



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**JOSÉ ANTONIO SANTANA DE SALES JÚNIOR**

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DE ÁRVORES DE  
REFLORESTAMENTOS UTILIZADOS PARA REABILITAÇÃO DE ÁREA DE  
EMPRÉSTIMO NA ILHA DA MADEIRA-RJ.**

Prof<sup>o</sup> Dr. RICARDO VALCARCEL  
Orientador

Prof<sup>a</sup> Dr JOANA FARIA DOS SANTOS  
Co-Orientadora

Seropédica - RJ  
Novembro - 2011



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

JOSE ANTONIO SANTANA DE SALES JÚNIOR

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DE ÁRVORES DE REFLORESTAMENTOS  
UTILIZADOS PARA REABILITAÇÃO DE ÁREA DE EMPRÉSTIMO NA ILHA DA  
MADEIRA-RJ.**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof<sup>o</sup> Dr. Ricardo Valcarcel  
Orientador

Prof<sup>a</sup> Dr. Joana Faria dos Santos  
Co-Orientadora

Seropédica-RJ  
Novembro - 2011

AVALIAÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DE ÁRVORES DE REFLORESTAMENTOS  
UTILIZADOS PARA REABILITAÇÃO DE ÁREA DE EMPRÉSTIMO NA ILHA DA  
MADEIRA-RJ.

Comissão examinadora

Monografia aprovada em 16 de novembro de 2011.



Prof<sup>o</sup>. Dr. Ricardo Valcarcel  
DCA/IF/UFRRJ  
(Orientador)



Prof<sup>a</sup> Dr. Silvia Regina Goi  
DCA/IF/UFRRJ



Prof<sup>a</sup> M.Sc Cristiana do Couto Miranda Lima  
IFRJ/Campus Pinheiral

## **DEDICATÓRIA**

Dedico:  
Aos meus Pais: José Antonio e Maria Santana  
Aos meus irmãos: Suleyma e Justino.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por está sempre me guiando nos desafios da vida.

Aos meus pais José Antonio Santana de Sales e Maria Santana Souza de Sales. Aos meus irmãos Justino Santana Souza de Sales e Suleyma Santana Souza de Sales, por todo amor empenhado, dedicação, incentivo aos estudos e confiança oferecida.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela oportunidade de estudo, estrutura oferecida, que tanto contribuiu para minha formação acadêmica.

Aos professores e técnicos da UFRRJ, pela contribuição na minha formação pessoal e profissional.

Ao meu Orientador Dr. Ricardo Valcarcel pela paciência, dedicação, atenção, amizade, orientação e oportunidade.

A minha co-orientadora, que considero como da família - Dr<sup>a</sup>. Joana Faria dos Santos e sua família, pela paciência, dedicação, amizade, atenção, orientação e conselhos.

À Schweyka pela oportunidade oferecida, grande companheira de campo e parceira de bons momentos.

Ao laboratório de Manejo de Bacias Hidrográficas (LMBH) pela oportunidade de estágio e conhecimentos adquiridos.

Aos Membros do LMBH: Cristiane, Cristiana, Gilsonley, Felipe, Pablo, Hiram, Monise, Pollyanna, Mariana, Flavia Ozório, Jayme e Carolina, pelas trocas de experiências e descontração na hora do cafezinho e das confraternizações. Uma menção especial para Flavinha; Sem você acho que quase nada seria possível, muito obrigada pela amizade, paciência e os ditos (salva eu) ou melhor favorzinhos...

Agradeço a todos que ajudaram, diretamente ou não, na construção e materialização deste trabalho e saibam que levo comigo uma eterna gratidão.

Aos meus amigos do alojamento M-4 em especial ao Gustavo (Capixaba) e Amós pelo convívio, amizade e confraternizações.

À turma 2007-II, alojamento M-4 412. Minha família, comunidade onde tive oportunidade de conhecer muitas pessoas importantes durante todos esses anos.

Ao CNPq pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa.

## RESUMO

Plantas que apresentam mecanismos ecofisiológicos específicos sobrevivem em condições ambientais adversas. Individualmente ou em conjunto, as plantas podem influenciar nos processos de reabilitação de áreas degradadas. O presente estudo avaliou o sistema radicular (raízes finas) de cinco reflorestamentos (Medidas biológicas) equianos (14 anos), sob condições do meio físico similares, que apresentam combinações de 14 espécies habilitadas para reabilitação de área de empréstimo na Mata Atlântica (Itaguaí). As medidas biológicas foram: MB-1 (100% espécies exóticas); MB-2 (52% exóticas e 48% nativas); MB-3 (50% exóticas e 50% nativas); MB-4 (39% exóticas e 61% nativas), MB-5 (15% exóticas e 85% nativas) e Testemunha (sem reflorestamento). Foram montadas parcelas permanentes de 300 m<sup>2</sup>, extraídas amostras a 3 profundidades do sub-solo (0-5; 5-10; e 10-20 cm), levantadas as raízes finas ( $\emptyset \leq 2$  mm) com anel volumétrico, com 10 repetições e determinados a massa seca e comprimento das raízes. Foram encontrados 50% das raízes finas nos primeiros 5 cm, dos quais 25,5% refere-se ao tratamento MB-4, que teve maior produção de massa seca (975,1 Kg.MS.ha<sup>-1</sup>.20 cm<sup>-1</sup>), seguida da MB-5 (966,1 Kg.MS.ha<sup>-1</sup>.20 cm<sup>-1</sup>). A menor produção foi encontrada na testemunha (92,6 Kg.MS.ha<sup>-1</sup>.20 cm<sup>-1</sup>), seguida pela MB-1 (662,5 Kg.MS.ha<sup>-1</sup>.20 cm<sup>-1</sup>). A MB-5 apresentou maior comprimento, evidenciando a importância dos reflorestamentos na reabilitação de áreas degradadas.

**Palavras Chaves:** Mata Atlântica, raízes finas, medidas biológicas, bioconstrução de solos.

## ABSTRACT

Plants that have specific ecophysiological mechanisms can survive in adverse environments. They can together or individually, influence on the rehabilitation process in degraded areas. The present study evaluated the root sub-system (fine roots), at five treatments of reforestations (biological measures) with same age (14 years), with similar physical conditions and showing a combination of 14 species to rehabilitation of reclaimed areas of Atlantic Forest (Itaguaí). Biological measures were: MB-1 (100% exotic species); MB-2 (52% exotic and 48% native); MB-3 (50% exotic and 50% native); MB-4 (39% exotic and 61% native); MB-5 (15% exotic and 85% native) and control (without any plant species). It was established permanent plots of 300 m<sup>2</sup>, where it was extracted fine roots ( $\varnothing \leq 2$  mm) at 3 depths (0-5; 5-10; e 10-20 cm), 10 repetitions, using volumetric ring, determining dry weight and length of fine roots. It was found that 50% of fine roots were at the first 5 cm depth, from which 25,5% were at MB-4 which had the greater production of dry biomass (975,1 Kg.MS.ha<sup>-1</sup>.20 cm<sup>-1</sup>), followed by MB-5 (966,1 Kg.MS.ha<sup>-1</sup>.20 cm<sup>-1</sup>). The lowest production was found at the control plot (92,6 Kg.MS.ha<sup>-1</sup>.20 cm<sup>-1</sup>), followed by MB-1 (662,5 Kg.MS.ha<sup>-1</sup>.20 cm<sup>-1</sup>). The MB-5 showed the greatest root length, making evident the importance of reforestation on rehabilitation of degraded areas.

**Key-words:** Atlantic Forest, fine roots, biological measures, soil bioconstruction.

## SUMÁRIO

INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE TABELAS.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	2
2.1 ÁREAS DE EMPRÉSTIMO.....	2
2.2 ADAPTAÇÃO DAS ESPÉCIES.....	3
2.3 FUNÇÕES DAS RAÍZES.....	4
2.4 ARQUITETURA DAS RAÍZES.....	4
2.5 COMPRIMENTO DE RAÍZES.....	5
2.6 O RAÍZES & INTEMPERIZAÇÃO.....	6
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	6
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	6
3.2 REFLORESTAMENTOS.....	8
3.3 PARCELAS AMOSTRAIS.....	12
3.4 PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE RAÍZES.....	14
3.4.1 PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	14
3.4.2 COLETA DE RAIZ.....	14
3.5 PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS.....	17
3.6 DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO E MASSA DE RAÍZES.....	17
3.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
5. CONCLUSÕES.....	26
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
7. ANEXO.....	31



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Área de estudo.....	7
<b>Figura 2:</b> Área de Empréstimo da Ilha da Madeira, Itaguaí/RJ em 1993. ....	8
<b>Figura 3:</b> Localização das medidas biológicas (tratamentos) na área de empréstimo da Ilha da Madeira, Itaguaí-RJ/Brasil, 2007. ....	13
<b>Figura 4:</b> Parcela permanente contendo as alocação dos pontos de coleta de raízes nas medidas biológicas e testemunha na área de empréstimo da Ilha da Madeira, Itaguaí-RJ.....	14
<b>Figura 5:</b> Extração do solo e raízes com anel volumétrico.....	15
<b>Figura 6:</b> Coletas de raízes finas em diferentes profundidades. ....	15
<b>Figura 7:</b> Profundidades das coletas de raízes finas em 0-5, 5-10 e 10-20 cm.....	16
<b>Figura 8:</b> Acondicionamento em sacos plásticos e identificação durante a coleta.....	16
<b>Figura 9:</b> Contraste entre a raiz e o fundo preto da MB-5 na profundidade de 10-20 cm....	17
<b>Figura 10:</b> Esqueleto da imagem da raiz da MB-5 viva na profundidade de 5-10 cm. ....	18
<b>Figura 11:</b> Massa seca total de raízes kg MS.ha <sup>-1</sup> .20 cm <sup>-1</sup> observada a profundidade de 20 cm em sub-solo sem plantio (Testemunha) e com reflorestamento de 14 espécies organizadas em 5 grupos (Medidas Biológicas) na área de empréstimo da Ilha da Madeira. ....	19
<b>Figura 12:</b> Porcentagem de raízes finas vivas (RFV) e de raízes finas mortas (RFM) verificadas nos reflorestamentos e na testemunha. ....	20
<b>Figura 13:</b> Massa seca de raízes secas com diâmetros menores ou iguais a 2 mm (finas), verificada ao longo do perfil do solo (substrato) em diferentes profundidades, na testemunha e nos reflorestamentos (Medidas Biológicas) com 14 anos de idade....	23
<b>Figura 14:</b> Comprimento de raízes com diâmetros menores ou iguais a 2 mm ( finas ), verificada no perfil do solo (substrato) na profundidade de 10-20 cm em relação aos tratamentos.....	24
<b>Figura 15:</b> Comprimento de raízes com diâmetros menores ou iguais a 2 mm (finas), verificada no perfil do solo (substrato) em diferentes profundidades nos tratamentos.....	25

## INDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Composição florística e características das espécies florestais plantadas nos tratamentos (Medidas Biológicas) na área de empréstimo na Ilha da Madeira em 1993 .....	9
<b>Tabela 2:</b> Composição de espécies das medidas biológicas plantadas em 1994 nas áreas de empréstimo da Ilha da Madeira, Itaguaí- RJ.....	11

## 1. INTRODUÇÃO

A comunidade vegetal ao se estabelecer sobre meio físico, promove interações entre meio físico e biótico influenciando o intemperismo biológico, podendo modificá-lo assim como os seus subsistemas (RAVEN et al., 2007; CAMPOS, 2009).

A vegetação atua sobre o solo desde as suas copas (folhas e ramos), passando pela superfície onde está estabelecida (troncos e raízes superficiais). Ela influi em seu interior, através de um complexo e dinâmico sistema radicular, contribuindo no aporte de matéria orgânica e na melhoria de suas condições físicas, modificando a estrutura, criando macroporos, que melhoram a drenagem superficial e sub-superficial. Associado a infiltração, os efeitos de amenização climáticas, aumento de umidade relativa e redução das perdas evapotranspirométricas dentro da floresta, catalisando a ciclagem de nutrientes e promovendo a contenção de matéria orgânica no sistema (PARROTTA et al., 1997).

As plantas desenvolvem mecanismos adaptativos para se instalarem e sobreviverem em ambientes com ofertas diferenciadas de atributos ambientais. Ecossistemas equilibrados e funcionalmente harmônicos, não apresentam dificuldades para colonização de espécies de porte florestal, mas quando ocorrem processos de degradação, os mesmos se tornam pobres e apresentam restrições, podendo em muitos casos, não comportar espécies florestais. O sistema radicular promove a ancoragem física das árvores, propicia a captação de água e nutrientes essenciais ao crescimento vegetal, criando condições para a estabilização dos solos (ANDRADE, 1997).

O comportamento das raízes responde aos estímulos do meio ambiente, onde as adaptação das plantas podem constituir importantes bio-indicadores de sustentabilidade, devido às condições impostas pelos mecanismos de estresses. Um exemplo é o comprimento acentuado das raízes em ambientes submetidos a condições de déficit hídrico (DEMATTE, 1981). Segundo Pritchett (1979), cada espécie arbórea poderá desenvolver um sistema radicular distinto, estando ele condicionado à oferta de atributos ambientais favoráveis ao crescimento das raízes.

Segundo Feldman (1988), as interações entre os fatores bióticos e abióticos determinam o crescimento e desenvolvimento dos sistemas radiculares, bem como, da quantidade e da extensão das raízes que se desenvolvem conforme cada condição ambiental. Estas variáveis estão relacionadas as características físicas e químicas dos solos e de seus fatores genéticos, do balanço entre parte aérea/subterrânea da planta, assim como do seu manejo do solo e práticas culturais (COSTA et al., 1999).

O desenvolvimento dos solos a partir da manifestação dos comportamentos dos sistemas radiculares apresentam papeis e influências nas propriedades físico-químicas do solo, principalmente em áreas desprovidas de solo, onde o substrato é desprovido de exíguos fatores ambientais para o desenvolvimento das plantas - áreas degradadas (FELDMAN, 1988),

Segundo Valcarcel & Silva (2000) áreas degradadas são ecossistemas que sofreram forte intervenção de natureza exógena (perturbação), perdendo sua capacidade de resiliência, supressão da vegetação e retirada abrupta do substrato, sendo necessário a utilização de técnicas de reabilitação como reflorestamentos (medidas biológicas).

