



CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA RADICULAR ARBÓREO EM ENCOSTA ÍNGREME SOB COBERTURA FLORESTAL CLIMÁCICA ATRAVÉS DA ANÁLISE DE IMAGENS DIGITAIS: MACIÇO DA TIJUCA – RJ.¹

NEGREIROS, André Batista de (Geógrafo, Mtdo. PPGG – IGEO/UFRJ).²

MIGUEL, Felipe L. C. Guimarães (Graduação em Geografia – IGEO/UFRJ).³

BASILE, Rodrigo Otávio Neri de Campos (Geógrafo, Mtdo. PPGG – IGEO/UFRJ).⁴

COELHO NETTO, Ana Luiza (Geógrafa – Professora Titular – PPGG – IGEO/UFRJ).⁵

INTRODUÇÃO:

A pressão urbana cada vez mais forte sobre as encostas tem levado a uma retirada cada vez maior da cobertura vegetal, resultando em áreas desprotegidas e instáveis. Em diversas áreas, a remoção da vegetação através de atividades madeireiras, queimadas ou limpeza de terreno para a agricultura ou urbanização, geralmente resulta num aumento da frequência de deslizamentos. Tal fato consubstancia a idéia de que a vegetação consiste num dos elementos estabilizadores das encostas, promovido principalmente pelo papel das raízes (PRANDINI *et al.*, 1976).

Levantamentos conduzidos por PRITCHET (1979) apontaram que houve um aumento no número de deslizamentos em áreas de extração de madeira no período entre 3 e 5 anos após o corte das árvores, o que pode ser atribuído à redução da resistência ao cisalhamento do solo como decorrente da decomposição das raízes.

É consenso na literatura que a vegetação florestal propicia altas taxas de infiltração e favorece o armazenamento das águas pluviais em subsuperfície. Em nível local, porém, a floresta desempenha um papel relevante no que diz respeito à variabilidade espacial do processo de interceptação das chuvas pelas copas arbóreas e serapilheira, promovendo uma redistribuição da precipitação terminal e, portanto, influenciando as entradas diferenciais de água no solo.

Estudos anteriores desenvolvidos no Laboratório de Geo-Hidroecologia – GEOHECO/UFRJ (COELHO NETTO, 1979 e 1985, FREIRE ALLEMÃO, 1997 [a] e [b]; FREIRE ALLEMÃO *et al.*, 1995 e 1997; JANSEN, 1996 e 2001, JANSEN *et al.*, 2000;

¹ - Apoio Financeiro: CNPq, FUJB, FAPERJ, PRONEX e CAPES. Pesquisa desenvolvida no Laboratório de Geo-Hidroecologia (GEOHECO/UFRJ). Endereço: Av. Brigadeiro Trompowski, s/nº, CCMN, Instituto de Geociências – Depto. de Geografia, sala H1-015. Cidade Universitária, Ilha do Fundão – Rio de Janeiro/RJ.

² - E-mail: andrebnegreiros@hotmail.com

³ - E-mail: lipegaone@bol.com.br

⁴ - E-mail: rodrigobasile@ufrj.br

⁵ - E-mail: ananetto@acd.ufrj.br



NUNES *et al.*, 1991 e 1992) destacam a importância da interação relevo-rocha-solo-biota e suas implicações na regulação da hidrologia de encosta e, por conseguinte, sua relação com o controle dos processos erosivos. Dentre esses autores, uma série de questões foram direcionadas ao entendimento do papel das raízes no controle da hidrologia de subsuperfície, seja através de mapeamentos de raízes (FREIRE ALLEMÃO, 1997 [a] e JANSEN, 2001), estudos de tensiometria, visando avaliar a recarga de água no solo em associação à extração de água pelas raízes (CORRÊA *et al.*, 2002; FREIRE ALLEMÃO, 1997 [b] e SILVEIRA *et al.*, 2001), bem como experimentos de laboratório com o objetivo de entender o processo de percolação da água no solo através da formação de rotas preferencias desempenhadas pelas raízes e dutos (BASILE, 2002; BASILE *et al.*, 2002; JANSEN, 2001 e JANSEN & COELHO NETTO, 1998).

Entretanto, ainda é necessário um maior aprofundamento na compreensão da distribuição dos sistemas radiculares *in situ*, tendo em vista que o conhecimento disponível da morfologia e comportamento espacial das raízes em florestas tropicais ainda tem sido pouco explorado e seu estudo sistemático é muitas vezes difícil considerando os obstáculos impostos à observação direta, conseqüentemente, sabe-se pouco, sobre as interações complexas que ocorrem entre as raízes e seu ambiente físico, químico e biológico.

Os planos de ruptura do solo ocorrem em sua maioria entre as profundidades de 0.3 e 5 m. e segundo estudos realizados por DE GRAFF (1994) os movimentos de massa iniciam-se abaixo da rizosfera ou no contato do solo com a rocha alterada ou a rocha sã. A decomposição das raízes no interior do solo resulta numa queda da resistência no plano de ruptura potencial, aumentando a ocorrência de deslizamentos. Já em solos enraizados, o plano de ruptura potencial pode ter o dobro da resistência ao cisalhamento comparado aos solos com ausência de raízes (ABE & ZIEMER, 1991). Partindo desse pressuposto, destaca-se que a vegetação consiste num dos elementos estabilizadores das encostas, promovido principalmente pelo aumento da resistência do solo proporcionado pelas raízes (PRANDINI *op. cit.*).

