UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL

AVALIAÇÃO DE DUAS TECNOLOGIAS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Antônio Leopoldo de Oliveira e Silva

Belo Horizonte
2011

Antônio Leopoldo de Oliveira e Silva

AVALIAÇÃO DE DUAS TECNOLOGIAS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Raphael Tobias de Vasconcelos Barros

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2011

AGRADECIMENTOS

A Deus, toda minha gratidão pela vida e possibilidade de servi-lo recuperando áreas degradadas.

À minha família, minha mãe, Lourdes; minhas irmãs, Fátima e Ana, que sempre me incentivaram com seu apoio.

À minha esposa, Bete, e aos meus filhos, Mariana e Gabriel, a quem dedico tudo que faço.

Às minhas cunhadas e sobrinhas, Rita, Dorinha, Renata, Virgínia e Letícia, que sempre me apoiaram.

À amiga Flávia Lage, pelo valioso serviço de formatação e pela amizade durante o curso.

Aos amigos Rubenildo, Cabral, Eduardo, Roberta, Daniele, Cláudia, Joelma, Pablo, Telma, pelo apoio na busca de novos conhecimentos.

Ao meu orientador, professor Dr. Raphael, pela sabedoria com que me apoiou, corrigiu, orientou e motivou para a realização deste trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram durante o processo de criação desta monografia.

RESUMO

Esta monografia tem como objetivo avaliar e comparar as técnicas de bioengenharia, utilizadas no Brasil, para a vegetação em taludes ou em áreas de difícil estabelecimento da vegetação, contribuindo de forma significativa para a uniformização da metodologia a ser usada em recuperação de áreas degradadas, atendendo,da melhor forma, às exigências legais vigentes. Foram comparados dois trabalhos conduzidos no Estado de Minas Gerais: O primeiro trabalho foi conduzido em Viçosa, MG, em 1994, no *campus* da Universidade Federal de Viçosa, com manta vegetativa, cuja unidade é composta de sacos de aniagem preenchidos com sementes, matéria orgânica e fertilizantes. O segundo utiliza dois tipos de cobertura morta vegetal, constituídas de palha vegetal e um tecido não tecido (TNT) de fibras de coco, adubação química e orgânica, mistura de espécies vegetais que foi realizado no aterro sanitário de Belo Horizonte, MG. Quando comparados entre si, os melhores resultados foram da manta vegetal de sacos de aniagem e a cobertura morta constituída de palha. Os piores resultados, respectivamente, foram, em ordem decrescente, em covas e ausência de cobertura morta. Todas as técnicas são indicadas para a vegetação de taludes com dificuldades no estabelecimento dessa vegetação. Entretanto, com a utilização de uma manta ou tecido de juta ou sisal, pode ser recomendada para novos testes, uma vez que a vegetação independe da cobertura morta para o seu estabelecimento e evitaria a perda de solo por processos erosivos. O plantio em covas não é indicado para taludes acima de 35º, por facilitar as erosões e ravina mentos. Os efeitos deletérios foram observados somente nos experimentos com a cobertura morta e o Tnt de fibra de coco. Nos experimentos com sacos de aniagem não foi observado o ataque da lagarta do cartucho. Os experimentos utilizando sacos de aniagem e manta de cobertura morta apresentaram relação eficiência/alto custo. Apesar de obter um resultado com baixa perda do solo, o tratamento com um Tnt de fibra de coco, possui elevado custo e dificuldades da vegetação em emergir entre as fibras. Novos trabalhos científicos deverão ser conduzidos com as duas tecnologias, de modo a se obterem dados mais apurados.

Palavras-chave: aterro sanitário; bioengenharia; técnicas de revegetação; áreas degradadas.

LISTA DE FIGURAS

FIG. 3.3.(1)	Unidade de manta vegetativa sacos verdes	6
FIG. 3.3.(2)	Tipos de RECP: a) material fibroso ou linho; b) material de palha vegetal; e c) material sintético.	6
FIG. 3.4.(1)	Latossolo vermelho-amarelo.....	9
FIG. 3.5.(1)	Mapa de susceptibilidade de erosão laminar	10
FIG. 3.6.(1)	Exemplo de adubação verde	12
FIG. 3.6.2.(1)	Raízes agregando o solo	13
FIG. 3.6.4.(1)	Desenho de uma planta leguminosa.....	15
FIG. 3.6.5.(1)	Desenho de uma planta gramínea.....	17
FIG. 4.2.(1)	Chuva acumulada mensal X chuva (Normal Climatológica 61-90), Viçosa (MG), para o ano de 1994 (A); e chuva Acumulada mensal X chuva (Normal Climatológica 61-90), Belo Horizonte (MG), para o ano de 2005	23
FIG. 4.5.3.1(1)	Biomanta com palha agrícola.....	28
FIG. 4.5.3.2.(1)	Biomanta de fibra de coco	29
FIG. 5.1.1.(1)	Teores químicos do substrato: a) teores de MO; e b) variação de pH em água.....	33
FIG. 5.3.1.(1)	Caracterização inicial fisiológica das espécies vegetais: a) engrossamento e crescimento lateral da raiz primária do nabo-forrageiro; b) amarelecimento foliar de braquiária; e c) presenças de rizóbio em raiz de feijão-guandu	39
FIG. 5.3.1.(2)	Aspecto geral da densidade de raiz: a) raízes de *B. decumbens*; e b) raízes de feijão-guandu.....	39
FIG. 5.3.1.(3)	Histograma dos teores de fitomassa seca: a) densidade de raiz de *B. decumbens;* e b) colonião	40
FIG. 5.4.(1)	Aspecto geral da taxa de recobrimento: a) recobrimento com manta biotêxtil-palhada; e b) recobrimento com manta sintemax – fibra de coco.....	42
FIG. 5.4(2)	Aspecto geral das erosões em sulcos das parcelas: a) ausência de manta vegetal – ASB; e b) ausência de manta e semente – AP	43
FIG. 5.5.(1)	Caracterização da principal praga e hospedeiro: a) estágio larval da lagarta do cartucho; b) desfolhamento no feijão de porco após 35 dias de implantação; e c) estágio adulto da lagarta do cartucho	44

FIG. 1A	Fixação dos sacos no talude.....	58
FIG. 2A	Costura no sentido do comprimento para compartimentalização dos sacos (a linha atravessa a camada de substrato, garantindo uma contenção eficiente)	58
FIG. 3A	Curva de crescimento das espécies gramíneas, usando-se a técnica de plantio em covas	59
FIG. 4A	Curva de crescimento das espécies leguminosas, usando-se a técnica de plantio em covas	59
FIG. 5A	Curva de crescimento das espécies gramíneas, usando-se a técnica de sacos de aniagem	60
FIG. 6A	Curva de crescimento das espécies	60
FIG. 7A	Comparação entre as técnicas de sacos de aniagem e de covas, com relação ao peso de matéria seca da parte aérea	61
FIG. 8A	Comparação entre as técnicas de sacos de aniagem e de covas, com relação à matéria seca de raízes	61

LISTA DE TABELAS

TAB. 5.3.1.(1) Resultados do comportamento das espécies aos 40 dias após a implantação: facilidade de atravessar a tela vegetal (FATV), crescimento inicial (CI), emissão de flor e fruto (EFF) 37

TAB. 6.2.(1) Resultados do comportamento das espécies aos 40 dias após a implantação: acúmulo inicial de fitomassa seca na parte aérea (AIFA) 48

LISTA DE SÍMBOLOS

ADRSU	Aterro de disposição de resíduos sólidos urbanos
Al^{3+}	Alumínio
C	Carbono
Cd	Cádmio
Cr	Cromo
Ca^{2+}	Cálcio
CTC	Capacidade de troca catiônica
H + Al	Hidrogênio Mais Alumínio
Hg	Mercúrio
Ind	Indivíduo
Mg^{2+}	Magnésio
MO	Matéria orgânica
N	Nitrogênio
Ni	Níquel
NPK	Nitrogênio, fósforo e potássio
pH	Potencial hidrogeniônico
P	Fósforo
Pb	Chumbo
SB	Soma de bases trocáveis
T	Capacidade efetiva de troca de cátions
Tnt	Tecido não tecido
V	Valor de saturação em base
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	3
2.1.	Objetivo geral	3
2.2.	Objetivos específicos	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1.	Áreas degradadas: aspectos gerais	4
3.2.	Aterro de disposição de resíduos sólidos urbanos	5
3.3.	Bioengenharia de solos	5
3.4.	Processos erosivos ocasionados pela água da chuva	7
3.5.	Quantificação das perdas de solo por erosão laminar	9
3.6.	Revegetação de áreas degradadas	11
3.6.1.	Princípio ecológico para a manutenção e o estabelecimento da vegetação	12
3.6.2.	Importância da vegetação no controle da erosão do solo	13
3.6.3.	Atuação da vegetação na estabilidade das camadas superficiais dos taludes	14
3.6.4.	As espécies vegetais da família Leguminosae	15
3.6.5.	As espécies vegetais da família Gramineae	16
3.7.	Sementes de espécies de vegetais	17
3.7.1.	O papel da biomassa microbiana	17
3.7.2.	Importância dos fertilizantes	18
4.	METODOLOGIA	21
4.1.	Descrição das áreas de estudo	22
4.2.	Clima e pluviometria	22
4.2.1.	Caracterização dos solos e cobertura final de um aterro sanitário	23
4.2.2.	Demarcação das pararircelas	24
4.2.3.	Coletas, análises e procedimentos para caracterização de amostras	24
4.2.3.1.	Substrato	24
4.3.2.2.	Caracterização química	24
4.2.3.3.	Caracterização física	24
4.3.	Vegetação	25
4.4.	Seleção das espécies vegetais	25
4.5.	Tratamentos	26

4.5.1. Fertilização do substrato 27
4.5.1.1. Adubação orgânica 27
4.5.2. Manta vegetativa (sacos verdes) 27
4.5.3. Materiais geossintéticos 28
4.5.3.1. Tela Biotêxtil – 400 UP SÉRIE ARP-440 (BI) 28
4.5.3.2. Tela Sintemax-400 TF (B2) 28
4.5.3.3. Análises estatísticas 29
4.5.3.4. Implantação e preparação das parcelas no campo 29

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 32

5.1. Caracterização química do substrato 32

5.1.1. Fertilidade do solo 32
5.1.2. Metais pesados 34

5.2. Caracterização física do substrato 34

5.2.1. Teor de umidade 34
5.2.2. Densidade do solo 34
5.2.3. Porosidade do solo 34
5.2.4. Permeabilidade do solo 35
5.2.5. Limite de liquidez e limite de plasticidade 35
5.2.6. Estabilidade dos agregados 35

5.3. Caracterização da vegetação 35

5.3.1. Germinação 36
5.3.2. Densidade populacional, produção de matéria fresca e seca da parte aérea da planta 41
5.3.3. Taxa de cobertura vegetal 41

5.4. Perda de solo 42
5.5. Efeitos deletérios observados 43
5.6. Estimativa de custos 44

6. CONCLUSÕES 46

6.1. Caracterização do substrato 46
6.2. Caracterização da vegetação 47
6.3. Perda de solo 48
6.4. Efeitos deletérios 49
6.5. Sugestão de critérios de implantação de camadas de cobertura final 50
6.5.1. Construção da camada de cobertura final 50
6.5.2. Revegetação da camada de cobertura final 50

7. BIBLIOGRAFIA 51
8. ANEXOS 58

1. INTRODUÇÃO

As dificuldades encontradas na recuperação de áreas degradadas, basicamente, são as mesmas para diferentes áreas e tecnologias. Busca-se adoção de tecnologias de revegetação adequadas e eficientes às peculiaridades dos locais a serem recuperados. No entanto, as técnicas são usadas somente como pano de fundo para encobrir uma exigência legal ou meramente mitigar os efeitos da degradação paisagística do local (GRIFFITH, 1994).

A grande quantidade de aclives acentuados oriundos do corte e aterros e desertificação, em muitas partes em virtude da ocupação humana, seja pela abertura de estradas ou pelas atividades mineradoras, florestais e agronômicas, tem se confirmado como um grande problema ambiental.

Com a retirada do estrato vegetal e do horizonte fértil do solo, ocorre a deterioração química e física do solo, favorecendo os processos erosivos, que, dependendo de suas características físicas, sofrem erosão pelo vento, na estação seca e hídrica durante a estação chuvosa. Os problemas vindos dos cortes e aterros como sólidos suspensos, quedas de barreiras, assoreamento de nascentes, córregos e rios e deslizamentos acarretam não só impactos ambientais como também impactos econômicos e sociais.

Os principais impedimentos para a revegetação desses taludes e dessas encostas são provavelmente a falta ou a presença de um solo incipiente, a deficiência nutricional, a alta declividade e a dificuldade em selecionar espécies para a revegetação dessas áreas (MUNSHOWER, 1994). Cada situação descrita apresenta características próprias, que favorecem essa ou aquela espécie e/ou tecnologia.

Devido a essas situações torna-se a recuperação de áreas degradadas não um fato isolado, mas um conjunto de práticas e processos antes mesmo da degradação, criando maiores chances de sucesso, se houver uma ação conjunta das políticas ecológicas e do processo produtivo das empresas relacionadas (BARTH, 1989).

As espécies selecionadas para recuperação de áreas degradadas devem possuir características tais como: resistência a acidez do solo; baixa fertilidade; capacidade de recolonização natural além de serem perenes. Estas características são

facilmente encontradas em manuais de forragicultura, não necessitando de gastos com pesquisas, uma vez que estas quatro características são suficientes para uma excelente revegetação. O processo de escolha das espécies a serem utilizadas na revegetação consiste na utilização de poucas características para cada espécie, que serão utilizadas em consorciamento, sendo que as principais características a serem consideradas são a perenidade e a resistência à acidez do solo.

Ainda que a recuperação ambiental de uma área esteja mais próxima de um projeto paisagístico, visto que as alterações são mais vislumbradas sob o âmbito estético (GRIFFITH, 1991), a recuperação de áreas degradadas está intimamente relacionada com a recuperação de pastagens e forragicultura, bem como os aspectos ligados à agronomia e zootecnia, numa visão mais ampla já que se espera a autossustentabilidade do sítio degradado.Para a recuperação de áreas degradadas são utilizados vários métodos: plantio em covas, hidrossemeadura, plantio de placas de grama e semeadura a lanço têm sido empregados. Em geral, esses métodos têm produzido resultados positivos; entretanto dependendo dos locais e das condições específicas, a recuperação não é satisfatória (EINLOFT, 1996).

As interferências humanas em áreas perturbadas ambientalmente, buscando restabelecer os processos ambientais e, portanto, o equilíbrio ambiental deste sítio, requerem esforços diferenciados, são dependentes da história de degradação da diversidade ambiental e do seu entorno (RODRIGUES e GANDOLFI, 2000).

Embora ocorram muitas tecnologias que concorram para o processo de recuperar o sítio degradado, a abordagem científica desta questão implica em conhecer a diversidade dos fenômenos que se desenrolam neste ambiente e os processos que levam à estruturação e manutenção desses ecossistemas no tempo (RODRIGUES e GANDOLFI, 1998).

Esta monografia vem, de fato, confirmar a importância das técnicas empregadas e contribuir de forma esclarecedora para os aspectos técnico-científicos utilizados na revegetação de taludes.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

A presente monografia tem como objetivo auxiliar os técnicos envolvidos no processo de recuperação de áreas degradadas na tomada de decisão quanto à melhor tecnologia a ser empregada, atendendo às condições específicas de taludes de cortes e aterros e encostas para melhor recuperação da vegetação e, consequentemente, a estabilização geotécnica de sítios degradados, bem como na vegetação de áreas mineradas.

2.2. Objetivos específicos

Verificar a produção de biomassa das plantas para os diferentes tipos de revegetação;

Discutir a seleção das diferentes espécies gramíneas e leguminosas;

Comparar a eficiência de três tipos de mantas vegetativas; e

Avaliar a eficácia entre as técnicas de revegetação como manta de aniagem e plantio em covas, entendendo também neste item o plantio via hidrossemeadura e mantas vegetais com fibras de coco (Tnt), uma vez que estes processos exigem a confecção de pequenas covas para que se tenha uma resposta satisfatória.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Áreas degradadas: aspectos gerais

Uma área degradada pode ser definida como sendo um sítio onde após um distúrbio causado principalmente pela ação humana, pelo uso incorreto, comprometeu ou eliminou os seus meios de regeneração natural, apresentando assim baixa taxa de resiliência (PIMM, 1986), pode ou não voltar ao seu *stadium* natural (KAGEYAMA, 1989).

