diária simulada, houve aumento de 2,50% e 2,38% para o escoamento superficial e perda de solo, respectivamente.

A dinâmica da erosão pluvial consiste de processos lentos e crescentes envolvendo cinco fatores: o clima, o tipo de solo, a topografia, a cobertura vegetal e uso e manejo do solo, sendo controlados pela intensidade e duração das chuvas, pela erodibilidade natural do terreno, comprimento, forma e declividade da encosta, e o tipo e extensão da cobertura vegetal, que combinados aos atributos do meio físico em outros estágios, representam grande parte dos problemas de estabilização de taludes (ARAÚJO et al., 2005).

3.1.2. *Estabilidade de taludes*

As rodovias têm a finalidade de integrar regiões através das cadeias produtivas, conexões comerciais e transporte de passageiros. Embora proporcione desenvolvimento socioeconômico nas regiões que interceptam, esta é uma das atividades que mais causam impacto ambiental, por ser essencialmente modificadora da paisagem.

Os impactos causados pela implantação de projetos rodoviários estão inseridos nas etapas de planejamento, implantação, construção e operação, sendo que a última deve ser significativamente considerada, pois o prazo de duração das atividades e da rodovia em si é indeterminado, e a atuação dos impactos também (BRASIL, 2002).

É evidente que na construção de rodovias, os impactos positivos são significativos e quase exclusivamente socioeconômicos, como a maioria das obras de infraestrutura, enquanto que aqueles que atingem o meio físico e biótico, sejam poucos, e classificados como indiretos. Já os impactos negativos, atuam diretamente no ambiente, abrangendo muitas bases de recursos naturais, caracterizando obras rodoviárias como modificadoras profundas do ambiente (BANDEIRA e FLORIANO, 2004).

No Brasil, a matriz de transporte é predominantemente rodoviária, com extensão de 1.712.291,5 km (DNIT, 2010) correspondendo a cerca de 96,2% da matriz de transporte de passageiros e a 61,8% da matriz de transporte de cargas (CNT, 2006). O Estado de Minas Gerais tem a maior malha rodoviária do Brasil, equivalente a 16% de toda a extensão rodoviária do país. No total são 276.441,1 km de extensão (Figura 1). Por fazer limites com seis estados, Minas Gerais ocupa uma posição estratégica, o que resulta em constante pressão dos diversos eixos de desenvolvimento econômico, interligados através da sua capital.

Devido à concentração de estradas e ao relevo acidentado, predominante no estado de Minas Gerais, muitos taludes são construídos com diferentes declividades e em diferentes tipos de solo e rocha, gerando amplos problemas de estabilidade que afetam não somente o ambiente natural, como também causam transtornos à população, como os desmoronamentos nas encostas das rodovias obstruindo trechos e deslizamentos de rocha e solo causando acidentes muitas vezes com vítimas fatais.

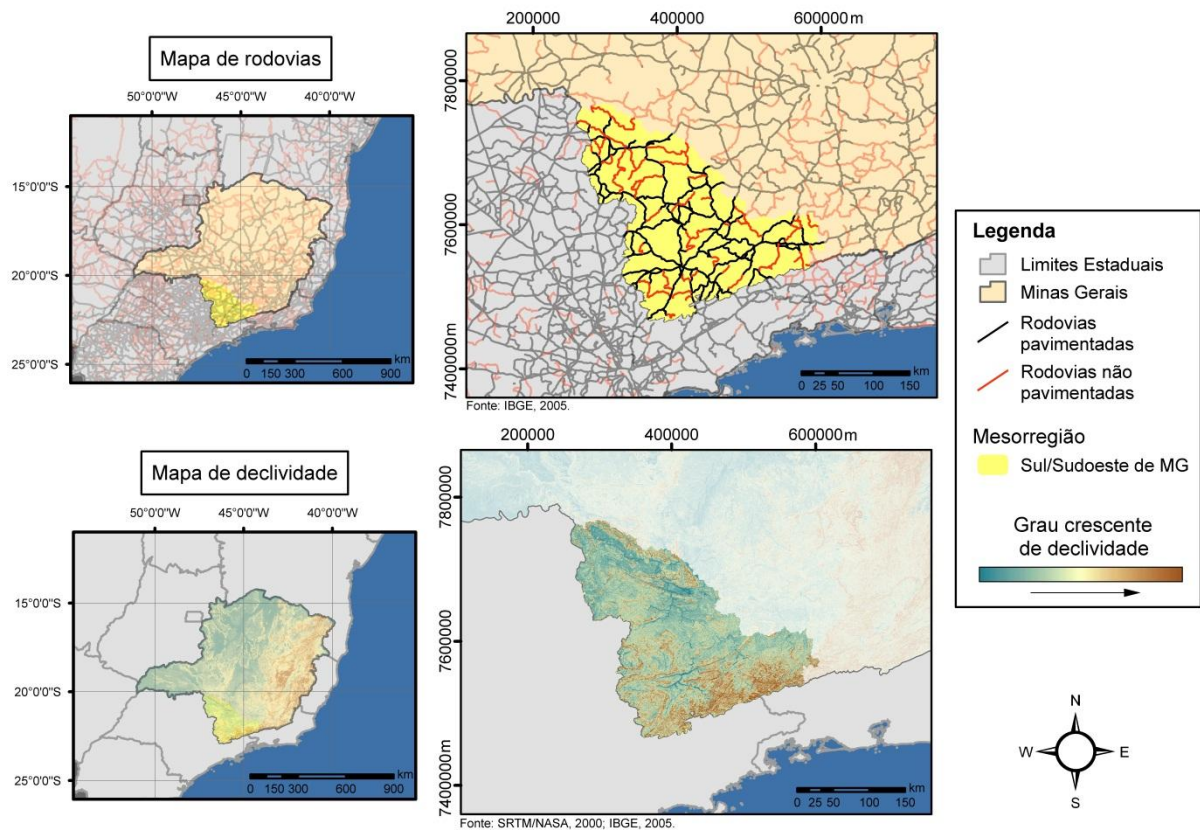


Figura 1: Malha rodoviária na Região Sul de Minas Gerais.

Os taludes são qualquer superfície inclinada que limita um maciço, e podem ser naturais, como as encostas, ou artificiais, resultantes de cortes ou da formação de aterros. Caputo (1988), afirma que o conhecimento das características dos taludes naturais exige uma gama extensa de estudos dos fatores geológicos como litologia, estruturação e geomorfologia, e dos fatores ambientais como clima, topografia e vegetação. Segundo Marangon (2008) a estrutura particular dos taludes naturais difere acentuadamente dos taludes artificiais, pois o controle de “colocação de terras” permite um maior conhecimento do material. Assim, os taludes artificiais “exibem uma homogeneidade mais acentuada que os maciços naturais e, por isto, adequam-se melhor às teorias desenvolvidas para as análises de estabilidade” (MARANGON, 2008, p.7).

A principal condição para a ocorrência de problemas na estabilidade em taludes é a ausência de conhecimento das características físicas do ambiente onde o mesmo se insere, pois, a relação existente entre tipo de solo, de rocha, drenagem, presença ou ausência de vegetação e outros, promovem uma dinâmica natural, vulnerável a qualquer interferência ou

alterações. Ademais, os processos de instabilidade são resultantes da concomitância de mais de um fator (CARVALHO, 1991).

Um solo arenoso, por exemplo, apresenta alta porosidade e permeabilidade, sendo estas determinadas pelo “conjunto de vazios existentes no solo: poros, fendas, canais e etc”, permitindo um rápido fluxo de água dentro do perfil (OLIVERA, 2008, p.344). A textura arenosa associada à inclinação acentuada, frequência de chuvas, drenagem e tipo de obra, resultará em escorregamentos, erosão em sulcos, voçorocas. Quanto maior a declividade, maior a velocidade de escoamento das águas; e, o maior comprimento da encosta implica em maior tempo de escoamento e erosão mais intensa. Outros condicionantes como a falta de projeto específico, deficiências construtivas e má conservação, também contribuem para os problemas em taludes rodoviários (CARVALHO, 1991).

De acordo com Pinheiro e Pons (2008), as características físicas do talude e do ambiente ao qual está inserido, estão estreitamente relacionadas com o equilíbrio entre a força de cisalhamento e a resistência ao cisalhamento. Esta compensação de forças é determinante na manutenção da estabilidade de uma encosta, portanto, qualquer interferência nestes, pode desencadear o aumento da força de cisalhamento, ou a diminuição da resistência ao cisalhamento, resultando em movimentos de massa na encosta e, conseqüentemente, sua instabilidade.

Dessa forma, a abertura de estradas poderá ampliar os processos de instabilização de massas, como por exemplo: escorregamentos, erosões e recalques. Segundo Machado Júnior (2003), os principais problemas encontrados em taludes rodoviários são: erosão em sulcos, erosão diferenciada, erosão em plataforma longitudinal, erosão associada a obras de drenagem, desagregação superficial, escorregamentos devido a inclinação acentuada, devido a descontinuidade, à saturação do maciço, a evolução da erosão, a problemas na fundação, a problemas no corpo do aterro, na travessia de linha de drenagem, problemas com o sistema de drenagem, e outros.

As causas do aumento de tensões atuantes e/ou da diminuição das tensões resistentes podem ser internas e externas. Fatores como mudança na geometria do talude, aumento da carga atuante na superfície, atividades sísmicas e outros, são causas externas. Enquanto que variação do nível da água que causa aumento do peso do material, da poropressão, saturação e rebaixamento rápido do nível da água; diminuição da resistência do solo ou do maciço por

lixiviação; alteração dos minerais secundários nas discontinuidades e outros são forças internas colaboradoras da instabilidade (DYMINSKI, 2003).

O equilíbrio das encostas é mantido por características físicas que atuam na força de cisalhamento e na resistência ao cisalhamento. O fator de segurança “é o valor numérico da relação estabelecida entre a resistência ao cisalhamento disponível no solo para garantir o equilíbrio do corpo deslizando e a tensão de cisalhamento mobilizada sobre efeitos dos esforços atuantes” (MARANGON, 2008, p.7). A resistência ao cisalhamento disponível é um resultado das forças de coesão e atrito na superfície das rupturas

3.1.3. Bioengenharia

Devido à intensa degradação resultante dos modos de uso e exploração dos recursos naturais, muitas técnicas estão sendo desenvolvidas para evitar, diminuir e recuperar a degradação antes que atinja o nível de irreversibilidade. Essas técnicas procuram utilizar matéria prima disponível e o conhecimento das características físicas e das interações que ocorrem no ambiente, a fim de diminuir custos e potencializar o uso sustentável dos recursos naturais. A bioengenharia é resultante deste objetivo, apresentando diversas metodologias e funções.

A bioengenharia é um complemento da engenharia hidráulica ou tradicional, que associa o plantio de espécies vegetais com dispositivos especiais de controle de processos (DNIT, 2004). As estruturas utilizadas dividem-se em sistemas pontuais, como estruturas com uma única raiz, sistemas lineares onde as raízes são dispostas em filas lineares e sistemas de cobertura como mantas e telas vegetais (ARAÚJO, et al. 2005). As técnicas de bioengenharia não exigem uso intensivo de maquinário, ademais podem ser utilizados materiais naturais e facilmente disponíveis, envolvendo maior uso de mão de obra e possibilitando maior retorno social. Dessa forma os custos são menores tanto com a mão de obra, que requer menor qualificação que as técnicas tradicionais de engenharia civil, quanto com transporte de matéria prima, reduzindo assim a relação custo/benefício. As técnicas de bioengenharia beneficiam também obras em áreas sensíveis, com riscos de deslizamentos e com acesso precário ou inexistente, uma vez que requer mínima movimentação de terras e não utilizam maquinário pesado, contribuindo também com a estética das áreas e com habitats para a fauna nativa,

restauração ecológica e conforto ambiental (COUTO et al. 2010).

As técnicas de bioengenharia têm sido cada vez mais aprimoradas com o objetivo de facilitar a reabilitação de áreas degradadas. A aplicação da técnica requer reconhecimento do problema, do contexto sócio econômico e análise de custo da implantação e manutenção.