Entende-se como medida biológica um conjunto de técnicas de manejo da vegetação capazes de propiciarem a médio e longo prazo, meios e condições para iniciar os processos

de (re)construção dos solos. Elas consistem no plantio de espécies adaptadas as condições ambientais existentes, de modo que possa interferir no seu funcionamento de modo a propiciar a reabilitação de ecossistemas degradados (VALCARCEL & SILVA, 2000; NEVES, 2004).

O conhecimento do comportamento do sistema radicular de medidas biológicas pode aperfeiçoar estratégias de reabilitação de áreas degradadas. Nesse sentido o presente estudo objetivou avaliar o sistema radicular de cinco reflorestamentos aos 14 anos, que combinam 14 espécies com habilidades para reabilitação de área de empréstimo na Mata Atlântica.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA**

### **2.1 ÁREAS DE EMPRÉSTIMO**

As áreas de empréstimo são áreas onde se retira expressivos volumes de solo para diversos fins, onde o homem suprime a vegetação, retira o solo e explora a jazida de subsolo, sem matéria orgânica. Estes processos acarretam o desequilíbrio funcional dos ecossistemas, notadamente do regime hídrico (MENDES FILHO, 2004).

Os principais problemas edáficos encontrados em áreas de empréstimo são: a) compactação do material exposto; b) baixa infiltração; c) armazenamento de água inexistente; d) deficiência de oxigênio e demais elementos minerais; e) alta resistência à penetração de raízes; e f) falta de matéria orgânica (MOREIRA, 2004).

Neste contexto o que se encontra não é mais o solo, mas uma matriz de material mineral, sem estrutura edáfica, com exígua quantidade de nutrientes assimiláveis para as plantas. Caso haja possibilidade de estabelecimento da cobertura vegetal, os processos de formação do solo por meio das alterações químicas, físicas e biológicas, promovidas pelas raízes, podem iniciar a construção do solo (VALCARCEL et al., 2007).

A qualidade do sistema solo é definida por suas funções, que representam uma combinação de suas propriedades físicas, químicas e biológicas, as quais, por sua vez, provêm de um meio para o crescimento de plantas, regulam o fluxo de água no ambiente e servem como tampão na formação, atenuação e degradação de compostos nocivos ao ambiente, pois sustentam uma enorme população de microrganismos (DORAN & PARKIN, 1994; SPOSITO, 1998).

Cada ecossistema é formado a partir das interações entre oferta de fatores abióticos e demanda de fatores ambientais por parte dos componentes da biocenose. Quanto maior for a oferta destes fatores, mais diversificado e eficiente funcionam estes ecossistemas (CAMARGO et al., 2002). Eles criam propriedades emergentes capazes de potencializar a oferta de fatores ambientais e com isso viabilizam a colonização de espécies com demanda de fatores ecológicos não diretamente disponíveis na região (BROWN & LUGO, 1994). O inverso também deve ser verdadeiro: quanto menor oferta de fatores ambientais, menor biodiversidade, menor capacidade de resistir à ação dos agentes modificadores do ambiente e mais frágeis são os ecossistemas.

O equilíbrio da interação dos fatores bióticos e abióticos proporciona o correto funcionamento do ambiente; conferindo-lhe sustentabilidade ambiental. A interferência indevida, causada por ocupação e uso incorreto dos recursos naturais, desequilibra a participação dos fatores bióticos e altera a oferta dos fatores abióticos em quantidade e em qualidade no ecossistema, resultando em mudanças drásticas nos mecanismos de equilíbrio natural – resistência, elasticidade e permanência ambiental (ODUM, 1998).

Para Valcarcel e D'Alterio (1998), o equilíbrio homeostático dos ecossistemas ocorrem de forma lenta e gradual, em níveis diferenciados, tanto em ecossistemas com tendência de recuperação, quanto com tendência de degradação. Cada ecossistema apresenta seu nível de equilíbrio próprio, quanto mais evoluído for o ecossistema, mais próximo ao seu equilíbrio climático ele estará.

Os ecossistemas degradados são considerados insustentáveis, sendo que somente as suas recuperações ou reabilitações permitem levá-los a criar propriedades emergentes, para tornarem-se sustentáveis, situando-se, em seqüência invertida, nas categorias de sistemas construtivos. Negligenciar ou abandonar uma área de mineração pode levar tanto a um longo tempo de recuperação espontânea do ambiente, quanto de prejuízos sociais incalculáveis, pois não se tem dimensões da continuidade e intensificação do processo de degradação (BRITAR, 1997).

Pinheiro (2004), estudando 78 áreas degradadas consideradas como fontes pontuais de emissão de sedimentos na bacia da baía de Sepetiba, observou que 42% destas áreas apresentaram coberturas vegetais com espécies de porte herbáceo, 5% de arbustivo e 1,6% de arbóreo. Estes indicadores evidenciam as limitações de oferta de atributos ambientais nestas áreas. Segundo Valcarcel e D'Altério (1998), áreas com incipiente cobertura vegetal de porte herbáceo, podem em uma dada condição de estiagem e/ou enxurrada, se tornar áreas sem vegetação, mantendo a tendência de degradação.

## 2.2 ADAPTAÇÃO DAS ESPÉCIES

As plantas desenvolvem mecanismos adaptativos para se instalarem e sobreviverem em ecossistemas (ANDRADE, 1997), sendo que o sistema radicular apresenta mudanças morfológicas e fisiológicas, que dependem da plasticidade fenotípica das espécies (LÓPEZ-BUCIO et al., 2002). As plantas que apresentarem maior plasticidade são mais competitivas (RUBIO et al., 2003).

Sob condições de déficit hídrico, o sistema radicular se desenvolve mais do que quando se tem disponibilidade de água (RUSSEL, 1981). Segundo o mesmo autor, solos com excesso de água dificultam o desenvolvimento do sistema radicular da maioria das espécies arbóreas, devido a sua falta de oxigenação. A exceção fica por conta espécies adaptadas a estas condições, que possuem raízes adventícias, lenticelas, pneumatóforos e aerênquimas. Riedacker (1983), estudando *Quercus robur* desenvolvidas em solos bem e mal drenados, verificou presença da raiz pivotante e superficiais respectivamente.

O efeito de estresses nutricionais sobre a alocação de carbono, geralmente proporciona aumento do sistema radicular, ou seja, da capacidade de absorção de nutrientes (FRIEND et al., 1994). Plantas adaptadas a ambientes pobres em nutrientes alocam grande proporção de carboidratos para o aumento da fitomassa seca da raiz (LARIGAURDERINE & RICHARDS, 1994 *apud* MOREIRA, 2004).

Algumas espécies arbóreas apresentam crescimento vigoroso em solos de baixa fertilidade, o que provavelmente é devido ao extenso sistema radicular que desenvolvem, explorando grande volume de solo (PRITCHETT, 1979). Enquanto que, em solos férteis, a planta não necessita investir tanta energia nesta parte do vegetal para aumentar a extensão radicular. A associação com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico (MANGUIAT, et al., 1989) e/ou com fungos micorrízicos (SOUZA & SILVA, 1996), são outros mecanismos que auxiliam espécie arbóreas a crescerem em solos degradados ou de baixa fertilidade natural (FRANCO et al., 1992).

## 2.3 FUNÇÕES DAS RAÍZES

As raízes vivas e/ou mortas que se encontram no meio físico, sendo a primeira estrutura a emergir da semente em germinação, tem como finalidade a fixação do vegetal no solo e absorver água, estas se ramificam formando deste modo um conjunto de raízes, denominado de sistema radicular, ampliando desta forma a base de fixação e absorção de substâncias químicas indispensáveis ao metabolismo dos vegetais (VIDAL, 2003).

As raízes finas das plantas constituem um dos principais meios para acessar os recursos do solo, sendo que seu comprimento e número são indicadores da capacidade de absorção de nutrientes (FREITAS et al., 2008). Quanto maior o enraizamento de uma planta, maior sua capacidade de explorar o solo e aproveitar os nutrientes e a água disponíveis (MEDINA et al., 2002).

Segundo Raven et al. (2007), algumas espécies além das funções de sustentação e absorção de água e nutrientes, cumprirem outras funções, em parte moduladas pelo ambiente e que estavam submetidas, como: (a) dreno final no armazenamento de substâncias de reserva, (b) propagação e dispersão da espécie, (c) nicho ecológico para simbioses e organismos livres associados à rizosfera, (d) produção de metabólitos secundários, (e) aeração (oxidação) da rizosfera e (f) síntese de reguladores de crescimento.

As raízes influenciam nas características do solo, por meio da excreção de açúcares, ácidos orgânicos, compostos minerais de fósforo e potássio, contribuindo para a dissolução de substâncias minerais e para o desenvolvimento de microorganismos na rizosfera (CINTRA et al., 1999). A sua decomposição e renovação (Root turnover) são importantes componentes do Ciclo do Carbono e da manutenção da fertilidade do solo (LEHMANN & ZECH, 1998; GONÇALVES & MELLO, 2000). Segundo os mesmos autores, 10 a 20% da serrapilheira é transformada em matéria orgânica do solo, estes valores podem variar de 20 a 50% caso considere a taxa de remoção de raízes finas ( $\varnothing < 2$  mm)

O efeito das raízes pode ser resumido da seguinte maneira: as raízes laterais mantêm o solo unido, numa massa monolítica; enquanto as raízes verticais (raiz principal pivotante e raízes secundárias verticais) penetram no perfil do solo até camadas mais consolidadas (horizonte C ou rocha fraturada) ancorando os horizontes superficiais, aumentando conseqüentemente sua resistência ao deslizamento (GRAY & LEISER, 1982). Assim, as raízes por contribuírem com a absorção de água, aumento da infiltração no solo, redução do escoamento superficial e por criarem uma rede de raízes aumentam a coesão física do solo, tanto verticalmente quanto horizontalmente e acabam ajudando na estabilização de encostas (ANDRADE, 1997; GONÇALVES, 2008).

## 2.4 ARQUITETURA DAS RAÍZES

Segundo Zonta et al. (2006) a arquitetura radicular é a forma determinada geneticamente de ordenar e organizar no espaço este órgão, de modo que se obtenha sua melhor eficiência de uso, na aquisição de recursos. A forma do sistema radicular entre as espécies vegetais pode ser caracterizada sob dois aspectos (ANDRADE, 1997; TAIS & ZEIGER, 2004). O primeiro se refere ao hábito radicular que está relacionada à forma, direção e distribuição das raízes maiores; o segundo se refere à intensidade, que está relacionada às pequenas raízes de absorção (KAHN, 1977 *apud* MAGALHÃES, 2000).

Pritchett (1979) descreve o sistema radicular das espécies arbóreas de acordo com o hábito radicular, que está relacionado à forma, direção e distribuição das grandes raízes, o que define a sua arquitetura; e em função da intensidade radicular, que se refere à forma,

distribuição e número de pequenas raízes. Apresentando três tipos: o pivotante, que possui raiz ou raízes na direção vertical, o fasciculado, que apresenta várias ramificações a partir do tronco e o superficial, cuja maior parte das raízes está distribuída horizontalmente próxima à superfície do solo.

Um sistema radicular eficiente é aquele que aperfeiçoa a relação entre quantidade de recursos adquiridos e empregados para sua obtenção. Quando nitrogênio, fósforo ou água são fatores limitantes, ocorre um aumento da proporção de recursos alocados para o desenvolvimento radicular (STILL & SCHEIBLE, 1998 *apud* MIRIAM, 2004). Segundo Fan (2003) o desenvolvimento espacial do sistema radicular determina a habilidade da planta em explorar os recursos que estão mal distribuídos.

As plantas ramificam suas raízes a partir do eixo principal em eixos laterais de ordens superiores. Essas diferentes ordens de raízes podem variar as suas características, com relação a espessura, taxa de crescimento, capacidade de crescimento secundário, duração, estruturas e adaptações. Essas variações, por sua vez, vão influenciar a capacidade de obtenção de água, nutrientes, sobrevivência e condições adversas e a possibilidade de servir de habitat para microrganismos da rizosfera (TAIS & ZEIGER, 2004; ZONTA et al., 2006).

Andrade (1997) avaliou a arquitetura das raízes de leguminosas arbóreas: *Acácia auriculiformes* Sandw e *Mimosa caesalpinifolia* Benth com sete anos de idade e *Leucaena leucocephala* Spreng com oito anos, plantadas no Morro do Sapê, em Madureira na cidade do Rio de Janeiro. A arquitetura do sistema radicular foi diferente entre as espécies estudadas. A *Acácia* apresentou sistema radicular pivotante, a *Leucaena* apresentou sistema radicular tipo fasciculado e o *Sabiá* superficial, com 10 raízes laterais em média, sugerindo que sua raiz pivotante teve o crescimento suprimido, uma vez que seu diâmetro é bem menor do que o das raízes laterais.

## 2.5 COMPRIMENTO DE RAÍZES

As raízes crescem naturalmente dentro do volume poroso do solo, distribuindo-se nesse volume segundo direções não uniformes (anisotropia), ditadas pelos tropismos de cada tipo de raízes (ex. ortogeotropismo em eixos primários) e pelos padrões endógenos de ramificação (BENGOUGH et al., 2000). Segundo o mesmo autor, os sistemas radiculares são estruturas ramificadas complexas que variam no espaço e no tempo. Característica utilizada para determinação de suas variações temporais, sendo também utilizada como indicador de absorção de água e nutrientes, pois aumenta proporcionalmente a superfície de absorção e ocupação do solo (ZONTA et al., 2006).

Behling (2009) relacionou a biomassa, o conteúdo de nutrientes em raízes, o comprimento e a área de raízes finas e médias e a eficiência de utilização de macronutrientes para formação de área radicular em diferentes profundidades do solo. Ele encontrou que para a espécie *Tectona grandis* Linn. f. (teca), com 7 ½ anos, no município de Tangará da Serra-MT, a biomassa total de raízes finas e médias foi de 1.335 e 1.258 kg/ha respectivamente, sendo que 56,2 % das raízes finas e 44,4 % das raízes médias estavam concentradas nos primeiros 20 cm do solo. O comprimento total de raízes finas foi de 8.237 km/ha e 57,4 % destes estavam nos primeiros 20 cm de profundidade. A superfície total de raízes finas foi de 18.441 m<sup>2</sup>/ha, com 57 % desta superfície nos primeiros 20 cm do solo. A quantidade total de nutrientes nas raízes, na camada de solo estudada (0-60 cm), em ordem decrescente foi K > Ca > N > Mg > P > S, sendo o P e S os nutrientes utilizados com maior eficiência para a formação de área radicular.