Segundo Carpanezzi (1990), ecossistema degradado é aquele que, após distúrbios, teve eliminado, juntamente com a vegetação, o banco de sementes, o banco de plântulas, a sementação e a rebrota. A ação humana torna-se obrigatória no sentido de auxiliar na recuperação, uma vez que o terreno não possui mais eficientes métodos de regeneração.

A revegetação pode ser um elemento de atuação e utilização em programas de recuperação de áreas degradadas, assumindo diferentes funções, de acordo com as dificuldades encontradas na área. Desta forma, Griffith (1980) afirma que os objetivos da recuperação de uma determinada área devem atender requisitos específicos e individualizados e que o plano preestabelecido deve deixar claro o nível da recuperação que se deseja conseguir.

À medida que grandes áreas vão sendo incorporadas ao processo produtivo, aterros estradas, barragens, conjuntos habitacionais, a degradação do solo tem sido motivo de mais estudos e pesquisas (MAGALHÃES, 2005).

A obrigação de reabilitar as áreas degradadas tem sua base legal no que dispõe a sua regulamentação: “a recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, visando uma estabilidade do meio ambiente” (CASTRO, 1998; PNMA, 1998; MAGALHÃES, 2005).

Recuperar um sítio degradado tem como significado o retorno a uma forma e a utilização de acordo com o planejamento do uso futuro do local, implicando que uma condição estável será obtida em conformidade com os valores ambientais, estéticos, paisagísticos e sociais da circunvizinhança (MAGALHÃES, 2005).

Significa também que o local degradado terá condições de restabelecer condições mínimas de um novo equilíbrio ambiental dinâmico, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem.

Em um processo de revegetação de ambiente degradado, após a dispersão de sementes, deve-se saber se a vegetação tem condições de sobreviver, incluindo a germinação, o crescimento e sua reprodução. Essas fases são dependentes das condições de relevo, solo, umidade, clima e ausência de predadores e dependem também dos objetivos a serem atingidos no planejamento para o futuro da área. Dentro desse processo incluem-se as interações entre solos, organismos e plantas, que favoreçam a absorção do sistema radical das plantas, sem os quais algumas plantas não conseguiriam sobreviver em locais tão inóspitos (GRIFFITH, 1994; MAGALHÃES, 2005; MOREIRA e SIQUEIRA, 2002).

3.2. Aterro de disposição de resíduos sólidos urbanos

É um sítio que se baseia em rígidas normas de engenharia para disposição de resíduos sólidos (ABNT, 1992), particularmente resíduos domiciliares, normas específicas, que permitem o confinamento deste material em local seguro em termos de controle da poluição ambiental e da proteção à saúde pública (IPT, 2000).

3.3. Bioengenharia de solos

A bioengenharia de solos está relacionada ao estudo dos efeitos e interferências de uma determinada planta ou ao conjunto de plantas na estabilização ou mesmo na formação do solo. Estes estudos objetivam especificamente conhecer na diversidade de espécies de plantas características quantitativas, como fitomassa e taxa de crescimento (GRAY e SOTIR, 1995; MORGAN e RICKSON, 1995). A bioengenharia está diretamente ligada ao estudo dos efeitos das estruturas vegetais no solo, uma vez que estas estruturas servem de elementos mecânicos para estabilização e proteção dos solos, sendo considerada uma especialidade da engenharia biotécnica (GRAY e SOTIR, 1995)

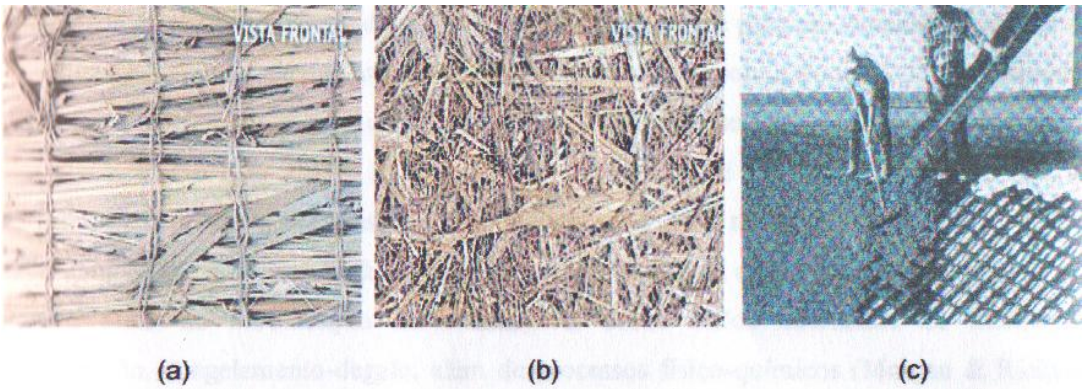
A bioengenharia de solos já existe há vários anos. Países que dominam essa técnica são a Alemanha, Áustria, Suíça e Estados Unidos (MORGAN e RICKSON, 1995).

No Brasil, com o intuito de facilitar a introdução de vegetação rasteira e arbustivas em taludes íngremes de mineração, SILVA (1993) implantou a tecnologia denominada “sacos verdes” (FIG. 3.3(1) e FIG. 3.3(2)).

Foto: Costa (1997).

Figura 3.3(1) –

Unidade da manta vegetativa sacos verdes.



Fonte: Morgan e Rickson (1995); Pereira (2003).

Figura 3.3(2) –

Tipos de RECP: a) material fibroso ou linho; b) material de palha vegetal; e c) material sintético.

A técnica consiste no preenchimento de sacos de aniagem com matéria orgânica, sementes e fertilizantes que são fixados nos taludes por meio de estacas de madeiras (GRIFFITH, 1994; EINLOFT, 1997).

Após a introdução dessa, engenheiros de minas e geotecnistas conscientizaram–se da importância da estabilização de taludes com técnicas de bioengenharia. Fato esse que culminou com o início dos estudos mais detalhados para aplicação desta metodologia no Brasil, sendo que os primeiros trabalhos foram conduzidos Griffith (1994) e Einloftt (1997). Nos aspectos econômicos, muitas técnicas convencionais deixaram de ser utilizadas ou foram aprimoradas incluindo a vegetação (MAGALHÃES, 2005).

3.4. Processos erosivos ocasionados pela água da chuva

A água da chuva exerce sua ação erosiva sobre o solo pelo impacto das gotas, que caem com velocidade e energia variáveis dependendo do seu diâmetro, e pelo escoamento da enxurrada. O volume e a velocidade da enxurrada variam com a chuva, com a declividade, comprimento do declive do terreno e com a capacidade do solo em absorver mais ou menos água. A resistência que o solo exerce sobre a ação erosiva da água pode ser determinada por diversas características ou propriedades físicas e químicas, e pela natureza e quantidade do seu revestimento vegetal (BERTONI; NETO, 1990). Por meio do escorrimento da enxurrada, sua ação erosiva depende da distribuição pluviométrica, mais ou menos regular, no tempo e no espaço, e sua intensidade. Chuvas torrenciais ou pancadas de chuvas intensas, como trombas d'água constituem a forma mais agressiva de impacto da água no solo. O índice que expressa a capacidade da chuva de provocar erosão laminar é conhecido como erosividade. Quando os outros fatores que provocam a perda de solo por erosão são mantidos constantes, a erosividade é proporcional ao produto da energia cinética total das gotas de chuva e sua intensidade máxima em 30 minutos (WISCHMEIER e SMITH, 1978). A cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão. Entre os principais efeitos da cobertura vegetal, Bertoni e Neto (1985) destacam os seguintes:

- Proteção contra impacto direto das gotas de chuva;
- Dispersão e quebra da energia das águas de escoamento superficial;

- Aumento da infiltração pela produção de poros no solo e por ação das raízes;
- Aumento da capacidade de retenção de água pela estruturação do solo pelo efeito da produção e incorporação de matéria orgânica.

Os processos erosivos provocados pela ação das chuvas têm início com o escoamento superficial laminar que, ao concentrar-se, forma sulcos, podendo dar origem a ravinas, e, posteriormente, a voçorocas, sendo que as voçorocas se constituem no estágio mais impactante e o que causa os maiores danos, estabelecendo um impedimento ao processo de desenvolvimento sustentável de qualquer área. Outro aspecto de grande relevância é o aporte de sedimento, oriundo de áreas que sofrem erosão e promovem o assoreamento de rios e lagos, comprometendo a qualidade da água e alterando a vida aquática, principalmente pela sua eutrofização (BERTONI e NETO, 1990; MORGAN e RICKSON, 1995; GUERRA, 1999).

Para um adequado plano de práticas conservacionistas deve-se conhecer os fatores que potencializam a erosão. Por este motivo torna-se fundamental o estudo das características das chuvas, solo, cobertura, manejo do solo e práticas conservacionistas de suporte, podendo este conhecimento ser realizado por meio de mensuração da intensidade dos processos erosivos, em função das diversas variáveis que regulam a perda do solo. Portanto são utilizadas relações matemáticas, para previsão do seu comportamento frente aos agentes erosivos baseados em diferentes metodologias e locais de aplicação, obtendo assim elementos para a implementação de estratégias de manejo visando à manutenção dos recursos naturais como bens coletivos não degradados (MACAGNAN, 1990; ALVARENGA, 1998; D'AGOSTINI, 1999; GUERRA, 1999).

Solos com características latossólicas são quimicamente pobres em bases (Ca, Mg, etc.) e ricos em sesquióxidos de ferro e alumínio, tendendo, em geral, a se estruturarem por microagregação; essas formas de organização estrutural dão ao solo alta porosidade entre partículas. Por outro lado, solos com alto conteúdo em bases tendem, em geral, a estruturas poliédricas (prismáticas ou em blocos), apresentando, quase sempre, pequena porosidade entre partículas e menor permeabilidade em relação aos latossolos (FIG. 3.4.(1)).

Fonte: autor.

Figura 3.4.(1) –

Latossolo Vermelho-Amarelo.

3.5. Quantificação das perdas de solo por erosão laminar

A equação universal de perdas do solo (USLE) tem o objetivo de estimar o valor médio anual de erosão que poderá ocorrer em determinada área. Portanto constitui valiosa ferramenta para o correto estabelecimento do uso, manejo e conservação do solo (BERTONI e NETO, 1990). Um plano para a conservação do solo e água requer o conhecimento das relações entre os fatores que causam perdas de solo e água e as práticas que reduzem essas perdas. A quantificação das perdas de solo por erosão laminar pode ser determinada por meio da aplicação da Equação Universal de Perda do Solo, expressa pela relação:

$$A = RKLSCP$$

em que

A = índice que representa a perda de solo por unidade de área;

R = índice de erosividade;

K = índice de erodibilidade;

L = índice relativo ao comprimento da encosta;

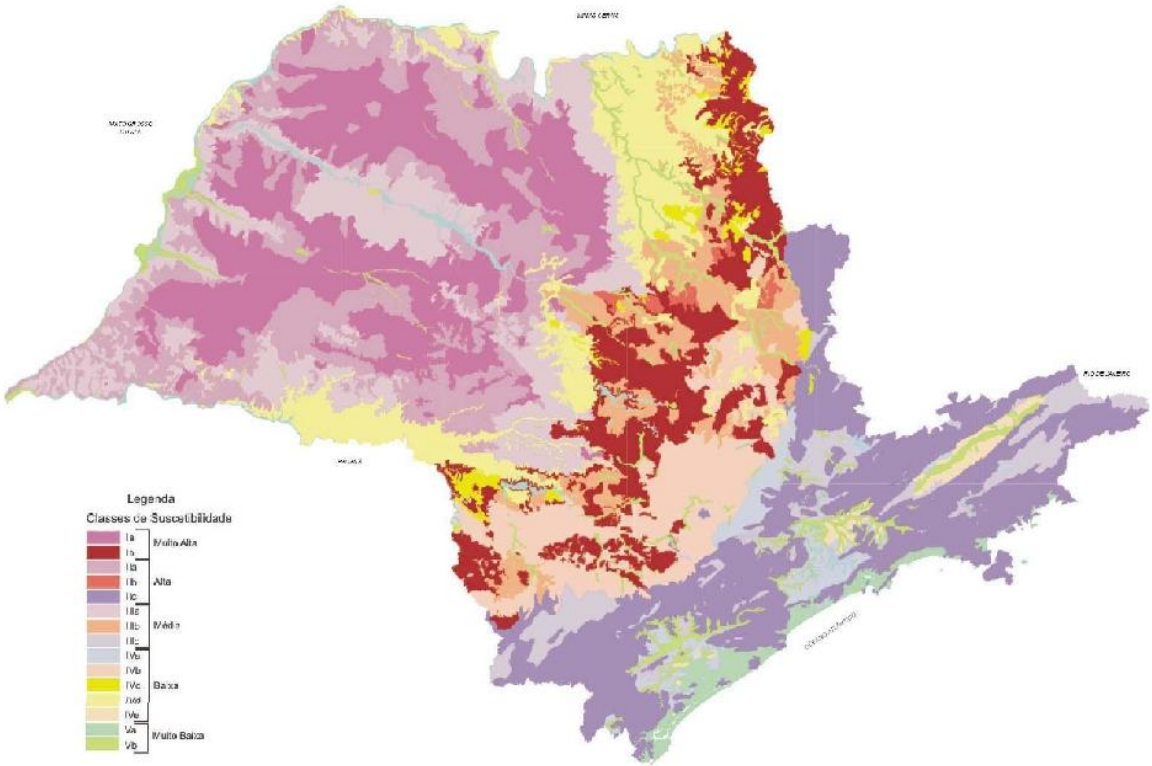
S = índice relativo à declividade da encosta;

C = índice relativo ao fator uso e manejo do solo; e

P = índice relativo à prática conservacionista adotada.

A determinação dos valores de perda de solo provocados pela erosão laminar, representados em t/ha, é realizada a partir do calculo dos índices de cada componente da equação.

Esse cálculo é mais preciso quanto menor a parcela de área estudada, tendo em vista as variações espaciais normalmente observadas nos terrenos com relação aos fatores analisados. Em estudos regionais de erosão (escalas pequenas), os valores numéricos de perdas determinados não podem ser tomados como dados reais, servindo tão somente para categorizar qualitativamente as áreas quanto a sua maior ou menor suscetibilidade à erosão laminar, podendo cartografá-las em mapas de suscetibilidade à erosão laminar (FIG. 3.5.(1)) (IPT, 1986).



Fonte: Disponível em <http://www.universoambiental.com.br/SOLO/Solo_Situacao SP.htm>. Acesso em: 10 mar. 2011.

Figura 3.5.(1) –

Mapa de susceptibilidade de erosão laminar.

3.6. Revegetação de áreas degradadas

A crescente preocupação de recuperar áreas degradadas por meio da revegetação visa, basicamente, a restaurar o equilíbrio dos sistemas ambientais, da fauna e da flora. A utilização de espécies vegetais é uma opção interessante em função de sua importância ecológica. Independentemente da finalidade, as ações recuperadoras pressupõem o uso de medidas de proteção do solo, dentre as quais a formação de uma vegetação de cobertura tem sido imprescindível. Nesse aspecto, a grande dificuldade consiste no fato de que, quase sempre, a degradação a degradação traz consequência a criação de condições físicas, químicas e, ou, biológicas bastante desfavoráveis ao crescimento de plantas no solo ou substrato da área. Idealmente, busca-se o crescimento de plantas com baixa demanda de insumos externos e capazes de criar condições favoráveis aos mecanismos de regeneração natural da área (COELHO, 1999; COELHO, 2001).

A revegetação é o primeiro passo para a reabilitação dessas áreas, não só como fonte de matéria orgânica, mas também como fator importante no controle da erosão do solo, dissipando a energia cinética e impedindo a desagregação e a formação de crostas superficiais de baixa permeabilidade, depende do tipo da planta, da morfologia, e tamanho das folhas e das raízes. Plantas rasteiras e de grande área foliar são mais efetivas na proteção do solo que plantas eretas de folhas estreitas. Os restos de culturas deixados sob o solo também conferem maior proteção que quando incorporados (FRANCO, 1997). A adubação verde (FIG. 3.6(1)) consiste no emprego de espécies de diferentes famílias botânicas, nativas ou introduzidas, que cobrem o terreno em períodos de tempo ou durante todo o ano (AMABILE, 2000).