A seguir serão abordadas algumas técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes:

As biomantas antierosivas são mantas de fibras degradáveis ou não degradáveis, das mais diversas matérias primas como algodão, fibra de coco, sisal, turfa, trigo, milho e palhada, sendo estas facilmente disponíveis e de baixo custo. Proporcionam ao solo uma cobertura protetora, através da retenção de sedimento, redução da velocidade do escoamento superficial, amortecimento do impacto das gotas de chuva, melhoria na infiltração da água, fornecimento de nutrientes devido a sua degradação e atuando como substrato para as plantas. Devido a sua flexibilidade se adaptam a qualquer rugosidade de terrenos e se integram totalmente a paisagem. Os materiais para sua fixação estão relacionados ao tipo de solo do talude, e podem ser grampos de aço, madeira e bambu (COUTO et al., 2010).

Os biorretentores são estruturas cilíndricas preenchidas com material fibroso, das mais diversas matérias primas, revestidas por telas de fibras sintéticas que tem a função de ancorar os sedimentos e reter a água do escoamento superficial, com a capacidade de absorção de até cinco vezes o seu peso seco, sendo instalados no leito natural de erosões (PEREIRA, 2008)

As estacas vivas são estruturas vegetais utilizadas para fixação de estruturas de proteção em coberturas e de retentores de sedimentos. Além disso, sua capacidade de enraizar irá exercer funções biológicas no solo possibilitando desenvolvimento e manutenção da vegetação (PEREIRA, 2008). As estacas apresentam geralmente de 1 a 4mm de diâmetro e 0,60 a 0,90 m de comprimento, tem suas ramificações retiradas, mantendo as cascas intactas e uma das extremidades cortada em ângulo facilitador de sua inserção no solo (ARAÚJO, 2005).

As caniçadas são fardos constituídos de galhos e ramos de material vegetativo enraizável instalados dentro de trincheira espaçadas ao longo do talude. Os fardos apresentam geralmente tamanho entre 1,5 e 9 m e atuam nas encostas íngremes e rochosas formando contenção ao escoamento superficial e aos sedimentos transportados (ARAÚJO, 2005).

As camadas de ramos e vassouras são conjuntos de ramos intercalados com camadas de solo, os quais sobressaem à superfície do talude atuando na diminuição da velocidade do escoamento superficial e como filtros dos sedimentos. Nos taludes de corte são instaladas nos terraços com uma profundidade de 0,60 a 0,90m (ARAÚJO, 2005).

As paliçadas são peças de madeira roliças (bambu, por exemplo) cravadas verticalmente no solo para a ancoragem da estrutura, atuando na redução da energia do escoamento superficial, evitando erosões e sulcos superficiais.

As geogrelhas vegetadas são utilizadas em taludes bastante íngremes, sendo fixadas por feixes de ramos de materiais vivos e consistem em uma cobertura de materiais sintéticos ou naturais. O enraizamento dos ramos irá incorporar a geogrelha formando uma massa única e coesa (ARAÚJO, 2005).

A técnica de empacotamento de ramos é outra técnica de bioengenharia, que consiste em preencher fissuras e cicatrizes nos taludes, menores que 1,20m de profundidade e 1,50m de largura, com ramos vivos e aterros compactados, protegendo a área da erosão e do transporte excessivo de material pelo fluxo da água (ARAÚJO, 2005).

3.1.4. *Revegetação*

A revegetação é utilizada em áreas que sofreram alguma espécie de degradação, geralmente por remoção da camada nativa de vegetação que compunha o ecossistema e integrava a dinâmica natural da superfície. Dessa forma, o replantio de espécies vegetais em áreas degradadas vem sendo estudado para que se tenha um melhor aproveitamento das técnicas de plantio, da capacidade de recuperação de determinadas espécies e da adequação em diferentes tipos de solos e paisagens.

As estacas como métodos de propagação são importantes componentes do processo de revegetação de áreas em diferentes estágios de degradação. Estas são qualquer parte destacada da planta matriz capaz de regenerar e formar uma planta nova e completa, e são provenientes de ramos lenhosos arbóreos ou arbustivos, de caules semilenhosos e herbáceos. A planta que fornece a estaca deve ser sadia, e não deve apresentar deficiência de nutrientes e ter sofrido com o ataque de pragas e geada (HARTMANN et al., 1990 e REUTHER et al.,

1973 apud ONO e RODRIGUES, 1996). A capacidade de regeneração depende da planta e do tratamento de propagação subsequente, bem como a interação dos aspectos morfo-fisiológicos da estaca, e fatores como luz, temperatura, umidade e oxigênio.

Hartman et al. (1997) apud Zuffellato-Ribas (2001), apresentam algumas razões para se utilizar a propagação vegetativa por estacas: fixação de genótipos selecionados, uniformidade de populações, facilidade de propagação, antecipação do período de florescimento e maior controle das fases de desenvolvimento.

3.1.5. *Efeitos das plantas na estabilidade de taludes e encostas*

O sistema de raízes tem a função de ancorar as plantas no solo e prover o acesso a água e nutrientes. No entanto, ao se trabalhar com a recuperação da estabilidade de taludes e encostas utilizando plantas, deve-se ter um conhecimento mais amplo desse sistema e principalmente o conhecimento das interações entre as características das raízes e os processos físicos do solo.

Estudos realizados utilizando resistência de retirada das raízes do solo como um índice, têm mostrado que a topologia da raiz, ângulo e densidade das ramificações, podem atuar nas deformações plásticas do solo através da distribuição de tensões, e conseqüentemente modificações na resistência à tração. Porém, esses aspectos ainda não são considerados diretamente em simulações e modelagens de reforço de solos (DUPUY et al. 2005 apud STOKES et al. 2009; STOKES et al., 1996; MICKOVSKI et al., 2007).

As raízes formam uma rede no solo, e juntamente com a matéria orgânica, permitem a ligação física entre as partículas do solo, formando agregados e conseqüentemente aumentando os macroporos. Dessa forma, a rugosidade da superfície aumenta também a capacidade de infiltração, reduzindo o volume e a velocidade do escoamento superficial (PEREIRA,2008).

A espessura das raízes é fator atuante na estabilidade de taludes, pois em situações de solos compactados, as raízes pivotantes mais grossas são prejudicadas pela contração da estrutura do solo, porém, devido a sua maior resistência, conseguem se curvar e até mesmo deformar o solo. Já as raízes mais finas penetram os microporos, canais deixados por outras

raízes e fissuras (WHITELEY e DEXTER, 1982).

A profundidade do enraizamento, que depende da espécie da planta e das condições limitantes do solo também determina a estabilidade da encosta, sendo esta obtida quando as raízes atravessam a superfície de cisalhamento. Outro fator a ser considerado é a arquitetura do sistema radicular, que irá definir a forma com que as raízes colonizam o solo e assim reforçar o solo instável (STOKES et al., 2009).

Stokes et al. (2009), apresentam ainda outras características que devem ser consideradas em projetos de encostas instáveis, são elas: razão da área da raiz, resistência a tração, densidade do comprimento das raízes, comprimento específico da raiz, ângulo da raiz, produção de raízes adventícias, topologia, duplicação, resposta a condições limitantes no solo, taxa de perda de massa seca, capacidade de rebrota e interação micorrízica.

As raízes controlam as propriedades mecânicas e hidrológicas, afetando algumas propriedades do solo como estabilidade de agregados, capacidade de infiltração, densidade do volume do solo, textura do solo, conteúdo de matéria orgânica e resistência. Já a vegetação aumenta a rugosidade da superfície, atuando como um obstáculo para o vento e sedimentos (POHL et al., 2008).

As espécies das quais se produz as estacas vivas devem apresentar alta tolerância às variações das condições ambientais; altas taxas de transpiração; ramos flexíveis e resistentes a abrasão e lesões; raízes resistentes a exposição ao ar; facilidade de manejo por poda; resistência as pragas e doenças e, sobretudo, elevada capacidade de enraizamento a partir de estacas e material lignificado.

A utilização de outras técnicas de bioengenharia tem sido testadas na estabilização de áreas degradadas. Thomaz e Luiz (2010), ao realizarem um estudo de reabilitação de uma área degradada em Guarapuava-PR, confirmaram a eficiência das paliçadas na retenção de sedimentos, proporcionando melhorias nas condições físicas e químicas do solo, em área degradada por compactação e presença de sulcos superficiais. Segundo os autores, a técnica permitiu a transformação da área, que antes era um sistema de perda, para um sistema de acumulação em relação a sedimentos, água, nutrientes, matéria orgânica e sementes.

3.2. REPRODUÇÃO VEGETATIVA

A reprodução vegetativa é obtida através de técnicas que introduzem partes vegetais em sistemas de condições favoráveis para o desenvolvimento das raízes, e ocorre devido a capacidade que grande parte das células vivas tem de regenerar uma planta envolvendo gema e formação de raízes adventícias (GIACOMETT, 1979 e SILVA, 1985).

Segundo Raven et al. (2001), na reprodução vegetativa réplicas exatas dos cromossomos são transmitidas da geração parental para os outros indivíduos, sendo esta característica essencial para atividades como horticultura, fruticultura e jardinagem, uma vez que plantas com estabilidade genética assegurada resultam plantios mais uniformes, mais produtivos e frutos mais homogêneos (OLIVEIRA et al., 2002). Petry (1999) apud Leal e Biondi, (2007) apresenta outras vantagens da reprodução vegetativa: rapidez na produção da muda, possibilidade da multiplicação de plantas que não florescem por motivos de adaptação e maior precocidade das plantas produzidas.

As formas de propagação assexuada podem ser naturais, caso em que a própria planta desenvolve uma forma de se propagar, através da rebentação de raízes, ou da fusão de raízes em plantas muito próximas. No entanto muitos métodos artificiais foram desenvolvidos como alternativas para otimizar a propagação de plantas, são eles: estaquia, enxertia e a mergulhia (SILVA,1985).

As plantas também produzem novos indivíduos a partir de estolhos, caules, tubérculos, rizomas, bulbos, raízes e folhas. A presença destes órgãos de reprodução, além de propiciar crescimento vigoroso desde as fases iniciais de desenvolvimento e de ampliar a possibilidade de disseminação, atua como órgãos de armazenamento e reservas (DEUBER, 1992 apud FERRI, ELTZ; e KRUSE, 1998).

3.3. MANEJO E PROPAGAÇÃO DE ESTACAS

A variedade de técnicas existentes para propagação vegetativa é numerosa, porém em

alguns casos como borbulhia, garfagem e enxerto, por exemplo, o método exige mão de obra especializada e maiores custos. No contexto deste trabalho a propagação por estacas é um método mais simples e econômico.

Segundo Silva (1985), as estacas podem ter origem na parte aérea das plantas e são subdivididas em herbáceas e lenhosas, e podem ter origem na parte subterrânea das plantas como as de raiz.

A propagação por estacas se dá quando ocorre a formação de raízes adventícias, o que depende de diversos fatores e da inter-relação entre eles. Tem sido observado que a formação de raízes adventícias deve-se à interação de fatores existentes nos tecidos e da translocação de substâncias sintetizadas nas folhas e gemas em desenvolvimento (ONO e RODRIGUES, 1996).

Segundo Penchel (2009), o genótipo da planta matriz determina a capacidade em regenerar uma planta completa, esse fenômeno denominado totipotência assegura a uniformidade genética da planta, o que é esperado em plantas propagadas por estaquia. O potencial de enraizamento também é determinado pelo genótipo da planta, que difere entre as espécies (PENCHEL, 2009 e RAVEN et al., 2001).

As plantas apresentam um aumento no conteúdo de inibidores e uma diminuição no conteúdo de cofatores durante seu amadurecimento, portanto, a idade da planta matriz irá influenciar a produção de raízes adventícias das estacas, sendo esta produção maior quando a matriz está em estado juvenil (FACHINELLO et al., 1995).

No caso das estacas retiradas das plantas adultas, pesquisadores observaram um aumento no conteúdo de inibidores e diminuição no conteúdo de co-fatores de enraizamento. Esses resultados estão de acordo com os mencionados por Fachinello et al. (1995), os quais também verificaram que a idade da planta matriz é um fator importante no enraizamento.