## **2.6 O RAÍZES & INTEMPERIZAÇÃO**

A cobertura vegetal atua como elemento responsável pela estruturação do solo através do sistema radicular e produção de matéria orgânica, entre outras interrelações. O sistema radicular apresenta-se na forma de densa malha, que confere à superfície do solo proteção contra erosão hídrica, propiciando resistência a erosão, que aumenta com a sua densidade (PRANDINI et al., 1982 *apud* RODRIGUES et al., 2007).

A raiz participa na formação do solo acumulando matéria orgânica no seu interior, facilitando o acesso de água e contribuindo para ciclagem de nutrientes, além de proporcionar maior estabilidade estrutural no conjunto do ecossistema (BRADY, 1989).

Segundo Zonta et al. (2006) a atividade do sistema radicular contribui para a transferência dos exudatos e elementos oriundos da fotossíntese das plantas para a matriz do solo, sendo considerada uma das principais forças mantenedoras da qualidade do solo. Gonçalves et al. (2008) reitera que os seus efeitos na formação e estabilização dos agregados, ocorrem por meios indiretos, aporte da matéria orgânica, onde cerca de 15 a 40% são oriundas das raízes no solo, ou seja, da própria decomposição das raízes finas, e por meio direto, ação física e química do sistema radicular (crescimento e exsudação de polissacarídeos) (BRADY, 1989).

Para Brady (1989) a matéria orgânica das raízes influencia como agente de estímulo à formação de agregados do tipo granular e grumoso nos horizontes de superfície do solo, que se aglutinam e se expandem sempre com macroporosidade, possibilitando infiltração. Essa granulação abriga micro e meso fauna do solo reunindo componentes biológicos da construção dos solos, conhecido como bioturbação (FASSBENDER, 1980; BRADY, 1989).

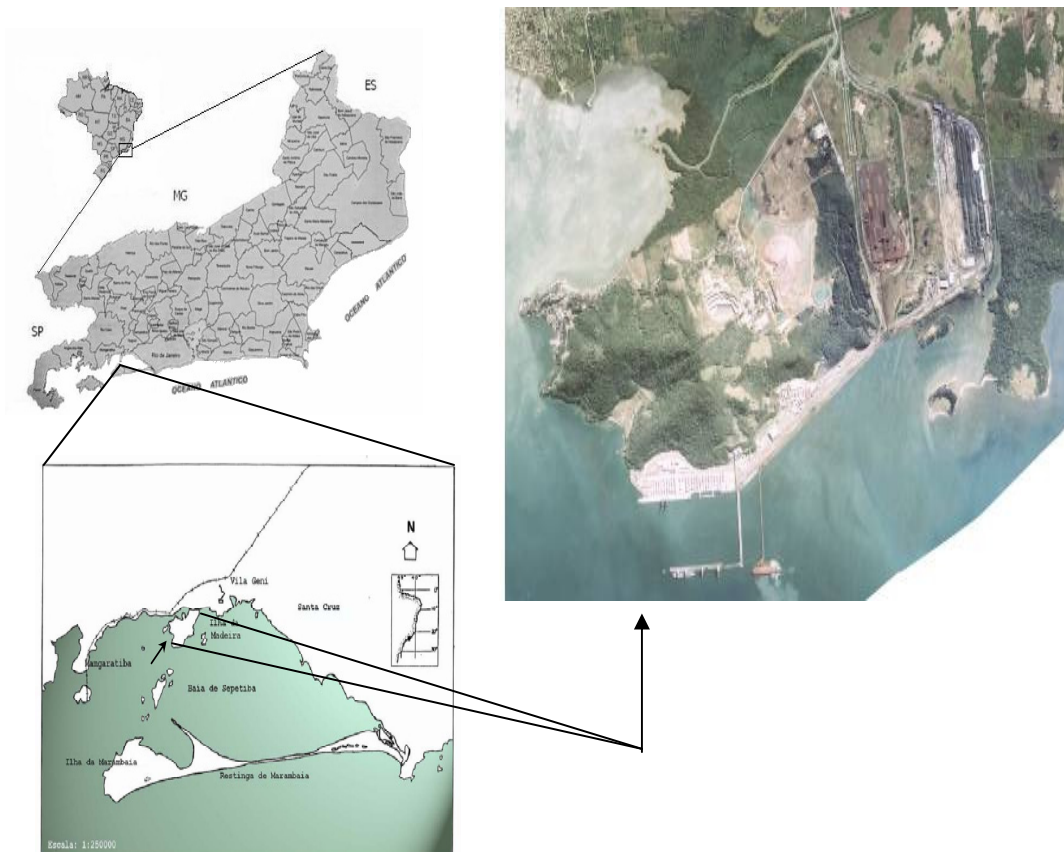
As raízes atuam na primeira fase de formação dos agregados (ZONTA et al., 2006), durante o seu crescimento, exercendo pressão biofísica (axial e radial), que representam avanços nos espaços porosos e propiciam integração com partículas minerais. Associado a absorção de água pelas raízes, há o endurecimento das partículas adjacentes, provocando pressões capilares que intensificam a compressão dos grânulos minerais.

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo situa-se na Costa Verde, distrito da Ilha da Madeira (latitude 23° 55'07'' e longitude 43° 49' 73"), Município de Itaguaí, Rio de Janeiro (Figura 1). A vegetação pertence ao domínio ecológico da Mata Atlântica, onde predominam as formações regionais típicas de litoral; área de manguezais (fundo da Baía de Sepetiba) e Floresta Ombrófila Densa no início das montanhas que compõem a Serra do Mar (VALCARCEL, 1994).





Fonte: SANTOS (2010)

**Figura 1:** Área de estudo

O clima é classificado como "Aw" tropical quente e úmido (verão chuvoso com inverno seco), com temperatura máxima média anual em fevereiro (25,7°C) e mínima média anual em julho (19,6°C) (FIDERJ, 1978).

Os ventos médios predominantes apontam para as direções: sul (S); sudeste (SE); leste (E); nordeste (NE); noroeste (NW); e sudoeste (SW), atingindo velocidades médias de 2 a 6 m/s (FIDERJ, 1978). Esporadicamente atingem grandes velocidades em tormentas tropicais, sendo que os ventos do quadrante sul e brisas marinhas descarregam umidade contra o anteparo das serras circundantes a baía, podendo contribuir para a ocorrência de chuvas na estação seca de inverno (BARBIÉRI & KRONEMBERGER, 1994).

O período de maior pluviosidade concentra-se entre dezembro e janeiro, podendo estender-se até março, enquanto o período seco estende-se de maio a setembro, sendo a pluviosidade média de 1500 mm/ano (ZEE, 1996).

A área em estudo é uma típica área degradada, onde a capacidade de resiliência foi reduzida a valores mínimos, afetando os processos de regeneração espontânea e o seu conseqüente retorno ao estado natural (VALCARCEL & SILVA, 2000). A área de empréstimo foi explorada entre 1977 e 1979 como parte dos processos construtivos do retroporto do Porto de Itaguaí, onde foram retirados 1.400.000 m<sup>3</sup> de substrato de 10,81 ha. A profundidade média de decape foi de 13 m, chegando a 60 m em determinados locais (VALCARCEL, 1993). Nas áreas onde os processos erosivos atuaram pós-exploração,

houve a formação de sulcos de até 12 m, em função dos intensos processos erosivos, desfigurando o relevo do terreno explorado, onde se encontravam acessos e pátios, o que tornou acidentados. Os locais aluviais eram intransitáveis depois das chuvas. A área de 10,81 ha (Figura 2) apresentava substrato inconsistente, rígido quando seco e friável quando úmido. Ela tem 5.542 m<sup>2</sup> de afloramento rochoso.



**Figura 2:** Área de Empréstimo da Ilha da Madeira, Itaguaí/RJ em 1993.

### **3.2 REFLORESTAMENTOS**

O Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) foi iniciado em 1993 através das medidas físicas (obras de drenagem e contenção) para estabilizar os processos erosivos. Em 1994 se iniciou as medidas biológicas, que consistiram no plantio de diferentes espécies rústicas com funções ecológicas distintas dentro de uma comunidade (Tabela 1) e as medidas físico-biológicas, que combinam os efeitos das duas medidas anteriores, cujos objetivos eram atenuar os problemas ambientais a curto e médio prazo.

**Tabela 1:** Composição florística e características das espécies florestais plantadas nos tratamentos (Medidas Biológicas) na área de empréstimo na Ilha da Madeira em 1993

Tratamentos (MB)	Espécie plantada	Nome popular	Família	Dispersão das sementes	G.E.	Caducifolia	Velocidade do crescimento
T 1	<i>Acacia auriculiformis</i> Sandw * <sup>(1)</sup> (**)	Acácia	Fabaceae-Mimosoidae	Autocórica	PI	D	Rápido
	<i>Acacia auriculiformis</i> Sandw <sup>(1)</sup> (**)	Acácia	Fabaceae-Mimosoidae	Autocórica	PI	D	Rápido
	<i>Albizia lebbbeck</i> (L) Benth <sup>(1)</sup>	Albizia	Fabaceae-Mimosoidae	Autocórica	PI	D	Rápido
	<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart <sup>(2)</sup>	Pau-ferro	Fabaceae-Caesalpinioideae	Barocórica e zoocórica	SI	SD	Lento
T 2	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) <sup>(1)</sup>	Leucaena	Fabaceae-Mimosoidae	Autocórica	PI		Inicial lento
	<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth <sup>(2)</sup>	Sabiá	Fabaceae-Mimosoidae	Autocórica	PI	D	Rápido
	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) <sup>(2)</sup>	Pau-jacaré	Fabaceae-Mimosoidae	Barocórica e anemocórica	PI	SD	Rápido
	<i>Psidium guajava</i> L. <sup>(2)</sup>	Goiabeira	Myrtaceae	Zoocórica	PI	SD	Rápido
	<i>Tabebuia umbellata</i> (Sonder) Landwith <sup>(2)</sup>	Ipê-amarelo	Bignoniaceae	Anemocórica	PI	D	Lento
	<i>Acacia mangium</i> Willd <sup>(1)</sup> (**)	Acácia	Fabaceae-Mimosoidae	Autocórica	PI	D	Rápido
T 3	<i>Albizia lebbbeck</i> (L) Benth <sup>(1)</sup>	Albizia	Fabaceae-Mimosoidae	Autocórica	PI	D	Rápido
	<i>Clitoria fairchildiana</i> Howard. <sup>(2)</sup>	Sombreiro	Fabaceae-Papilionoidae	Autocórica	SI	D	Extremamente Rápido
	<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth <sup>(2)</sup> (**)	Sabiá	Fabaceae-Mimosoidae	Barocórica	PI	D	Rápido

continua...

continuação...

Tratamentos (MB)	Espécie plantada	Nome popular	Família	Dispersão das sementes	G.E.	Caducifolia	Velocidade do crescimento
T 4	<i>Acácia auriculiformis</i> Sandw * (1) (**)	Acácia	Fabaceae-Mimosoidae	Autocórica	PI	D	Rápido
	<i>Acacia mangium</i> Willd (1)	Acácia	Fabaceae-Mimosoidae	Autocórica	PI	D	Rápido
	<i>Clitoria fairchildiana</i> Howard (2)	Sombreiro	Fabaceae-Papilionoidae	Autocórica	SI	D	Extremamente Rápido
	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd (2)	Ingá	Fabaceae-Mimosoidae	Zoocórica	PI	PF	Rápido
	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) (2)	Pau-jacaré	Fabaceae-Mimosoidae	Barocórica e anemocórica	PI	SD	Rápido
	<i>Psidium guajava</i> L. (2)	Goiabeira	Myrtaceae	Zoocórica	PI	SD	Rápido
	<i>Cecropia pachystachya</i> (2)	Embaúba	Cecropiaceae	Zoocórica	PI	PF	Rápido
	<i>Clitoria fairchildiana</i> Howard * (2)	Sombreiro	Fabaceae-Papilionoidae	Autocórica	SI	D	Extremamente Rápido
	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd (2)	Ingá	Fabaceae-Mimosoidae	Zoocórica	PI	PF	Rápido
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) (1)	Leucaena	Fabaceae-Mimosoidae	Autocórica	PI	PA	Inicial lento
T 5	<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) (2)	Maricá	Fabaceae-Mimosoidae	Zoocórica	PI	D	Moderado
	<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth (2) (**)	Sabiá	Fabaceae-Mimosoidae	Barocórica	PI	D	Rápido
	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) (2)	Pau-jacaré	Fabaceae-Mimosoidae	Barocórica e anemocórica	PI	P	Rápido
	<i>Schinus terebinthifolius</i> (2)	Aroeira-vermelha	Anacardiaceae	Zoocórica	PI	PF	Moderado

Fonte: SANTOS (2010)

\* Nota: 1= Exótica; 2= Nativa; PI= Pioneira; SI= Secundária Inicial; D=Decídua; SD=Semidecídua; PF= Perenifólia; MB= Medida biológica; GE= Grupo ecológico.

\*\* Nota: Espécie predominante

Foram selecionadas 4 espécies de leguminosas florestais tropicais exóticas (*Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium*, *Albizia lebbek* e *Leocaena leucocephala*), 7 espécies pioneiras nativas (*Cecropia pachystachya*, *Clitoria fairchildiana*, *Mimosa bimucronata*, *Piptadenia gonoacantha*, *Psidium guajava*, *Schinus terebinthifolius*) e 3 secundárias nativas de ecossistemas brasileiros (*Caesalpinia ferrea*, *Inga laurina* e *Tabebuia umbellata*), capazes de se desenvolver em substrato edáfico decapeado com exíguas condições ambientais.

Os 5 tratamentos apresentam diferentes porcentagens de *Mimosa caesalpinifolia* Benth, *Piptadenia gonocantha* Mart., e espécies com funções ecológicas distintas, exceto o tratamento 1 que é um plantio puro de *Acácia auriculiformis* Sandw.(Tabela 2) plantadas em 1994. a área sem plantio decapada em 1980 foi utilizada como testemunha.

**Tabela 2:** Composição de espécies das medidas biológicas plantadas em 1994 nas áreas de empréstimo da Ilha da Madeira, Itaguaí- RJ.