Do ponto de vista nutricional, o solo sem cobertura vegetal é um grande deserto para os microorganismos heterotróficos. É nas imediações das raízes, isto é, na rizosfera, que eles encontram os substratos que necessitam para sua proliferação. Consequentemente, vários processos importantes do solo que influenciam a produção vegetal e a qualidade ambiental são maximizados na rizosfera (SIQUEIRA e FRANCO, 1998).

Adubação verde com feijão-de-porco entre fileiras de goiaba

Fonte: Souza (2003).

Figura 3.6.(1) –

Exemplo de adubação verde.

A maior atividade biológica do solo situa-se de modo geral na camada de 0 a 20 cm de profundidade, pois neste local ocorre maior acumulação da matéria orgânica do solo pela deposição de material vegetal da parte aérea, além do efeito das raízes. Assim, a matéria orgânica e o efeito rizosférico são as funções da cobertura vegetal que, portanto, têm grandes influências sobre os organismos (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002).

3.6.1. Princípio ecológico para a manutenção e o estabelecimento da vegetação

Antes da escolha dos métodos para a revegetação dois aspectos devem ser considerados: 1) o local modificado ou as condições ambientais de adaptação da vegetação – este é o mais apropriado, quando há uma situação específica de um tipo de vegetação; e 2) a seleção de espécies para adaptar aos locais de determinadas condições ambientais (MORGAN e RICKSON, 1995).

3.6.2. Importância da vegetação no controle da erosão do solo

De acordo com Franco (1997), a proteção proporcionada pelas plantas de cobertura, evitando o impacto da chuva diretamente sobre a superfície do solo, dissipando a sua energia cinética e impedindo a degradação e a formação de crostas superficiais de baixa permeabilidade depende do tipo de planta, da morfologia e tamanho das folhas e das raízes, além do tipo de consórcio a que estas plantas estão compreendidas.

Raízes com diâmetro entre 1 e 12 mm retêm fisicamente partículas do solo contra a ação erosiva da gravidade, impacto das gotas de chuva e do vento. O crescimento radicular lateral é mais efetivo na redução da erosão por processos desta natureza que o crescimento vertical das raízes (FIG. 3.6.2.(1)) (COELHO, 1999).

Fonte: Souza (2003).

Figura 3.6.2.(1) –

Raízes agregando o solo.

Uma elevada concentração de fibras radiculares de pequeno diâmetro é mais efetiva do que poucas raízes de diâmetro maior para o aumento da resistência ao cisalhamento de massas de solos permeadas por raízes. Esse aumento à resistência será diretamente proporcional à profundidade do solo explorada pelas raízes. A ação mais eficiente da resistência é verificada quando as raízes penetram ao longo do manto de solo, formando um efeito semelhante ao de tirantes vivos (COPPIN e RICHARDS, 1990; GRAY e SOTIR, 1995).

Sob condições normais, o recobrimento do solo, por vegetação herbácea densa, proporciona a melhor proteção contra a erosão laminar e contra a ação do vento. A utilização inadequada da vegetação, objetivando o recobrimento do solo, pode ocasionar resultados negativos em termos de conservação (MORGAN e RICKSON, 1995).

A porcentagem de cobertura do solo proporcionada na redução das perdas por erosão hídrica, obtendo-se boa eficácia já com 30% de cobertura (LOPES, 1987). Coppin e Richards (1990) afirmaram que o máximo efeito de recobrimento vegetativo é obtido a partir de um recobrimento de 70% da superfície do solo.

3.6.3. Atuação da vegetação na estabilidade das camadas superficiais dos taludes

A cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão. Entre os principais efeitos da cobertura vegetal, Bertoni e Lombardi Neto (1985) destacam os seguintes:

- Proteção contra o impacto direto das gotas de chuva;
- Dispersão e quebra da energia das águas de escoamento superficial;
- Aumento da infiltração pela produção de poros no solo por ação das raízes; e
- Aumento da capacidade da retenção de água pela estruturação do solo por efeito da produção e incorporação de matéria orgânica.

As gramíneas e leguminosas podem ser implantadas por estaquia, transplante de mudas ou semeadura direta do campo, as mesmas possuem dificuldades para se estabelecer nos taludes quando em condições adversas como em locais escarpados, secos, com alta declividade e sujeitos a ação do vento (GRAY e SOTHIR, 1995).

3.6.4. As espécies vegetais da família Leguminosae

São do reino vegetal, divisão *angiospermae*, classe *dicotiledonae* e ordem *rosales*. As características morfológicas de seus órgãos são:

- raiz: axial, pivotante;
- caule: variável (herbáceo, arbustivo ou arbóreo);
- folhas: compostas, alternadas e estipuladas;
- flores: diclamídeas, unicarpelares e multiovuladas;
- inflorescência: panícula, racemo, etc.; e
- fruto: tipo legume (vagem).

Exemplo: leucena, alfafa, siratro, cornichão, trevos, etc. (FIG. 3.6.4.(1)).

As leguminosas são reconhecidas como eficientes restauradoras da fertilidade dos solos, promovendo a produção de grande quantidade de massa verde e de grande exploração do solo pelo sistema radicular. Uma das características que mais chama a atenção nas leguminosas é a capacidade de boa parte das espécies formarem simbiose com determinados gêneros de bactérias comumente chamadas de rizóbio (MOREIRA, 1994; MAGALHÃES, 2005).

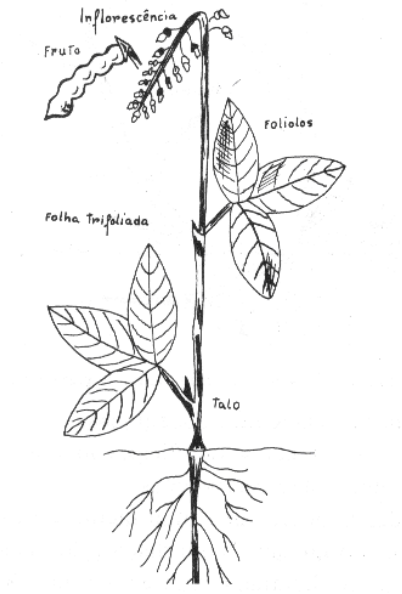


Figura 3.6.4.(1) –

Desenho de uma planta leguminosa.

Os maiores benefícios se dão em função do incremento na absorção de nutrientes de baixa mobilidade no solo, notadamente o fósforo, e do abrandamento dos problemas relacionados com o pH, alumínio e manganês nos solos ácidos, além dos benefícios não nutricionais. Estes efeitos sobre o desenvolvimento da planta micorrizada são mais importantes e visíveis justamente em ambientes estressantes, como é o caso dos sítios degradados (SIQUEIRA e FRANCO, 1998; FURTINI NETO, 2000).

3.6.5. As espécies vegetais da família *Gramineae*

São do reino vegetal, divisão *angiospermae*, classe *monocotiledoneae* e ordem *graminales*. É uma numerosa família, onde estão incluídas as ervas designadas pelos nomes de capins e gramas. O porte é muito variável, indo desde as rasteiras (gramas), passando pelas de porte médio (capins), até as de porte alto (milho, sorgo, etc.). As características morfológicas de seus órgãos são:

- raiz: fasciculada (cabeleira) e adventícias;
- caule: colmo: típico (não se ramifica) com nós e entrenós:
    - rizomos: subterrâneo, nas perenes
    - estolhos: decumbentes, de comprimento variável;
- folha: séssil, invaginante, com disposição dística, cuja lígula caracteriza a espécie. Lâmina comprida, lanceolada, com nervuras paralelinérveas;
- flores: unissexuais ou hermafroditas, aclamídeas, supero variadas, com androceu trímero. Estão dispostas em estruturas características, chamadas espiguetas;
- espigueta: duas brácteas na base (gluma 1 e gluma 2) e duas brácteas relacionadas diretamente com a flor (lema e pálea) e eixo interno (ráquila);
- inflorescência: as espiguetas estão dispostas em panículas, racemos ou espigas; e
- fruto: tipo cariopse

Exemplos: milho, aveia, cana, colonião, pangola, etc. (FIG. 3.6.5.(1)).

Pelo seu extenso sistema radicular concentrado na superfície, têm resultado em valores altos de estabilidade dos agregados, principalmente para espécies perenes, pois, além de apresentarem alta densidade de raízes e melhor distribuição do

sistema radicular no solo, favorecem as ligações dos pontos de contato entre partículas minerais e agregados (SILVA e MIELNICZUK, 1997; SANTIAGO, 1998).

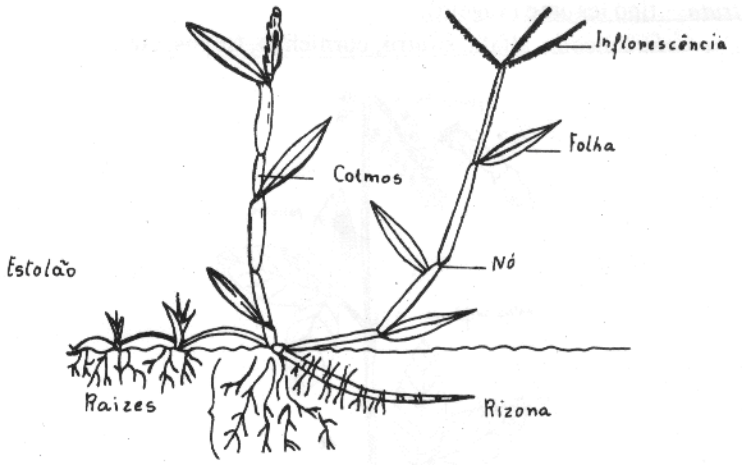


Figura 3.6.5.(2) –

Desenho de uma planta gramínea.

3.7. Sementes de espécies de vegetais

O efeito de vigor de sementes sobre a taxa e a uniformidade de emergência (emissão de radículas), a emergência total e o estabelecimento de condições ambientais podem influenciar no crescimento inicial, na acumulação de matéria seca, e assim afetar o rendimento da cobertura vegetal (RODRIGUES, 1988; SHUCH, 2000).

O vigor das sementes é diretamente proporcional ao tamanho das mesmas, sementes de maiores tamanhos possuem maior uniformidade de emergência e crescimento mais acentuado, isto, devido à quantidade de reservas encontradas no endosperma.

Fatores que afetam a qualidade das sementes: as sementes de forrageira são dificultadas pela desuniformidade no florescimento na maturação e pela degrana.

3.7.1. O papel da biomassa microbiana

A biomassa microbiana é o principal responsável pela decomposição dos resíduos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia dentro do solo, na liberação e na imobilização de nutrientes na maior parte dos ecossistemas terrestres

(MOREIRA e SIQUEIRA, 2002). Microorganismos heterótrofos aproveitam cerca de 95% da energia contida na matéria orgânica do solo (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002)

3.7.2. Importância dos fertilizantes

As plantas necessitam de 16 elementos para o seu crescimento. Três deles são obtidos do ar: o hidrogênio, o oxigênio e o carbono. Os macronutrientes, assim chamados por serem requisitados em maior quantidade, são o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, enxofre e magnésio. Os microelementos, exigidos em menor quantidade, são o ferro, boro, molibdênio, níquel, manganês, cobre e cloro (MALAVOLTA, 1982; SILVA, 1999).

Calagem adequada é, indubitavelmente, uma das práticas mais importantes, para melhorar as condições de baixa fertilidade natural desses solos. Dentre os efeitos da calagem, mencionam-se os seguintes de acordo com Munson (1982):

- adiciona cálcio e algumas vezes magnésio ao solo e eleva o pH;
- diminui a toxidez de fósforo;
- diminui a disponibilidade de boro, manganês e zinco em alguns solos;
- aumenta a disponibilidade de molibdênio do solo;
- aumenta a atividade microbiana e a liberação de nutrientes tais como nitrogênio, fósforo e enxofre pela decomposição da matéria orgânica;
- melhora o meio ambiente do solo para bactérias associadas com a fixação simbiótica do nitrogênio; e
- aumenta a produção das culturas como resultado de um ou mais dos efeitos anteriormente citados.

Além destes efeitos citados por Munson (1982), somam-se os seguintes, considerados de grande valor para os solos:

- aumentam as cargas dependentes de pH e, consequentemente, a capacidade de troca de cátions; e
- induz, dependendo da dose de calcário aplicada, à considerável lixiviação de cálcio e magnésio, diminuindo a toxidez de alumínio, ferro e manganês, abaixo da camada de incorporação.

A calagem e a adubação do solo são importantes, por ocasião do estabelecimento de determinada cultura. Quando aplicadas nas quantidades recomendadas, podem conferir a adequada fertilidade ao solo e, consequentemente, elevada produção de fitomassa.

Vários trabalhos têm demonstrado a baixa eficiência no aproveitamento do fósforo dos fosfatos naturais brasileiros, tanto em casa de vegetação, como em experimentos do campo. Braga (1971), usando superfosfato simples, fosfato de Abaeté e tufito de Patos (20,27 e 4% de P_2O_5 total, respectivamente), em doses de até 3.000 kg de P_2O_5/há, encontraram respostas relativas, em termos de produção de massa verde, de 100, 13 e 22%, respectivamente (SCHEID, 1984).

O nível mais alto de fósforo (1,280 kg P_2O_5/há) como superfosfato simples, foi detectado em raízes com até a profundidade de 1,20 m, enquanto que com a aplicação de superfosfato triplo as raízes só se desenvolveram até a profundidade de 45 cm (LOBATO e RITCHEY, 1980)

O uso de fosfatos naturais, simplesmente moídos, apresenta certas desvantagens, que não podem ser ignoradas, destacando-se:

- o teor de fósforo solúvel nos fosfatos naturais é geralmente, menor do que aquele encontrado nos fosfatos solúveis em água e de alta concentração; e
- a eficiência dos fosfatos de rocha é fortemente influenciada pelo tipo e condições do solo, cultura, condições climáticas e manejo.

- Pastagens e capineiras tolerantes à acidez

Em solos muito deficientes em cálcio e magnésio, é recomendável proceder, na mesma ocasião da “fosfatagem corretiva”, à distribuição de calcário magnesiano ou dolomítico (500 a 1.000 kg/há ou ¼ da dose normalmente recomendada), apenas com a finalidade de fornecer estes dois nutrientes para as plantas, sem alterações sensíveis no pH.

Silva (1993) recomenda para solos degradados de minas de ferro e em solos cuja presença de cálcio e magnésio é desprezível e a acidez mascarada pela presença de sesquióxidos de ferro que se formam na presença de água, aplicação de uma

tonelada de adubo químico NPK 7-30-6 acrescidos de micronutrientes ou uma formulação básica de NPK 25-0-20 acrescidos de super fosfato simples mais micronutrientes.

O composto orgânico é um adubo bastante utilizado para enriquecimento de solos pobres. O fator mais importante do composto orgânico é a possibilidade de ser utilizado como condicionador de solo ou na recuperação de áreas degradadas (IPT, 2000). A aplicação do composto no solo melhora sua textura, fertilidade, fonte de energia para os microorganismos que o habitam, retenção de água e a capacidade de aeração (NETO, 1996).

Segundo Scheid (1984), são recomendadas doses de aproximadamente 100, 150 ou 200 kg de P_20_5/ha, respectivamente, para solos arenosos, barrentos ou argilosos, usando superfosfato simples, superfosfato triplo ou termo fosfato. Adubações de manutenção como NPK + S + micronutrientes, principalmente Zn são as mais indicadas.

4. METODOLOGIA

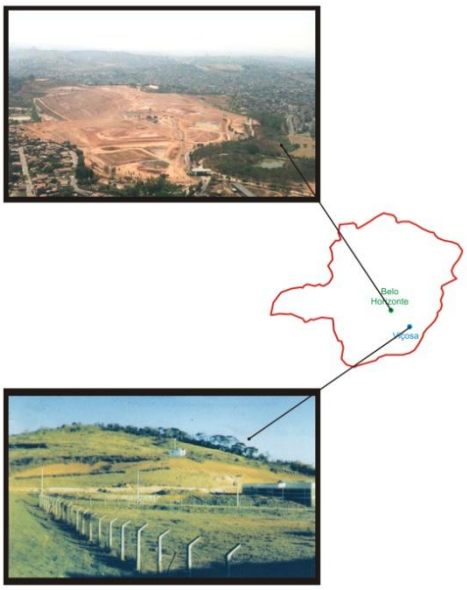
Foram realizados dois experimentos em épocas e locais distintos, com o intuito de verificar a eficiência na proteção do solo com a utilização de uma manta vegetal de sacos de aniagem e com o uso de cobertura morta em forma de um tecido não tecido.