SANTANTONIO *et al.* (1977) ressaltavam que a grande dificuldade encontrada nos estudos da rizosfera⁶ decorre do fato deste sistema constituir-se de uma porção quase que invisível do ambiente. Entretanto, atualmente já estão disponíveis técnicas de análise dos sistemas radiculares que minimizam o efeito impactante daquelas normalmente empregadas (abertura de trincheiras), como a utilização de rizotrons (LIEDGENS &

⁶ - Constitui-se a rizosfera, a porção do solo imediatamente em contato com o sistema radicular.



RICHNER, 2002) e o uso de tomografia computadorizada por raios-X (CRESTANA *et al.*, 1994). Contudo, esta última em especial, ainda que seja a que menos resulta em impacto e esforços, demanda um alto custo financeiro e nem sempre está acessível.

Diferenças observadas nos levantamentos de raízes indicam a necessidade de se ampliar a amostragem das estruturas de enraizamento, considerando-se que ainda não se conhece o seu funcionamento em floresta climácica local, onde as raízes estão na plenitude de suas funções mecânicas e hidrológicas, bem como não foram realizadas pesquisas em encostas retilíneas mais íngremes.

É justamente nesse tipo de encosta que ocorrem a maior parte dos movimentos de massa, como apontam os estudos conduzidos por COELHO NETTO (1996), que indicam que grande parte dos movimentos de massa oriundos das fortes chuvas de 1996 ocorreram em encostas degradadas (florestas secundárias inicial e gramíneas) em processo de retração. Tendo em vista que apenas 12% desses deslizamentos ocorreram em florestas mais preservadas (COELHO NETTO, 1996), isso leva a crer a importância do sistema radicular no controle de movimentos de massa em encostas íngremes florestadas.

OBJETIVOS:

Conhecer a variabilidade espacial dos sistemas radiculares e suas implicações no controle das propriedades hidrológicas e mecânicas das encostas, através da abertura de uma trincheira em encosta íngreme retilínea sob a cobertura de floresta climácica local. Realizar um mapeamento das raízes expostas nas paredes da trincheira utilizando análises através de imagens digitais no *software* SIARCS 3.0.

ÁREA DE ESTUDO:

A área de estudo localiza-se na bacia do rio dos Macacos – Maciço da Tijuca/RJ (*ver mapa anexo*). Esta apresenta um padrão de aumento da pluviosidade associada à topografia. Na porção inferior a pluviosidade está entre 1600 e 1800 mm por ano, enquanto que da porção média ao topo da bacia esta atinge mais de 2000 mm anuais. Constitui-se como um sistema que deságua na lagoa Rodrigo de Freitas e, em períodos de chuvas intensas, os processos erosivos originados nas cabeceiras da bacia e ao longo dela são responsáveis pelo assoreamento dos drenos resultando, conseqüentemente, em enchentes que criam inúmeros transtornos em áreas densamente povoadas.

Na vertente sul do Maciço, dentro da bacia dos Macacos, encontra-se a mata do Pai Ricardo. Esta provavelmente representa, nos seus 200 ha de extensão, o melhor trecho de



floresta de todo o maciço, em função de seu tamanho, estágio sucessional e, principalmente, pelo estado de conservação da mesma. Trata-se de uma formação primária de Mata Atlântica, toda englobada pela *Floresta Ombrófila Densa Submontana*, que ocorre na faixa de altitude de até 500 metros, sendo então substituída pela *Floresta Ombrófila Densa Montana*. O ponto culminante da bacia é o Pico da Carioca, com 784 metros de altitude. Sua drenagem se faz através de numerosos tributários, como o riacho Pai Ricardo, córrego Xaxim, rio do Ouriço, riacho Sete Quedas e riacho Andaime e, durante muito tempo, a água do rio dos Macacos abasteceu a cidade.

Segundo OCCHIONI (1948), toda a Floresta do Pai Ricardo não sofreu efeito do fogo e tampouco foi utilizada para plantios, sendo encontradas, até hoje, espécies típicas de mata primária.

Assim sendo, no interior da mata do pai Ricardo o ponto escolhido para a abertura das trincheiras situa-se uma encosta retilínea com declividade em torno de 35°, coberta por vegetação climácica, conforme classificada pelo levantamento realizado por BASILE & COELHO NETTO (2003).

Estes autores, ao realizarem uma comparação com a caracterização feita por GEOHECO/UFRJ – SMAC/RJ (2000) em fundo de vale no mesmo local, apontam que a estrutura da vegetação varia conforme a posição topográfica. Enquanto no fundo de vale encontra-se uma área basal (quantidade de madeira, medida a partir do diâmetro dos troncos, em uma determinada unidade de área. Normalmente é expresso em m²/ha) de 97.3 m²/ha, na encosta íngreme BASILE & COELHO NETTO (*op. cit.*) verificaram uma área basal de 36.62 m²/ha. Em relação ao diâmetro médio das árvores, no fundo de vale este valor corresponde a 12.8 cm, ao passo que na encosta a média é de 8.18 cm. A altura média das árvores no fundo de vale também é maior (9.2 m) do que na encosta (7.51 m). Tais diferenças verificadas são melhor analisadas por NEGREIROS (2003).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS:

Buscando avaliar a distribuição de raízes *in situ*, o método utilizado consiste na abertura de uma trincheira ou parede de perfil, que consiste em cavar uma trincheira em uma encosta íngreme e retilínea dentro da parcela de estrutura da vegetação e remover uma fina camada da parede do perfil, de modo a expor as raízes, que depois são contadas e registradas para serem, por fim, digitalizadas.



Através do Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo (SIARCS), desenvolvido pela EMBRAPA, pode-se avaliar qualitativa e quantitativamente a distribuição de raízes, eliminando-se em parte a subjetividade encontrada nos métodos de perfil e melhorando a precisão na análise. A partir de imagens digitalizadas dos perfis pode-se determinar o comprimento, a distribuição e a área ocupada pelas raízes.