Espécie/ função ecológica		Medidas Biológicas (%)				
		1	2	3	4	5
<i>Acacia auriculiformis</i> Sandw <sup>(1)</sup>	PI	100	25		22	
<i>Acacia mangium</i> Willd <sup>(1)</sup>	PI			30	16	
<i>Albizia lebbek</i> L <sup>(1)</sup>	PI		7	20		
<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart. <sup>(2)</sup>	SI		13			
<i>Cecropia pachystachya</i> Trec. <sup>(2)</sup>	PI					7,5
<i>Clitoria fairchildiana</i> Howard <sup>(2)</sup>	PI			20	20	17
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Wild. <sup>(2)</sup>	SI				19	15
<i>L. leucocephala</i> Spreng <sup>(1)</sup>	PI		20			15
<i>M. bimucronata</i> (DC.)Kuntze <sup>(2)</sup>	PI					13,5
<i>M. caesalpiniaefolia</i> Benth <sup>(2)</sup>	PI		10	30		21
<i>Piptadenia gonoacantha</i> Mart. <sup>(2)</sup>	PI		15		10	5
<i>Psidium guajava</i> L. <sup>(2)</sup>	PI		5		11	
<i>S. terebinthifolius</i> Raddi <sup>(2)</sup>	PI					6
<i>T. umbellata</i> (Sond.) Sandw. <sup>(2)</sup>	SI		5			
TOTAL DE ESPÉCIES		1	8	4	6	8

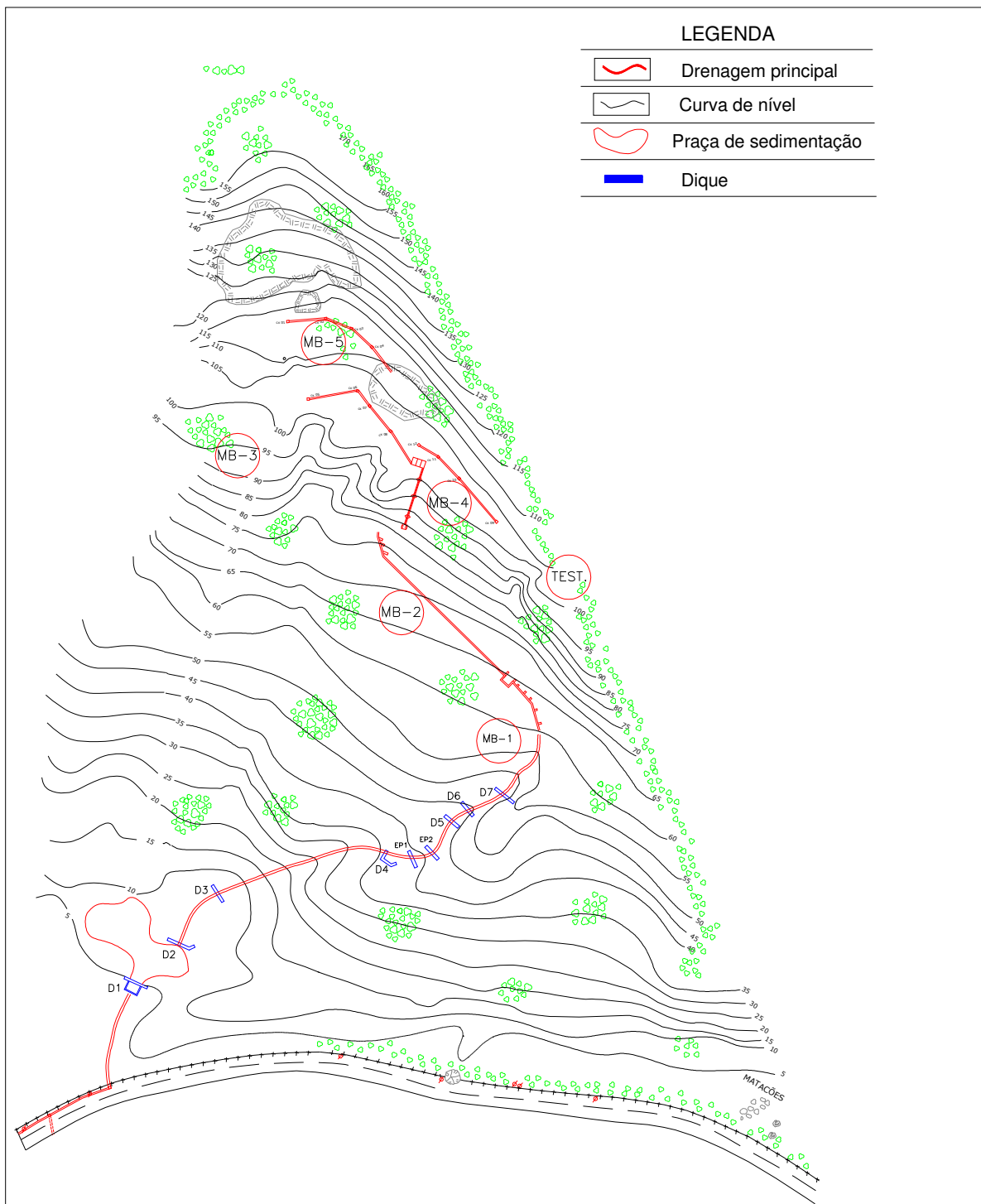
Fonte: UFRRJ (1993), modificado

NOTA: 1= Exótica; 2= Nativa; PI= Pioneira; SI= Secundária Inicial

### 3.3 PARCELAS AMOSTRAIS

A área de empréstimo foi dividida em função das características geoambientais conforme: o estado de degradação do substrato; nível de atuação dos processos erosivos; tipo de relevo; posição relativa na catena; profundidade do substrato decapeado e locais de produção / transporte / deposição de sedimentos. Dessa forma pode-se definir as “áreas-tipo” que são unidades de paisagem com idênticos atributos paisagísticos e funcionais. As parcelas foram implantadas na área-tipo “relevo suave” (declividade  $\leq 10\%$ ), substrato sem afloramento rochoso (profundidade  $\geq 40$  cm), situada na parte intermediária da encosta, ocupando  $6.433 \text{ m}^2$  dos  $29.423 \text{ m}^2$ . As características micro-topográficas, ambientais e pedogenéticas das parcelas permitem evidenciar que macro-topograficamente elas são similares. Com relação às características micro-topográficas apresentaram variações altitudinais entre 60-120 m, exposição Leste e Sul, relevo plano suave ( $<10\%$ ) decape (15-20 m), exígua pedregosidade (1-5%), distando 90-140 m das fontes de propágulos, substratos quimicamente pobre, ligeiramente ácidos, textura franco arenosa (NEVES, 2004).

Foram instaladas 6 parcelas permanentes de  $300 \text{ m}^2$  em cada uma das cinco Medida Biológica (tratamentos), onde se empregou diferentes densidades de espécies pioneiras nativas e exóticas rústicas, constituindo-se hoje em diferentes ecossistemas, os quais estão com 14 anos, distribuídas no interior de cada Medida Biológica e uma parcela com as mesmas dimensões na área testemunha, onde não foi efetuado reflorestamento (Figura 3)



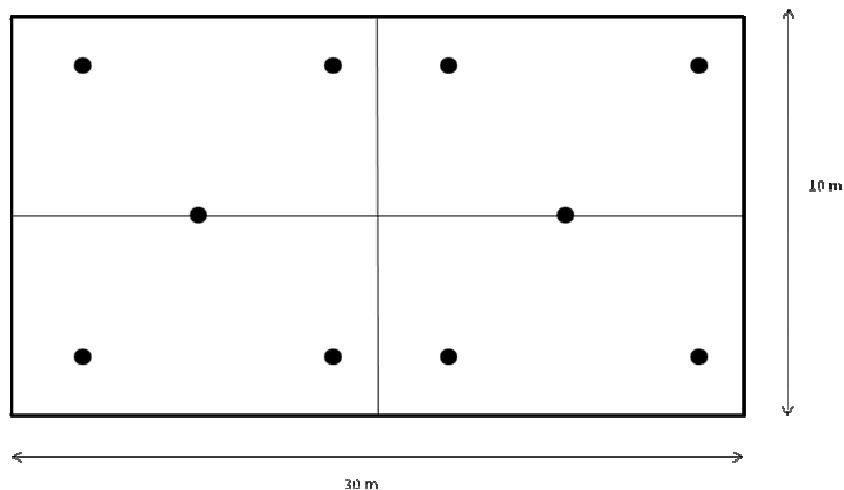
Fonte: NEVES (2004)

**Figura 3:** Localização das medidas biológicas (tratamentos) na área de empréstimo da Ilha da Madeira, Itaguaí-RJ/Brasil, 2007.

### 3.4 PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE RAÍZES

#### 3.4.1 PONTOS DE AMOSTRAGEM

Foram alocados em cada tratamento e na área testemunha 10 repetições pontos de coleta dentro da parcela permanente sendo distribuídos da seguinte maneira: dois pontos localizados na linha central da parcela e os demais oito (8) foram distribuídos de dois em dois nos vértices da parcela. Foi deixado um espaço de dois metros do vértice até o primeiro ponto e mais dois metros entre o primeiro ponto e o segundo ponto (Figura 4). A amostragem foi realizada em agosto de 2009.



**Figura 4:** Parcela permanente contendo as alocação dos pontos de coleta de raízes nas medidas biológicas e testemunha na área de empréstimo da Ilha da Madeira, Itaguaí-RJ.

#### 3.4.2 COLETA DE RAIZ

Para a coleta das raízes finas ( $\varnothing \leq 2$  mm) em todos os tratamentos e na área da testemunha, realizou-se a extração do solo e raízes utilizando-se anel volumétrico (Figura 5). Em cada ponto foram coletadas três amostras, nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm (Figura 6 e 7). Posteriormente, essas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e identificadas (Figura 8), sendo conduzidas para o Laboratório de Manejo e Bacias Hidrográficas (LMBH) da UFRRJ e armazenadas em freezer vertical a  $-10^{\circ}\text{C}$  em um prazo máximo de 1 semana para o processamento das amostras.





**Figura 5:** Extração do solo e raízes com anel volumétrico.



**Figura 6:** Coletas de raízes finas em diferentes profundidades.



**Figura 7:** Profundidades das coletas de raízes finas em 0-5, 5-10 e 10-20 cm.



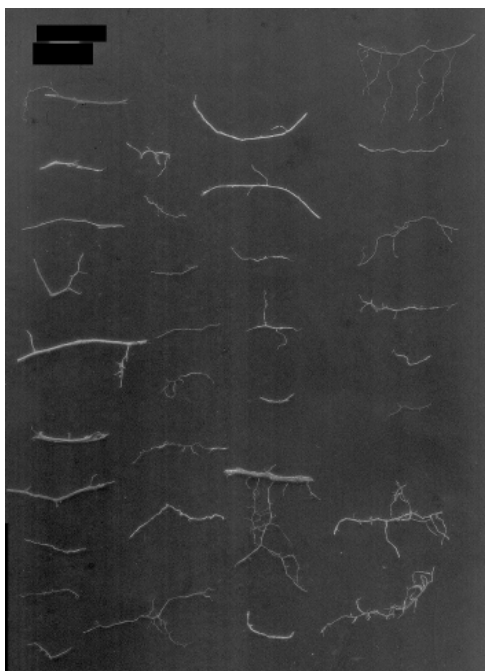
**Figura 8:** Acondicionamento em sacos plásticos e identificação durante a coleta.

### 3.5 PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS

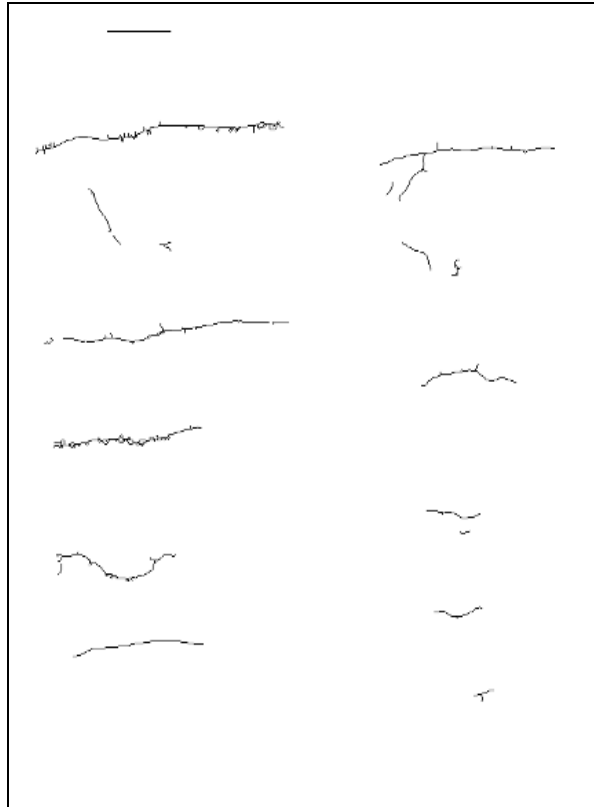
Para separar o solo das raízes foram utilizadas peneiras de 2 mm e de 1 mm sobrepostas. A amostra foi depositada na peneira superior (2 mm), que recebeu jatos d'água, para retirar o solo das raízes, conforme metodologia descrita na literatura (SCHROTH et al., 1999). Depois de separadas, as raízes foram classificadas em viva ou morta, utilizando critérios visuais (cor, grau de coesão entre a periderme e o córtex) e mecânicos (elasticidade, estabilidade) de acordo com John et al. (2002). Posteriormente foram secas em estufa a 70°C até atingir peso constante. A massa seca das raízes finas ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) foi obtida por pesagem em balança analítica.

### 3.6 DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO E MASSA DE RAÍZES

Para determinação do comprimento foi utilizado a imagem das raízes, as mesmas foram dispostas sob uma placa de vidro e digitalizadas em imagens preto e branco (Figura 9) por meio de escâner HP scanjet modelo 2200c. A seguir as imagens foram submetidas ao programa de Análise de Fibras e Raízes 2006 - SAFIRA, sendo realçadas através do contraste entre as raízes e o fundo preto, gerando o esqueleto das raízes. Posteriormente no programa SIARCS 3.0 foi feita a binarização das imagens dos esqueletos (Figura 10) e a contagem do comprimento total, utilizando um molde de 1 cm anexado as amostras para calibrar a escala.



**Figura 9:** Contraste entre a raiz e o fundo preto da MB-5 na profundidade de 10-20 cm



**Figura 10:** Esqueleto da imagem da raiz da MB-5 viva na profundidade de 5-10 cm.

### 3.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os tratamentos foram comparados por análise estatísticas univariadas. Testou-se a normalidade dos dados e como esses não apresentaram distribuição normal, para a comparação entre médias, utilizou-se o teste de Kruskal - Wallis a 5% de probabilidade de erro. Quando apresentaram distribuição normal, utilizou o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro

Os dados foram processados no programa estatístico SAEG 9.1(Universidade Federal de Viçosa, 2007) adotando-se os procedimentos descritos por Ribeiro Júnior (2001).