O manejo das estacas, incluindo o tempo transcorrido entre coleta e plantio, e o tempo de armazenamento, é outro fator importante que interfere no enraizamento. O menor tempo entre a coleta e o plantio garante a manutenção do vigor e turgescência da estaca, minimiza a entrada de ar no xilema e a perda das reservas da estaca. Davide, Faria e Botelho (1995) e Penchel (2009), ao trabalhar com propagação de espécies florestais, afirmam que as estacas devem ser armazenadas em câmaras frias e com controle de umidade relativa, temperatura e

intensidade luminosa.

Também tem-se observado que os fatores ambientais interferem no sistema hormonal das plantas. De acordo com Cunha et al. (2009) e Penchel (2009), fatores como luminosidade, temperatura e umidade interferem no estímulo dos hormônios de crescimento, na produção de raízes adventícias, na turgência dos tecidos entre outros.

O estado nutricional da planta matriz determina o desenvolvimento das raízes adventícias, pois está envolvido nos processos bioquímicos e fisiológicos da planta, atuando na diferenciação e formação do sistema radicular. Segundo Cunha et al. (2009), devido a complexidade da rizogênese, ainda não foi possível definir a especificidade dos nutrientes envolvidos no processo de formação de raízes adventícias.

Para a análise da propagação vegetativa, vários fatores são considerados, entre eles a posição da gema no colmo, a quantidade de reservas e diferenciação dos tecidos, presença ou ausência de folhas nas estacas, espécie, época da coleta e tipo de substrato (AZEVEDO et al., 2009)

A estaca pode ser retirada dos ramos em três posições: basal, na base próxima ao solo; mediana, meio do colmo no sentido do comprimento; e apical, no ápice da ponta do colmo. Segundo Azevedo et al. (2009) ao longo do ramo há variação no conteúdo de carboidratos e de substâncias promotoras e inibidoras do crescimento nos tecidos, o que pode influenciar o potencial de enraizamento das estacas de acordo com a posição em que forem retiradas. Na pesquisa realizada com enraizamento de estacas de goiabeira, foi observado que as estacas medianas tiveram formação de raízes mais desenvolvidas tanto em diâmetro quanto em comprimento (TAVARES et al., 1995). Nicoloso (2001) ao analisar a influência da posição da estaca no ramo sobre o enraizamento de *Pfaffia glomerata* (ginseng) observou que a maior capacidade de enraizamento encontrava-se nas estacas originadas da posição mediana e basal.

A presença de folhas garante a sobrevivência das estacas, tanto pela síntese de carboidratos, através da fotossíntese, como pelo fornecimento de auxinas e outras substâncias importantes no processo de formação de raízes, estimulando a atividade cambial e diferenciação celular (AZEVEDO et al., 2009). As auxinas são hormônios que atuam na indução de raízes adventícias e estão presentes nas regiões de crescimento como ápice caulinar, gemas de crescimento e folhas (PIO et al., 2006), e são sintetizados nos primórdios foliares e folhas jovens (RAVEN et al., 2001). A formação de raízes adventícias deve-se a

interação de fatores como a translocação de substâncias localizadas nas gemas, onde está o centro de produção de substâncias hormonais, que são translocados via floema para as diversas regiões da estaca (PIO et al., 2006).

A quantidade de água é um fator externo que interfere diretamente na propagação de plantas por estaquia, uma vez que a estaca quando introduzida no substrato ainda não apresenta raízes para absorver a quantidade de água suficiente exigida pelos processos de transpiração e crescimento de novas brotações (PIO et.al., 2006). Por isso a manutenção da umidade impede a morte de muitas estacas por dessecação (ZUFFELLATO-RIBAS e RODRIGUES, 2001).

O substrato para enraizamento de estacas deve apresentar condições de aeração e retenção de umidade. Segundo Silva et al. (2001) apud RAMOS et al. (2003) é importante que os substratos apresentem riqueza em nutrientes essenciais, textura e estrutura adequada e também a ausência de patógenos. Oliveira (2000) apud RAMOS et al. (2003) afirma que o substrato ideal deve ser poroso recomendando areia ou vermiculita. Lopes et al. (2003) ao estudarem o efeito do substrato na reprodução assexuada de *Limonium brasiliense*, constatou que o substrato areia apresenta maiores valores de espaço de aeração e capacidade de retenção de água a altas pressões, possibilitando a formação de um sistema radicular melhor estruturado do que em outros substratos analisados.

De acordo com Benincasa (2003), o preparo do material para secagem deve ser executado rapidamente, pois os tecidos da planta permanecem vivos, respirando mesmo após a colheita, o que mantém o consumo de material orgânico, resultando em um peso de matéria seca menor do que o peso que o material apresentava no momento do corte.

De acordo com Davide, Faria e Botelho (1995), temperaturas elevadas devem ser evitadas, pois podem influenciar o desenvolvimento das gemas antes das raízes, bem como transpiração excessiva e o desenvolvimento de fungos. Os mesmos autores recomendam umidade elevada através de nebulização intermitente ou regas abundantes, para impedir a desidratação e morte das estacas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

Para este trabalho foram escolhidas cinco espécies que são facilmente encontradas na região, sendo que para algumas delas ainda não existem estudos relacionados ao seu uso na proteção de taludes e encostas instáveis.

4.1.1. *Acalipha wilkesiana*

Acalipha wilkesiana conhecida pelo nome popular acalifa, crista de peru ou rabo de macaco, é uma planta perene de clima tropical, que apresenta folhagem vistosa de forma e cores variáveis, com arbustos que chegam a 3 metros de altura. Pode ser cultivada isoladamente, em grupos ou renques, vegeta em terra de boa fertilidade com boa drenagem a pleno sol, sendo intolerante a baixas temperaturas e geadas, e multiplica-se facilmente por meio de estacas (VILAÇA, 2005).

4.1.2. *Jasminum mesnyi*

A espécie *Jasminum mesnyi*, de nome popular jasmim amarelo, é um arbusto semi-lenhoso, de folhagem densa e ramos longos que apresentam de 2 a 3m de comprimento, sendo essa característica aproveitada no uso de cerca viva, arbusto informal e até mesmo como trepadeira. Sua propagação é por estaquia, devendo ser cultivada a sol pleno ou meia sombra, em solo fértil, bem drenável, enriquecido com matéria orgânica e irrigado periodicamente (ALTHAUS et al., 2007 e VILAÇA, 2005).

4.1.3. *Sphagneticola trilobata*

Originária da Europa e Ásia, a *Sphagneticola trilobata*, da família das Asteraceae,

popularmente conhecida como margaridinha, é uma herbácea perene, de folhas verdes, espatuladas, carnosas, com margens crenadas ou cerradas, pubescentes e dispostas em roseta basal. É uma planta que aprecia o frio porém não tolera geada forte, e deve ser cultivada em solo fértil, bem drenado, enriquecido com matéria orgânica e irrigado regularmente, a sol pleno ou meia sombra (VILAÇA, 2005).

4.1.4. *Calliandra harrisii*

Calliandra harrisii é um arbusto originário do Brasil. É tolerante ao frio, apreciando clima ameno com florescimento mais vistoso em regiões mais frias. Deve ser cultivada em solo arenoso, rico em matéria orgânica e multiplica-se por estacas (VILAÇA, 2005).

4.1.5. *Pennisetum purpureum*

Originário da África tropical, o *Pennisetum purpureum* é uma gramínea perene que vegeta em regiões quentes e úmidas, com baixa tolerância à seca, e podendo suportar o frio e até geadas fortes. Sua propagação ocorre por meio de sementes e estacas. Atinge de 3 a 5 metros de altura, apresentando folha verde escura ou clara, pubescentes ou não com 10 cm de largura e 110 cm de comprimento. Adapta-se a diferentes tipos de solo, com exceção dos solos mal drenados (PEREIRA, 2008).

4.2. DESCRIÇÃO GERAL DOS PROCEDIMENTOS

As estacas utilizadas nos dois experimentos, tiveram seus ramos removidos e as extremidades cortadas em ângulo reto para diminuir a superfície de contato de contaminação por bactérias, sendo que todos os instrumentos utilizados nesse procedimento foram desinfestados com álcool etílico. Em seguida as estacas ficaram imersas em solução de hipoclorito de sódio a 1 mol/L, por um período de 5 minutos, lavadas em água destilada e plantadas nas bandejas preparadas com os substratos.

Os substratos utilizados no plantio das estacas foram horizonte C de latossolo vermelho, e areia de construção. Os dois substratos foram peneirados na malha 2 mm para remoção de folhas e raízes, e homogeneização de agregados, após esse procedimento foi realizada a descontaminação do material por autoclavagem.

Para o plantio, foram utilizadas bandejas de polipropileno, com 20 cm de largura, 30 cm de comprimento e seis cm de altura, que passaram pelo processo de desinfestação com álcool etílico puro. Todas as bandejas receberam a mesma massa de substrato, e a quantidade de água necessária para o desenvolvimento das estacas.

O valor da quantidade de água para irrigação foi obtido através do cálculo de irrigação de vasos (referência), usando a porosidade total, com 60% do VTP (volume total de poros) ocupado com água. Com os valores de umidade gravimétrica dos substratos, densidade de partículas, volume total do substrato na bandeja, e volume de água para cada substrato, calculou-se o peso final que cada bandeja deveria ter e dessa forma, foi feito o controle de irrigação por pesagem.

Baseado em alguns dos fatores endógenos e exógenos que influenciam o potencial de enraizamento de estacas de diferentes tamanhos, as variáveis analisadas nos dois experimentos foram:

- Índice de enraizamento, resultante da razão percentual entre o número de estacas que enraizaram e o número total de estacas.
- Produção de folhas e raízes, determinada através da contagem manual de raízes e parte aérea.

Os ensaios foram instalados em esquema fatorial com delineamento inteiramente casualizado, sendo as médias avaliadas pelo teste de Duncan (5%).

4.3. PROCEDIMENTOS ESPECÍFICOS: EXPERIMENTO 1

Foram preparadas, estacas de 5 espécies arbustivas e/ou herbáceas: *Acalipha wilkesiana*, *Jasminum mesnyi*, *Sphagneticola trilobata*, *Calliandra harrisii* e *Pennisetum*

purpureum, com 15 cm de comprimento e diâmetro de 4 mm a 1 cm, e três gemas expostas (figura 2).

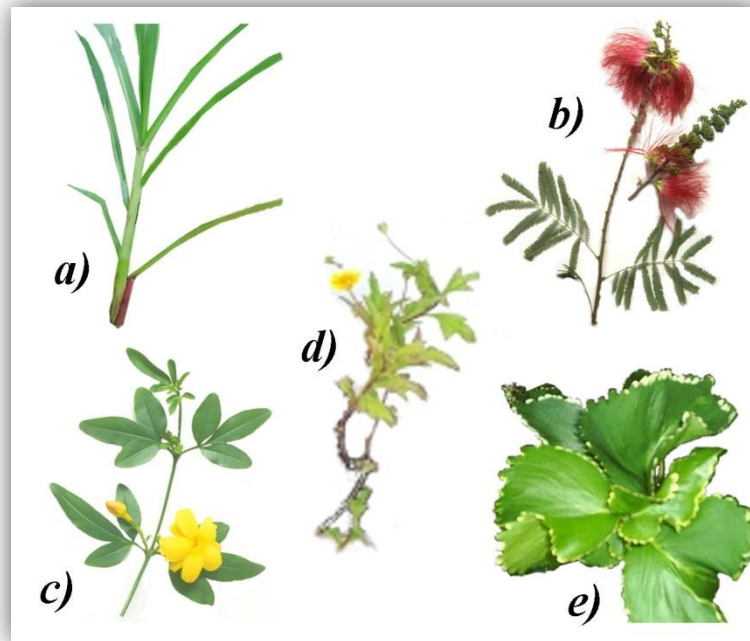


Figura 2: Espécies testadas no experimento 1. a) *Pennisetum purpureum*; b) *Calliandra harrisii*; c) *Jasminum mesnyi*; d) *Sphagneticola trilobata*; e) *Acalipha wilkesiana*.