Foi aberta uma trincheira de 1.5 x 1.5 m por 1.5 m de profundidade situada a 35° de declividade em uma encosta retilínea íngreme de modo a se mapear as raízes encontradas expostas nas 4 paredes da trincheira (perfis verticais – PVs).

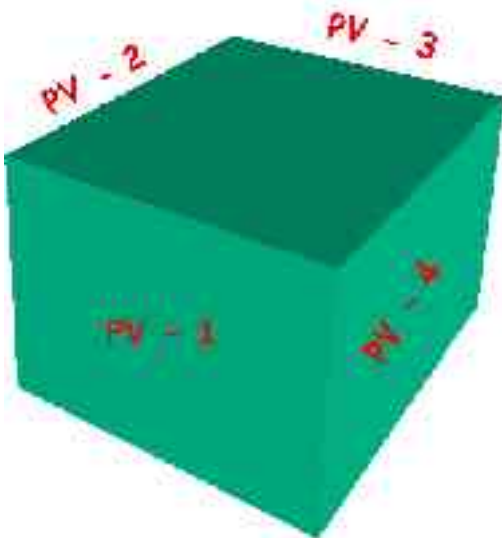


FIGURA 1: Esquema da trincheira com a discriminação dos perfis verticais – PVs.

Cuidados com a Preparação dos Perfis:

Um dos principais cuidados após a abertura da trincheira é o nivelamento do perfil a ser estudado. O perfil deve ficar o mais plano possível, o que se consegue com o auxílio de uma pá reta ou uma cavadeira de mão. Esta prática facilita a fixação da tela reticulada utilizada na filmagem, evitando-se erros na avaliação. Nesta operação, todas as raízes expostas na abertura da trincheira são cortadas rente ao perfil. Todos esse procedimento não deve proporcionar muita deformação no perfil e deve permitir boa exposição das raízes sem, entretanto, removê-las.

Uma vez as raízes expostas e o perfil aplainado, parte-se à coloração das raízes com tinta *spray* de cor verde (a cor a ser utilizada é determinada pelo pesquisador, embora recomende-se a utilização de uma tonalidade que crie um bom contraste com o solo). Esse processo ocorre de forma manual, sempre tomando-se o cuidado de colorir o menos possível o solo ao fundo. Uma vez que a tinta seca, utiliza-se um pulverizador de água pressurizada ou mesmo uma mangueira conectada a um alimentador de água para remover as partículas de solo que ficaram coloridas, criando o contraste adequado para filmagem.



Os resíduos de tinta podem ser removidos através da utilização de um utensílio escarificador (como um garfo de jardinagem, por exemplo).

A filmagem do perfil deve ser feita levando-se em consideração alguns fatores: a delimitação da área a ser filmada, a identificação da quadrícula filmada, a quantidade de luz incidente e a posição da câmera em relação ao perfil. A delimitação da área a ser filmada é feita com o auxílio de um quadro reticulado subdividido em quadrículas de 20 cm, o que serve de escala para a análise em computador. Com a subdivisão do perfil para filmagem, faz-se necessária a identificação de cada uma destas para que se facilite o processo de digitalização das imagens.

Com as imagens gravadas em vídeo, parte-se à captura de imagens estáticas (fotografias), o que pode ser feito com a ajuda de uma placa digitalizadora de vídeo e a câmera acoplada a um computador. Com as imagens estáticas capturadas, estas estão prontas para serem tratadas em um *software* de edição de imagens (*Corel Photo-Paint*, por exemplo), onde as raízes coloridas em campo recebem uma nova pintura no computador, de modo a se eliminarem as nuances de cor e ter-se uma única tonalidade de verde. Realizada esta etapa, as imagens estão prontas para serem tratadas no *software* SIARCS 3.0.



FIGURA 2: Quadro reticulado posicionado no interior de uma trincheira na bacia das Cobras – Maciço da Tijuca – RJ, para filmagem do perfil vertical.

O *Software* SIARCS 3.0:

A análise de raízes pelo SIARCS 3.0 (JORGE *et al.*, 1995) é feita a partir da imagem de cada uma das quadrículas filmadas. Com estas, seleciona-se a área de interesse, e executa-se a segmentação, através do qual se consegue fazer a separação das raízes do resto da imagem, gerando uma imagem binária. Posteriormente, faz-se a análise da área ocupada



por raízes. Na avaliação do comprimento total das raízes, efetua-se também a operação de afinamento, após a binarização.

Uma vez identificadas todas as raízes, faz-se a binarização da imagem. Como resultado todos os *pixels* que foram marcados representando raízes ficarão em preto e os demais em branco. Quando se deseja saber o comprimento total de raízes presentes na imagem, deve-se proceder ao afinamento, através do qual todas as raízes serão afinadas, resultando apenas no seu esqueleto.

O resultado da análise com a imagem binária é o valor de área ocupada por raízes naquela imagem. O comprimento total é disponibilizado quando efetuada a operação de afinamento.