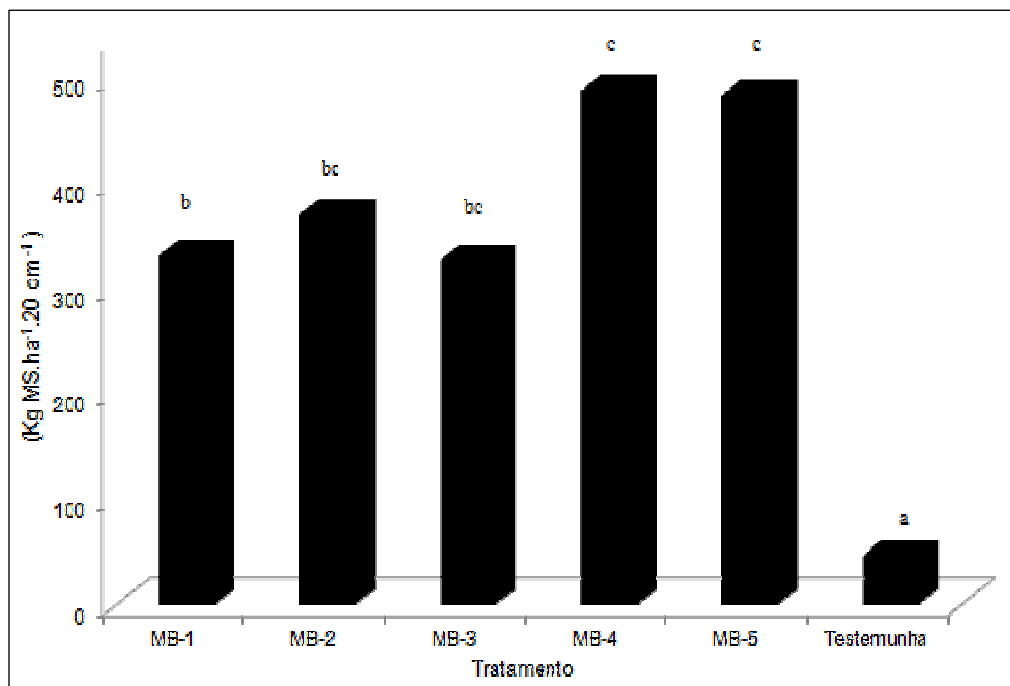
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa seca total de raízes ( $\text{kg MS.ha}^{-1} \cdot 20 \text{ cm}^{-1}$ ) nas medidas biológicas diferiu da observada na testemunha, de acordo com o Teste de Kruskal - Wallis a 5% em que a produção de raízes na testemunha foi inferior às demais, logo a MB-2, MB-3, MB-4 e MB-5 diferiu da MB-1 (Gráfico 1). Os valores 662,5; 739; 652,8; 975,1; 966,1 e 92,6  $\text{kg MS.ha}^{-1} \cdot 20 \text{ cm}^{-1}$  para MB-1, MB-2, MB-3, MB-4, MB-5 e testemunha respectivamente (Figura 11), demonstram uma maior produção de raízes nas medidas biológicas em relação a testemunha. Esses resultados expressam os efeitos conservacionistas dos reflorestamentos como medidas de reabilitação de áreas degradada no período de quatorze anos, mostrando a efetiva influência da vegetação na área.

Santos (2010) estudando reabilitação em área de empréstimo a partir de reflorestamentos na Mata Atlântica na Ilha da Madeira- RJ encontrou na MB-5 o maior número de indivíduos (109) e maior densidade (3.633 ind./ha). Na MB-2 apresentou maior número de espécies e de gênero. Ambos tiveram 8 espécies plantadas e possuem proporções

iguais de espécies, quanto ao grupo ecológico no reflorestamento inicial. Enquanto na MB-1 com uma única espécie no plantio inicial apresentou menor número de indivíduos (8) e menor densidade (267 ind./ha). A maior diversidade de espécies na fase inicial dos plantios pode ter permitido interações funcionais entre as espécies, oferecendo condições ecofisiológicas capazes de oferecer propriedades emergentes suficientes para abrigar espécies exigentes, pois todas as demais condições geo-ambientais foram similares entre os tratamentos, bem como as condições de oferta de propágulos. Estes resultados enfatizam a tese de que a heterogeneidade ambiental dos ecossistemas aumenta a diversidade de espécies, influenciando na reprodução, recrutamento, especialização e divisão dos recursos (RUSCHEL et al., 2009).

Segundo Santos (2010) a MB-1 apresentou-se com características similares a de uma clareira, ocorrendo uma maior abundância e riqueza de espécies do processo inicial de sucessão (pioneiras), gramíneas e espécies de ciclo anual (herbáceas). A relação de competição inter-específica da mesma espécie do MB-1 (homogêneo), onde se utilizou 100% da espécie *Acacia auriculiformis*, pode ter contribuído para sua erradicação do ecossistema aos 13 anos, reduzindo o número de espécies, gêneros e famílias, além de reduzir a densidade da composição florística nesse tratamento.



\* Diferença significativa em relação ao teste de Kruskal – Wallis a 5%.

**Figura 11:** Massa seca total de raízes kg MS.ha<sup>-1</sup>.20 cm<sup>-1</sup> observada a profundidade de 20 cm em sub-solo sem plantio (Testemunha) e com reflorestamento de 14 espécies organizadas em 5 grupos (Medidas Biológicas) na área de empréstimo da Ilha da Madeira.

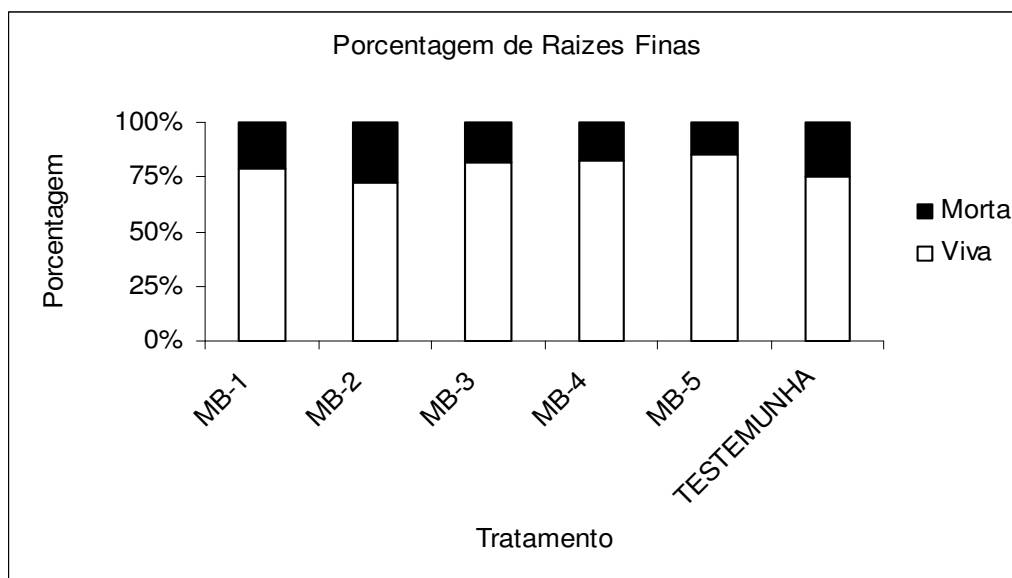
A massa seca de raiz fina viva (RFV) e a massa seca de raiz fina morta (RFM) foram significativamente inferior na testemunha comparada as demais medidas biológicas. Dentre as MB, a MB-5 apresentou maior massa seca de RFV, apesar de não diferir significativamente da MB-2, MB-3 e MB-4 (Quadro 1).

Com relação a massa seca de raiz fina morta (RFM) apresentou diferença significativa entre a testemunha. A massa seca de RFM foi igual entre as medidas biológicas com uma maior produção de massa seca quando comparado com a testemunha (Quadro 1).

A distribuição eqüitativa entre raízes vivas e mortas revela uma estratégia de adaptação das espécies às condições adversas, pois sua senescência, seguida da imobilização biológica, retém nutriente (GONÇALVES e MELLO, 2000). O desbalanço entre RFV/RFM apresentado na MB-2 (Quadro 1) pode estar revelando menor adaptação das espécies ao ambiente com exíguos atributos ambientais no subsolo. Esse fato de ser colaborado pela menor entrada de espécies colonizadoras espontâneas sob o dossel, o que representa menor oferta de propriedades emergentes ao meio (VALCARCEL e SILVA, 2000; NEVES e VALCARCEL, 2000).

A fração de raízes finas mortas ( $\varnothing < 2$  mm) não predominou na profundidade de 20 cm nos tratamentos e na testemunha. Estas responderam por mais de 19% do conteúdo total de raízes em todos os tratamentos nesta profundidade, gerando relação RFV/RFM quatro vezes maior para os tratamentos em relação a testemunha (Figura 12). Estes resultados dão a dimensão da importância dos tratamentos nos processos de construção dos ecossistemas a partir de um meio físico totalmente inerte, como são os sub-solos de uma área de empréstimo. Tais resultados também guardam similaridades com os encontrados por Hertel et al. (2003) em floresta nativa tropical com mais de 200 anos, que apresentou duas vezes mais raízes finas vivas que raízes finas mortas.

A distribuição porcentual de RFV e RFM (Quadro 1) indica que não houve diferença significativa em relação à testemunha, visto que a interação intra-específica ajudou o desenvolvimento radicular das medidas biológicas até mesmo a MB-1 (plântio homogêneo de *Acacia auriculiformes*).



**Figura 12:** Porcentagem de raízes finas vivas (RFV) e de raízes finas mortas (RFM) verificadas nos reflorestamentos e na testemunha.

**Quadro1:** Matéria seca (MS) ( $\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot 20\text{ cm}^{-1}$ ) de raízes finas vivas (RFV) e de raízes finas mortas (RFM) amostrada nos 20 cm de profundidade do solo (substrato), nas medidas biológicas e na testemunha

Estado das Raízes	Tratamento					
	Medida Biológica 1	Medida Biológica 2	Medida Biológica 3	Medida Biológica 4	Medida Biológica 5	Testemunha
Raízes Finas Vivas	520,0 ± 312,3 b	535,7 ± 368,3 bc	535,5 ± 369,3 bc	802,4 ± 602,6 bc	827,0 ± 636,7 c	69,5 ± 36,6 a
Raízes Finas Mortas	142,5 ± 57,5 b	203,3 ± 101,9 b	117,3 ± 76,6 b	172,7 ± 124,2 b	139,1 ± 92,5 b	23,18 ± 13,2 a
RFV/RFM	3,64	2,63	4,56	4,64	5,94	2,99

**Obs:** Os valores seguidos da mesma letra na mesma linha não diferem significativamente pelo teste de Teste de Kruskal - Wallis a 5%

As áreas reflorestadas tiveram mais massa seca que a área testemunha em todas as profundidades. O declínio na quantidade de raízes produzidas com o aumento da profundidade apresentou formato diferente nos seis tratamentos (Figura 13).

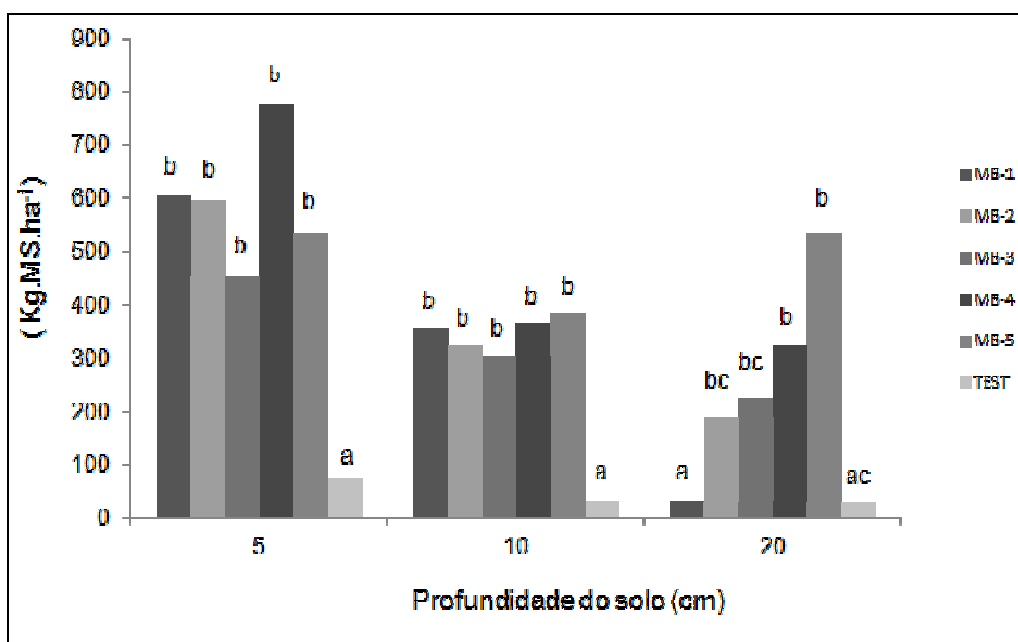
A distribuição da massa seca radicular nas profundidades amostradas foi diferente para os tratamentos MB-4, MB-5 e a testemunha, que diferiu das demais (Figura 13). Conforme observado no gráfico 2, as MB-4 e MB-5 apresentam massa seca significativamente superior na camada de 10-20 cm em relação a testemunha e a MB-1, tendo similaridade entre eles; na MB-1 houve diferença entre a camada superficial e de 10-20 cm. Na profundidade 10-20 cm a MB-1 não apresentou diferença com a testemunha, porém ela apresentou diferença com os demais tratamentos, provavelmente por ser um plantio homogêneo.

É possível verificar que aproximadamente metade da biomassa de raízes finas, 49,5% está concentrada nos primeiros 5 cm do sub-solo (Figura 13), dos quais 25,5% refere-se a MB-4, diferenciando estatisticamente das demais profundidades avaliadas. Com o aumento da profundidade, a quantidade de biomassa de raízes decresceu gradativamente, sendo que apenas 21,7% da biomassa estão concentrados na camada de 10 a 20 cm de profundidade onde 40% refere-se a MB-5.