O plantio das estacas foi realizado de duas formas: totalmente enterradas e parcialmente enterradas, denominado também de semi-enterrada, no qual as folhas da parte superior da estaca não foram removidas, e ficaram expostas conforme representado pela figura 3 e retratado nas figuras 4 a 8.



Figura 3: Bandejas com estacas semi-enterradas e enterradas.



Figura 4: Estacas enterradas nos substratos Areia (a), Solo (b).

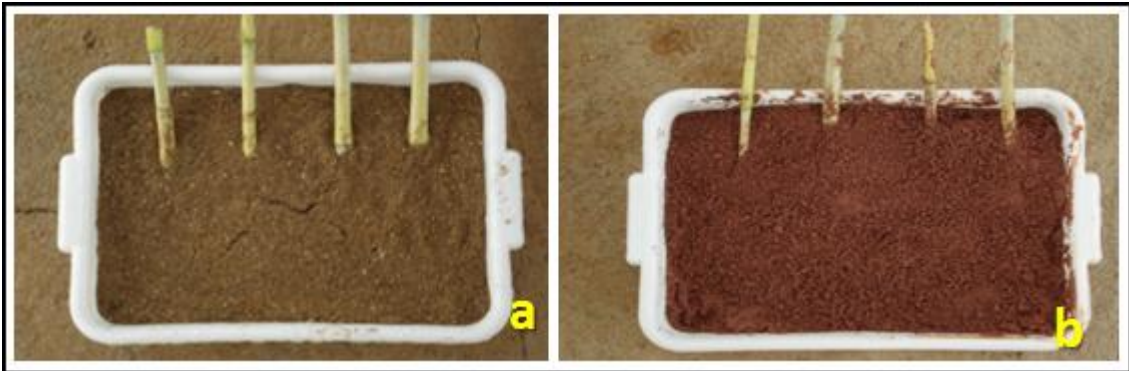


Figura 5: Estacas semi enterradas de *Penisetum purpureum*. (a) Areia (b) Solo.



Figura 6: Estacas semi enterradas de *Sphagneticola trilobata*. (a) Areia (b) Solo.



Figura 7: Estacas semi enterradas de *Acalipha wilkesiana*. (a) Areia (b) Solo.

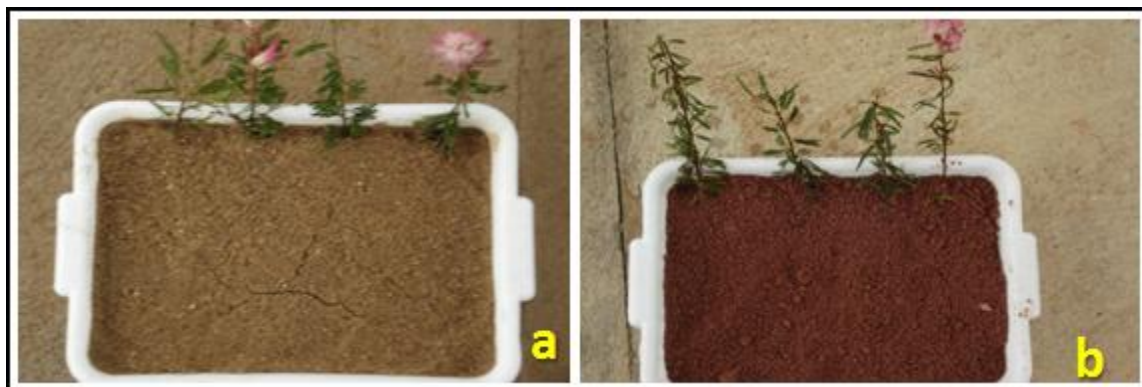


Figura 8: Estacas semi enterradas de *Calliandra harrisii*. (a) Areia (b) Solo.

Em cada bandeja foram plantadas quatro estacas. Após 20 dias da data de plantio, desenterrou-se uma estaca de cada bandeja, para a contagem da emissão de folhas e raízes. As demais foram desenterradas em intervalos de sete dias cada, totalizando um período de 48 dias de condução em casa de vegetação.

As variáveis analisadas foram: espécie, substrato e modo de plantio, sendo que os tratamentos são a combinação dos níveis de cada uma das três variáveis (cinco espécies, 2 substratos e 2 modos de plantio) totalizando 20 tratamentos, com quatro repetições resultando em 80 bandejas.

Para cada substrato foram avaliadas as variáveis: tempo de plantio, modo de plantio e espécie, sendo estas consideradas para os órgãos folha e raiz.

4.4. PROCEDIMENTOS ESPECÍFICOS: EXPERIMENTO 2

Foram coletadas estacas herbáceas de plantas matrizes de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*). As estacas foram cortadas nos tamanhos: 28 cm, 15cm, 7,5 cm e 3 cm contendo apenas um nó cada (figura 9).

Após a desinfecção em solução com hipoclorito de sódio, as estacas foram enterradas nas bandejas com os dois substratos avaliados.

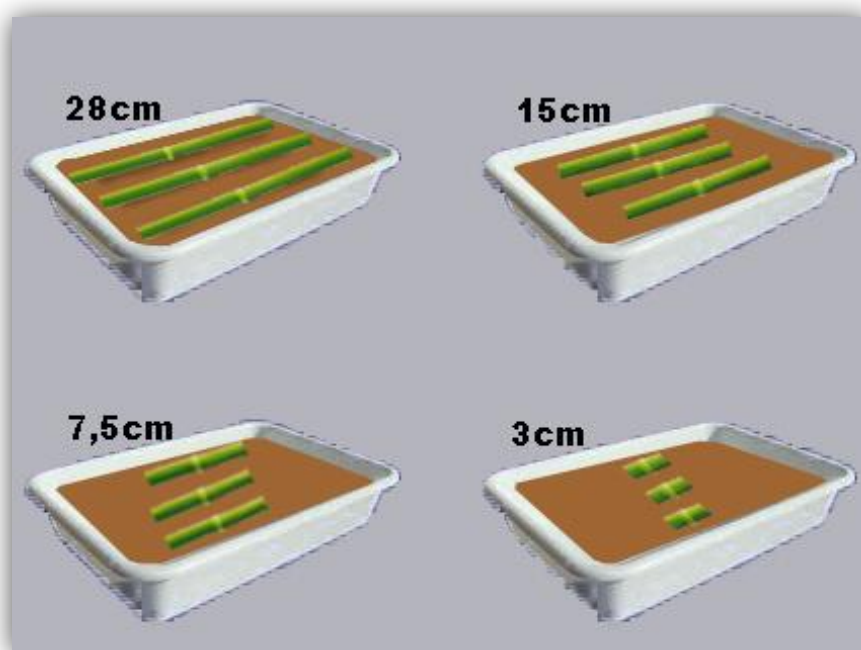


Figura 9: Bandeja mostrando os diferentes tamanhos de estacas.

Cada bandeja recebeu três estacas, sendo o experimento composto por dois substratos, quatro tamanhos diferentes de estaca e quatro repetições, totalizando 32 bandejas (figura 10)



Figura 10: Bandejas com matrizes de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) dispostas na casa de vegetação.

O peso de massa seca da parte aérea e da raiz, produzidos pelas estacas foram analisados, além da quantificação dos órgãos folha e raiz, quantificados também no experimento 1. Para a determinação deste valor, as raízes e folhas emitidos após o estaqueamento foram removidos das estacas e lavados, acondicionados em sacos de papel e colocados em estufa a temperatura de 65°C, até atingir peso constante. Foi realizada a pesagem da planta inteira, e também das raízes e das folhas, em balança eletrônica, com precisão de 2 casas decimais.

Realizou-se também a avaliação visual do enraizamento de cada estaca (figura 11), onde dois avaliadores atribuíram notas de 0 a 5, para os níveis de enraizamento sendo 0 para nenhum enraizamento, 1 para pelo menos 3 raízes, 2 para até 10 raízes, 3 para até 20 raízes, 4 para até 40 raízes e 5 para mais de 40 raízes, sendo considerado a media aritmética dessas notas na análise estatística.



Figura 11: Avaliadora realizando análise visual.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. EXPERIMENTO 1

5.1.1. Substrato solo

Os resultados da produção de folhas e de raízes nos dois modos de plantio para as espécies avaliadas estão apresentados nas figuras 12 a 15. A maior produção de folhas foi apresentada por *Pennisetum*, seguido pela *Sphagneticola*. As espécies *Calliandra* e *Acalifa* não diferiram estatisticamente da espécie *Jasminum*, porém apresentaram diferenças significativas entre si.

Para efeito da análise estatística, os dados de quantidade de folhas, para o substrato Solo, foram transformados em $x^{-1,5}$ e submetidos a análise de variância e as médias ao teste de Duncan a 5% de probabilidade.

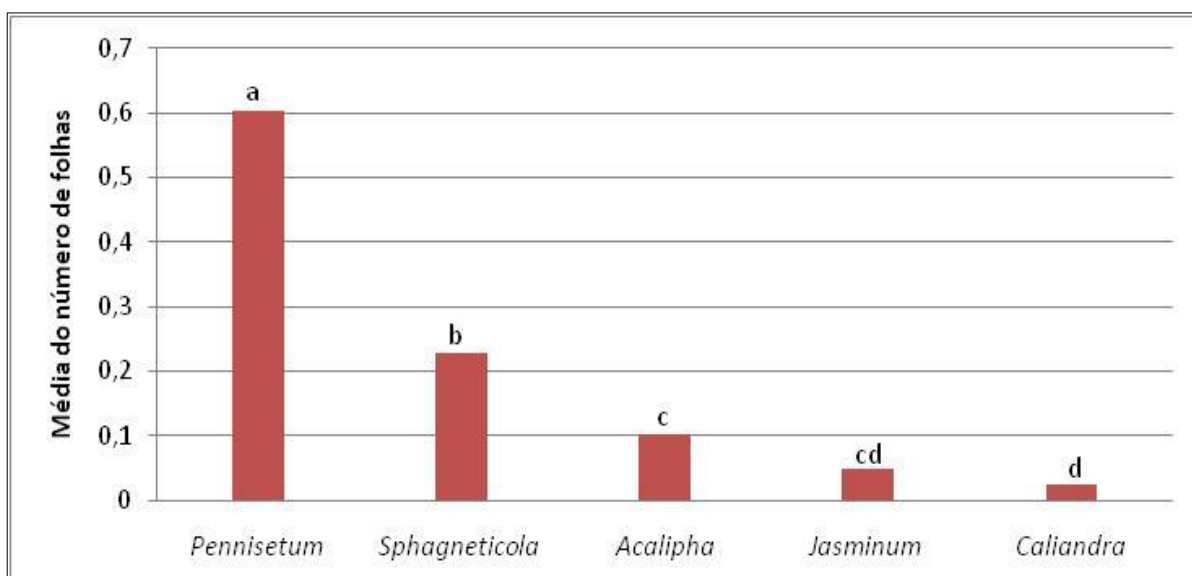


Figura 12: Produção de folhas por espécie no substrato Solo. (Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.)

De acordo com o trabalho de Werner e Haag (1972), o maior desenvolvimento da parte aérea da espécie *Pennisetum* é favorecido pela adição de doses crescentes de fósforo. Uma vez que o substrato utilizado no presente experimento foi submetido à esterilização por meio de autoclave é possível que a adubação fosfatada promova resultados ainda melhores.

Em relação à produção de raízes (figura 13), as espécies *Pennisetum* e *Sphagneticola*, que não diferiram entre si, apresentaram maiores médias que os demais tratamentos, sendo que as variáveis tempo e modo de plantio não interferiram significativamente na produção.

Os resultados para produção de raízes concordam com os resultados de produção de folhas, sendo que neste caso, inclui-se a espécie *Sphagneticola* com maior produção. Rodrigues e Rodrigues (1987) ao avaliar as espécies da família *Poaceae*, destacou que a espécie *Pennisetum purpureum* apresenta alta produção de raízes e folhas em relação às demais, além de maior assimilação de fósforo e potássio.