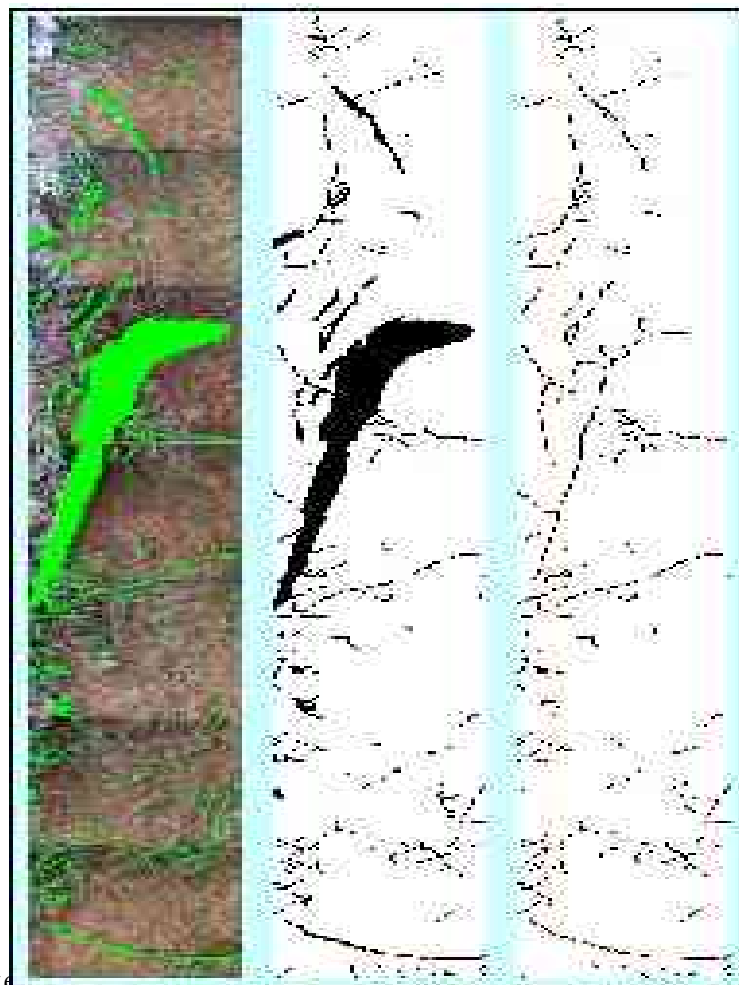


FIGURA 3: Exemplo de aplicação do software SIARCS 3.0. A primeira etapa corresponde ao pré-tratamento das imagens adquiridas em campo no software Corel Photo-Paint, a segunda refere-se a binarização das imagens pelo SIARCS e a terceira, o afinamento da imagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Dados Obtidos Através das Análises de Imagens Digitais das Raízes:



Para esta etapa do trabalho, foi utilizado o *software* SIARCS 3.0 (Sistema Integrado de Análise de Raízes e Cobertura do Solo) desenvolvido pela EMBRAPA. A *Figura 3* mostrada acima ilustra o processo de pré-tratamento das imagens digitais no *software* Corel Photo-Paint, referentes ao realce da coloração das raízes executado em campo (de modo a dar um tom de cor único às raízes) e aos processos de binarização para análise de recobrimento e afinamento para o cálculo de comprimento de raízes realizado pelo SIARCS 3.0.

A *Figura 4* abaixo expressa a porcentagem de recobrimento de raízes em cada uma das profundidades estabelecidas por perfil vertical. Pode-se notar que o percentual de recobrimento é maior próximo ao topo do solo, onde se concentra um maior número de raízes. A porcentagem mais elevada de recobrimento em alguns perfis (PV-2, com 10,57% de recobrimento e PV-3, com 8,40%) é explicada pela presença de raízes maiores e mais grossas nesses perfis. É notório também que, apesar da tendência de diminuição do percentual de recobrimento, existe uma concentração de raízes entre 80 e 100 cm maior do que entre 60 e 80 cm (valor médio de 0,68% para 80-100 cm e 0,44% para 60-80 cm). Provavelmente isso ocorre por ser essa profundidade estar logo abaixo da zona de molhamento do solo, fazendo com que possa ocorrer uma proliferação de raízes de modo a ampliar a capacidade absorção de nutrientes trazidos pela água. Mais abaixo, a *Figura 5* mostra a distribuição do recobrimento médio de raízes em profundidade no solo. Observe-se o mesmo padrão do gráfico anterior, podendo-se notar a diminuição da taxa de recobrimento com o aumento da profundidade.

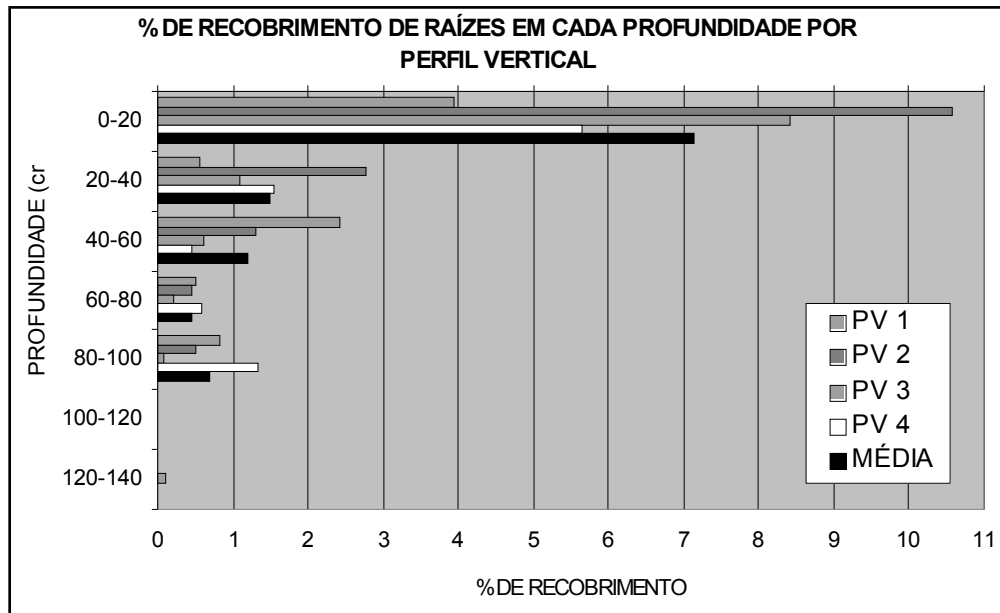


FIGURA 4: Percentual de recobrimento de raízes em cada profundidade do solo por perfil vertical e valor médio.