Navroski et al. (2010) em plantio de *Eucalyptus cloeziana* F. Meull. com 18 anos encontrou biomassa de raízes finas 44,61% (564,97 kg ha<sup>-1</sup>) concentrada nos primeiros 5 cm de solo e 15% (193,19 kg ha<sup>-1</sup>) da biomassa entre 15 a 20 cm de profundidade. Esses resultados possuem similaridade com os encontrados no presente estudo, dando a dimensão da sua importância para a reabilitação do ecossistema degradado.

À medida que foi aumentando a profundidade do solo, houve diminuição da biomassa de raízes, o que pode estar sendo motivado pela menor aeração e disponibilidade de nutrientes, assim como ao maior adensamento das camadas profundas, que constituem obstáculos ao desenvolvimento de raízes (Anexo 2). Segundo Valcarcel et al. (2007), a maior concentração de raízes na camada superficial pode ser explicada pelo microambiente favorável causado pela serrapilheira, com maior retenção de água, arejamento e, portanto, maior disponibilidade de oxigênio e nutrientes oriundos de sua decomposição, favorecendo o crescimento das raízes, principalmente as mais finas, pois as plantas se especializam em mecanismos de sobrevivência em condições de estresse hídricos. Estas mesmas observações foram detectadas em estudo com *Eucalyptus bicostata* Maiden. onde a biomassa de raízes finas diminuiu com o aumento da profundidade do solo (SCHUMACKER, 1995).





\*Diferença significativa em relação ao teste de Kruskal – Wallis a 5%.

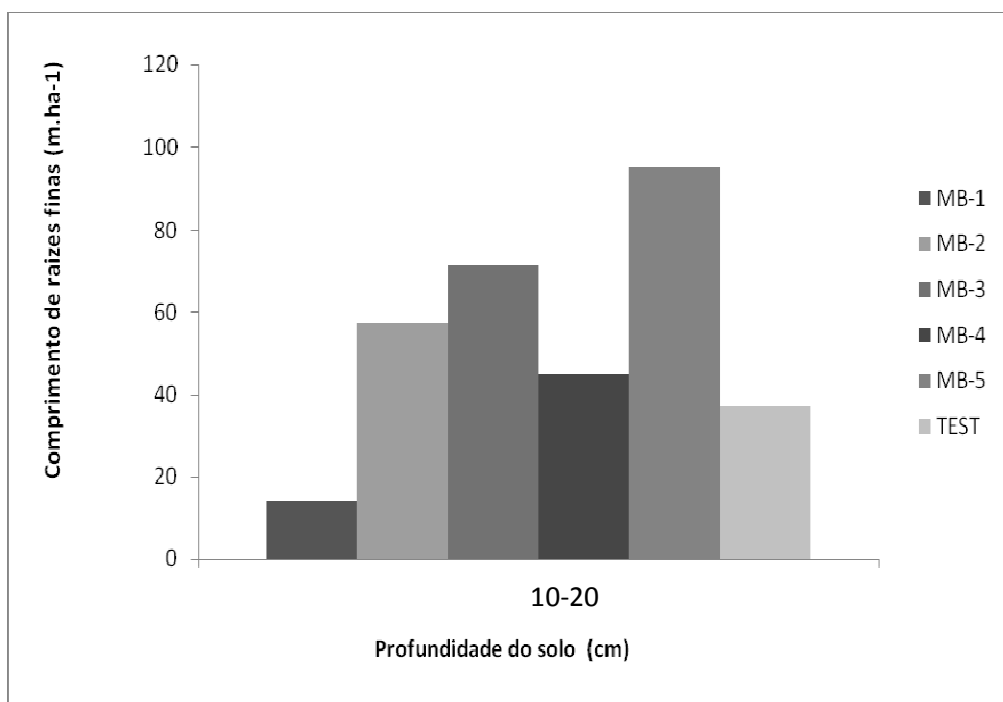
**Figura 13:** Massa seca de raízes secas com diâmetros menores ou iguais a 2 mm (finas), verificada ao longo do perfil do solo (substrato) em diferentes profundidades, na testemunha e nos reflorestamentos (Medidas Biológicas) com 14 anos de idade.

Os efeitos das medidas biológicas, como agentes construtores de ecossistemas foram evidenciados nos primeiros 10 cm de profundidade do sub-solo. A função das espécies que compõem esses ecossistemas é variável no tempo e depende do seu grau de maturidade alcançado. Durante os 14 anos ocorreram efeitos distintos sobre o substrato, influenciando na distribuição radicular.

O tipo de raiz das plantas pode ter interferido na distribuição radicular no perfil do solo (substrato) (Anexo 1), uma vez que algumas espécies de plantas C4 (capim em geral) possuem raiz fasciculada, e isso implica numa produção maior de massa radicular; contrário ao caso das plantas com raiz pivotante (árvores), que produzem menor quantidade de raízes laterais. Outro ponto a ser considerado é a razão parte aérea/parte radicular, pois a produção e distribuição radicular constituem função também da demanda evapotranspiratória (VALCARCEL et al., 2007).

### Comprimento das Raízes

Na distribuição das raízes totais na camada de 10-20 cm ocorreu diferença estatística significativa na MB-5 em relação à testemunha e a MB-1, embora a mesma não tenha diferido dos outros tratamentos (Figura 14)



**Figura 14:** Comprimento de raízes com diâmetros menores ou iguais a 2 mm ( finas ), verificada no perfil do solo (substrato) na profundidade de 10-20 cm em relação aos tratamentos

Todos os tratamentos e a testemunha em relação a profundidade não apresentaram diferença significativa nas profundidades de 0-5 e 5-10cm. Porém na profundidade de 10-20 cm houve diferença significativa de acordo com o teste de Tukey a 5% onde a MB-1 é diferente dos demais tratamentos e não diferiu da testemunha. Já a testemunha foi diferente da MB-2, MB-3, MB-4 e MB-5 (Quadro 2).

O comprimento de raízes finas diminuiu com o aumento da profundidade, apresentando o mesmo comportamento da massa seca. A proporção de raízes finas na camada de 0-5cm foi 96,2% em relação ao comprimento de todas encontradas até a profundidade de 20 cm, enquanto apenas 1,7% estão na camada de 10-20 cm (Quadro 2).

**Quadro 2:** Comprimento de raízes (cm) nas diferentes profundidades em relação aos tratamentos.

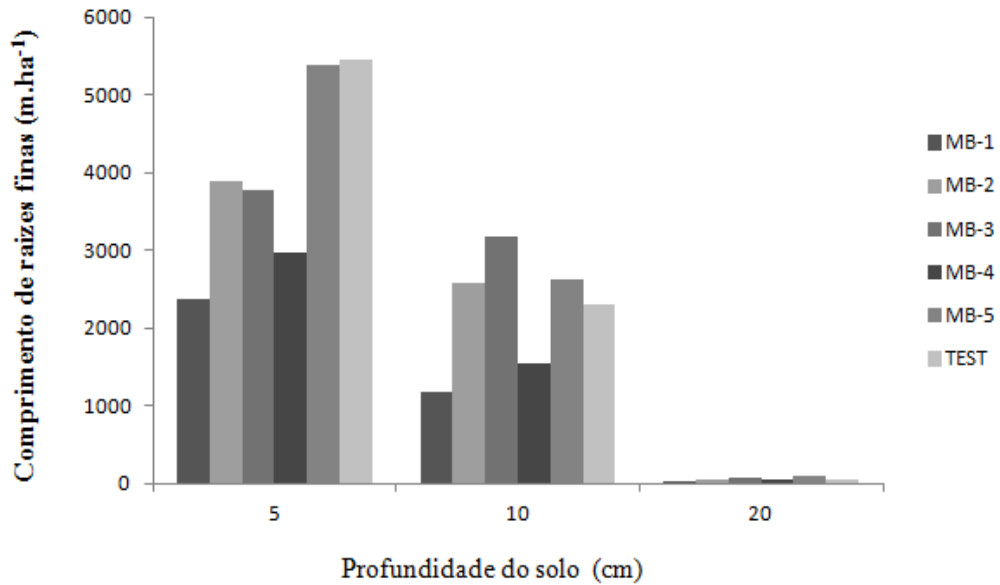
Tratamento	Profundidade		
	0-5cm	5-10cm*	10-20cm*
	Comprimento (cm)		
MB-1	32,74a	0,984a	0,5665b
MB-2	53,53a	1,272a	1,085a
MB-3	52,16a	1,192a	1,0872a
MB-4	40,77a	1,081a	1,1776a
MB-5	74,27a	1,254a	1,3664a
Testemunha	75,09a	1,032a	0,8903ab
CV	125,03	54,075	52,94

\* Diferença significativa em relação ao teste de Tukey a 5%.

Diferença significativa em relação ao teste de Kruskal – Wallis a 5%.

**Obs:** Os valores seguidos da mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente.

Observou-se na figura 15 que a MB-5 apresentou comprimento de raízes nas camadas de 0-5 e 10-20 cm superior aos demais tratamentos. Esse resultado pode estar relacionado com a maior diversidade de espécies e atributos ambientais desses ecossistemas (NEVES e VALCARCEL, 2000), indicando uma ocupação diferenciada do perfil pelas diferentes espécies, o que ocorre em menor escala na MB-1 (plantio homogêneo). Tais resultados, porém, não apresentaram diferenças estatísticas significativas.



**Figura 15:** Comprimento de raízes com diâmetros menores ou iguais a 2 mm (finas), verificada no perfil do solo (substrato) em diferentes profundidades nos tratamentos.

## 5. CONCLUSÕES

A massa seca total de raízes finas produzidas em 14 anos de implantação das medidas biológicas foram superiores às apresentadas pela testemunha em 29 anos, evidenciando o papel conservacionista dos reflorestamentos na construção dos solos a partir de substrato inerte de sub-solo.

O comprimento e massa seca de raízes foi reduzida, a medida que aumentou a profundidade, porém este efeito foi mais perceptível na MB-1( espécie predominante *Acacia auriculiformis* Sandw) e na Testemunha e menos perceptível na MB-5 (espécie predominante *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth), sinalizando que o consorcio de 14 espécies foi mais eficaz na construção dos ecossistemas.

A medida biológica MB-5 (espécie predominante *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth ) apresentou maiores valores de massa seca e comprimento de raízes finas ao longo do perfil em relação aos demais.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A G. **Ciclagem de nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encostas.** 1997. 182f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio Janeiro.

BARBIÉRI, E. B. & KRONEMBERGER, D. M. P, Climatology in the south-southwest of the State of Rio de Janeiro. **Caderno Geociência.**, Rio de Janeiro, Brasil,, 1994.12: 57-73 (In Portuguese).

BEHLING, M. **Nutrição, partição de biomassa e crescimento de povoamentos de teca em tangará da Serra-MT.** 2009. 156 f. Tese (Doutorado em Solos e nutrição de plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

BENGOUGH, A.G.; CASTRIGN, A.; PAGÉS, L.; VAN NOORDWIJK, M. **Sampling strategies, scaling and statistics.** In: SMIT, A.L.; BENGOUGH, A.G.; ENGELS, C.; VAN NOORDWIJK, M.; PELLERIN, S.; VAN DE GEIJN, S.C. (Eds) *Root methods: a handbook.* Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p.147-174, 2000.

BITAR,O.Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo.** 187f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. 1997.

BRADY, C. N. **Natureza e propriedades dos solos.** 7 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878 p.

BROWN,S.; LUGO,A.E. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustain development. **Restoration Ecology.** v2, 1994. p.97-14.

CAMARGO ,J.L.C.; FERRAZ, I.D.K.; IMAKAWA, A.M. Degraded areas of Central Amazons using direct sowing of forest tree seeds. **Restoration Ecology.** v.10. n.4, p.636-644, 2002.

CAMPOS, M.M.S. **Ecofisiologia do uso de nitrogênio em espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, Ubatuba, SP.** 2009. 120 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) - Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, São Paulo.

CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L.; JORGE, L.A.C. Distribuição do sistema radicular do citros em solo de tabuleiro costeiro. . In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: Metodologias e Estudos de Casos. 1999, Aracaju. **Anais...** p.179-189.

COSTA, A.; ROSOLEM, C.A. & TORRES, H. 1999. Distribuição de raízes de leguminosas em função de alterações nas características químicas e físicas em solos do Paraná In: Workshop sobre Sistema Radicular: Metodologias e Estudos de Casos. **Anais...** Aracaju p191-202.

DEMATTE, J.L.I. **Characteristics of Brazilian soils related to root growth** .In: THE SOIL/ROOT SYSTEM IN RELATION TO BRAZILIAN AGRICULTURE, 1980, Londrina. Proceedings... Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1981. p.21-41.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B., **Defining and assessing soil quality**. In: DORAN, J.W.;COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (eds). Defining soil quality for a sustainable environment. SSSAJ, Madison, (Publication Number 35), 1994. p.3-22.

FAN, M.S.; ZHU, J.M.; RICHARDS, C.; BROWN, K.M.; LYNCH, J.P. Physiological roles for aerenchyma in phosphorus-stressed roots. **Functional Plant Biology**, 30(5), p. 493-506, 2003.

FASSBENDER, W.H. **Química de suelos: con énfase en suelos de América Latina**. San Jose, Costa Rica : Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas,1980. p.66-104.

FELDMAN, L.J. 1988. The habits of roots. **BioScience**, 38(9):612-618.

FIDERJ. **Indicadores Climatológicos**. Série Sipe. Rio de Janeiro, 1978. 156p. (mapas).

FRANCO, A.A.; DIAS, L.E.; FARIA, S.M.; CAMPELLO, E.F.C.; SILVA E.M.R. **Uso de leguminosas florestais noduladas e micorrizadas como agentes de recuperação e manutenção da vida do solo: Um modelo tecnológico**. In: ESTEVES, F. A. (Coord.). Estrutura, funcionamento e manejo de ecossistemas brasileiros. **Oecologia Brasilienses** 1995, 1: 459-467.

FREITAS, T.A.S.; BARROSO, D.G.; CARNEIRO, J.G. de A.Dinâmica de raízes de espécies arbóreas: visão da literatura. **Ciência Florestal**, v.18, n.1, p.133-142, 2008.

FRIEND,A.J.; COLEMAN, M.D.; ISEBRANDS, J.G. **Carbon allocation to root and shoot systems of woody plants**. In: DAVIS, D.; HAISSING,E. (Ed) Biology of adventitious root formation.London: **Plenum Press**, 1994. p.245-273.

GONÇALVES, J.L.M.; NOGUEIRA, L.R.Jr; DUCATTI, F. **Recuperação de solos degradados**. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V.L.; GANDARA,F.B.(Org.). Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais. Botucatu: FEPAF, 1 ed., 2008. p. 167-184.