O experimento 1 foi realizado por Einloft (1994), com o uso de sacos de aniagem e sementes e adubos que foram doados pelo autor desta monografia,que inclusive supervisionou todo o processo desse experimento. Posto que ele próprio o havia iniciado,mas necessitava de dados científicos, sendo assim tiveram como objetivo avaliar a capacidade de proteção do solo, crescimento e seleção das gramíneas e leguminosas.Os sacos de aniagem foram preenchidos com uma mistura de partes iguais de terra e esterco animal e material orgânico originado de compostagem de resíduos de poda de grama, acrescidos de fertilizantes químicos e sementes, costurados em cruz e ligados uns aos outros para formação de tiras que, posteriormente, foram lançadas sobre o talude.

O experimento 2 foi realizado por Magalhães (2005), com a utilização de dois tipos de cobertura morta, em forma de tira, amplamente utilizada nos Estados Unidos. Supervisionada por Aloísio Pereira que introduziu tal manta no Brasil, após contatos pessoais no Raffain Hotel[1]. Este experimento teve como objetivo avaliar a eficiência e a seleção de gramíneas e leguminosas utilizando- se da referida técnica.

As duas técnicas avaliadas foram analisadas com visitas técnicas, verificação de dados e comparação de paramentos como fitomassa seca, crescimento e altura. Por se tratararem de técnicas diferentes, os resultados foram usados meramente como dados comparativos.

[1] Simpósio Sulamericano e II Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas. Novembro de 1994, Foz de Iguaçu, PR, na cidade de Foz do Iguaçu, com o representante da North Americam Green, empresa especializada na fabricação da referida manta, fato esse presenciado pelo autor.



4.1. Descrição das áreas de estudo

Uma das áreas deste estudo está localizada no Aterro Sanitário da CTRS da BR- 040, km 531, na região Noroeste do Município de Belo Horizonte.

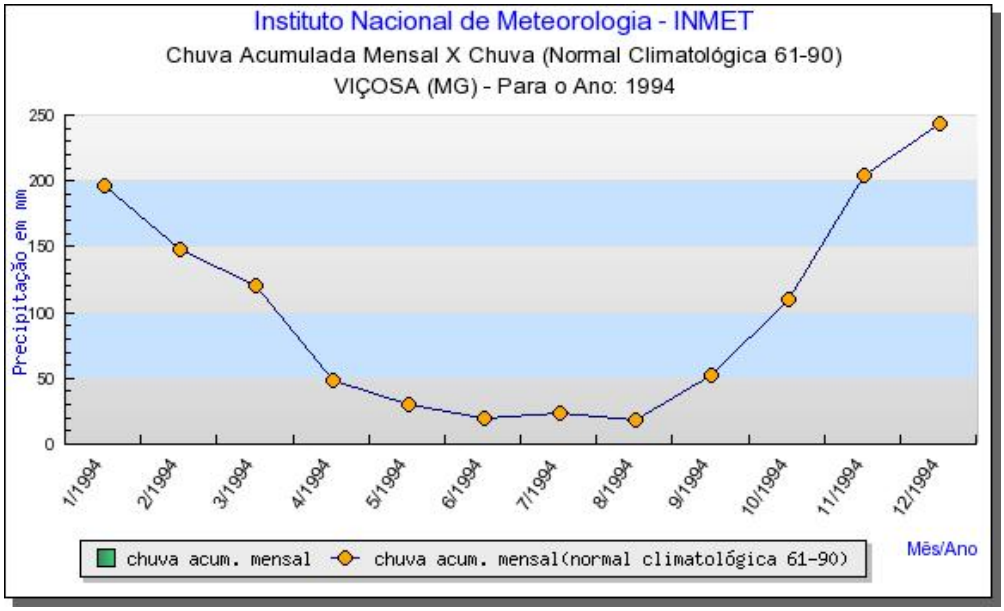
A outra área está localizada em um talude com declividade superior a 35º de inclinação no *Campus* da Universidade Federal de Viçosa, em um talude próximo ao Ginásio de Esporte da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

4.2. Clima e pluviometria

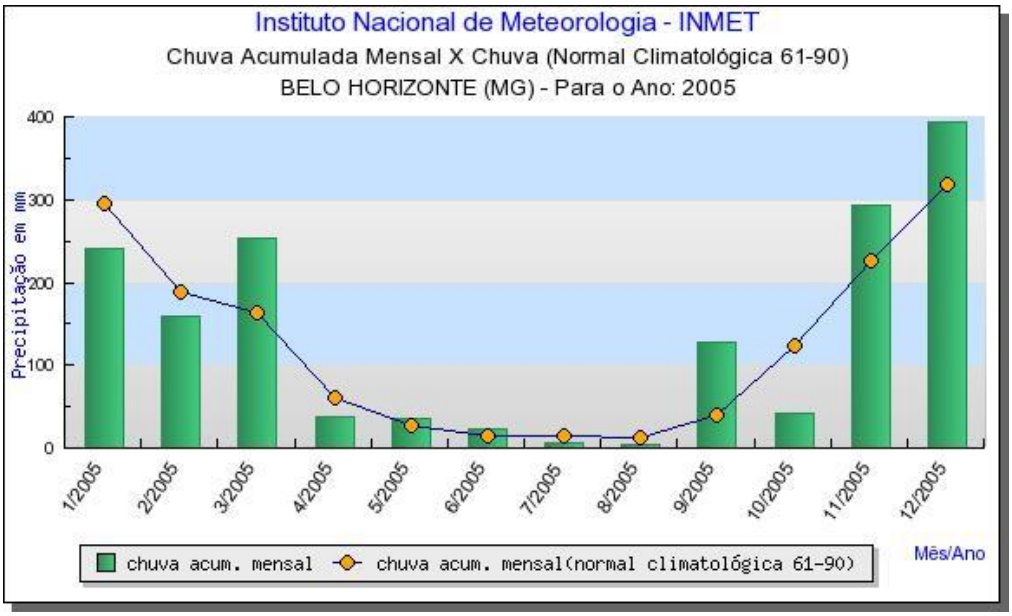
O clima da região de Belo Horizonte e Viçosa é predominantemente tropical, pelo regime sazonal de chuvas: estação úmida, chuvosa e estação seca. A temperatura média anual fica em torno de 21,5 ºC, sendo a média de temperatura máxima de 32,3 ºC e a mínima de 10 ºC. De acordo com a classificação de Köeppen, o tipo climático é Cwb, definido como mesotérmico úmido com estação chuvosa de verão brando (PUPO, 1979).

A pluviosidade nessas áreas é um dos fatores mais importantes a serem considerados para os estudos da perda de solo. Os totais anuais de chuva são relativamente altos, 1.600 mm, aproximadamente.

(A)



(B)



Fonte: INMET.

Figura 4.2.(1) –

Chuva acumulada mensal X chuva (Normal Climatológica 61-90), Viçosa (MG), para o ano de 1994 (A); e chuva acumulada mensal X chuva (Normal Climatológica 61-90), Belo Horizonte (MG), para o ano de 2005.

4.2.1. Caracterização dos solos e cobertura final do aterro sanitário de Belo Horizonte

A cobertura final do aterro sanitário de Belo Horizonte consiste basicamente de substrato argiloso e resíduos de construção civil, distribuídos em proporções iguais.

A utilização dos resíduos da construção civil deve-se a composição dos resíduos recebidos CTRS da BR-040 (SMLU, 2003).

Durante toda a construção da cobertura final é realizada a compactação do material para diminuir a porosidade e, consequentemente, impedir a sua perda por erosão hídrica. Em virtude da suscetibilidade desses materiais as perdas na área demandam operações de reposição nessas camadas.

4.2.2. Demarcação das parcelas

Foram delimitadas parcelas experimentais nos taludes. As parcelas nos experimentos variavam em torno de 70 a 100 m^2. As parcelas foram distribuídas em um delineamento inteiramente aleatório.

4.2.3. Coletas, análises e procedimentos para caracterização de amostras

4.2.3.1. Substrato

Objetivando avaliar as camadas de cobertura dos taludes no experimento 1 e no experimento 2, uma vez que a baixa disponibilidade de nutrientes,acidez elevada,retenção de água, e impedimentos mecânicos são condições desfavoráveis ao desenvolvimento radicular. Foram realizadas as caracterizações químicas e físicas iniciais do material para cada parcela de forma sistematizada.

4.2.3.2. Caracterização química

Os principais parâmetros realizados foram: pH em água, acidez potencial (H + Al) macro e micro nutrientes (N, P, K, Ca^{2+}, Mg^{2+} e Al^{3+}) matéria orgânica (MO), carbono HÁ, valor de saturação em base (V), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (CTC), índice de saturação de alumínio (m) e capacidade efetiva de troca de cátions (t). As análises foram realizadas nos laboratórios da Embrapa e em laboratórios da Universidade Federal de Viçosa.

4.2.3.3. Caracterização física

Com relação aos parâmetros físicos foram selecionados os seguintes: teor de umidade, peso específico aparente (p), peso seco (há), massa dos grãos (pg), distribuição granulométrica, limites de consistência (limite de liquidez e limite de plasticidade), permeabilidade e estabilidade dos agregados.

Estes testes foram realizados para verificar possíveis influências físicas do solo no desenvolvimento da vegetação.

4.3. Vegetação

Para que se obtivesse um melhor controle sobre a qualidade das espécies vegetais utilizadas na pesquisa dos experimentos 1 e 2, foram realizados testes de germinação do lote de sementes em laboratório. O objetivo desse teste foi avaliar o vigor das sementes em relação a sua dormência, onde foram consideradas todas as sementes que, pela emergência da radícula e desenvolvimento das estruturas essenciais do seu embrião, demonstraram sua aptidão para produzir plantas sob condições favoráveis de campo.

Após 30 dias de implantação das sementes no campo, com objetivo de se conhecer a sua densidade populacional, foi avaliada a quantidade de indivíduos por área, coletando-se uma amostra de cada parcela. A avaliação foi realizada pelo método quadrante. Este método consiste no uso de um quadro de madeira de área igual a 1 m^2, que foi lançado na parcela de maneira aleatória (ALVARENGA, 1993). Posteriormente, procedeu-se a coleta da parte aérea das plantas, rente à superfície do solo, e sua separação em gramíneas e leguminosas.

Na cobertura vegetal consorciada (gramíneas + leguminosas), foi realizada a coleta da fitomassa da parte aérea por área após 1 e 12 meses de implantação do experimento. Até 90 dias de implantadas as espécies vegetais foram avaliadas visualmente :o seu crescimento, mortalidade e morfologia das raízes e da parte aérea.

4.4. Seleção das espécies vegetais

Em ambos os experimentos foi realizada uma revisão bibliográfica, verificando as características entre as espécies, eficiência de cobertura em quantidade e qualidade de fitomassa, ciclo de vida, hábito de crescimento, tolerância ao consórcio, resistência à seca, rusticidade, baixa tolerância quanto à fertilidade e disponibilidade de sementes no mercado.

Considerou-se também o princípio básico da técnica de revegetação de áreas degradadas como fator que poderá influenciar no sucesso da cobertura vegetal da área: o ambiente de semeadura, densidade de indivíduos e proteção das sementes.

As espécies foram selecionadas com o intuito de se testar um consorciamento que obtivesse uma producão de fitomassa seca. No experimento 2, foram as seguintes: *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria ruziziens*, *Calopogonium mucunoides*, *Cajanus cajan*, *Crotolaria brefiflora*, *Crotalaria juncea*, *Crotolaria ochroleuca*, *Melinis minutiflora*, *Stizolobium aterrimum*, *Panicum maximum*, *Canavalia ensiformis*, *Hyparrhenia rufa*, *Paspalum notatum*, *Lablab purpureus*, *Raphanus sativus*, *Pueraria phaseoloides*, *Avenas strigosa e Lolium multiflorum* .

A quantidade de sementes utilizada teve como referência inicial as dosagens recomendadas para formação de pastagem e os dados informais sobre a quantidade de semente utilizada em programas de revegetação de áreas degradadas, fato este que foi utilizado para que o número de espécies usadas no experimento 1, conduzido no *Campus* da UFV, fossem reduzidas. As espécies escolhidas foram : *Andropogon guayanus, Brachiaria brizantha, Brachiaria decumbens, Panicum maximus, Lolium multiflorum, Melinis minutiflora, Cajanus cajan, Calopogonium mucunoídes, Lablab purpureus, Stilozobim aterrinum.*

4.5. Tratamentos

Foram implantadas parcelas, representando com diferentes tipos de combinações de adubação, tipos de biomanta e misturas de espécies.

Os tratamentos foram implantados, senão em duplicatas, em triplicata, distribuídos em um delineamento inteiramente ao acaso, para toda a área de estudo. Este delineamento foi selecionado devido à alta variação das condições observadas anteriormente para a área da pesquisa.

4.5.1. Fertilização do substrato

4.5.1.1. Adubação orgânica

Com o intuito de utilizar a matéria-prima do próprio aterro para auxiliar na revegetação dos taludes, foi usado o composto orgânico produzido no pátio de compostagem do aterro sanitário da CTRS da BR-040.

Para a aplicação do composto no campo foi selecionada e preparada uma dosagem na proporção de 15 t/ha (NETO, 1996).

De acordo com os resultados obtidos, pode-se verificar que esse fertilizante no aspecto agronômico pode ser classificado como apropriado para ser incorporado ao substrato, caso alguns parâmetros estejam fora dos limites permitidos como a umidade, o pH e coliformes fecais.

A adubação química aplicada nas mantas vegetais de palha foi constituída por NPK na proporção de 4-14-8 $kg.ha^{-1}$, respectivamente, e fosfato natural [PO_4^-] na proporção de 500 $kg.ha^{-1}$, que, posteriormente, foram incorporados ao substrato. Devido à manifestação de deficiência de nitrogênio por algumas espécies ocasionada pela lixiviação e volatilização da uréia, foi realizada uma nova dosagem, após 90 dias de realização da semeadura. Essa dosagem constitui-se de L ia [$(NH_2)_2$ CO] na proporção de 250 $kg.ha^{-1}$.

A adubação aplicada para as mantas vegetativas foram em torno de 1.000 $kg.ha^{-1}$ de uma formulação básica de NPK 4-14-8 mais micronutrientes em uma única dosagem durante a confecção dos substratos que preenchem os sacos.

4.5.2. Manta vegetativa (sacos verdes)

Essa manta vegetal consiste em sacos de aniagem preenchidos com matéria orgânica, adubos químicos e sementes de gramíneas e leguminosas previamente escolhidas, cada saco de aniagem é preenchido com 9 dcm^3, de material dessa mistura.

4.5.3. Materiais geossintéticos

4.5.3.1. Tela Biotêxtil – 400 UP SÉRIE ARP-440 (BI)

Esse produto caracteriza-se por ser translúcido, flexível, constituído de fibras vegetais dilaceradas e desidratadas (palha agrícola), entrelaçadas juntamente com uma rede de polipropileno, por meio de costura longitudinal por processo industrial, com fios resistentes degradáveis de polipropileno, com espaçamento de 5 cm entre os fios e de 6 cm entre os pontos (FIG. 4.5.3.1.(1)) (PEREIRA, 2003).

Fonte: Pereira (2003).

Figura 4.5.3.1.(1) –

Biomanta com palha agrícola.

4.5.3.2. Tela Sintemax-400 TF (B2)

Esse produto é constituído em 100% por fibras de coco (FIG. 4.5.3.2.(1)), entrelaçadas e incorporadas em redes de polipropileno nos dois lados e uma terceira malha, com fio de polipropileno, com espaçamento de 5 cm entre os fios e de 6 cm entre os pontos, formando uma trama (PEREIRA, 2003).

Fonte: foto do autor.

Figura 4.5.3.2(1) –

Biomanta de fibra de coco.

4.5.3.3. Análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente aleatório, com três repetições. Os resultados obtidos foram submetidos às análises estatísticas básicas e testes paramétricos como de Kruskal & Wallis,(1952) e Wilcoxon,(1945). As análises foram realizadas utilizando-se o programa computacional específico das Universidades Federais de Minas Gerais e de Viçosa.