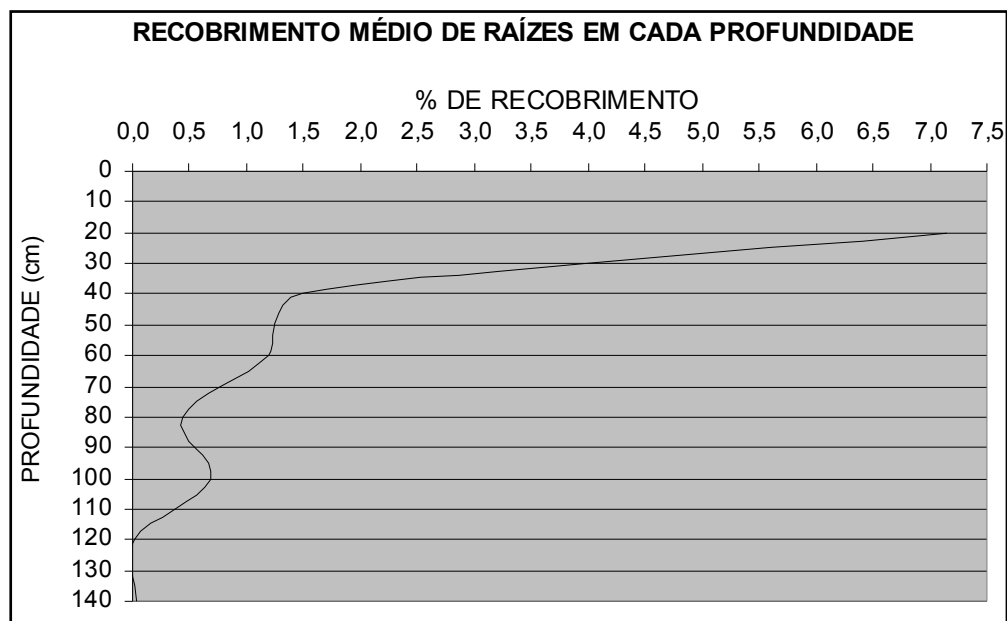


FIGURA 5: Percentual médio da taxa de recobrimento de raízes em profundidade.

Além da taxa de recobrimento, foi feita uma análise de comprimento total de raízes. Conforme o esperado, se a taxa de recobrimento é maior próximo à superfície do solo e decrescendo em profundidade, o mesmo padrão acontece com o cálculo do comprimento total de raízes no solo. Ao realizar o afinamento das imagens digitais, o *software* SIARCS 3.0 calcula o quanto de raiz existe em cada profundidade (expresso aqui em centímetros). Observa-se que existe um comprimento total de raízes maior entre 0 e 20 cm (679,41 cm) e



decrecendo a medida que aumenta a profundidade (1,10 cm na profundidade entre 120 e 140 cm). O número de raízes muito maior junto ao topo do solo explica um comprimento total também maior, conforme pode ser observado nas *Figuras 6 e 7*.

Posteriormente, esses valores foram extrapolados de modo a se conhecer o padrão de distribuição de raízes por área em cada profundidade do solo. As *Figuras 8 e 9* mais abaixo mostram quantos metros de raiz existem por metro quadrado de solo em cada profundidade. Observa-se mais uma vez que a maior concentração de raízes se dá junto à superfície entre 0 e 20 cm de profundidade (média de 24,26 m de raiz por m² de solo). Com o aumento da profundidade esse valor decai, chegando em 120-140 cm a 0,04 m de raiz por m² de solo.

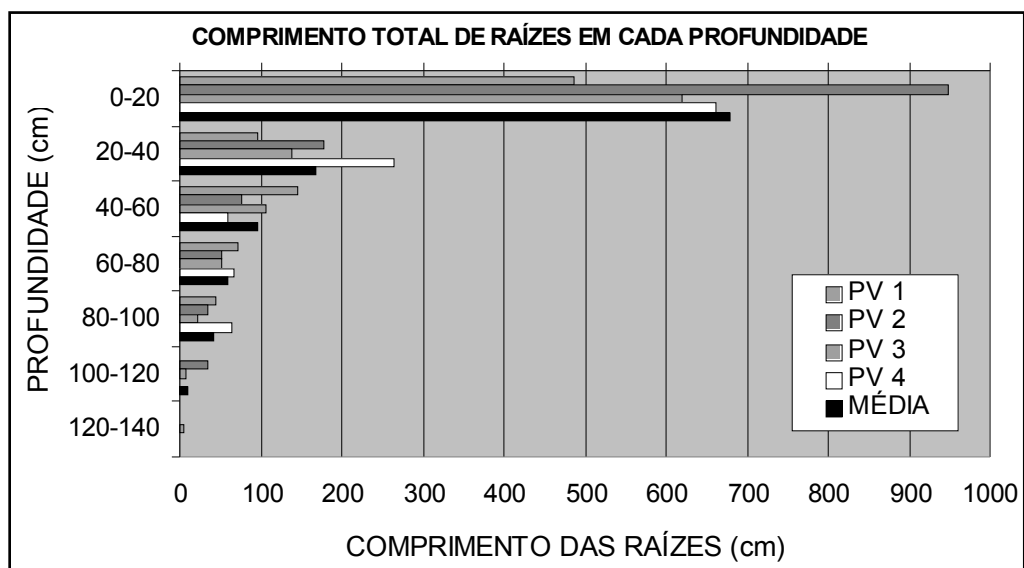


FIGURA 6: Comprimento total de raízes em cada profundidade do solo.