GONÇALVES, J.L.M; MELLO, S.L.M. **Sistema radicular das árvores**. In: GONÇALVES, J.L.M; BENEDETTI, V. (Ed.). Nutrição e fertilização de florestas. 4 ed. Piracicaba: IPEF/ FAPESP, 2000. p. 221-267.

GRAY, D.H.; LEISER, A.T. **Biotechnical slope protection and erosion control**. Florida: Krieger Publishing Company Malabar, 1982. 271 p.

HERTEL, D. LEUSCHNER, C. HÖLSCHER, D. (2003). Size and Structure of Fine Root Systems in Old-growth and Secondary Tropical Montane Forests. **BIOTROPICA. Plant Ecology**, Albrecht-von-Haller-Institute for Plant Sciences, University of Göttingen, D-37073, Göttingen, Germany. Volume 35, Issue 2, p. 143–153.

JOHN, B.; PANDEY, H.N.; TRIPATHI, R.S. Decomposition of fine roots of *Pinus Kesiya* and turnover of organic matter, N and P of coarse and fine pine roots and herbaceous roots and rhizomes in subtropical pine forest stands of different ages. **Biology and Fertility of Soils**, v.35, p.238-246, 2002.

LEHMANN, J.; ZECH, W., 1998. Fine root turnover of irrigated hedgerow intercropping in Northern Kenya. **Plant and Soil**, v.198, p.19-31.

LÓPEZ-BUCIO, J.L.; HERNÁNDEZ-ABREU, E.; SÁNCHEZ-CALDERÓN, L.; NIETO-JACOBO, M.F.; SIMPSON, J.; HERRERA-ESTRELLA, L. Phosphate availability alters architecture and causes changes in hormone sensitivity in the *Arabidopsis* root system. **Plant Physiology**, v.129, p.244-256, 2002.

MAGALHÃES, L.M.S. Distribuição radicular de espécies florestais plantadas na região de Manaus, Amazônia. **Floresta e Ambiente**, v. 7, n. 1, p. 93 – 103, 2000.

MANGUIAT, I. J.; MENDOZA, D. M.; PEREZ, A. M.; PADILLA, V. M. Influence of rhizobial inoculation and phosphorus pelleting on the growth and biomass production of gliricidia in a degraded grassland area. **Nitrogen Fixing Tree Research Reports**, Waimanalo, Hawaii, v. 7, p. 97-100, 1989.

MEDINA, C. C.; NEVES, C.S.V.J.; FONSECA, I.C.B.; TORRETI, A.F. Crescimento radicular e produtividade de cana-de-açúcar em função de doses de vinhaça em fertirrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.23, n.2, p.179-184, 2002.

MENDES FILHO, P.F. **Potencial de reabilitação do solo em uma área degradada através da revegetação e do manejo microbiano**. 2004. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia) ESALQ/USP.

MOREIRA, P. R. **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, Poços de Caldas, MG**. 2004. 139f.. Tese Doutorado. Rio Claro: UNESP.

NAVROSKI, M.C.; BIALI, L.J.; BIANCHIN, J.E.; CAMARGO, L.; SCHUMACHER, M.V. Quantificação de biomassa e comprimento de raízes finas em povoamento de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. Recife, Pe. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.4, p.535-540, 2010.

NEVES, L.G. **Eficiência conservacionista de medidas biológicas em reabilitação de áreas degradadas no domínio ecológico da Mata Atlântica**. 2004. 125f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio Janeiro, Rio de Janeiro.

NEVES, L.G.; VALCARCEL, R. Regeneração natural em áreas de empréstimo em vias de reabilitação. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRRJ, 10., 2000, Seropédica. **Resumos...**, Seropédica: 2000. p.157-158.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

PARROTA, J.A.; TURNBULL, J.W.; JONES, N. Catalyzing native Forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, v.99, p.1-7, 1997.

PINHEIRO, C. A.A. **Dinamismo dos processos erosivos em fontes pontuais de emissão de sedimentos para a baía de Sepetiba**. 2004. 67f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio Janeiro, Rio de Janeiro.

- PRITCHETT, W.L. Site preparation and fertilization of slash pine on wet savana soil. **Southern Journal of Applied Forestry**, Washington, v.3, n.3, p. 86-90, 1979.
- RAVEN, P.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 7 ed. Rio de Janeiro: Huanabara Koogan, 2007. 830 p.
- RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 301 p.
- RIEDACKER, A. Morphogenesis of root systems of seedlings and cuttings of *Quercus robur* L. **Plant and Soil**, The Hague, Holanda, v. 71, p. 131-146, 1983.
- RODRIGUES, G.B; MALTONI, K.L; CASSIOLATO, A.M.R; Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado. Campina Grande, PB, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.11, n.1, p.73-80, 2007.
- RUBIO, G.; LIAO, H.; YAN, X.; LYNCH, J.P. Topsoil foraging and its role in plant competitiveness for phosphorus in common bean. **Crop Science**, v.43, p.598-607, 2003.
- RUSCHEL, A.R.; MANTOVANI, M.; REIS, M.S.; NODARI, R.O.. Caracterização e dinâmica de duas fases sucessionais em floresta secundária da Mata Atlântica. **Revista Árvore**, v.33, n.1, p.101-115, 2009.
- RUSSEL, R. S.; IGUE, K.; MEATA, Y. R. (Ed.) **The Soil/root system in relation to brazilian agriculture**. Londrina: IAPAR - Instituto Agronômico do Paraná, p. 372. 1981.
- SANTOS, J.F. dos. **Avaliação da Reabilitação em Área de Empréstimo a Partir de Reflorestamentos na Mata Atlântica**. 2010. 186f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- SCHROTH, G.; D´ANGELO, S. A.; SCHALLER, M.; HAAG, D.; RODRIGUES, M. R. L. (1999). Root research methods for humid tropical agro-forestry systems – A management perspective. In: Workshop sobre Sistema Radicular: Metodologias e Estudos de Casos. **Anais...Aracajú** p.255-268.
- SCHUMACHER, M. V. **Naehrstoffkreislauf in verschiedenen Bestaenden von *Eucalyptus saligna* Smith, *Eucalyptus dunnii* Maiden und *Eucalyptus globulus* Labillardiere in Rio Grande do Sul, Brasilien**. 167 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Nutrição Florestal) – Universität für Bodenkultur, Wien, 1995.
- SOUZA, F. A. de; SILVA, E. M. R. **Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas**. In: SIQUEIRA, J. O. (Ed.) **Avanços em fundamentos e aplicação de Micorrizas**. Lavras: DCS/DCF, UFLA, 1996. p. 255-290.
- SPOSITO, G. The aims of soil science-challenges to be taken up by soil science – The applications and benefits of soil science. In: World Congress of Soil Science, 16, Montpellier-França. **Anais...** Montpellier:International Society of Soil Science, 1998. p.41-48.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**, 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.719p.
- UFRRJ. Plano de Recuperação de Áreas de Empréstimo da Serviços de Engenharia Rodoférrea S. A., **Relatório Final**, Itaguaí, RJ. 1993. 79p.
- VALCARCEL, R. Plano de Recuperação Ambiental. Serviço de Engenharia RODOFÉRREA S.A. 1994. 64p.

VALCARCEL, R.; D'ALTÉRIO, C.F. Medidas físico-biológicas de recuperação de áreas degradadas: avaliação das modificações edáficas e fitossociológicas. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.5, n.1, p.68-88, 1998.

VALCARCEL, R.; SILVA, Z. A eficiência conservacionista de medidas de recuperação de áreas degradadas: proposta metodológica. **Floresta**, v.27, n.1, 2000. , p.101-114.

VALCARCEL, R.; VALENTE, F.D.W.; MOROKAWA, M.J.; NETO, F.V.C.; PEREIRA, C.R. Avaliação da biomassa de raízes finas em área de empréstimo submetida a diferentes composições de espécies. **Revista Árvore**, v.31, n.5, p.923-930, 2007.

VIDAL, W.N. Botânica: **Organografia quadros sinóticos ilustrados de fanerógamos**, 4 ed. Viçosa: UFV, 2003. 124p.

ZEE. Zoneamento Econômico - Ecológico do Estado do Rio de Janeiro. **Projeto 1: Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica da Baía de Sepetiba**. Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro. 1996. Cd-rom.

ZONTA, E.; BRASIL, F.C.; GOI, S.R.; ROSA, M.M.T. **O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico**. In: FERNANDEZ, M.S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2006. p. 7- 52.



## **7. ANEXO**

**Anexo 1:** Relação de espécies amostradas na testemunha T0 e nas medidas biológicas M-1, MB-2, MB-3, MB-4, MB-5, em área de empréstimo na Ilha da Madeira – RJ, reflorestada em 1994, em ordem alfabética de família, gênero e espécie, com seus respectivos nomes populares, hábitos, grupo ecológico: “\*” corresponde ao período de inverno (estação seca) e “x” ao período de verão (estação chuvosa); PI = espécie pioneira; SI = espécie secundária inicial; ST = espécie secundária tardia e SC = sem caracterização.

Família/Nome Científico	Nome Popular	Hábito	G. E.	T0	MB-1	MB-2	MB-3	MB-4	MB-5
<b>Anacardiaceae</b>									
Astronium graveolens Jacq.	guaritá	Arbórea	SI					X	X
Morfoespécie 05	-	Arbórea	SC						*
Morfoespécie 11	-	Arbórea	SC						X
<b>Anemiaceae</b>									
Anemia phyllitidis (L.) Sw.	-	Herbácea	PI					X	X
Anemia villosa Humb.Obonpl. ex Wild.	-	Herbácea	PI					X	
<b>Annonaceae</b>									
Rollinia laurifolia Schldt.	-	Arbórea	SI				x		
<b>Apocynaceae</b>									
Ditassa sp.	-	Trepadeira	PI		x		*		
Himatanthus bracteatus (A. DC.) Woodson	-	Arbórea	PI					X	
Oxypetalum sp.		Trepadeira	PI		x				
Oxypetalum cordifolium (Vent.) Schltr	-	Trepadeira	PI				* x		
<b>Aristolochiaceae</b>									
Aristolochia ruiziana (Kl.) Duch.	papo-de-peru	Trepadeira	PI				x		
<b>Asteraceae</b>									
Adenostemma brasilianum (Pers.) Cass.	cravinho do mato	Herbácea	PI				x		
Baccharis sp.	-	Herbácea	PI			*			
Baccharis punctigera DC.		Herbácea	PI			x			
Baccharis dracunculifolia (Less) DC.	alecrim-do-campo	Arbustiva	PI	* x	* x				
Baccharis serrutata (Lam.) Person	-	Herbácea	PI			*			
Baccharis trinervis (Lam.) Pers.	assa-peixe-branco	Trepadeira	PI		* x	x			X
Clibadium rotundifolium DC.	-	Arbustiva	PI			*			
Elephantopus sp.	-	Herbácea	PI			*			
Elephantopus angustifolius Sw.	-	Herbácea	PI				x		
Elephantopus mollis Kunth	língua-de-vaca	Herbácea	PI				x		
Eupatorium laevigatum Lam.	mata-pasto marcela-da-folha-fina	Arbustiva	PI		x				
Gnaphalium purpureum L.		Arbustiva	PI	x					
Mikania glomerata Spreng.	Guaco	Trepadeira	PI		x	* x	x		X
Mikania Laevis DC.	-	Trepadeira	PI						* x
Mikania congesta	-	Trepadeira	PI		x				

Continua...

Continuação...

Família/Nome Científico	Nome Popular	Hábito	G. E.	T0	MB-1	MB-2	MB-3	MB-4	MB-5
Piptocarpha quadrangularis (Vell.) Baker	-	Trepadeira	PI		* x	x	* x		
Vernonia macrophylla Less.	Fumo-do-campo	Arbustiva	PI		* x	* x	* x	X	* x
Vernonia polyanthes Less.	Assa-peixe	Arbustiva	PI		* x				
Vernonia scorpioides (Lam.) Pers.	Erva-prea	Trepadeira	PI		* x	* x	* x	X	
Vernonia squamosa Gardn.	-	Herbácea	PI			x		X	X
<b>Bignoniaceae</b>									
Anrabiodea leucopogon	-	Trepadeira	PI			*			
Cybistax antisiphilitica (Mart.) Mart.	Ipê-verde	Arbórea	PI			* x		* x	x
Macfadyena unguis-cati (L.) A. Gentry	Unha-de-gato	Trepadeira	PI				*		
Tabebuia umbellata (Sond.) Sandwith	Ipê-amarelo	Arbórea	SI		*	*		*	x
Morfoespecie 08	-	Trepadeira	SC				x		
Morfoespecie 09	-	Trepadeira	SC					X	
<b>Blechnaceae</b>									
Blechnum occidentale L.	-	Herbácea	PI					X	
<b>Boraginaceae</b>									
Cordia hypoleuca A. DC.	-	Arbustiva	SI		x	* x	x		x
Cordia leucocephala Moric.	Muleque-duro	Arbustiva	PI			*			
Cordia trichoclada DC.	Louro-tabaco	Arbórea	PI	x					
<b>Cannabaceae</b>									
Trema micrantha (L.) Blume	Crindiúva; grandiuva	Arbórea	PI			* x			
<b>Cyperaceae</b>									
Rhynchospora exaltata Kunth	Capim-navalha	Herbácea	PI	* x	x				
<b>Erythroxilaceae</b>									
Erythroxilum pulchrum A. St.-Hil.	Arco-de-pipa	Arbórea	SI			x			* x
<b>Euphorbiaceae</b>									
Croton floribundus Spoeng.	Capixingui	Arbórea	PI					x	
Dalechampia sp.	-	Trepadeira	PI		* x			x	
Dalechampia scandens L.	Cipó-fogo	Trepadeira	PI				* x		x
Morfoespecie 07	-	Trepadeira	SC			x			
<b>Fabaceae-Caesalpinioideae</b>									
Caesalpinia sp.	-	Arbórea	SC			x		*	
<b>Fabaceae-Faboideae</b>									
Machaerium aculeatum Raddi	Bico-de-pato	Arbórea	PI			x		*	
Machaerium hirtum (Vell.) Stellfeld	Jacarandá-de-espinhos	Arbórea	PI				*		
Machaerium nyctitans (Vell.) Benth.	Bico-de-andorinha	Arbórea	SI					x	
Morfoespecie 10	Jacarandá-ferro	Arbórea	SI					x	
Morfoespecie 10	-	Trepadeira	SC					x	

Continua...