4.5.3.4. Implantação e preparação das parcelas no campo

O preparo do substrato tem por objetivo melhorar as suas condições superficiais e internas, visando a favorecer a germinação das sementes, o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Procedeu-se à limpeza e execução do coveamento, de maneira a facilitar a retenção dos insumos a serem aplicados, como fertilizantes e sementes. Logo após o preparo do solo, foi realizada a aplicação dos adubos químicos e orgânicos de forma manual e mais uniforme possível, em seguida, realizou-se a semeadura direta pelo método manual e a lanço.

O coveamento só foi realizado nos experimentos com mantas vegetais feitas a partir de um tecido não tecido de fibras vegetais e, ou, para o plantio em covas para se comparar com a manta vegetativa de sacos de aniagem

Tabela 4.5.3.4 (1) – Dados comparativos dos experimentos 1 e 2

Experimento / **Características**	**1**		**2(*)**			**Observações**
Técnica utilizada	**Sacos de aniagem**	**Covas**	**TNT Palhada**	**TNT Fibra de coco**	**Covas**	Sacos de aniagem foram preenchidos com sementes, fertilizantes e adubo orgânico. *Cobertura morta na forma de tnt com capim picado e/ou fibra de coco.
Número de espécies (Gramíneas e Leguminosas) (un.)	10	10	16	16	16	O experimento 1, com sacos de aniagem, foram feitos utilizando uma mistura com dez espécies.
Quantidade de sementes	12 g/m^2		-			
Quantidade de adubo (kg/ha) Nitrogênio Fósforo Potássio Cobre Zinco Borax Esterco orgânico Local do experimento Mão de obra m^2/h/dia Ataque de pragas	 50 kg/ha 220 kg/ha 60 kg/ha 12 kg/ha 12 kg/ha 7 kg/ha 20 kg/ha Viçosa, MG 100 Não		 20 + 112,5 kg/ha 10 kg/ha - - - - 20 kg/ha Belo Horizonte, MG 200 Sim			No experimentos 2, com tnt de fibra de coco e capim picado, foram utilizadas quatro espécies de gramíneas e quatro de leguminosas. No experimento 2 não houve aplicação de micronutrientes importantes para o crescimento celular, e uma dosagem excessiva de nitrogênio que acarreta eutrofização da água e do lençol freático. A adubação foi provavelmente o fator mais limitante na produção de fitomassa no experimento 2.
Produção de fitomassa Área seca (g/m^2)						Foram anotados apenas os experimentos com maiores produtividades e em covas para se ter melhor visualização. A duração do experimento ao que parece não afetou a produtividade (fitomassa seca), uma vez que no período de seca o acumulo de fitomassa é inexpressivo devido a ausência de chuvas e baixas temperaturas.
	10.400 g/m^2	2.492 g/m^2	540,65 g/m^2	667,38 g/m^2	43,61	
Durabilidade da técnica	120 dias		Até 360 dias			
Duração do experimento	6 meses		12 meses			

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização química do substrato

A caracterização química do solo objetivou avaliar a qualidade da cobertura final como substrato para a revegetação. São apresentados e discutidos individualmente os resultados de cada nutriente, referente à coleta inicial dos experimentos, com o objetivo de caracterizar os possíveis efeitos no sucesso da implantação da camada de cobertura vegetal.

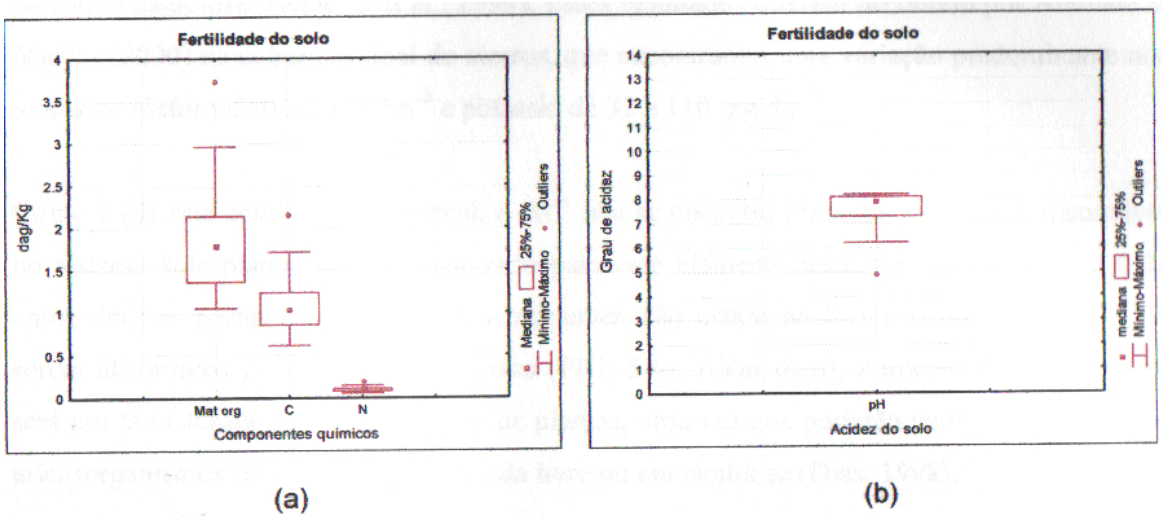
5.1.1. Fertilidade do solo

Algumas amostras do experimento 2 revelaram um caráter médio de qualidade orgânica, o que pode estar relacionado ao revolvimento do substrato com a passagem de máquinas durante a execução da cobertura final dos taludes e com isso, a presença de MO na superfície.

O tipo de substrato possui, no entanto, um caráter hostil em relação a esse teor, contribuindo assim para uma baixa disponibilidade de nutrientes, especialmente na solução dos solos. Entretanto, quando se compara o substrato da manta vegetal de sacos de aniagem apresentam alta soma de bases e elevada CTC, além de maiores teores de nutrientes, como fósforo, cálcio, magnésio e potássio. O pH estava em torno de 6,0, demonstrando condições mais favoráveis ao desenvolvimento das plantas.

O valor de pH é amplamente utilizado como um importante indicador da acidez do substrato para fins de revegetação. Nesse aspecto, a acidez ativa do substrato foi classificada como inadequada (6,2 – 8,2), ou seja, boa parte dos pontos coletados apresentou um pH alcalino (FIG. 5.1.1.(1)).

Em termos de nutrição de plantas a faixa ideal de variação é de 5,5 a 6,0 (DIAS, 1998). Como o pH está relacionado à disponibilidade de nutrientes, ele poderá apresentar problemas na disponibilidade de cálcio, magnésio, manganês e outros micronutrientes como zinco, ferro, cobre e boro (RIBEIRO, 1999).



Fonte: Magalhães (2005).

Figura 5.1.1.(1) –

Teores químicos do substrato: a) teores de MO; e b) variação de pH em água.

Para verificar a acidez potencial do substrato foram diagnosticados os teores de H+Al. Isso significa que o substrato tem efeitos deletérios relacionados à toxidez.

Os teores de fósforo no substrato são também muito influenciados pelos processos bioquímicos iniciais e a sua concentração no substrato avaliado pode ser classificado como baixo a muito baixo, considerando o teor de argila do substrato. A variação do teor de fósforo (< 1,0 – 8,40 $mg.dm^{-3}$) foi menor em comparação com a variação dos teores de potássio (37,0 – 266,0 $mg.dm^{-3}$).

Como o pH está acima do valor ideal, o Al^{+3} não se encontra precipitado, ou seja, disponível no sistema solo-planta, a maioria dos nutrientes não estará na forma solúvel, passíveis de serem absorvidos pelas raízes das plantas. Além disso, a toxicidade do alumínio seria um fator limitante ao crescimento de plantas, uma vez que poderiam também afetar vários microorganismos fixadores de N_2 em vida livre ou em simbiose (DIAS, 1998).

O grau de acidez ativa em (pH em H_2O) tem grande importância na qualidade do solo, uma vez que indica a disponibilidade de Ca, Mg, Mn e de outros nutrientes. Portanto, pela classificação agronômica, esse substrato se encontra com pH alto e muito alto (6,2 – 8,2).

5.1.2. Metais pesados

Com os resultados das análises de metais pesados nas diferentes profundidades de camadas de cobertura, para o elemento Cd, todas as amostras coletadas apresentaram concentrações inferiores às de um solo normal, inferiores a 0,06 $mg.kg^{-1}$. Para um solo ser considerado normal seus níveis de metais com faixa crítica de fitotoxidez de Cd, deve apresentar concentração mínima de 3,0 $mg.kg^{-1}$ (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 1984).

Verificou-se que os elementos Cd, Cr, Cu, Pb e Zn apresentaram teores totais inferiores aos limites permitidos pela União Europeia que, são em $mg.kg^{-1}$: 140 para Cu, 300 para Pb, 3 para Cd, 300 para Zn e 150 para Cr (CHAUDRI, 1993).

5.2. Caracterização física do substrato

5.2.1. **Teor de umidade**

Os solos de ambas as pesquisas apresentam baixo teor devido à alta evaporação, ocasionada pela grande exposição do solo e à ausência de cobertura vegetal adequada; associado a isso, a falta de uma cobertura morta.

5.2.2. Densidade do solo

Vários fatores podem limitar o crescimento das raízes de plantas na cobertura final de ADRSU, segundo Gill (1999). A densidade do substrato é uma propriedade do solo utilizada para mostrar as possíveis influências no crescimento de raízes das plantas. Raízes de plantas crescem bem em substrato que possui densidade de até 1,7 $g.cm^3$, e, pobremente, ou não crescem a densidades mais altas (NETO, 1995; DIAS, 1998).

Esses resultados indicam a possibilidade desse substrato ter problemas para o crescimento e desenvolvimento de raízes devido ao seu volume de macro poros.

5.2.3. Porosidade do solo

Essas condições de porosidade são bastante limitantes ao desenvolvimento radicular de plantas em geral, pela reduzida taxa de difusão de gases entre poros no

substrato e pela dificuldade de drenagem do excesso de água das chuvas (BERTOL, 2004).

5.2.4. Permeabilidade do solo

Em relação à permeabilidade do solo das camadas superficiais, os valores obtidos situaram-se na faixa de 10^{-3} a 10^{-5} cms^{-1}. Conforme Wutke (2003), um substrato com boas condições para a penetração de raízes apresenta uma permeabilidade média de 5×10^{-4} cms^{-1}.

5.2.5. Limite de liquidez e limite de plasticidade

Em ambos os experimentos o substrato, em relação a esse parâmetro, apresenta uma relativa resistência à erosão, apesar de ser arenoso. Isso foi verificado pela presença de erosão superficial e em sulcos na área da pesquisa, após períodos intensos de chuva.

Quanto à classificação desse substrato, conforme a ASTM (1992), pode-se verificar que, apresenta alta suscetibilidade à erosão, onde a maior parte das amostras (70%) apresentou uma classificação ML e SC (GRAY e SOTIR, 1995).

5.2.6. Estabilidade dos agregados

O resultado obtido confirma uma baixa agregação devido à dificuldade em formar torrões do substrato com o material analisado no campo.

5.3. Caracterização da vegetação

Durante o monitoramento da vegetação dos experimentos 1 e 2 houve uma discrepância quanto ao comportamento dos resultados obtidos por algumas variáveis de forma individual e, ou, interagida; isso se deve, provavelmente, às particularidades de cada estudo, envolvendo principalmente as características de cada espécie, o que seria a qualidade e a quantidade de sementes utilizadas, a adição de nutrientes no solo e também ao próprio ambiente onde foi implantada a pesquisa.

As diferenças quanto à produtividade de matéria seca das partes aéreas entre as técnicas utilizadas nos experimentos 1 e 2 não podem ser estatisticamente

comparadas, em virtude de serem técnicas distintas, realizadas em períodos de dez anos entre si e tempo de duração diferenciado. No entanto podem ser ilustradas qualitativamente e representadas graficamente (TAB. 6.2.(1)) e (FIG. 7A).

5.3.1. Germinação

De acordo com os testes realizados em laboratório para os diferentes vegetais, conseguiram emitir embrião naturalmente sendo apenas as gramíneas *B. humidícola*, *B. ruziziens* e *jaraguá que* não emitiram radícula normalmente.

As gramíneas *B. brizantha*, *B. decumbens*, meloso e colonião iniciaram a germinação após sete dias de incubação no germinador, resultando, portanto, em uma germinação baixa (< 10%).

Os maiores índices de germinação foram obtidos sob temperatura de 20 ºC, na presença de luz, para as sementes aveia-preta (80%), *C. brefiflora* (98%), *C. ochroleuca* (58%), feijão-guandu (85%), calopogônio (69%) e lablab (96%).

As sementes que se destacaram sob a temperatura de 30 ºC na presença de luz foram as de feijão de porco (51%), nabo-forrageiro (81%) e mucuna-preta (96%).

Na avaliação de germinação sob temperatura de 20 ºC e ausência de luz ,pôde-se observar que as sementes de pensacola e a puerária apresentaram resultados semelhantes. A espécie colonião obteve o menor rendimento.

Quanto ao crescimento inicial, dentro das condições climáticas da época em que foi realizada a semeadura direta, destacaram-se o feijão de porco, aveia-preta, mucuna-preta, feijão-guandu, *C. ochroleuca* e *C. juncea*, sobretudo, na velocidade inicial de crescimento, especialmente na emissão de parte aérea, oferecendo boa capacidade de adaptação ao substrato em um curto período de tempo.

Essas espécies vegetais apresentaram emergência em geral em um período de sete dias. As espécies também se destacaram pela uniformidade, devido à boa parte delas ser naturalmente de ambientes de temperaturas amenas além de alta tolerância a condição climática local.

Nascimento e Neto (1999) confirmam o grande vigor e a capacidade de proteção por parte da mucuna-preta, o que pode explicar a maior proteção exercida especialmente no início do ciclo. Além disso, essa espécie possui um estabelecimento mais rápido em comparação às outras leguminosas, como lablab e crotalárias.

As braquiárias, lablab, *C. brefiflora*, nabo-forrageiro e colonião apresentaram a emergência mais tardia e muito desuniforme. As demais espécies como calopogônio, pensacola e jaraguá apresentaram em campo, baixa germinação. Para essas espécies, as condições ambientais da área não foram muito favoráveis, além do baixo vigor da própria semente, como comprovado no teste de germinação em laboratório.

Um dos fatores que também observado no crescimento inicial das plantas foi a dificuldade em ultrapassar a tela vegetal. Essa dificuldade está não só relacionada à espessura e porosidade da tela como também à arquitetura da parte aérea da espécie (TAB. 5.3.1.(1)).

Tabela 5.3.1.(1) –

Resultados do comportamento das espécies aos 40 dias após a implantação: facilidade de atravessar a tela vegetal (FATV), crescimento inicial (CI)

Espécie Vegetal	**FATV**		**CI**
	Tipo de Tela Vegetal		
	Sintemax	**Biotêxtil**	
Aveia-preta	Sim	Sim	MR
Braquiaria sp	Sim	Sim	ML
Crotalaria sp	Sim	Sim	R
Feijão de porco	Não	Não	R
Feijão-guandu	Não	Sim	R
Lablab	Não	Sim	L
Mucuna-preta	Não	Sim	MR
Colonião	Sim	Sim	ML
Meloso	Sim	Sim	ML
Nabo-forrageiro	Não	Sim	L

Fonte: Magalhães (2005). ML: Muito lento;L: Lento; R: Rápido;MR: Muito rápido

As espécies que apresentaram alguma dificuldade em ultrapassar a tela foram as leguminosas, por possuírem uma arquitetura aberta e diâmetro foliar considerável. A tela vegetal que contribuiu para essa dificuldade de crescimento inicial foi a confeccionada com fibra de coco, devido, principalmente, à sua constituição de fibras de coco entrelaçadas e sua maior espessura em comparação à do tipo biotêxtil.

As braquiárias e o colonião, apesar de possuírem um crescimento inicial lento em comparação às leguminosas, conseguiram, após 90 dias, iniciar a formação da parte aérea e emitir raízes.

Ao longo do período de avaliação do crescimento, ou seja, após 90 dias, algumas espécies vegetais como mucuna-preta, lablab, nabo-forrageiro e feijão de porco foram muito sensíveis à compactação, não conseguindo estabelecer um bom sistema radicular nas camadas mais compactadas, o que aumentou a mortalidade dos indivíduos.