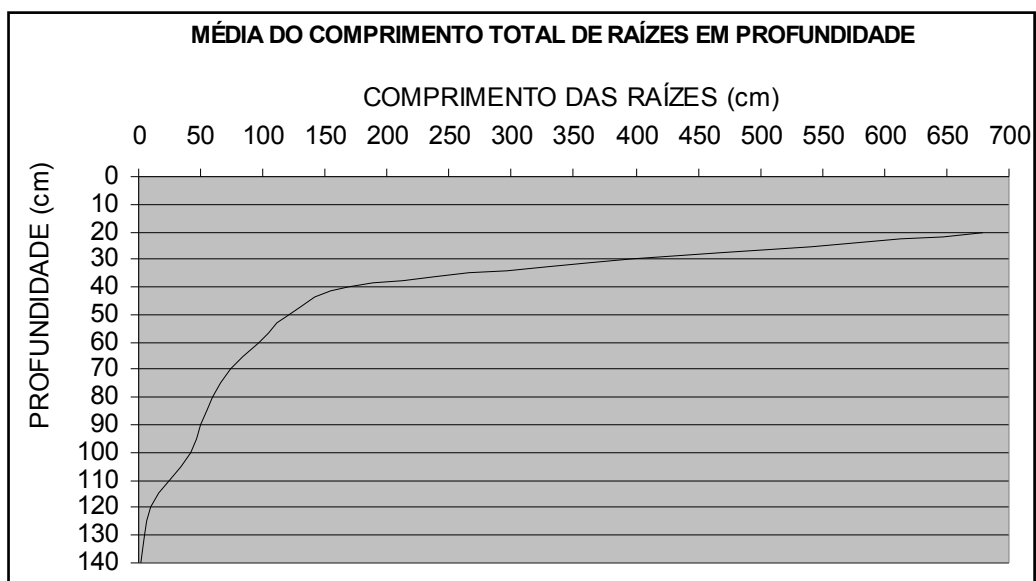




FIGURA 7: Média do comprimento total de raízes em profundidade no solo.

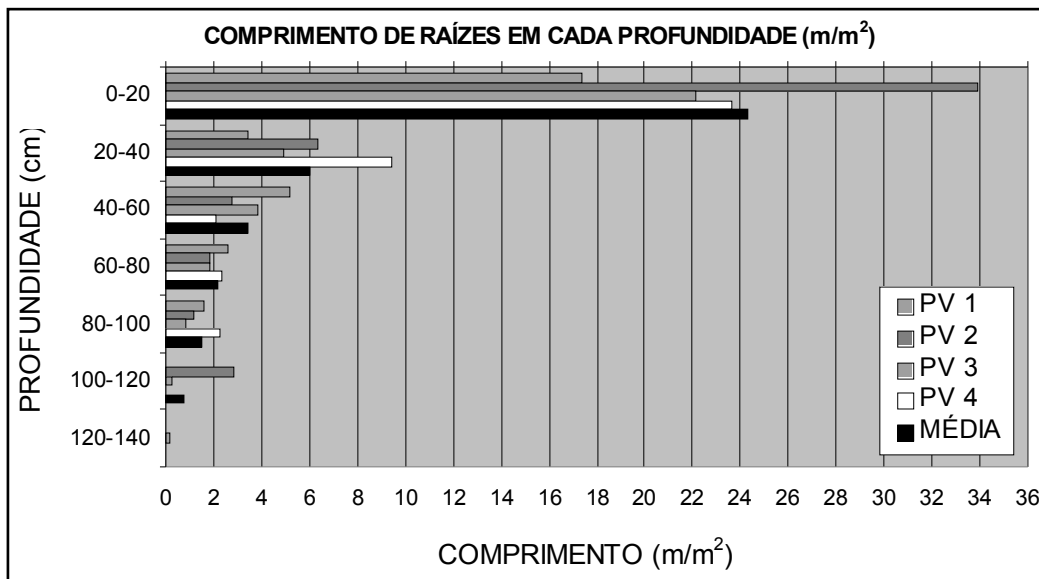


FIGURA 8: Comprimento de raízes em cada profundidade extrapolados em metros por metro quadrado de raiz.

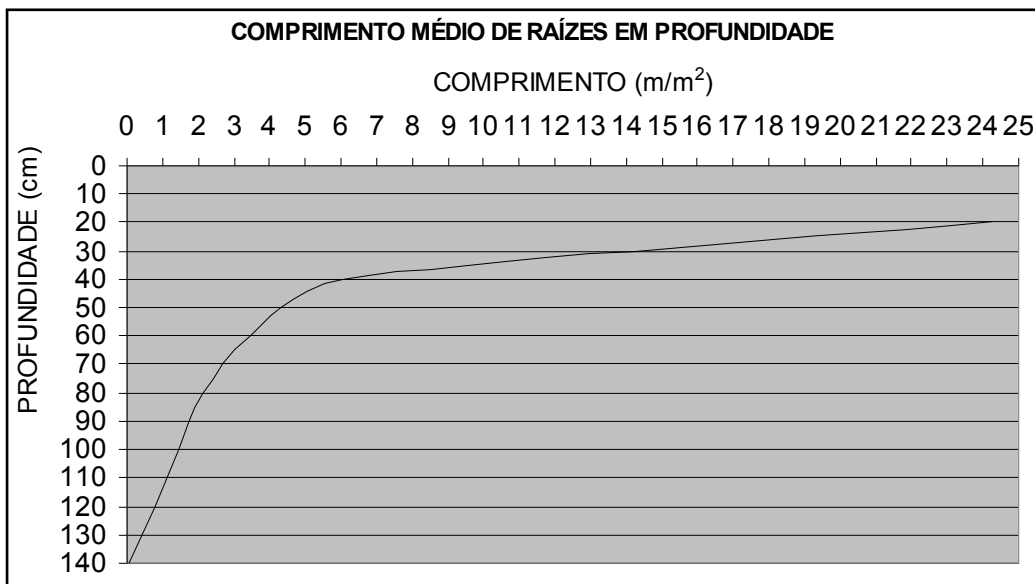


FIGURA 9: Média do comprimento de raízes em profundidade extrapolados em metros por metro quadrado de raiz.