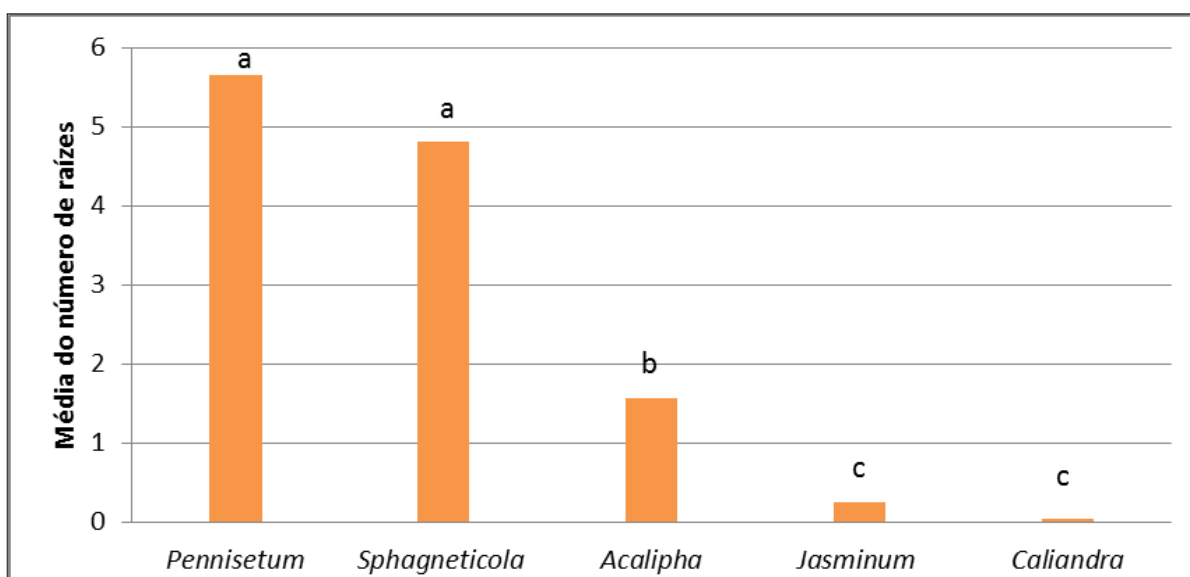


Figura 13: Produção de raízes por espécie no substrato Solo. (Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.)

A análise dos resultados indica o *Pennisetum* isoladamente como a espécie que mais produziu folhas e raízes, indicando uma tendência no experimento realizado, uma vez que as espécies *Jasminum* e *Caliandra* tiveram a menor produção tanto de folhas quanto de raízes, não diferindo estaticamente entre si. O surgimento das folhas beneficiará o desenvolvimento da muda posteriormente, uma vez que este órgão é um centro de reserva, fonte de auxina e outros co-fatores de enraizamento, e onde ocorre a produção de carboidratos pela fotossíntese,

o que contribui para a formação de novos tecidos, como as raízes (HARTMANN et al., 1997).

Quanto ao modo de plantio foi observado que as estacas enterradas produziram maior número de folhas. Em relação ao número de raízes, não houve diferenças significativas entre os dois modos de plantio.

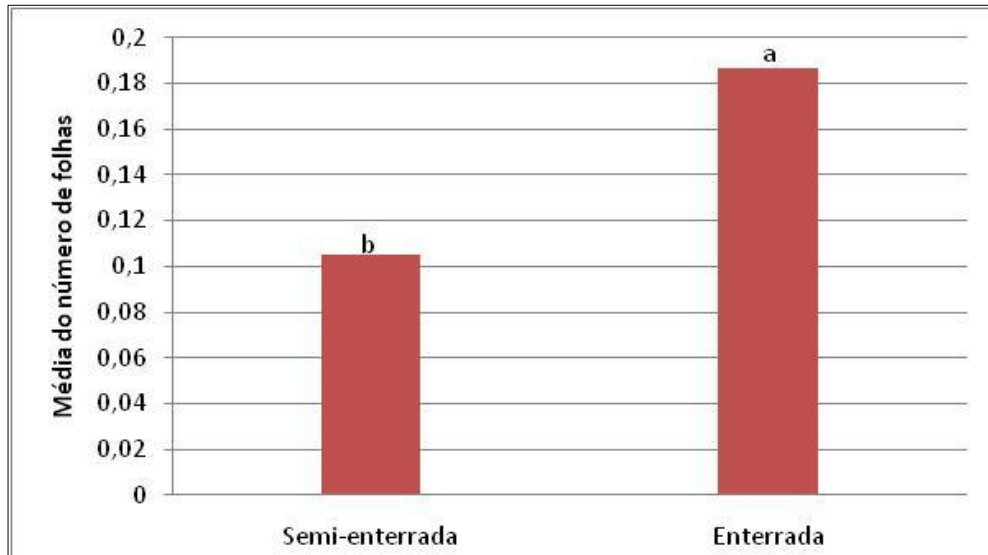


Figura 14: Produção de folhas em dois modos de plantio no substrato Solo. (Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.)

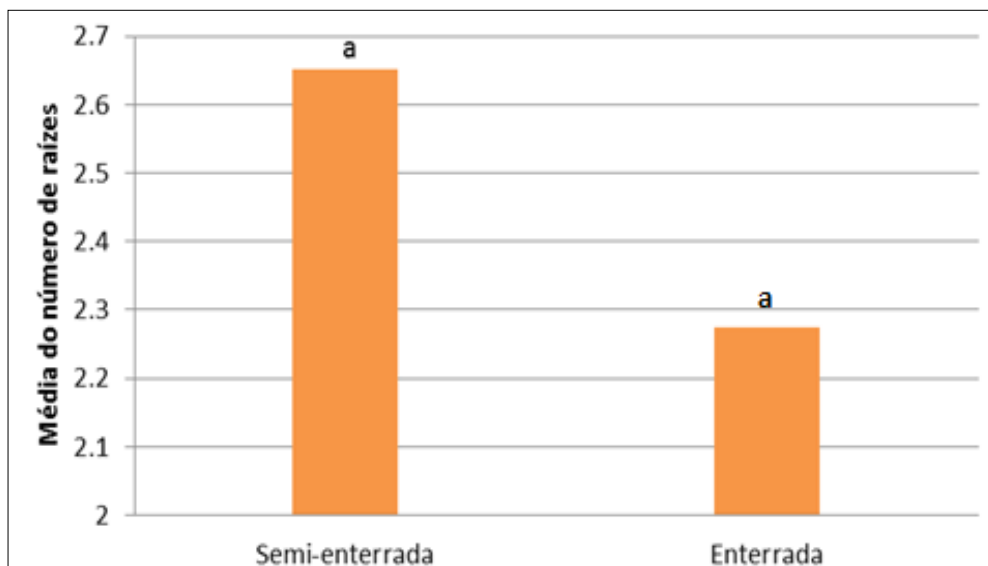


Figura 15: Produção de raízes em dois modos de plantio no substrato Solo. (Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.)

Verifica-se na figura 14 que houve menor produção de folhas nas estacas semi-enterradas. Este fato pode ser justificado pela perda de água nas estacas que, devido ao modo de plantio, apresentavam uma parte exposta às condições ambientais. Segundo Pio et al. (2006), quando a estaca é introduzida no substrato ainda não apresenta raízes para absorver a quantidade de água suficiente exigida pelos processos de transpiração e crescimento de novas brotações. Além disso, de acordo com Raven, Evert e Eichhorn (2001), os hormônios que atuam na indução de raízes adventícias são sintetizados nos primórdios de folhas jovens. No entanto, esperava-se que as estacas semi-enterradas alcançassem melhor desenvolvimento, uma vez que já contavam com a presença de folhas no início da avaliação, o que pode significar uma importante reserva nutricional, e contribuir para a realização da fotossíntese.

Deve-se ainda atentar ao fato de que o latossolo quando molhado apresenta pouca infiltração, provavelmente devido a sua alta densidade, de modo que os espaços porosos são estreitos e tornam difícil a passagem de água, criando massas de difícil penetração e podendo dificultar o enraizamento (ZIETEMANN e ROBERTO, 2007). Este fato reforça a idéia de que as estacas semi-enterradas, por possuírem folhas, tem seu enraizamento facilitado mesmo frente às adversidades impostas pelo tipo de solo.

5.1.2. *Substrato areia*

Os resultados da análise estatística das médias de produção de folhas e raízes de estacas submetidas ao substrato areia encontram-se nas figuras 16 a 19.

Para efeito da análise estatística, os dados das médias de produção de folhas, para o substrato areia, foram transformados em x^{-1} e submetidos a análise de variância e as médias ao teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Os resultados no substrato areia (figura 16), mostraram que a espécie *Pennisetum* apresenta maior média e que esta é diferente estatisticamente das demais. No entanto as espécies *Acalipha*, *Jasminum* e *Caliandra* não tiveram produção, não diferindo estatisticamente entre si. Tais resultados encontrados são compatíveis com aqueles encontrados para o substrato solo, isto é, apresentam as mesmas tendências, uma vez que as espécies *Pennisetum* e *Sphagneticola* apresentaram as maiores médias, tanto para a produção de folhas (Figura 16) quanto para a produção de raízes (Figura 17), embora sejam ainda

inferiores àquelas encontradas para o substrato solo. Assim sugere-se a produção de mudas desta espécie para plantio também em taludes nos quais o saprolito é aquele que está exposto, sendo este relativamente mais semelhante ao substrato areia do que ao substrato solo.

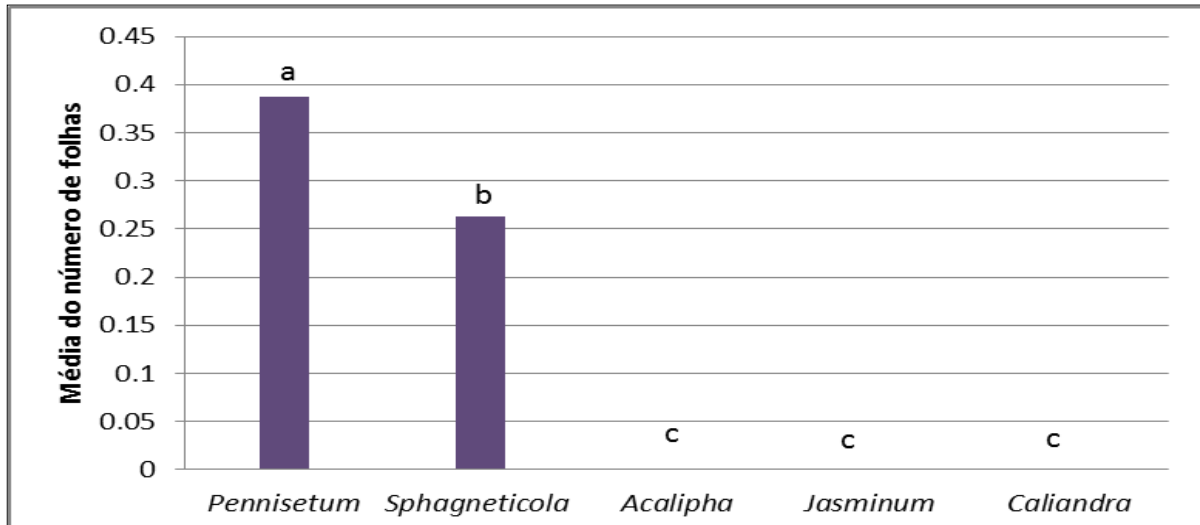


Figura 16: Produção de folhas por espécie no substrato areia. (Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.)