Após 90 dias, braquiárias e crotalárias situaram-se em posição intermediária, fixaram-se bem no substrato, em determinados locais,mas não conseguiram crescer normalmente, o que pode ser devido à não fixação de nutrientes e ao clima seco.

As espécies de crotalária até o quinto mês atingiram todos os estágios fenológicos.

Após um período de seis meses, algumas características morfológicas foram observadas no sistema radicular de algumas espécies vegetais mais sensíveis, como o engrossamento e desvio de crescimento da raiz primária que se tornava paralelo à superfície do solo (FIG. 5.3.1(1)).

Outras espécies como as braquiárias estavam apresentando perfilhamento e amarelecimento no seu limbo foliar o que levanta a hipótese de contaminação química do substrato.

Durante o estudo, feijão de porco, feijão-guandu e *C. ochroleuca* apresentaram nódulos em suas raízes. Esses nódulos são sinais de simbiose com microorganismos para melhor fixarem nitrogênio do ar. Nas demais espécies não foi observada nenhuma presença dessa simbiose.

Fonte: Magalhães (2005).

Figura 5.3.1(1) –

Caracterização inicial fisiológica das espécies vegetais: a) engrossamento e crescimento lateral da raiz primária do nabo-forrageiro; b) amarelecimento foliar de braquiária; e c) presenças de rizóbio em raiz de feijão-guandu.

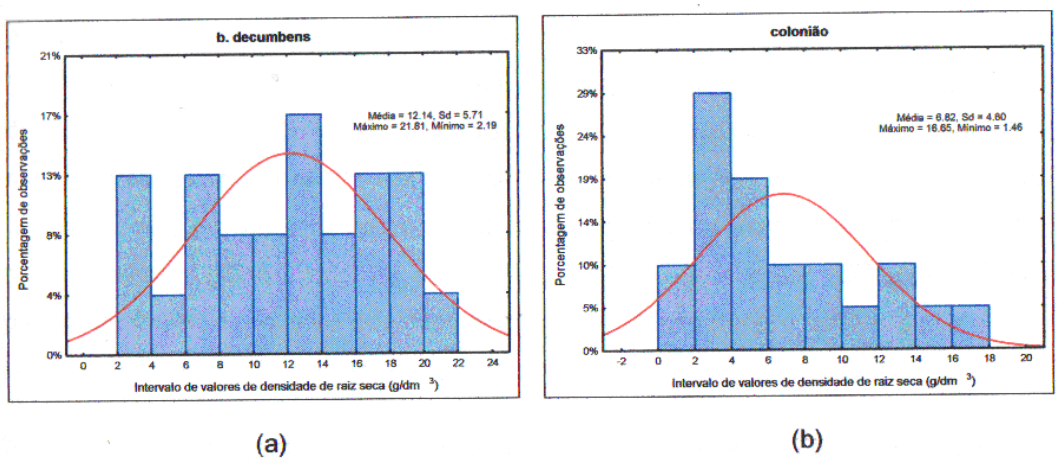
Entre as espécies de crotalárias, a *C. juncea* obteve maior valor, embora sua ramificação tenha se apresentado bastante superficial, ou seja, profundidade inferior a 20 cm (FIG. 5.3.1.(2)).

Quanto às braquiárias, a espécie com maior desenvolvimento de raiz foi *B. decumbens.*

Fonte: Magalhães (2005).

Figura 5.3.1.(2) –

Aspecto geral da densidade de raiz: a) raízes de *B. decumbens*; e b) raízes de feijão-guandu.



Fonte: Magalhães (2005).

Figura 5.3.1.(3) –

Histograma dos teores de fitomassa seca: a) densidade de raiz de *B. decumbens;* e b) colonião.

O colonião embora tenha desenvolvido bem em comprimento da parte aérea, na emissão de raízes não ofereceu muita qualidade em comparação com as demais gramíneas, com *B. ruziziens*, *B. humidicola* e *B. brizantha*..

Segundo Santiago *et al*. (1998), estudando a densidade de 0-20 cm do solo, das espécies gramíneas *B. humidicola*, *B. decumbens*, *B. brizantha*, jaraguá, meloso e colonião, a espécie que mais se destacou foi o colonião(FIG.5.3.1(1)).

As espécies de feijão de porco e *C. brefiflora*, apesar de suas raízes superficiais, a parte aérea manteve-se vigorosa, revelando, assim, sua alta resistência às condições locais.

As demais espécies, como lablab, meloso, mucuna-preta e nabo-forrageiro, apresentaram alta mortalidade, os indivíduos restantes dessas espécies revelaram raízes superficiais e parte aérea desidratada.

Quanto à emissão de flores e frutos, as espécies que se destacaram foram: *C. juncea*, *C. ochroleuca*, feijão-guandu, lablab, feijão de porco e aveia-preta. De acordo com Garcia (2002), todas elas, após cinco meses de implantação, conseguiram completar todo o seu ciclo de vida, independentemente das condições

climáticas. Para as demais espécies como *C. brefiflora*, mucuna-preta e nabo-forrageiro, somente após um período de seis meses conseguiram emitir flores e frutos, porém, com baixa produtividade. A mucuna-preta e o feijão de porco já haviam perdido grande parte de suas folhas, ressaltando-se que poucas plantas produziam frutos.

5.3.2. Densidade populacional, produção de matéria fresca e seca da parte aérea da planta

O nabo-forrageiro se caracteriza pela eficiência na ciclagem de N do solo, apresentando elevado potencial de fornecimento de N, embora seus resíduos culturais sejam rapidamente decompostos e, portanto, pouco eficientes no que concerne à proteção do solo contra os agentes erosivos (AITA *et al*., 2001).

A variação comportamental dos indivíduos da família *Gramineae*, tanto no processo de colonização do terreno desnudo, como no seu estabelecimento perene, pode constituir-se como indicador natural de evolução dos processos pedogenéticos na construção de solos em áreas de empréstimo (REINERT, 1998).

A produção de matéria seca dos vegetais depende da eficiência fotossintética, e essa é determinada pela espécie, temperatura, suprimento de água e nutrientes, radiação solar e práticas de manejo (GUERRA *et al*., 1999). O tipo de solo e clima são os fatores mais determinantes na distribuição e produção de plantas, as espécies forrageiras adaptam-se a diversas situações (EINLOFT *et al.*, 2000).

5.3.3. Taxa de cobertura vegetal

O estudo do arranjo populacional dessas plantas, visando ao seu estabelecimento, requer maior atenção durante a fase do tempo necessária para atingir 50% de cobertura, e não até o período para a plena cobertura do terreno (PERIN *et al*., 2004).

Uma cobertura do solo equivalente a 60% da área promove uma redução em torno de 80% nas perdas do solo por erosão, em relação ao solo descoberto.

Os resultados mostraram que o tempo necessário para a completa cobertura da área pelas espécies avaliadas foi pouco expressivo. Entretanto, diferenças marcantes ocorreram na fase inicial de estabelecimento para ambas as espécies, considerando

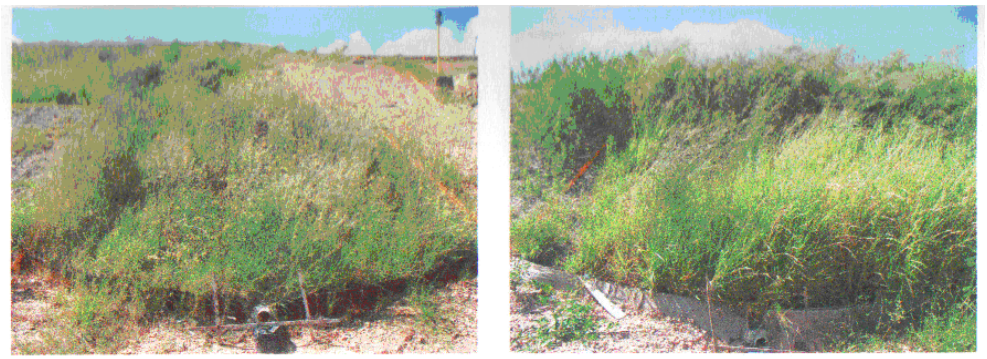
a fase crítica quanto à competição de nutrientes e suscetibilidade à erosão, uma vez que, durante a fase inicial de crescimento, ocorreram fortes eventos pluviométricos.

Em relação aos consórcios de gramíneas e leguminosas, Giacomini *et al*. (2003) concluíram em seu trabalho que a densidade da semeadura, a disponibilidade de nutriente no sistema solo-planta e qualidade das sementes utilizadas podem influir na produção de cada espécie.

Bragagnolo e Mielniczuk (1990) observaram que algumas sequências de culturas, apesar dos elevados valores de matéria seca residual, apresentaram baixos índices de coberturas do solo, em face da constituição lenhosa dos resíduos. Essas características são conferidas pelas espécies de *C. ochroleuca* e *C. brefiflora*.

5.4. Perda de solo

A alta inclinação dos taludes nos experimentos 1 e 2 foi um fator que influenciou fortemente as perdas de solo para este tipo de ambiente, aliado às precipitações pluviométricas. Pôde-se observar a eficiência das biomantas na proteção das sementes pelos impactos das gotas de chuva e possíveis carreamentos, o que pode ser observado nas FIG. 5.4(1) e FIG. 5.4(2), nas parcelas que receberam biomanta e nas que não as receberam, respectivamente.



Fonte: Magalhães (2005).

Figura 5.4.(1) –

Aspecto geral da taxa de recobrimento: a) recobrimento com manta biotêxtil – palhada; e b) recobrimento com manta sintemax – fibra de coco.

(a) (b)

Fonte: Magalhães (2005).

Figura 5.4.(2) –

Aspecto geral das erosões em sulcos das parcelas: a) ausência de manta vegetal – ASB; e b) ausência de manta e semente – AP.

O uso da capina manual, com o solo em alta umidade, para preparo do substrato, pode ter sido um fator que influenciou bastante o carreamento inicial de sementes.

Nos aspectos de erodibilidade (fator K) esse substrato pôde ser classificado como um solo de média erodibilidade (CARVALHO, 1994, *apud* SILVA *et al*., 2004).

Segundo Cogo *et al*. (2003), um solo com índice muito baixo de erodibilidade possui por consequência uma alta resistência à erosão hídrica. Porém, esse solo, por estar bastante compactado, diminui consideravelmente essa resistência.

As perdas de sedimentos nos tratamentos que continham os sacos de aniagem são visivelmente inferiores àqueles que continham qualquer outro tipo de manta vegetal, muito inferiores aos demais tratamentos, explicada pelo fato de que o tecido do saco de aniagem e a matéria orgânica contida neles dissipam a energia cinética das gotas de chuva sobre a quase totalidade da superfície do substrato, diminuindo a desagregação das partículas e, consequentemente, a concentração de sedimento na enxurrada.

5.5. Efeitos deletérios observados na revegetação – experimento 2

No início do crescimento das plantas houve o ataque da praga *Spodoptera frugiperda* (lagarta do cartucho), cujos hospedeiros principais são a cultura da aveia

e a cultura do milho, porém possui o hábito alimentar bem diversificado, alimentando-se de diferentes hospedeiros com preferências por plantas da família *Gramineae* (CRUZ, 1995). Foi identificada a praga na sua fase larval localizada no caule das espécies de feijão de porco, mucuna-preta e aveia-preta (FIG.5.5.(1)).

(a) (b) (c)

Fonte: Magalhães (2005).

Figura 5.5.(1) –

Caracterização da principal praga e hospedeiro: a) estágio larval da lagarta do cartucho; b) desfolhamento no feijão de porco, após 35 dias de implantação; e c) estágio adulto da lagarta do cartucho.

A porcentagem de invasoras incrementa-se a partir da instalação das culturas de gramíneas que facilitam o sombreamento e a umidade do solo, uma vez que a insolação é o principal fator de impedimento da instalação de algumas plantas.

5.6. Estimativa de custos

Com relação aos custos, observou-se que a variação de custo para algumas técnicas foi bastante significativa, devendo-se ressaltar que os maiores valores referem-se aos tratamentos com utilização da manta vegetal tipo Tnt de fibra de coco.

Deve-se destacar que os tratamentos utilizando a técnica dos sacos de aniagem, experimento 1, e fibras de palhada, experimento 2, apresentaram uma relação custo/benefício alta, pois a taxa de cobertura observada nas parcelas alcançou valores entre 60 e 100% de cobertura, sendo que a técnica dos sacos de aniagem apresenta custos mais baixos, em torno de 10 a 20%, quando comparados com as telas utilizadas nos tratamentos com manta de palhada e Tnt de fibra de coco.

Nos tratamentos com ausência de mantas vegetais, embora tenha um baixo custo de implantação para as condições ambientais do experimento 2, a alta taxa de cobertura vegetal não foi possível, o que foi plenamente realizável, tendo relativo sucesso no caso do experimento 1, com a utilização de sacos de aniagem.

6. CONCLUSÕES

6.1. Caracterização do substrato

As caracterizações físicas e químicas do substrato da área estudada permitiram um correto procedimento de classificação e correção da camada de cobertura final, possibilitando o desenvolvimento de programas de revegetação dessas áreas e contribuindo para a minimização dos impactos ambientais.

A adubação recomendada permitiu o crescimento satisfatório das espécies testadas no experimento 2, entretanto, a aplicação de fosfatos naturais pouco solúveis em água e solúveis em acido cítrico, quando em solos de baixa acidez e altos teores de Al_3^+, impediram a disponibilidade de P para a vegetação; o que não foi observado no experimento 1.

Com referência à adubação aplicada nos trabalhos do experimento 2, a adubação com formulação NPK 4-14-8 apresentou fornecimento abaixo do nível recomendado para solos degradados. Não obstante ocorreu a aplicação de uma fonte não solúvel de fósforo e aplicação excessiva de ureia, como adubação de cobertura, muito além do adequado para plantas forrageiras, podendo acarretar perda de nitrogênio e aumento de custos e uma eutrofização do lençol freático.

Em relação à análise de fertilidade do substrato nos experimentos 1 e 2 observou-se que o material apresentou um caráter heterogêneo.

No experimento 2, o substrato apresentou um baixo teor de matéria orgânica, com exceção de algumas amostras. Os teores de macro nutrientes, como K, Ca_2^+ e Mg_2^+, foram bons, com exceção do P, uma vez que o P pode ter sido imobilizado na forma de fosfato de cálcio devido à utilização de resíduos de construção civil com grande quantidade de matérias cársticos. O teor de Al_3^+ foi muito baixo, o que pode comprometer a disponibilidade dos demais nutrientes. Essa baixa disponibilidade pode ter sido causada também pela utilização inadequada de fosfatos naturais.

Os metais pesados avaliados (Cd, Cr, Cu, Ni, Zn e Hg) não apresentaram concentrações tóxicas, uma vez que as plantas não demonstraram sinais de toxidez. Outra característica observada para os metais pesados foi a relação diretamente

proporcional da concentração no substrato com a profundidade de coleta das amostras.

6.2. Caracterização da vegetação

As leguminosas como lablab, *C. brefiflora*, feijão-guandu, calopogônio, nabo-forrageiro e mucuna-preta apresentaram maiores taxas e menor tempo de germinação em laboratório, quando comparadas às gramíneas. Entre as gramíneas as que melhor se destacaram foram aveia-preta e pensacola.

No crescimento inicial em campo, destacaram-se o feijão de porco, aveia-preta, mucuna-preta, feijão-guandu, *C. ochroleuca*, *C. juncea*. As espécies de braquiárias, lablab, *C. brefiflora*, nabo-forrageiro e colonião apresentaram a emergência mais tardia e muito desuniforme, fato constatado em observações em campo. As espécies como calopogônio, pensacola e jaraguá apresentaram baixa germinação.

Para as espécies feijão de porco, feijão-guandu, lablab, mucuna-preta e nabo-forrageiro não é recomendado o uso da manta do tipo tecido não tecido usado no experimento 2, pela dificuldade observada em campo que essas espécies apresentaram em ultrapassar a manta vegetal composta de fibras vegetais.

As espécies mucuna-preta, lablab, nabo-forrageiro e feijão de porco foram muito sensíveis à compactação. As braquiárias situaram-se em posição intermediária.

O feijão de porco, feijão-guandu, e c. ochroleuca apresentaram em suas raízes microorganismos simbiontes, sugerindo a adequabilidade dessas espécies ao ambiente estudado.