CONSIDERAÇÕES FINAIS:

As análises de recobrimento de raízes mostraram uma predominância nos primeiros centímetros do solo (0-20 cm), bem como uma concentração de raízes entre 40 e 60 cm correspondendo à zona de enraizamento do solo. Ao extrapolar os dados de comprimento de raízes em m/m², verifica-se, da mesma forma que a porcentagem de recobrimento, um



valor médio significativamente menor do que o encontrado em outro estudo de enraizamento (JANSEN, 2001) realizado em floresta secundária tardia (24.26 contra 39.65 m/m² em 0-20 cm e decrescendo), o que pode ser atribuído, em primeira instância, a um menor número de árvores.

As observações de campo mostram que além de um maior número de raízes próximo à superfície do solo, a densidade tende a aumentar na mesma proporção, conforme seria esperado. Junto ao topo do solo encontram-se as raízes finas cuja principal função é a de garantir a absorção de água e a captação de nutrientes necessários à sobrevivência da planta. Assim sendo

, é justamente nessa faixa compreendida entre a superfície e os 60 cm de profundidade, onde se concentra a maior parte das raízes, em consequência desta ser a região de acúmulo de nutrientes.

A comparação feita como estudo realizado por JANSEN (*op. cit.*) deve considerar ainda que, na área estudada pelo autor ocorre uma maior presença de indivíduos arbóreos devido ao estágio sucessional menos avançado da floresta. Esta ainda está por alcançar a sua condição de equilíbrio, investindo, portanto, num maior número de árvores, ao passo que em uma mata climácica, esta condição já foi alcançada e a qualidade dos indivíduos (ou seja, aqueles que conseguiram se estabelecer e se fixar em tais condições, resultando num baixo número de árvores mortas) se sobressai à quantidade.

Outrossim, a área estudada pelo autor encontra-se junto ao divisor, onde ocorre uma dispersão de fluxos hídricos e, conseqüentemente, de nutrientes. Portanto, a estratégia usada pelas plantas para melhorar a eficácia na absorção de nutrientes é o investimento num maior número de raízes, aumentando a sua capacidade de captação. Destaca-se, assim, dois fatores: uma maior quantidade de indivíduos arbóreos e uma maior quantidade de raízes na mata secundária tardia em comparação com a floresta primária aqui estudada.

O *software* SIARCS se mostrou uma boa ferramenta na análise das imagens e dos parâmetros levantados com a abertura de trincheiras. Ocorre que, para um melhor refinamento do mapeamento de sistemas radiculares, a análise de perfis verticais (paredes) das trincheiras pode não ser o bastante, uma vez que as raízes são cortadas e ficam pouco preservadas. Deve-se então conjugar os levantamentos feitos nas paredes com aqueles feitos em planos horizontais (fatias), em que se preserve ao máximo a integridade do sistema radicular. Ressalta-se ainda que, a não ser que se exume uma árvore e exponha-se



todo seu sistema radicular, os dados obtidos dessa forma propiciam uma extrapolação que não necessariamente representa toda a realidade da área estudada.

Como sugestão final neste trabalho, fica a necessidade de se aumentar o banco de dados a partir da abertura de novas trincheiras em condições diferenciadas, bem como o mapeamento das raízes em planos horizontais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ABE, K. & ZIEMER, R. R., “Effect os tree roots on Shallow-Seated Landslides” in **USDA Forest Service Gen. Tech. Rep.**, 1991.
- BASILE, R. O. N. de C., **Mecanismos de Infiltração sob a Influência de Raízes: Estudo Experimental em Laboratório (Monografia de Bacharelado)**. Rio de Janeiro: IGEO/UFRJ, 2002.
- BASILE, R. O. N. de C.; JANSEN, R. C. & COELHO NETTO, A. L., “Formação de Rotas Preferenciais de Percolação da Água sob a Influência de Raízes: Experimentos de Laboratório”, in **Anais do IV Simpósio Nacional de Geomorfologia (IV Sinageo)**. São Luís – MA, 2002.
- BASILE, Rodrigo Otávio Neri de Campos; COELHO NETTO, Ana Luiza, “Mapeamento de Raízes e Funções Hidrológicas em Encosta Íngreme Florestada – Maciço da Tijuca – RJ: Subsídios aos Estudos de Estabilidade de Encostas” in **Anais do V Encontro Nacional da ANPEGE - Gestão do Território e do Ambiente no Brasil: Desafios à Formação e à Pesquisa em Geografia no Ensino Superior**. Florianópolis – SC: UFSC, 2003.
- COELHO NETTO, A. L., “Produção de Sedimentos em Bacias Fluviais Florestadas do Maciço da Tijuca, RJ: Respostas aos Eventos Extremos de Fevereiro de 1996”, in **Anais do II Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos**. Rio de Janeiro, 1996.
- COELHO NETTO, A. L., **O Processo Erosivo nas Encostas do Maciço da Tijuca, RJ (Dissertação de Mestrado)**. Rio de Janeiro: IGEO/UFRJ, 1979.
- COELHO NETTO, A. L., **Surface Hydrology and Soil Erosion in a Tropical Mountainous Rainforest Drainage Basin, Rio de Janeiro (Tese de Doutorado)**. Leuven – Bélgica: Universidade Católica de Leuven, 1985.
- CORRÊA, R. S.; BASILE, R. O. N. de C.; SILVEIRA, C. S. & COELHO NETTO, A. L., “Influência das Raízes Arbóreas no Comportamento da Água no Solo: Mensurações de Campo e Experimentos de Laboratório”, in **Anais do 10º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental (10º CBGE)**. Ouro Preto – MG, 2002.
- DE GRAFF, J. V., “The Geomorphology os Some Debris Flows in the Southern Sierra Nevada, California” in **Geomorphology**, 10, 1994.
- FREIRE ALLEMÃO, A. V. [a], **Padrões de Enraizamento Arbóreo nas Encostas Florestadas do Maciço da Tijuca: Subsídios aos Estudos de Hidrologia e de Estabilidade (Monografia de Bacharelado)**. Rio de Janeiro: IGEO/UFRJ, 1997.