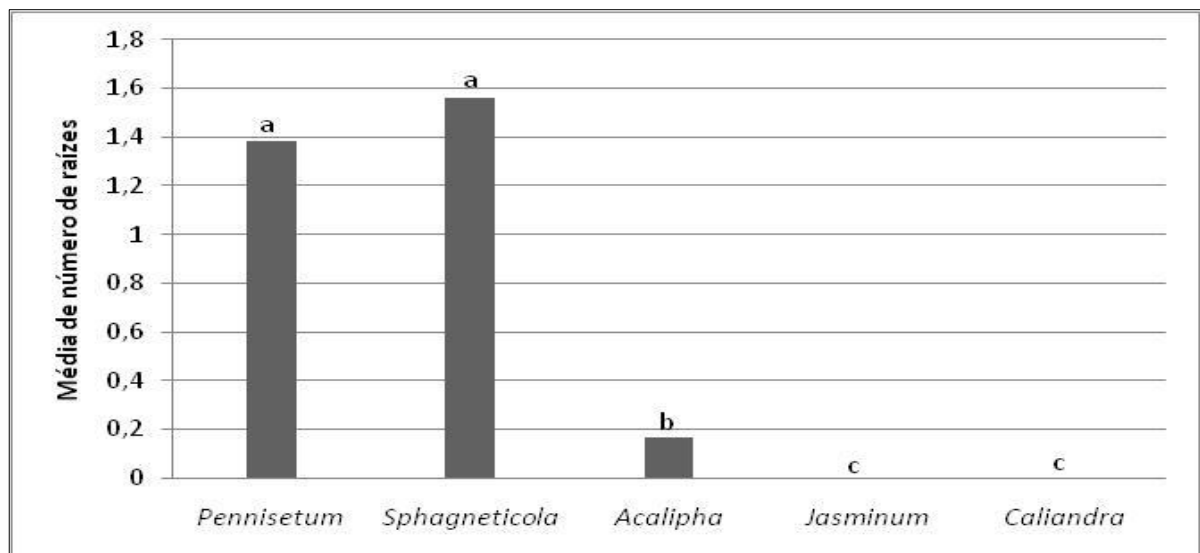


Figura 17: Produção de raízes por espécie no substrato Areia. (Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.)

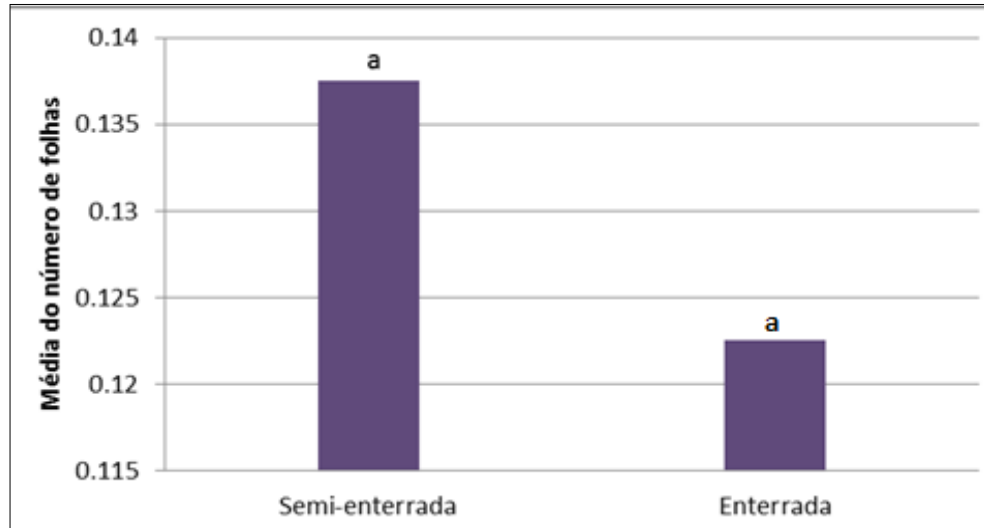


Figura 18: Produção de folhas em dois modos de plantio no substrato areia. (Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.)

No caso dos modos de plantio para o substrato areia, a média de produção de folhas (Figura 18) não diferiu estatisticamente entre os plantios enterrado e semi-enterrado, enquanto para o substrato solo as estacas semi-enterradas tiveram menor produção supostamente devido a um déficit de umidade relacionado a exposição da estaca. No substrato areia suas características físicas como maior quantidade de poros grandes e, portanto, rápida drenagem da água, possibilitou maior perda de água afetando igualmente os dois tipos de estacas.

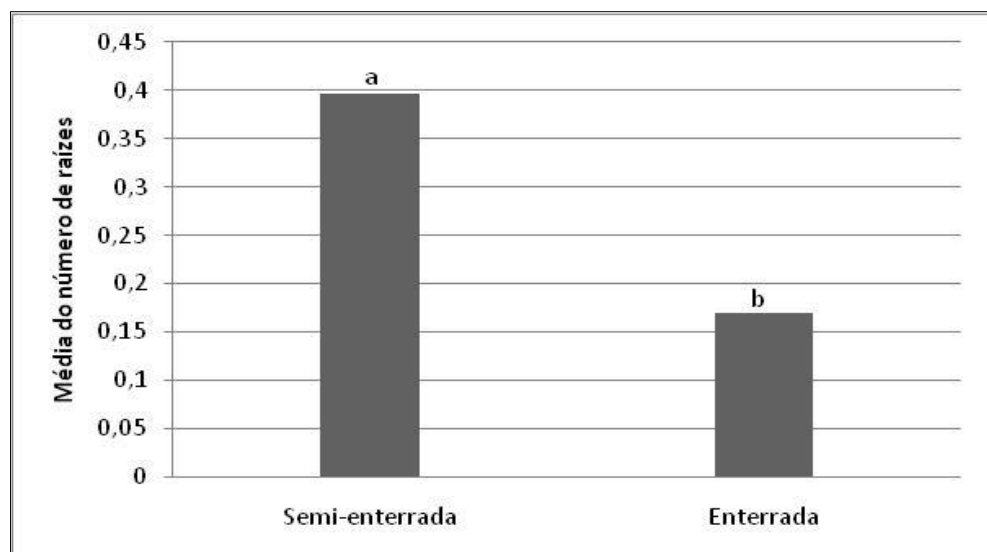


Figura 19: Produção de raízes em dois modos de plantio no substrato Areia. (Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.)

As estacas semi-enterradas tiveram maior média de produção de raízes que as estacas enterradas (Figura 19), diferindo significativamente entre si. Van Overbeek et al. (1946) apud Ono e Rodrigues (1996) ao compararem estacas de *Hibiscus rosa-sinensis* L., com ou sem folhas e, submetidas a ausência e presença de luz verificaram que no enraizamento de estacas a função das folhas que já estavam presentes não foi a produção fotossintética de carboidratos, e sim a translocação de algumas substâncias com função nutricional nela existentes e indispensáveis para o enraizamento, como açúcares e nitrogênio. Resultados semelhantes foram verificados por Azevedo et al. (2009) em trabalho realizado com cana do brejo (*Costus spicatus* Jacq.), por Garbuio et al. (2007) em estudo com patchouli (*Pogostemon clablin*), e por Bordin et al (2005) em estudo realizado com estacas semilenhosas de porta-enxertos de videira (*Vitis berlandieri*).

Neste estudo, mesmo não tendo havido diferença na produção de folhas entre os modos de plantio verificou-se uma produção de folhas 10% superior nas estacas semi-enterradas, condição que favoreceu a produção das raízes indo ao encontro dos autores citados.

5.2. EXPERIMENTO 2

A figura 20 apresenta a distribuição da produção de brotos de *P. purpureum* nos dois substratos. No substrato solo, a maior produção ocorreu nas estacas de 15, 7,5 e 28 cm de comprimento, não diferindo estatisticamente entre si. As estacas de tamanho 3,5 cm foram as que tiveram menor produção de brotos diferindo estatisticamente da estaca de 15 cm.

No substrato areia o resultado foi semelhante, porém as estacas 7,5 cm e 3,5 cm diferiram entre si, esta última apresentando menor produção.

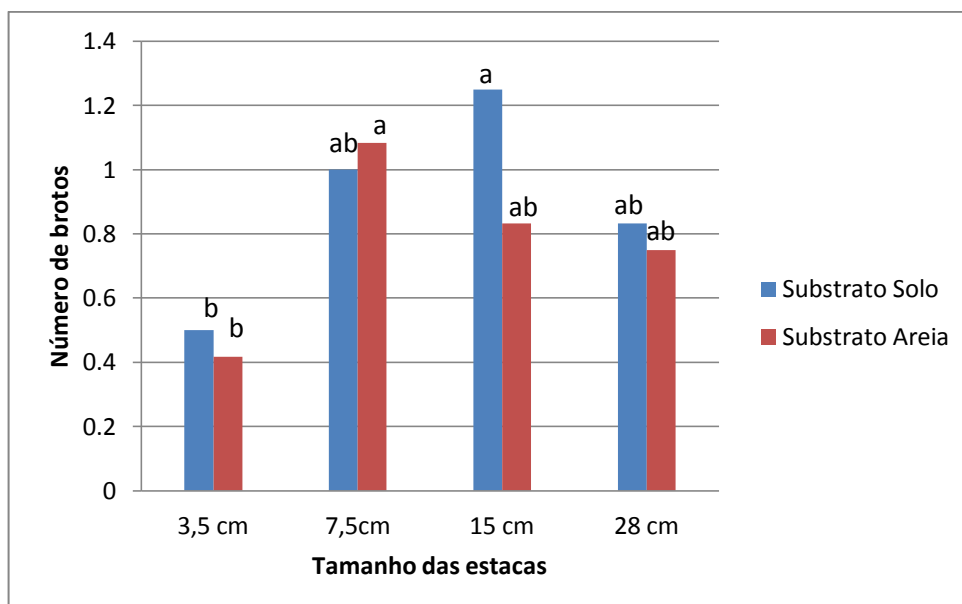


Figura 20: Número de brotos de *P. purpureum* nos substratos Areia e Solo. (Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.)

O número de raízes no substrato solo foi maior nas estacas de 7,5, 15 e 28 cm, não diferindo significativamente entre si. A menor produção de raízes ocorreu nas estacas com 3,5 cm de comprimento, diferindo estatisticamente das estacas de 15 e 28 cm. No substrato areia a maior produção de raízes ocorreu nas estacas de 7,5 cm, e as estacas de 3,5, 15 e 28 cm não diferiram significativamente entre si (figura 21).

Não houve diferença significativa de enraizamento ao longo do tempo para todos os tamanhos analisados, o que indica que o desenvolvimento radicular ocorreu de forma uniforme dentro do período determinado.

No substrato solo, as estacas de 7,5, 15 e 28 cm tiveram maior peso seco de folhas, não diferindo estatisticamente entre si, e diferindo da estaca de 3,5 que apresentou menor peso seco. No substrato areia, o peso das folhas foi maior na estaca de tamanho 7,5 cm, diferindo significativamente das demais, que não diferiram entre si (figura 22).

O peso seco das raízes no substrato solo foi maior nas estacas de 7,5, 15 e 28 cm, e a menor produção ocorreu nas estacas de 3,5 cm sendo que esta diferiu estatisticamente das estacas de 28 cm. No substrato areia, a estaca que teve maior produção foi a de 7,5 cm e a menor produção foi da estaca de 28 cm (figura 23).

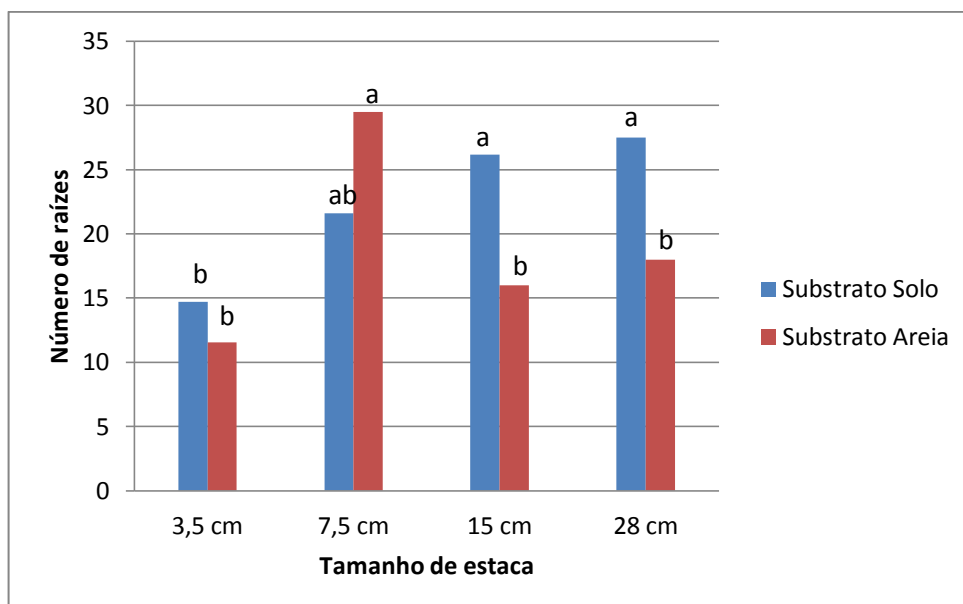


Figura 21: Contagem de raízes de *P. purpureum* nos substratos Areia e Solo. (Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.)