Continuação...

<b>Família/Nome Científico</b>	<b>Nome Popular</b>	<b>Hábito</b>	<b>G. E.</b>	<b>T0</b>	<b>MB-1</b>	<b>MB-2</b>	<b>MB-3</b>	<b>MB-4</b>	<b>MB-5</b>
<b>Fabaceae-Mimosoideae</b>									
Acacia polyphylla DC.	Manjoleiro, maricá	Arbórea	PI	x	x	x *		x	
Albizia lebeck (L) Benth	Albízia	Arbórea	PI		x		x		
Albizia polycephala (Benth.) Killip Record	Manjolo	Arbórea	PI	x				x	
Inga laurina (Sw.) Willd	Ingá	Arbórea	SI					* x	
Leucaena leucocephala (Lam.)	Leucena	Arbórea	PI		* x	* x	* x	x	
Mimosa caesalpiniaefolia Benth.	Sabiá	Arbórea	PI			* x	* x	* x	
Piptadenia gonoacantha (Mart.) J. F. Macbr.	Pau-jacaré	Arbórea	PI			* x		x	* x
Morfoespécie 04	-	Arbórea	SC			*			*
Morfoespécie 06	-	Arbórea	SC		x				x
Morfoespécie 12	-	Arbórea	SC						x
<b>Fabaceae-Papilionoideae</b>									
Canavalia ensiformis (L.) DC.	Feijão-de-porco	Herbácea	PI		x	* x	* x	* x	
Cajanus cajan (L.) Millsp.	Feijão guandu; feijão-andu	Arbustiva	PI		x				
Myrocarpus frondosus Allemão	Cabreúva	Arbórea	ST				*		
Vigna lasiocarpa (Mart.ex Benth.) Verdc.	-	Trepadeira	PI		x				
<b>Gleichniaceae</b>									
Gleichenella pectinata (Willd.) Ching	Samambaia-de-barranco	Herbácea	PI	* x					
<b>Lamiaceae</b>									
Hyptis lophanta Mart. ex Benth.	Hortelã	Herbácea	PI					*	
Hyptis mutabilis (Rich.) Briq.	-	Trepadeira	PI			* x			
<b>Lauraceae</b>									
Endlicheria paniculata (Spreng) Macber.	-	Arbustiva	ST		x	* x			
Nectandra membranacea (Swartz) Griseb.	Canela-branca	Arbórea	ST				* x	x	* x
<b>Lygodiaceae</b>									
Lygodium volubile Sw.	Abre-caminho	Trepadeira	PI					x	
<b>Malpighiaceae</b>									
Banisteriopsis sp.	-	Trepadeira	PI						x
Stigmaphyllon af. Ciliatum A. Juss.	-	Trepadeira	PI			*			
Morfoespécie 13	-	Trepadeira	SC						x
<b>Malvaceae</b>									
Luehea divaricata Mart.	Açoita-cavalo	Arbórea	SI	x		* x	* x	x	
Waltheria americana L.	Malva-veludo	Herbácea	PI			*			
Waltheria indica L.	Guaxuma	Herbácea	PI			* x			
Waltheria sp.	-	Herbácea	PI			x			
Wissadula sp.	-	Arbustiva	PI				x		

Continua...

Continuação...

Família/Nome Científico	Nome Popular	Hábito	G. E.	T0	MB-1	MB-2	MB-3	MB-4	MB-5
<b>Marantaceae</b>									
Ctenanthe cf. pilosa	-	Herbácea	PI					* X	* X
<b>Melastomataceae</b>									
Clidemia hirta (L.) D. Don	-	Arbustiva	PI	X	*	*	X	X	* X
Clidemia sylvestris Sw.	-	Arbórea	PI				*		
Tibouchina granulosa (Desr.) Cogn.	Quaresmeira	Arbórea	PI					* X	
Morfoespécie 01	-	Arbustiva	SC		*				
Morfoespécie 03	-	Trepadeira	SC						*
<b>Meliaceae</b>									
Guarea guidonia (L.) Sleumer	Carrapeta	Arbórea	SI		* X	* X	* X	* X	* X
Guarea macrophylla Vahl.	Catiguá-morcego	Arbórea	ST		X				
Trichilia lepidofa Mart.	Catiguá	Arbórea	ST						* X
Morfoespécie 02	-	Arbórea	SC						*
Morfoespécie 14	-	Arbórea	SC						X
<b>Monimiaceae</b>									
Mollinedia sp.	-	Arbustiva	SC			X			
<b>Myrtaceae</b>									
Campomanesia sp.	-	Trepadeira	PI						*
Eugenia sp.	-	Arbórea	SC		X				
Myrcia splendens (Sw.) DC.	-		ST						X
<b>Passifloraceae</b>									
Passiflora biflora	-	Trepadeira	PI		* X				
<b>Piperaceae</b>									
Piper sp.		Arbustiva	PI				X		
Piper aduncum L.	Pimenta-de-macaco	Arbustiva	PI		* X	* X	* X	*	* X
Piper anisum (Spreng.) Angely	-	Arbustiva	PI						X
Piper arboreum Aubl.	Pimenta-de-macaco	Arbustiva	PI					X	X
Piper mollicomum Kunth	Pariparoba, jaguarandi	Arbustiva	PI					X	X
Piper solmsianum C. DC.	Jaborandi	Arbustiva	PI			*			*
<b>Poaceae</b>									
Andropogon bigornis L.	Capim-rabo-de-burro	Gramínea	PI					*	
Andropogon selloanus (Hackel)Hackel	Capim-barba-de-bode	Gramínea	PI	X				*	
Bambusa vulgaris Schrad.	Bambu	Gramínea	PI					*	
Brachiaria plantaginea (Link)Hitch	Capim-papuã	Gramínea	PI		*		X	*	
Cynodon plectostacyus (K. Schum) Pilg.	Grama estrela	Gramínea	PI						*
Imperata brasiliensis Trin.	Capim-sapé	Gramínea	PI		* X				
Melinis minutiflora P. Beauv	Capim-gordura	Gramínea	PI	* X					
Olyra micrantha H.B.K.	Taquara	Gramínea	PI		* X	* X	X	X	* X

Continua...

Continuação...

Família/Nome Científico	Nome Popular	Hábito	G. E.	T0	MB-1	MB-2	MB-3	MB-4	MB-5
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	Capim-colonião	Gramínea	PI		* x	* x	* x	* x	* x
<i>Panicum pilosum</i> Sw.	-	Gramínea	PI					x	
<i>Paspalum</i> sp.	-	Gramínea	PI	x	*				
<i>Paspalum notatum</i> Flügge	Gramabatatais	Gramínea	PI					x	
<i>Pharus lappulaceus</i> Aubl.	-	Gramínea	PI						x
<b>Poligalaceae</b>									
<i>Poygala</i> sp.	-	Arbustiva	SC				*		x
<b>Rubiaceae</b>									
<i>Psychotria</i> sp.	-	Arbustiva	SI			x			* x
<i>Psychotria leiocarpa</i> Cham. & Schldtl.	Café-do-mato; grandiúva-de-anta	Arbustiva	SI						x
<i>Spermacoce verticillata</i> L.	Vassourinha-de-botão	Herbácea	PI		x			x	
<b>Salicaceae</b>									
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Guaçatunga Espeteiro;	Arbórea	SI			* x			*
<i>Casearia Sylvestris</i> Sw.	pau de lagarto	Arbórea	PI					x	* x
<b>Sapindaceae</b>									
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	Camboatá	Arbórea	SI		x	x	x		* x
<i>Paullinia turbacensis</i> Kunth	-	Trepadeira	PI			x			
<i>Serjania caracasana</i> (Jacq.) Willd.	-	Trepadeira	PI		* x	*	* x		* x
<i>Serjania cuspidata</i> Cambess.	-	Trepadeira	PI		x	* x			
<i>Serjania communis</i> Cambess.	-	Trepadeira	PI		x	x			
<b>Siparunaceae</b>									
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Erva-santa	Arbórea	SI						*
<b>Smilacaceae</b>									
<i>Smilax fluminensis</i> Stend.	Salsaparrilha	Trepadeira	PI						*
<i>Smilax quinquenervia</i> Vell.	Japecanga	Trepadeira	PI					* x	* x
<b>Solanaceae</b>									
<i>Solanum americanum</i> Mill.	Maria-pretinha	Herbácea	PI						*
<i>Solanum argenteum</i> Duanl	Solanum-prata	Arbórea	PI			x	* x		* x
<i>Solanum asperum</i> L. C. Rich.	Coça-coça	Arbustiva	PI		x				
<i>Solanum granulosoleprosum</i> Dunal	Fumo-bravo	Arbustivo	PI		x				
<i>Solanum paniculatum</i> L.	Jurubeba	Arbustiva	PI		* x				
<i>Solanum pseudoquina</i> A. St. - Hil.	Coerana	Arbórea	PI				x	x	
<b>Trigoniaceae</b>									
<i>Trigonia villosa</i> Aubl.	-	Trepadeira	PI	* x					
<b>Urticaceae</b>									
<i>Cecropia pachystachya</i> Trec.	Embaúba	Arbórea	PI		* x				

Continua...

Continuação...

<b>Família/Nome Científico</b>	<b>Nome Popular</b>	<b>Hábito</b>	<b>G. E.</b>	<b>T0</b>	<b>MB-1</b>	<b>MB-2</b>	<b>MB-3</b>	<b>MB-4</b>	<b>MB-5</b>
<b>Verbenaceae</b>									
Gmelina arborea Roxb.	-	Arbórea	PI					*	
Lantana sp.	-	Herbácea	PI		x				
Lantana camara L.	Cambará; camará-de- espinho	Arbustiva	PI		* x	* x			
Lantana canescens Kunth	Cambarazio / Camara	Arbustiva	PI					x	
<b>Vitaceae</b>									
Cissus sp.	-	Trepadeira	PI						x
Cissus verticillata (L.) Nicolson	-	Trepadeira	PI			x			

**Fonte:** Santos (2010)

**Anexo 2:** Análise química e física do solo das medidas biológicas e testemunha na área de empréstimo da Ilha da Madeira-RJ

Resultados de Análises Químicas																	
Identificação	Profundidade	N°	Na	Ca	Mg	K	H+Al	Al	S	T	V	M	n	pH <sub>água</sub>	Corg	P	K
do usuário	(cm)	Labfer	----- Cmol <sub>c</sub> / dm <sup>3</sup> -----					----- % -----					1:2,5	%	----- mg/L -----		
MB1 - R1	0	492	0,070	4,0	2,1	0,09	3,0	1,00	6,26	9,26	68	13,76	1	5,4	0,41	13	37
MB1 - R2	0-10	493	0,070	3,2	2,3	0,11	5,0	0,00	5,68	10,68	53	0	1	4,8	0,43	18	44
MB1 - R3	0-20	494	0,060	3,1	1,5	0,39	3,6	1,05	5,05	8,65	58	17,2	1	5,7	2,82	22	154
MB2 - R1	0	495	0,070	5,8	1,6	0,32	3,5	0,95	7,79	11,29	69	10,87	1	4,9	0,74	15	126
MB2 - R2	0-10	496	0,060	3,7	3,6	0,29	5,9	0,00	7,65	13,55	56	0	0	4,9	0,63	16	113
MB2 - R3	0-20	497	0,050	3,1	1,8	0,42	3,5	0,00	5,37	8,87	61	0	1	5,7	0,78	35	165
MB3 - R1	0	498	0,090	5,1	3,1	0,33	4,0	0,20	8,62	12,62	68	2,267	1	5,5	1,68	22	130
MB3 - R2	0-10	499	0,050	3,2	2,9	0,29	9,1	0,90	6,44	15,54	41	12,27	0	5,0	1,10	20	112
MB3 - R3	0-20	500	0,050	4,3	2,2	0,40	4,1	1,00	6,95	11,05	63	12,58	0	5,6	2,33	43	156
MB4 - R1	0	501	0,090	4,2	2,0	0,42	3,8	0,00	6,71	10,51	64	0	1	4,7	0,84	20	165
MB4 - R2	0-10	502	0,050	3,2	2,5	0,34	4,1	1,00	6,09	10,19	60	14,11	0	4,7	0,67	21	132
MB4 - R3	0-20	503	0,050	3,2	2,0	0,35	3,3	0,70	5,60	8,90	63	11,12	1	5,7	2,50	26	135
MB5 - R1	0	504	0,080	5,1	2,6	0,18	6,4	0,00	7,96	14,36	55	0	1	4,7	0,93	24	72
MB5 - R2	0-10	505	0,060	3,1	2,3	0,24	4,1	0,65	5,70	9,80	58	10,24	1	5,2	0,67	23	92
MB5 - R3	0-20	506	0,050	2,9	2,0	0,39	3,5	0,90	5,34	8,84	60	14,42	1	5,6	1,54	24	153
Test 1	0	507	0,060	2,8	1,6	0,38	4,1	0,20	4,84	8,94	54	3,965	1	4,8	1,33	27	150
Test 2	0-10	508	0,050	2,2	1,8	0,35	3,5	0,55	4,40	7,90	56	11,11	1	4,7	0,90	26	136
Test 3	0-20	509	0,040	2,8	1,7	0,36	3,3	0,60	4,90	8,20	60	10,91	0	5,1	0,95	15	141



## Resultados e Análises Físicas

Identificação do usuário	Profund. (cm)	N° Labfer	Argila total		Argila natural		Classe Textural
			Areia	Silte	%		
MB2 - R1		21548	81	7	12	11	Franco-arenosa
MB2 - R2		21549	73	3	24	23	Franco-argiloarenosa
MB2 - R3		21550	72	17	12	1	Franco-arenosa
MB3 - R1		21551	65	12	23	22	Franco-argiloarenosa
MB3 - R2		21552	58	13	29	1	Franco-argiloarenosa
MB3 - R3		21553	47	13	41	1	Argiloarenosa
MB4 - R1		21554	41	26	33	3	Franco-argilosa
MB4 - R2		21555	35	23	42	7	Argila
MB4 - R3		21556	38	23	39	8	Franco-argilosa
MB5 - R1	.	21557	83	7	10	10	Areia-franca
MB5 - R2	.	21558	69	20	11	11	Franco-arenosa
MB5 - R3		21559	67	20	13	10	Franco-arenosa
Testemunha 1		21560	59	23	18	18	Franco-arenosa
Testemunha 2		21561	73	13	14	2	Franco-arenosa
Testemunha 3		21562	76	9	15	3	Franco-arenosa