- FREIRE ALLEMÃO, A. V. [b], **Recarga e Drenagem em Solos Florestados: o Papel dos Sistemas Radiculares (Dissertação de Mestrado)**. Rio de Janeiro: IGEO/UFRJ, 1997.
- FREIRE ALLEMÃO, A. V.; JANSEN, R. C. & COELHO NETTO, A. L., “Caracterização dos sistemas radiculares arbóreos nas encostas florestadas do Maciço da Tijuca – RJ”, *in Anais do “VII Simpósio de Geografia Física Aplicada”*, Curitiba, PR, 1997.
- FREIRE ALLEMÃO, A. V.; NUNES, V. M.; JANSEN, R. C. & COELHO NETTO, A. L., “Distribuição espacial dos sistemas radiculares em ambiente montanhoso florestal” *in Anais do “VI Simpósio de Geografia Física Aplicada”*, Goiânia, V-1: 296-301, 1995.
- GEOHECO-UFRJ / SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE - RIO DE JANEIRO (RJ), **Estudos de Qualidade Ambiental do Geocossistema do Maciço da Tijuca: Fase 2: Subsistema Hidrográfico da Zona Sul (SSHZS)**. Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2000.
- JANSEN, R. C. e COELHO NETTO, A. L., “O Papel dos Sistemas Radiculares no Controle da Infiltração no Perfil do Solo: Experiências de Laboratório”, *in Anais do I Fórum de Geo-Bio-Hidrologia*. Curitiba – PR, 1998.
- JANSEN, R. C., **Caracterização Física dos Solos nas Encostas Florestadas do Maciço da Tijuca, RJ: o Papel dos Sistemas Radiculares (Monografia de Bacharelado)**. Rio de Janeiro: IGEO/UFRJ, 1996.
- JANSEN, R. C., CORRÊA, R. S., BASILE, R. O. N. de C. & COELHO NETTO, A. L., “Distribuição dos Sistemas Radiculares Arbóreos e sua Influência sobre a Hidrologia de Encostas Florestadas”, *in Anais do III Simpósio Nacional de Geomorfologia*. Campinas – SP, 2000.
- JANSEN, R. C., **Distribuição dos Sistemas Radiculares em Encostas Florestadas e sua Influência sobre a Infiltração (Dissertação de Mestrado)**. Rio de Janeiro: IGEO/UFRJ, 2001.
- JORGE, L.A.C.; MEDINA, C.C.; RALISCH, R.; BRINHOLI, O.; SAAB, O.A. & CRESTANA, S., “Estudo do perfil de enraizamento de uma cultura de cana-de-açúcar através do SIARCS, com filmagens a diferentes distâncias”, *in Anais do “XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo”*, Viçosa - MG, 1995.
- LIEDGENS, M. & RICHNER, W., “Relation Between Maize (*Zea Mays* L.) Leaf Area and Root Density Observed with Minirhizotrons”, *in European Journal of Agronomy*, **15**, 2001.
- NEGREIROS, A. B. de, **Variabilidade do Atravessamento de Chuvas em Ambiente de Floresta Clímax e suas Relações com a Estrutura da Vegetação: O Caso da Mata do Pai Ricardo – Floresta da Tijuca –RJ (Monografia de Bacharelado)**. Rio de Janeiro: IGEO/UFRJ, 2003.
- NUNES, V. M.; CASTRO Jr., E. de & COELHO NETTO, A. L., “Bioporosidade e infiltração em solos florestados: o papel da fauna endopedônica”, *in Anais do “IV Simpósio de Geografia Física Aplicada”*, Rio de Janeiro, V-1, 1991.
- NUNES, V. M.; FREIRE ALLEMÃO, A. V.; MIRANDA, J. C. de; CASTRO Jr., E. de & COELHO NETTO, A. L., “Sistemas radiculares e hidrologia de encostas florestadas: Subsídios às análises de estabilidade”, *in Anais da 1ª COBRAE*, Vol. 3, 1992.



- OCCHIONI, P. “Contribuição ao Estudo da Família *Cannelaceae*”, in **Archivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 1948.
- PRANDINI, F. L., GUIDICINI, G., BOTTURA, J. A., PONÇANO, W. L., SANTOS, Á. R. dos, “Atuação da Cobertura Vegetal na Estabilidade de Encostas: uma Resenha Crítica”, in **Anais do 2º Congresso Brasileiro de Florestas Tropicais**. Mossoró-RN, 1976.
- PRITCHETT, W. L. “Soil and Roots”, in **Properties and Management of Forest Soils**. New York: John Wiley & Sons, 1979.
- SANTANTONIO, D.; HERMANN, R.K. & OVERTON, W.S., “Root biomass studies in forest ecosystems”, in **Pedobiologia**, 17, 1977.