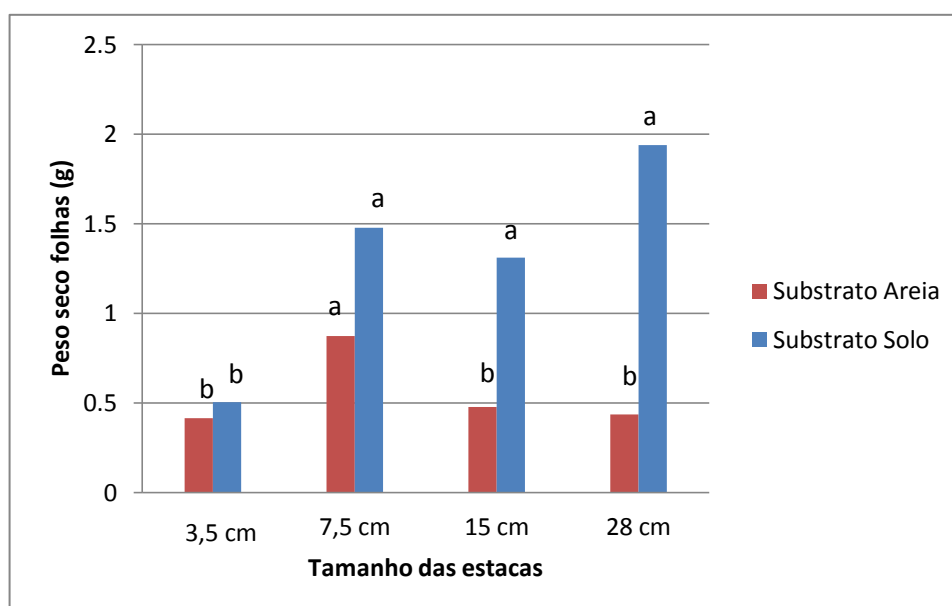


Figura 22: Peso seco de folhas nos substratos Areia e Solo. (Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.)

Para Hartmann (2002), as estacas maiores apresentam quantidade maior de reservas nutritivas sendo essas translocadas para a base das estacas e auxiliar na formação as raízes. Neste experimento as estacas de menor comprimento, apresentaram menores médias de produção, com exceção do peso seco de raízes no substrato areia. Esse resultado concorda com

o experimento realizado com diferentes tamanhos de estacas de alecrim pimenta, e que pode ser explicado devido ao baixo nível de reservas energéticas que essas estacas possuem, e que de alguma forma compromete o enraizamento e o desenvolvimento da planta, conforme sugerido por Nicoloso et al. (2001).

Em trabalho realizado com estacas de diferentes tamanhos de três espécies de carqueja, observou-se que para a *Baccharis trimera* todas as variáveis apresentaram aumento com o maior tamanho da estaca, sendo que as de 20 cm alcançaram maiores níveis de brotação, enraizamento e desenvolvimento do sistema radicial (BONA, 2004). Mota e Araújo (2010) verificaram que as estacas com 17 cm apresentaram eficiência na propagação vegetativa de erva-doce (*Lippia alba* (Mill.).

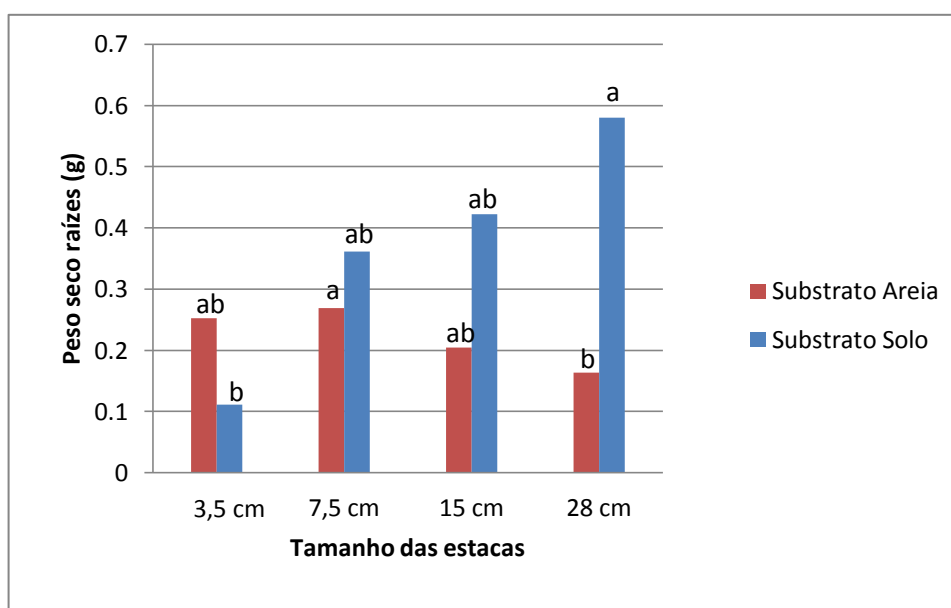


Figura 23: Peso seco de raízes de *P. purpureum* nos substratos Areia e Solo. (Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.)

Através dos resultados observa-se que as estacas de 7,5, 15 e 28 cm tiveram as mesmas médias de produção para número de brotos e raízes, e peso seco de folhas e raízes, no substrato solo. Portanto recomenda-se o uso da estaca de 7,5 em taludes instáveis, uma vez que será possível obter maior número de estacas por planta matriz e seu tamanho facilitará o transporte e o plantio das mesmas.

Para o substrato areia, as estacas de 7,5 foram as que tiveram maior produção em todas as variáveis, sendo que este tamanho facilitaria o plantio das estacas onde o horizonte C está exposto dada sua semelhança com o substrato areia testado.

5.2.1. Avaliação visual com atribuição de notas:

O método de avaliação visual de notas é utilizado para auxiliar a complementação de dados obtidos. Em trabalho realizado para caracterizar o efeito do substrato na reprodução assexuada da *Limonium brasiliense*, observou que atribuição de notas permitiu a avaliação dos rizomas em diferentes substratos em relação ao desempenho do sistema radicular (LOPES, STUMPF e CARVALHO, 2003).

No substrato solo, a atribuição das maiores notas para enraizamento ocorreu para as estacas de 7,5, 15 e 28 cm, diferindo estatisticamente das estacas de 3,5 cm, porém não diferindo entre si (figura 24).

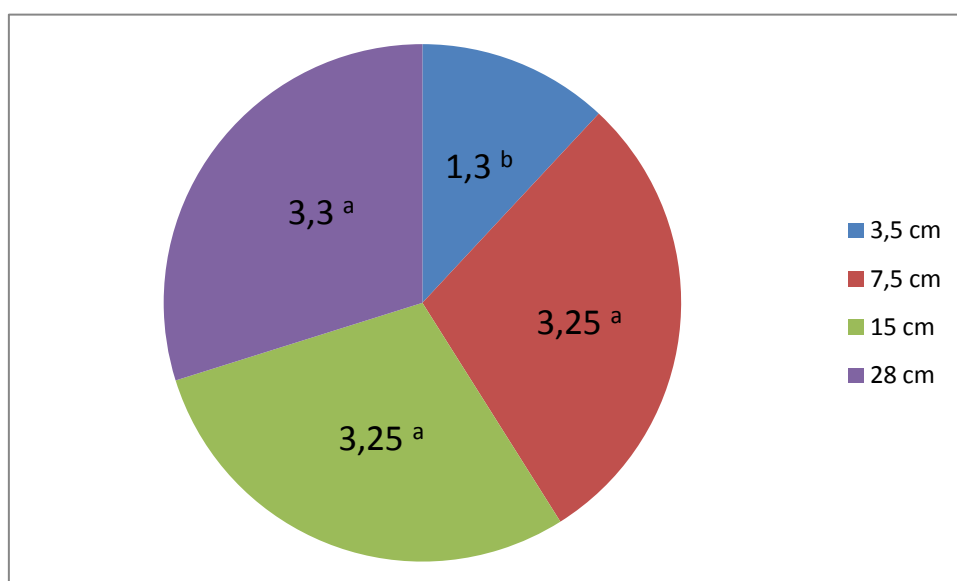


Figura 24: Média das notas atribuídas para o enraizamento no substrato solo. (Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.)

Para o substrato areia, as maiores notas também foram dadas as estacas de 7,5, 15 e 28 cm, não diferindo estatisticamente entre si. A estaca de 7,5 diferiu da estaca de 3,5 cm, sendo esta última avaliada com a nota mais baixa (figura 25).

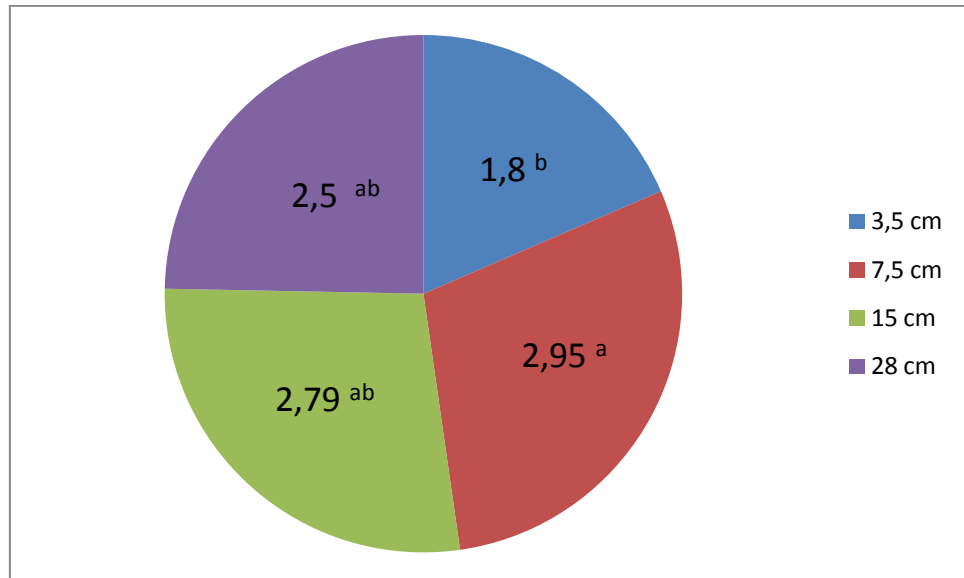


Figura 25: Média das notas atribuídas para o enraizamento no substrato Areia. (Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.)

Observa-se que a avaliação visual do enraizamento apresentou resultados similares aos de número e peso seco de raízes, indicando que a atribuição de notas por avaliadores pode ser uma forma eficiente de identificar os tratamentos que apresentam melhores resultados.