As espécies leguminosas que se destacaram em densidade de raiz foram o feijão-guandu e a *C. juncea,* quanto às gramíneas têm-se a *B. decumbens*, *B. humidicola* e *B. brizantha*. A espécie colonião não atingiu alta densidade de raiz.

Para as parcelas que utilizaram manta vegetal de sacos de aniagem, as espécies vegetais, a produção de fitomassa da parte aérea das leguminosas foi superior à produção das espécies gramíneas. As espécies colonião e feijão-guandu se destacaram como as de maior potencial para a revegetação de cobertura final.

Na fase inicial, a mucuna-preta e feijão-guandu obtiveram os melhores resultados em acúmulo de fitomassa seca na parte aérea. As espécies lablab, feijão de porco e crotalárias obtiveram resultados intermediários (TAB. 6.2.(1)).

Tabela 6.2.(1) –

Resultados do comportamento das espécies aos 40 dias após a implantação: acúmulo inicial de fitomassa seca na parte aérea(AIFA)

Espécie Vegetal	AIFA (g.ind^{-1})
Aveia-preta	78,55
Braquiaria sp	7,09
Crotalaria sp	47,66
Feijão de porco	45,67
Feijão-guandu	80,09
Lablab	58,03
Mucuna-preta	83,05
Colonião	7,43
Meloso	7,83
Nabo-forrageiro	26,02

Fonte: Magalhães (2005).

Os trabalhos conduzidos com os sacos de aniagem produzem uma perfeita cobertura vegetal, com alta produção de raízes e fitomassa com rapidez e com maior produção em curto intervalo de tempo, protegendo a talude de erosão e uma proteção relativa quando realizados em covas.

Quando comparados os trabalhos sem aplicação de sacos de aniagem (covas) e ausência de manta vegetal, através das adubações e recomendações com a ausência de sacos de aniagem apresentam os melhores e resultados .

6.3. Perda de solo

Tanto no experimento 1 como no experimento 2 os substratos estudados apresentaram um alto índice de erodibilidade e baixa resistência à erosão.

Os tratamentos que utilizaram os sacos de aniagem e biomanta, experimento 1 e 2, respectivamente, é que reduziram consideravelmente a perda de sedimentos.

Entretanto, naqueles onde se utilizou a tela do tipo Tnt de coco, a sua densidade de fibras dificultou o crescimento de algumas espécies vegetais.

O maior teor de perda de sedimentos deu-se nos tratamentos na área testemunho, uma vez que os trabalhos conduzidos com o plantio em covas produziram resultados mais satisfatórios que os conduzidos no aterro sanitário de Belo Horizonte, mesmo observando o aparecimento de erosão em sulcos.

Nos tratamentos que receberam a tela vegetal do tipo palhada, na perda de substrato, houve uma boa incorporação superficial de resíduos orgânicos ao substrato. No entanto, sua eficiência em reter sedimentos foi inferior à manta do tipo Tnt de coco.

As mantas do tipo Tnt ,por serem confeccionadas a partir de fibras de coco, possuem elevada relação C/N, o que impede a sua oxidação e decomposição, impedindo não somente o crescimento inicial de algumas sementes como também a colonização por sementes que são conduzidas pelo vento.

Um acréscimo na diminuição na perda de solo está diretamente proporcional ao aumento na exposição desse com mantas vegetais, que diminui o poder de emergência das plantas, ou seja, menor número de plantas por metro quadrado.

Para evitar a redução de plantas por metro quadrado, seria recomendável a utilização de uma manta de aniagem ou sisal do tipo sacos de batatas de 0,5 cm de malha, desfiados em espaçamentos de 5 a 10 cm entre linhas e plantas.

6.4. Efeitos deletérios

Os principais efeitos deletérios observados durante o experimento 2 foram o ataque de insetos (*Spodoptera frugiperda*) no início do crescimento das plantas, e no final ácaros brancos e *Atta laevigatta* (saúva da mata).

Einloft (1997) em seus trabalhos não observou a presença da lagarta do cartucho, sendo assim através dessa observação prévia, foi possível a substituição das espécies de aveias, principal vetor da referida lagarta.

6.5. Sugestão de critérios de implantação das camadas de cobertura final

6.5.1. Construção da camada de cobertura final experimento 2

A camada superficial (*topsoil*) deve ser preparada para o estabelecimento de espécies vegetais. A espessura da camada vai variar com o tipo de espécie vegetal, ou seja, se forem espécies gramíneas, implantar espessura mínima de 50 cm, se espécies leguminosas herbáceas, espessura de 60 cm e leguminosas arbustivas, espessura 80 cm.

A camada de proteção deve ser aquela que impeça a exposição do solo a resíduos e às intempéries e o seu contato com sistema de raízes da vegetação.

6.5.2. Revegetação da camada de cobertura final

Com base nos resultados obtidos, pode-se verificar que as espécies de aveia-preta, calopogônio, pensacola, jaraguá e puerária não são indicadas para utilização em trabalhos de revegetação. Leguminosas como: feijão-guandu, *C. ochroleuca*, *C. juncea* e *C. brefiflora* são importantes para serem utilizadas no enriquecimento e recobrimento de áreas degradadas. As espécies *B. decumbens*, *B. humidicola*, *B. ruzizens* e colonião são indicadas tanto para recobrimento destes substratos quanto para o controle de erosão.

Leguminosas como calopogônio, pensacola, poderiam ser usadas desde que fossem escarificadas ou pré-germinadas e semeadas antes da aplicação em revegetação.

As espécies como *C. juncea*, *C. ochroleuca*, *C. brefiflora*, colonião, meloso, *B. humidicola*, *B. decumbens*, *B. ruziziens* e *B. brizantha* são indicadas para serem utilizadas em consórcios com as duas biomantas utilizadas na pesquisa do experimento 2.

Os principais tratamentos experimentais recomendados para maior recobrimento e acúmulo de fitomassa em talude são a técnica dos sacos de aniagem e a manta vegetal com fibras de palhada, que se caracterizam pelo uso da manta biotêxtil. Quanto às espécies recomenda-se: *B. humidicola*, *B. brizantha*, colonião, mucuna-preta, *C. brefiflora* e feijão de porco.

7. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419**: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1992.

AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C.N.; DA ROS, C. O. C. Plantas de cobertura de solo como fontes de nitrogênio ao milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo,* v. 25, p. 157-165, 2001.

ALVARENGA, R. C. *Potencialidades de adubos verdes para conservação e recuperação de solos*. 1993. 112 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

ALVARENGA, R. C.; SANS, L. M. A; MARQUES, J. J. G. S. M.; CURY, N. *Índices de agressividade da chuva, perdas de solo e fator erodibilidade para dois solos da região de Sete Lagoas.* Sete Lagoas: Embrapa, 1998, n. 28, 2003 (folheto)

AMABILE, R. F.; FANCELLE, A. L.; CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura de resíduos e espaçamentos na região dos cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira,* v. 35, 2000. 285 p.

ASTM. *Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock*. D 2216, American Society for Testing and Materials, 1992. 4 p.

BARTH, R. C. Avaliação da recuperação de áreas mineradas no Brasil. *Boletim Técnico 1*. Viçosa, MG: SIF, 1989.

BERTOL, L.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JÚNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, n. 1, 2004.

BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. Piracicaba, SP: Livroceres, 1985. 368 p.

BERTONI, J. e NETO, F. L. *Conservação do solo.* 1. ed. São Paulo: Ícone, 1990. 335 p.

BRAGA, J. M.; NOVAIS, R. F.; DEFELIPO, B. V.; BARROS, L. G.; COUTINHO, M.; REIS, M. S.; BARROS, N. Contribuição ao estudo do fosforito de Abaeté como fonte de fósforo para a fertilização do solo. *Revista Seiva*, n. 31, v. 72, 46-57, 1971.

BRAGAGNOLO, N. e MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo***,** Campinas, v. 4, p. 91-98, 1990.

CAMPANEZZI, A. A. *Espécies pioneiras para recuperação de áreas degradadas:* a observação de laboratórios naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, Campos do Jordão, 1990. *Anais...* São Paulo: SBS, 1990.

CASTRO, J. P. C. Reabilitação de áreas degradadas: aspectos gerais. In: *Recuperação de áreas degradadas.* 1. ed. Viçosa, MG: UFV, 1998. 251 p.

CHAUDRI, A. M; MACGRATH, S. P.; GILLER, K. E.; RIETZE, E.; SANERBECK, D. R. Enumeration of indigenous *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolli*.: in soil previously treated with metal contamined sewage sludge. Soil Biol. Biochem., v. 25, p. 301-309, 1993.

COELHO, A. T.; GALVÃO, T. C. B.; PEREIRA, A. R. The effects of vegetative cover in the erosion prevention of a road slope. *Environmental Management and Health*, v. 12, n. 1, 2001.

COELHO, A. T. *Avaliação de efeitos do recobrimento orgânico nos processos erosivos laminares em talude de corte rodoviário na região de Ribeirão das Neves, MG.* 1999. 170 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Recursos Hídricos e Meio Ambiente) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999.

COGO, N. P.; LENIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p. 743-753, 2003.

COPPIN, R. e RICHARD, T. *Use of vegetation in civil engineering*. Sevenoals. Kent: Butterworts: 1990. 305 p.

COSTA, M. M.; EINLOFT, R.; SOUZA, M. G.; GRIFFITH, J. J. Revegetação de taludes usando sacos de aniagem. Metodologia de implantação e análise ergonômica. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE RECUPERAÇÃO DE AREAS DEGRADADAS, 1997. Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto: SOBRADE, 1997.

CRUZ, I. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. *Circular Técnica*. EMBRAPA/ CNPMS. Sete Lagoas-MG, 1995. 45 p.

D'AGOSTINI, L. R. *Erosão:* o problema mais que o processo. Florianópolis: UFSC, 1999. 131 p.

DIAS, L. E. Caracterização de substratos para fins de recuperação de áreas degradadas. In: *Recuperação de áreas degradadas*. 1. ed., Viçosa: UFV, 1998. 251 p.

EINLOFT, R. *Crescimento de gramíneas e leguminosas em substrato rico em manganês proveniente de área de empréstimo*. 1996. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

EINLOFT, R.; SOUZA, M. G.; COSTA, M. M.; GRIFFITH, J. J. Seleção de gramíneas e leguminosas utilizadas para revegetação de taludes em sacos de aniagem e plantio em covas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1997. Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto: SOBRADE, 1997.

EINLOFT, R.; OZÓRIO, T. F.; SILVA JÚNIOR, W. N. Técnica de revegetação para recuperação de áreas degradadas. *Revista Ação Ambiental.* Viçosa, ano 2, n. 10, p. 19-20, 2000.

FRANCO, A. A recuperação de áreas degradadas. In: *Anais*. I ENCONTRO PARA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA: GESTÃO MUNICIPAL. Viçosa, 1997. 488 p.

FURTINI NETO, A. E.; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N.; MOREIRA, F. M. S. Fertilização em reflorestamento com espécies nativas. In: GONÇALVES; BENEDETTI, V. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 351-383.

GARCIA, L. F. Introdução e avaliação de leguminosas para adubação verde em solos arenosos de tabuleiros costeiros do Piauí. *Revista Faculdade de Agronomia*, Parnaíba, v. 28, p. 93-103, 2002.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em mistura de plantas de cobertura de solo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, n. 27, p. 325-334, 2003.

GILL, M.; HAUSER, V. L.; HORIN, J. D.; WEAND, B.; CASAGRANDE, D. J. Landfill remediation project manager's handbook. McLean, Virginia: Air Force Center for Environmental Excellence. *Mitretek Systems Center for Science and Technology*, 1999. 148 p.

GRAY, R. e SOTIR, R. B. *Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization:* a practical guide for erosion control. Canadá, 1995. 378 p.

GRIFFITH, J. J. Recuperação conservacionista de superfícies mineradas. *Boletim Técnico 2*. Viçosa, MG: SIF, 1980. 18 p.

GRIFFITH, J. J. *Estética de recuperação de áreas mineradas. Viçosa: Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa*. 1991. 35 p. (apostila para curso sobre recuperação de áreas mineradas, Dep. de Engenharia Florestal/centro acadêmico. Seminário Técnico florestal, maio de 1992).

GRIFFITH, J. J.; DIAS, L. E.; JUCKSCH, J. Novas estratégias ecológicas para revê-getação de áreas degradadas no Brasil. In: SIMPÓSIO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1994, Curitiba. *Anais...* Curitiba: FUPEF, p.31-34,1994

GUERRA, A. J.; SILVA, A. S.; BOTELHO. *Erosão e conservação dos solos:* conceitos, temas e aplicações. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). *Manual de gerenciamento integrado.* Lixo Municipal. 2. ed. 2000. 370 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). *Orientações para o controle à erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe, Paranapanema, São Paulo*, 6 v. (IPT, Relatório, n. 24, p. 739, 1986).

KABATA-PENDIAS, A. e PENDIAS, H. *Trace elements in soils and plants*. Boca Raton: CRC Press, 1984. 315 p.

KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A.; CARPANEZZI, A. A. Implantação de matas ciliares: estratégias para auxiliar a sucessão secundária. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, São Paulo, 1989. *Anais...* Campinas: Fundação Cargil, 1989. p. 130-143.

KRUSCAL, W. H. e WALLIS, W. A. *Use of ranks in one-criterion variance analysis*. J. Am. Stat. Assoc, v.47,pg. 583 – 621,1952.

LOBATO, E. e RITCHEY, K. D. Manejo do solo visando melhorar o aproveitamento da água. In: MARCHETTI, D. e MACHADO, A. D. (Coord.). SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5., 1979. Brasília-DF. *Anais...* Brasília, DF, 1980. p. 643-671.

LOPES, P. R.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. *Revista Brasileira de Ciências do Solo,* n.11, p. 71-75, 1987.

MACAGNAN, V. L. *Variação da cobertura vegetal e seus reflexos na erosão superficial*. 1990. 157 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Faculdades de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 1990.

MAGALHAES, A. F. *Avaliação do desempenho de técnicas de bioengenharia na proteção e conservação da cobertura final de taludes em aterros de disposição de resíduos sólidos urbanos: Estudo de caso para o aterro sanitário de Belo Horizonte*. 2005. 169 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Recursos Hídricos e Meio Ambiente) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

MALAVOLTA, E.; PEIXE, C. A.; RUIVO, F. P.; CARVALHO, J. G.; GUIMARÃES, P. G.; VITTI, G. C. *Aproveitamento de um fosfato natural parcialmente solubilizado pela cultura da cana-de-açúcar*. 1 – Cana-planta. Trabalho no prelo dos Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, v. 39, 1982.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; GRISI, B. M.; HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. *Microorganismos e processos biológicos do solo:* Perspectiva ambiental. 1. ed. Brasília: EMBRAPA-CNPPAF, 1994. 142 p.

MOREIRA, F. M. S. e SIQUEIRA, O. S. *Microbiologia e bioquímica do solo.* 1. ed. Lavras: UFLA, 2002. 626 p.

MORGAN, R. P. C. e RICKSON, R. J. *Slope stabilization and erosion control:* a bioengineering approach. Silsoe College, Crafield University, UK. London: Chapman e Hall, 1995. 274 p.

MUNSHOWER, F. F. *Practical handbook of disturbed land revegetation*. New York: CRC Press, 1994. 265 p.

MUNSON, R. D. Potassium, calcium and magnesium in the tropics and subtropics. Technical bulletin T-23. International Fertilizer Development Center (IFDC), 1982. p. 62.

NASCIMENTO, P. C. e NETO, F. L. Razão de perdas de solo sob cultivo de três leguminosas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 23, p. 121-125, 1999.

NETO, J. A. M. *Avaliação do uso de forrageiras e de adubações na recuperação de propriedades químicas e físicas de um solo degradado pela mineração do xisto*. Curitiba: UFP, 1995. 83 p.

NETO, J. T. P. *Manual de compostagem.* 1. ed. Viçosa: UFV, 1996. 56 p.

PEREIRA, A. R. *Curso sobre a erosão e controle de sedimentos*: especificações técnicas e guias de instalação. Belo Horizonte, 2003.19 p. (Folheto).

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G.; ZONTA, E. Cobertura do solo e estoque de nutrientes de duas leguminosas perenes, considerando espaçamentos e densidade de plantio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, n. 1, 2004.