6. CONCLUSÕES

- A espécie *Penisetum purpureum* apresentou melhor resultado para produção de folhas nos dois substratos. Na produção de raiz as maiores produções foram para as espécies *Penisetum* e *Sphagneticola* em ambos os substratos;
- O método de plantio mais eficiente para solo foi com estacas enterradas, e para o substrato areia foi com estacas semi-enterradas.
- A espécie com o índice de enraizamento mais alto foi a *Penisetum purpureum*, em ambos os substratos, com valor de 100% para solo e 96% para areia.
- No substrato solo, as estacas que tiveram maior índice de enraizamento foram as de 7,5 e 15 cm de comprimento. No substrato areia, o maior índice de enraizamento ocorreu nas estacas com 15 cm de comprimento. O valor do índice foi de 100% para ambos os substratos.
- A produção de raízes e folhas nas estacas de capim elefante para o substrato solo foram as de tamanho 7,5, 15 e 28. Para o substrato areia, a estaca de 7,5 cm foi a que teve a mais alta produção de folhas e raízes.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTHAUS, M.M. Influência do ácido naftaleno acético e dois tipos de substrato no enraizamento de estacas de jasmim-amarelo. **Ver. Ciênc. Agron.** Fortaleza, v.28, n.3, jul-set, 2007. Disponível em: <www.ccarevista.ufc.br>. Acesso em 2 de agosto de 2010.
- ARAÚJO, G. H. S., ALMEIDA, J. R., GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2005. 320 p.
- AZEVEDO, C.P.M.F. Enraizamento de estacas de cana-do-brejo. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.4, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v68n4>>. Acesso em 12 abril 2010.
- BANDEIRA, C e FLORIANO, E.P. Avaliação de impacto ambiental de rodovias. **Caderno didático** nº8, 1ª ed. Santa Rosa, 2004. 16p. Disponível em: <<http://rodoviasverdes.ufsc.br>>. Acesso em 26 fevereiro 2010.
- BASTOS, D.C. et al. Influencia da idade biológica da planta matriz e do tipo de estaca caulinar da caramboleira na formação de raízes adventícias. **Cienc. Agrotec**, Lavras, v.23, Edição especial, 2009. Disponível em<<http://www.scielo.br>>. Acesso em 12 abril 2010.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2003. 40p.
- BIONDI, D. e LEAL, L. Propagação vegetativa de *Gloxinia sylvatica* (H.B. & K.)Whieler. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, 2007. Disponível em: <<http://www6.ufrgs.br/seerbio/>>. Acesso em 26 março 2010.
- BONA, C.M. de et al. Propagação de três espécies de carqueja com estacas de diferentes tamanhos. Seminário: **Ciências Agrárias**, Londrina, v.25,n.3, p.179-184,jul./set.2004. Disponível em <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/2238/1920>>. Acesso em 31 de agosto de 2010.
- BORDIN et al. Efeito da presença da folha no enraizamento de estacas semilenhosas de porta-enxertos de videiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.1,p.215-218, jan-fev,2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v35n1/a35v35n1.pdf> >. Acesso em 12 dezembro de 2010.

BRASIL. Ministério dos Transportes. **Política ambiental do Ministério dos Transportes**. Brasília, 2002. 109 p.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Fundamentos. 6ª edição, Rio de Janeiro, LTC- Livros técnicos e científicos editora S.A., 1988. 498 p.

CARVALHO, P. A. S. et al. Manual de Geotecnia- Taludes de Rodovias: Orientação para Diagnóstico e soluções de seus problemas. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991. 389 p.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES (CNT). **Boletim estatístico**. Brasília, dez. 2005b. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/cnt/downloads/becont>>. Acesso em 22 janeiro 2010.

COUTO, L. et al. **Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil**. Viçosa, MG: CBCN, 2010, 118p. Disponível em: <www.cbn.org.br>. Acesso em 29 maio 2010.

CUNHA, A.C.M. et al. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, n.58,2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 12 abril 2010.

DAVIDE, A.C., FARIA, J.M.R., BOTELHO, S.A. **Propagação de espécies florestais**. Belo Horizonte: CEMIG/UFLA. 1995.

PEREIRA, A.R.. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. (s.d.) Disponível em: <<http://www.deflor.com.br/portugues/pdf/LivroSEAD.pdf>>. Acesso em 12 abril 2010.

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **Estudos concernentes à construção da BR163: Programa de Recuperação de áreas degradadas**:. 2004. Disponível em: <<http://www.centran.eb.br/>>. Acesso em 24 de outubro de 2009.

DYMINSKI, A. S. **Noções de estabilidade de taludes e contenções: UFPR – Notas de aula**. 2003. Disponível em: <<http://www.cesec.ufpr.br/docente/andrea/TC019/Taludes.pdf>>. Acesso em 29 de maio de 2009.

FACHINELLO, J.C. et al. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. 2.ed. Pelotas: UFPEL, 1995. 178p.

FERRI, M.V.W, ELTZ, F.L.F, KRUSE, N.D. Dessecação do campo nativo para semeadura direta da cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n.2, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v28n2/>>. Acesso em 24 março 2010.

GARBUIO, C. et al., Propagação por estaquia e, patchouli com diferentes números de folhas e tipos de estacas. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.8, n.4, p.435-438, 2007. Disponível em: <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2908627>>. Acesso em 10 abril de 2010.

GIACOMETT, D.C. Reprodução assexuada das plantas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 01, n. 1, 1979. Disponível em: <<http://professores/zecca/propagacao-de-plantas/>>. Acesso em 26 março 2010.

GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3ªed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1998.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIS JUNIOR, F.T.; GENEVE, R.L. **Plant propagation: principles and practices**. 6.ed. Nova Iorque: Englewood Clippis / Prentice Hall, 1997. 770p.

LEAL, L. e BIONDI, D. Propagação vegetativa de *Gloxinia sylvatica* (H.B. e K.) Wiehler. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 300-302, jul. 2007. Disponível em: <<http://www6.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/323/280>>. Acesso em Abril de 2010.

LOPES, M.S, STUMPF, E.R.T, CARVALHO, F.I.T. Efeito do substrato na reprodução assexuada da *Limonium brasiliense* (Boiss.) O. Kuntze. **R. Bras. Agrobiologia**, Pelotas, v. 9, n. 4, 2003.

MACHADO JUNIOR, D.M. **Taludes de rodovias**: Orientação para diagnósticos e solução de problemas. Trabalho da disciplina de mestrado em engenharia civil: Urbanização de encostas. IPT-Instituto de Pesquisa Tecnológica, 2003.

MARANGON, M. **Tópicos em geotecnia e obras de terra**. UFJF- Departamento de transportes e geotecnia. 2008. Disponível em < <http://www.nugeo.ufjf.br> > Acesso em 29 de maio de 2009.

MICKOVSKI et al. Root morphology and effects on soil reinforcement and slope stability of young vetiver (*Vetiveria zizanioides*) plants grown in semi-arid climate. *Plant Soil* (2009)

324:43-56. Disponível em: <<http://www.springerlink.com>>. Acesso em: 20 janeiro de 2011.

MOREIRA, F.M, VIEIRA, C.C.J, ZAIDAN, L.B.P. Efeito do fotoperíodo no crescimento e no padrão de acúmulo de fruta nos em plantas aclimatizadas de *Gomphrena macrocephala* St. (Amaranthaceae). **Revista Brasil. Bot.**, São Paulo, v.22, n.3, 1999. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/rbb/v22n3/22\(3\)a08.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rbb/v22n3/22(3)a08.pdf)>. Acesso em 27 março 2010.

MOTA, J.H. e ARAÚJO, C. Avaliação do tamanho de estacas no enraizamento de erva-doce. **Horticultura Brasileira** 27:S730-S733. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/eventos/trabalhos/ev_3/A1899_T2946_Comp.pdf>. Acesso em 31 de agosto de 2010

NICOLOSO, F.T, CASSOL, L.F, FORTUNATO, R.P. Comprimento da estaca de ramo no enraizamento do ginseng brasileiro. **Ciência rural**, Santa Maria, v.31, n.1, 2001.

OLIVEIRA, J.A. et al.. Efeito dos substratos artificiais no enraizamento e no desenvolvimento de estacas de maracujazeiro-azedo. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 24, n.2, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 12 abril 2010.

OLIVEIRA, J.B. **Pedologia Aplicada**. Piracicaba: FEALQ, 2008. 592p.

ONO, E. O. e RODRIGUES, J.D. **Aspecto da Fisiologia do Enraizamento de Estacas Caulinares**. FUNEP/FCAV/UNESP. Jaboticabal: FUNEP/FCAV/UNESP, 1996. 83 p. (FUNEP.FCAV).

PENCHEL, R.M. Uso da propagação vegetativa no melhoramento. In 5º Congresso brasileiro de melhoramento de plantas. Mini-curso do 5º Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, Guarapari, 2009.

PEREIRA, A. R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. 2. ed. Belo Horizonte: Fapi, 2008. 239p.

PINHEIRO, L.B.A ; PONS, N.A.D. Revegetação e estabilidade de taludes. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v.29, n.244, p.66-74, maio/jun. 2008.

PIO, R. et al. Propagação de estacas apicais de figueira: diferentes ambientes, ácido indolbutírico e tipo de estaca. **Cienc. Agrotec.**, Lavras, v.30, n.5, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v30n5>>. Acesso em 11 de abril 2010.

POHL, M. et al. Higher plant diversity enhances soil stability in disturbed alpine ecosystems. **Plant Soil**, 2008, v. 324, n 1-2, pag. 91-102. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/>

content/rv270088p6745228/>. Acesso em 20 janeiro 2011.

PRUSKI F.F. , NEARING, M.A. 2002. Runoff and Soil-Loss Responses to Changes in Precipitation: A Computer Simulation Study. **Journal of Soil and Water Conservation** 57(1): 7–16.

RAMOS, J.D. et al. Enraizamento de estacas herbáceas de mirabolano. **Ver. Bras. Frutic**, Jaboticabal, v.25, n.1, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v25n1>>. Acesso em 12 abril 2010.

RAVEN, P.H; EVERT, R.F. EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara koogans.a., 2001. 906p.

RODRIGUES, L. R. A., RODRIGUES, T. J. D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: CASTRO, P. R. C., FERREIRA, S. O., YAMANDA, T. (Ed.) **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba:POTAFÓS, 1987, p.203-230.

SILVA, I.C. **Propagação vegetativa; aspectos morfo-fisiológicos**. Boletim técnico. Belém, CEPLAC/DEPEA, 1985.

SIQUEIRA, et al. Micorrizas e degradação do solo: caracterização, efeitos e ação recuperadora. **Tópicos em ciência do solo**. Vol 1(2007)-Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

STOKES, A. et al. Desirable plant root traits for protecting natural and engineered slopes against landslides. **Plant Soil**, 2009. 324:1-30. Disponível em: <<http://www.springerlink.com>> Acesso em 21 janeiro de 2011.

TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TAVARES, M.S.W., KERSTEN E. e SIEWERDT F. Efeito do ácido indolbutírico e da época de coleta no enraizamento de estacas de goiabeira. **Sci. Agric**. Piracicaba, v.52, n.2, 1995. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v52n2>>. Acesso em 12 abril 2010.

THOMAZ, E.L. e LUIZ, J.C. Soil loss, soil degradtaiion and rehabilitation in a degraded land área in Guarapuava (Brazil). **Land degradation e Development**, Guarapuava, 2010. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ldr.1052/full>> Acesso em 22 janeiro 2011.

VAN OVERBEEK, J.; GORDON, S.A.; GREGORY, L.E. An analysis of the function of the

leaf in the process of root formation in cuttings. **American Journal of Botany**, Columbus, v.33, p.100-7, 1946. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2437324>>. Acesso em 15 abril de 2010.

VILAÇA, J. **Plantas tropicais: Guia prático para o novo paisagismo brasileiro**. São Paulo: Nobel, 2005.

WERNER, J.C; HAAG, H.P., 1972. Estudos sobre a nutrição mineral de alguns capins tropicais. **Bol. Industr. Anim.**, SP, 29 (1): 175-184. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/aesalq/v42n1/07.pdf>> . Acesso em janeiro de 2011.

WHITELEY, G.M. e DEXTER, A.R. Root development and growth of oilseed, wheat and pea crops on tilled and non-tilled soil. **Soil and Tillage Research**. v.2.n.4, 1982, pag 379-393. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016719878290006X>>. Acesso em 21 janeiro de 2011.

ZIETEMANN, C. e ROBERTO, S.R. Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajba L.*) em diferentes substratos. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal – SP, v.29,a.1,p.137-142,2007. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbf/v29n1/a30v29n1.pdf>>. Acesso em 12 dezembro de 2010.

ZUFFELLATO-RIBAS, K.C., RODRIGUES, J.D. **Estaquia**: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos. Curitiba, 2001. 39p.