PIMM, S. L. Community stability and structure. In: SOULÉ, M. E. (Ed.). *Conservation ecology*: The science of scarcity and diversity. Massachusetts Biology, 1986. 584p.

PUPO, N. I. H. *Manual de pastagens e forrageiras*. Instituto Campineiro, Campinas, 1979. 367 p.

REINERT, D. J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris. In: *Recuperação de áreas degradadas*. 1. ed., Viçosa: UFV, 1998. p. 163-176.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; V. ALVAREZ, V. H. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação*. Viçosa-MG, 1999. 359 p.

RODRIGUES, R. R. e GANDOLFI, S. Restauração de Florestas Tropicais: Subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento, In: DIAS, L. E. e MELLO, J. V. (Ed.) *Recuperação de áreas degradadas*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. p. 204-215

RODRIGUES, R. R. e GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R. e LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.) *Matas ciliares* (conservação e recuperação). São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2000. p. 235-247.

SANTIAGO, R. D.; SILVA, I. de F. da; ANDRADE, A. P. Agregação do solo: efeito de diferentes gramíneas na sua formação e estabilização. In: XII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA: AGRICULTURA E SUSTENTABILIDADE NO SEMI-ÁRIDO *(Resumos expandidos)*. SBCS – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998. p. 474-485

SCHEID, A. L. *Solos sob "cerrado"* – características, propriedades e manejo. 2. ed., Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 162 p.

SHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N.; MAIA, M. S. Vigor de semente e análise de crescimento de aveia-preta. *Revista Scientia Agrícola,* Pelotas, v. 57, n. 2, p. 305-312, 2000.

SILVA, A. L. O. *Uso de sacos de aniagem para revegetação de taludes na Ferteco Mineração S.A*. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 1993. 8 p. (Informativo SIF, 1).

SILVA, I. F. e MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 21, p. 113-117, 1997.

SILVA, F. C. *Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes*. Brasília-DF: Embrapa Solos, 1999. 370 p.

SILVA, F. C.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. *Erosão e hidrossedimentologia em bacia hidrográficas.* São Carlos: Ed. RiMa, 2004.

SIQUEIRA, J. O. e FRANCO, A. A. *Bioetecnologia do solo:* fundamentos e perspectivas. 1. ed. Brasília: FAEPE-ABEAS, 1998. 235 p.

SMLU. 2003. *Relatório mensal do aterro sanitário de Belo Horizonte*. Dezembro 2003. 10 p.

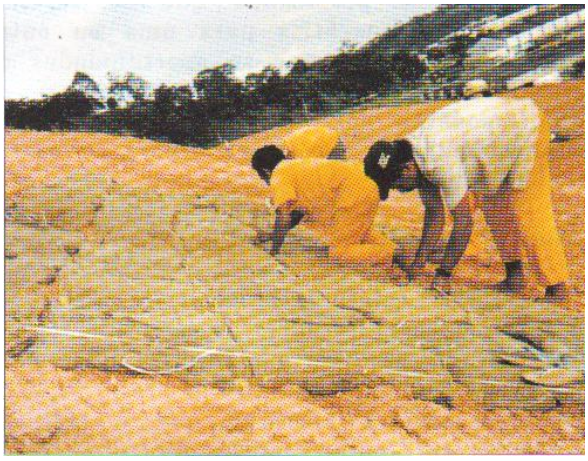
SOUZA, Caetano Marciano. *Prevenção da erosão do solo e seus efeitos*. Brasília: SENAR, 2003. 67 p.

WILCOXON, F. *Individual comparisons by ranking methods*. Biometrics Bull. V.1, pg. 80 – 83,1945.

WUTKE, E. B.; VILA, J. C.; PEREIRA, N. A.; AMBROSANO, G. M. B. Sucessão de culturas aumenta rendimento do feijoeiro irrigado no Nordeste paulista. Campinas, n. 55, 2003. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/OAgronomico/55//paginas 10a13.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2003.

WISCHMEIER, W. H. e SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. *Agricultural Handbook*,537, washington: USDA, 1978.58p

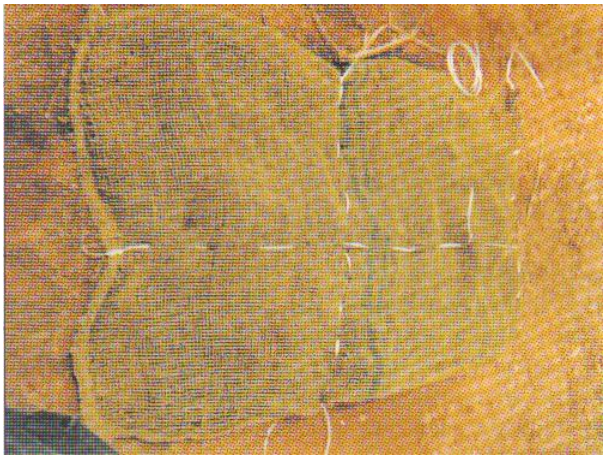
8. ANEXOS



Fonte: Costa *et al.* (1997).

Figura 1A –

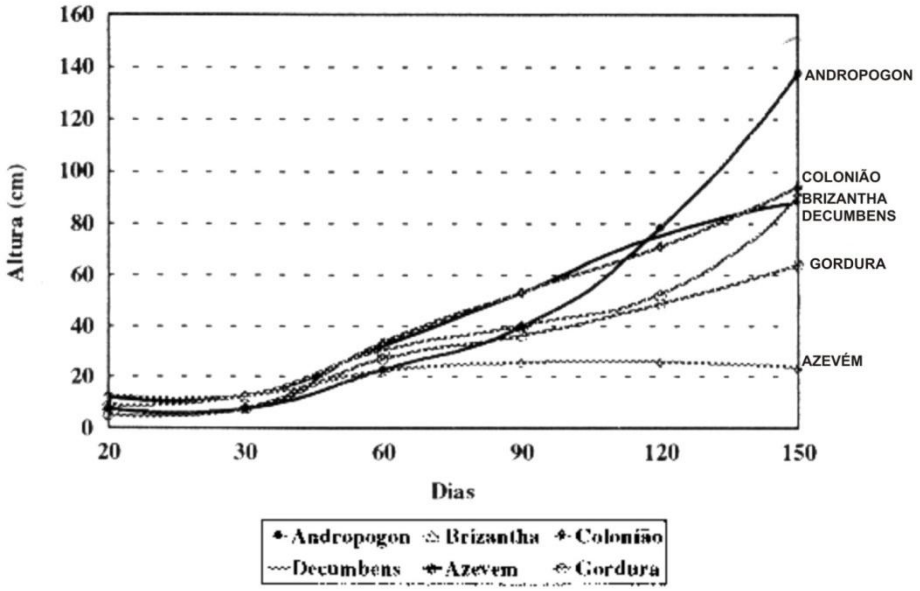
Fixação dos sacos no talude.



Fonte: Costa *et al.* (1997).

Figura 2A –

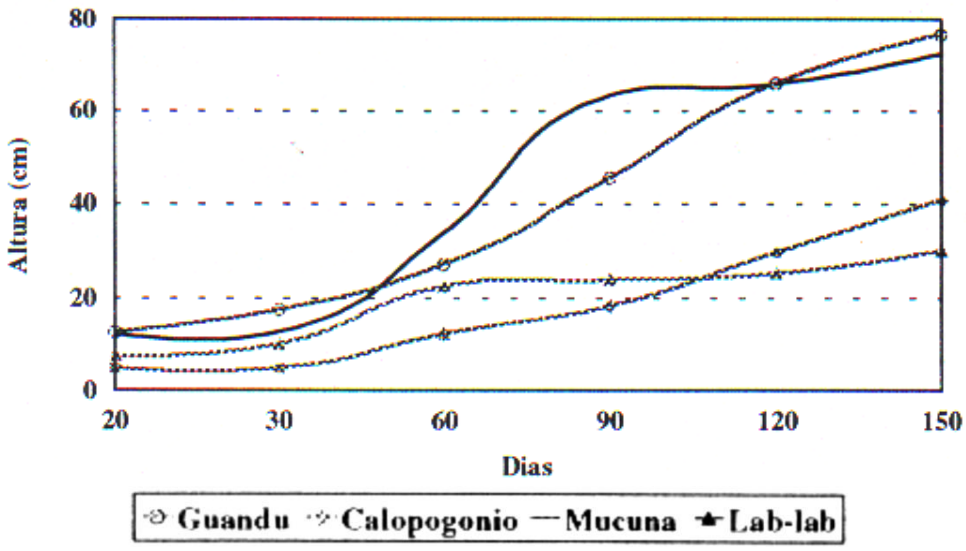
Costura no sentido do comprimento para compartimentalização dos sacos (a linha atravessa a camada de substrato, garantindo uma contenção eficiente).



Fonte: Einloft *et al*. (1997).

Figura 3A –

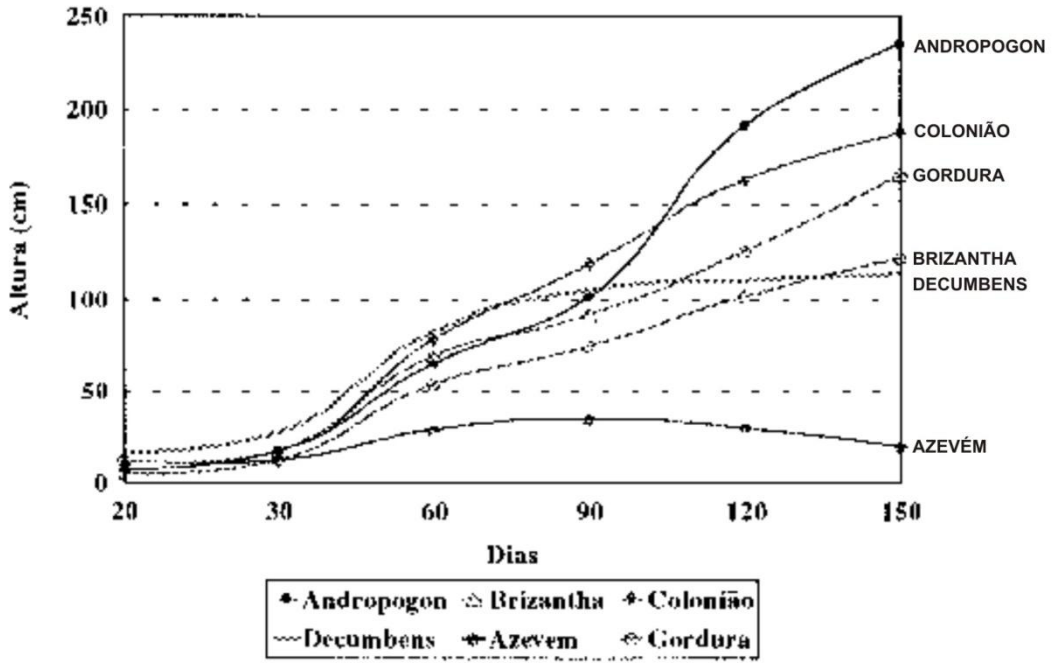
Curva de crescimento das espécies gramíneas, usando-se a técnica de plantio em covas.



Fonte: Einloft *et al*. (1997).

Figura 4A –

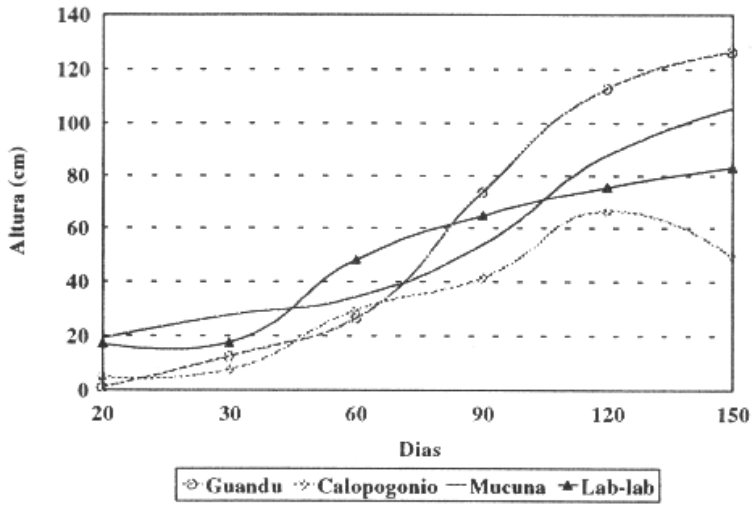
Curva de crescimento das espécies leguminosas, usando-se a técnica de plantio em covas.



Fonte: Einloft *et al*. (1997).

Figura 5A –

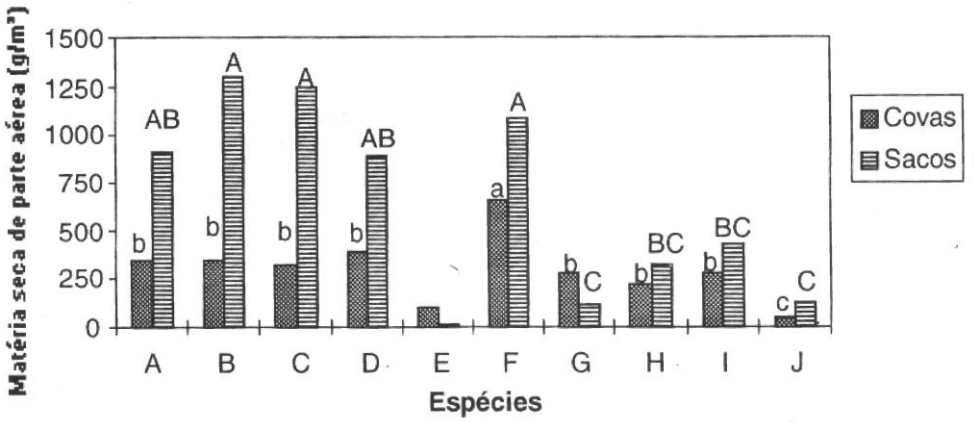
Curva de crescimento das espécies gramíneas, usando-se a técnica de sacos de aniagem.



Fonte: Einloft *et al*. (1997).

Figura 6A –

Curva de crescimento das espécies Leguminosas.



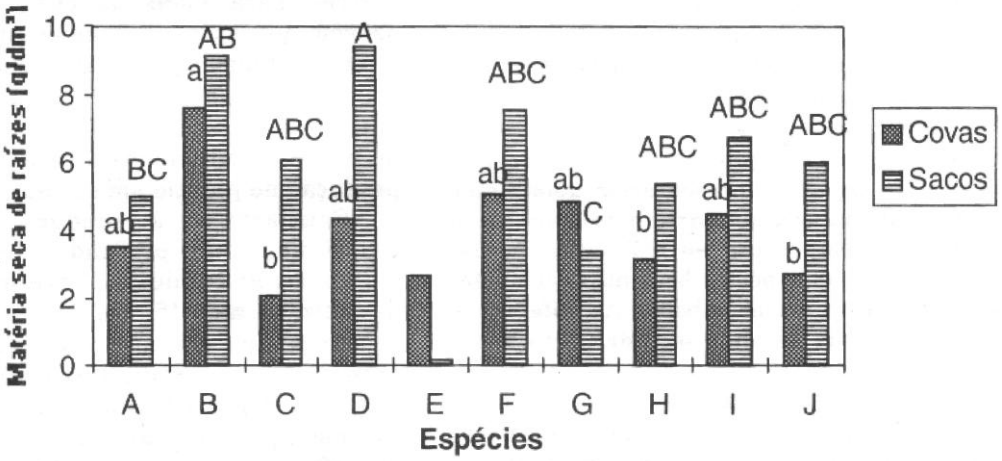
A - andropogon; B - brizanta; C - colonião; D - decumbens; E - azevém; F - capim gordura; G - feijão-guandu; H - calopogônio; I - mucuna-preta; J - lablab.

As espécies seguidas de pelo menos uma mesma letra, no topo das barras, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Einloft *et al*. (1997).

Figura 7A –

Comparação entre as técnicas de sacos de aniagem e de covas, com relação ao peso de matéria seca da parte aérea.



A - andropogon; B - brizanta; C - colonião; D - decumbens; E - azevém; F - capim gordura; G - feijão-guandu; H - calopogônio; I - mucuna-preta; J - lablab.

Fonte: Einloft *et al*. (1997).

Figura 8A –

Comparação entre as técnicas de sacos de aniagem e de covas, com relação à matéria seca de raízes.