

REESTRUTURAÇÃO FLORESTAL E RESULTANTE HIDROLÓGICA EM CLAREIRA DE DESLIZAMENTO: ALTO VALE DO RIO DOS MACACOS, PARQUE NACIONAL DA TIJUCA (RJ). (*)

NEGREIROS, A. B.¹

[1]Geógrafo, mestrando-PPGG/IGEO/UFRJ

BARRETO, M. L.²

[2]Graduação em Geografia, IGEO/UFRJ

MIGUEL, F.L. C. G.²

[2]Graduação em Geografia, IGEO/UFRJ

COELHO NETTO, A. L.³

[3] Professora Titular, Pesquisadora 1B/CNPq e Coordenadora do GEOHECO/Laboratório de Geo-Hidroecologia.; e-mail: andrebneiros@hotmail.com & geoheco@acd.ufrj.br

(*)Apoio financeiro: CNPq (Edital Universal, Edital CT-Hidro) e FAPERJ (Edital Cientista do Nosso Estado) e FAPERJ-CNPq (Edital PRONEX).

RESUMO

As clareiras de deslizamentos alteram significativamente as relações biota-solo-água em seu interior gerando escoamento e erosão superficial que limitam o processo de revegetação. Este estudo visa conhecer o estado do processo de revegetação em uma clareira resultante de deslizamento ocorrido em fevereiro de 1988, denominada clareira da Vista Chinesa (área total = 17.888 m²). Busca-se ainda conhecer as implicações no retorno da funcionalidade hidrológica, comparando com estudos anteriores realizados por Rocha Leão (1996 & 1997) após sete anos de abertura desta clareira, ainda sob interferência de um dreno pluvial da estrada que limita a parte superior da clareira; este dreno foi fechado em 2002. Foram levantados os dados da estrutura da vegetação em faixas transversais na porção médio superior da clareira; obteve-se os seguintes valores médios de diâmetro a altura do peito (DAP) e altura (A) nas faixas transversais: floresta secundária tardia: DAP = 6,32cm e A= 6,89m; borda esquerda: DAP= 7,43cm e A= 6,48m; borda direita: DAP= 5,47cm e A= 5,21m; área de revegetação inicial: DAP = 4,47cm e A= 4,30m. Comparando-se estes dados com o estudo anterior de ROCHA LEÃO (1997) verifica-se que está ocorrendo uma resposta atrasada de degradação em seu entorno florestado, concomitante ao processo de revegetação em direção ao interior da clareira. A resultante hidrológica foi avaliada através de pluviômetros e parcelas hidro-erosivas nos diferentes domínios sucessionais. Obteve-se valores médios da razão escoamento superficial/precipitação (x 100) de 1,67% para a floresta secundária tardia; 3,33% para sua borda esquerda; 7,08% para a borda direita e 3,46% para área de revegetação inicial. Os baixos valores de escoamento confirmam os valores esperados no ambiente florestal e as diferenças de escoamento nos diferentes domínios. A borda direita está sob solo incipiente e o afloramento rochoso próximo aumenta a vazão superficial.

Palavras-chave: rede de fluxos, águas subterrâneas. Voçorocas e evolução da rede de canais.

I – INTRODUÇÃO

Os deslizamentos de solos e rochas são fenômenos naturais na evolução das encostas íngremes, e podem tornar-se mais intensos e frequentes por conta das transformações ambientais associadas à degradação de florestas, cabendo a cobertura florestal um relevante

papel no que diz respeito à estabilidade dessas encostas. Estas ocorrências resultam em cicatrizes erosivas que constituem clareiras de vários tamanhos no meio florestal; as maiores tendem a acentuar mudanças hidro-climáticas no entorno imediato promovendo a degradação da floresta: este fato potencializa a ocorrência de novos deslizamentos ao lado destas cicatrizes por efeitos de borda (COELHO NETTO, 1996; CRUZ *et al.*, 1999). As relações biota-solo-água alteram-se significativamente no interior das cicatrizes de deslizamentos, propiciando o escoamento superficial do tipo hortoniano (HORTON, 1933) e a erosão superficial difusa e concentrada que produz sulcos erosivos e ravinamentos.

Pesquisas desenvolvidas pelo Laboratório de Geo-Hidroecologia (GEOHECO- UFRJ), em diferentes clareiras na Floresta da Tijuca apontam que o processo de revegetação nestas clareiras não é uniforme, variando principalmente em função do tamanho, forma e do solo remanescente. Rocha Leão (1997) demonstrou que a re-funcionalização da clareira é mais eficiente na zona deposicional, ou seja, na sua porção médio inferior, e que a atividade erosiva superficial restringe o processo de revegetação natural ou induzida. Chirol (2004) estudando o processo de recuperação em clareira pequena (20m x 80 m, aproximadamente) com o foco na interface serrapilheira – topo do solo e atenção as relações entre o retorno da micro e mesofauna e suas implicações na ciclagem de nutrientes, destaca uma ampla variação interna destas relações e ressalta que, mesmo após 15 anos, a funcionalidade ecológica deste compartimento ainda se mantém distante da floresta secundária tardia conservada. Montezuma (2005) estudando esta mesma clareira no que diz respeito ao processo de reestruturação da serrapilheira, confirma a lentidão da reabilitação funcional e sublinha a alta variabilidade interna deste processo no interior da cicatriz erosiva.

Este estudo focaliza a resultante do processo de reestruturação da vegetação florestal no controle dos processos hidrológicos superficiais, em clareira resultante de um deslizamento ocorrido em fevereiro de 1988 numa encosta íngreme e sob floresta secundária tardia inserida no Parque Nacional da Tijuca, no Rio de Janeiro. Esta clareira foi anteriormente estudada após sete anos de sua ocorrência por Rocha Leão (*op. cit.*) quando o processo de revegetação ainda estava limitado por intenso escoamento superficial e especialmente incrementado por um dreno de água pluvial da estrada adjacente. O presente estudo foi motivado tanto pelo fator tempo de regeneração do ecossistema florestal em clareiras de deslizamentos, após 18 anos de

sua ocorrência, como também pelo fato do dreno de escoamento pluvial da estrada haver sido fechado em 2002.

II – ÁREA DE ESTUDO: cicatriz de deslizamento da Vista Chinesa.

A clareira da Vista Chinesa em estudo apresenta área de 17.888 m² e possui largura média de 42 m; é limitada na porção superior pela estrada Dona Castorina e na sua base inferior atinge o fundo de vale drenado por um canal de 1ª ordem tributário do rio dos Macacos. A bacia do rio dos Macacos (6,8 km²) drena a vertente sul do Maciço da Tijuca (figura 1). Nesta figura pode-se observar duas clareiras de deslizamento (clareira da Vista Chinesa (1) e clareira do Gabião (2) geradas no mesmo evento de chuva em fevereiro de 1988. A precipitação média anual no baixo curso do rio dos Macacos (Estação Jardim Botânico da Fundação GEORIO), no período de 1997 a 2005, não disponibilizados os dados de 1999, é da ordem de 1460mm com chuvas mensais podendo ultrapassar 362mm concentradas no verão. A precipitação tende a aumentar em direção a porção superior da bacia, onde em uma estação localizada a montante da bacia da mesma vertente (estação Capela Mayrink) a precipitação média anual oscila entre 2.000 a 2.500mm (COELHO NETTO, 2005).

Trata-se de uma bacia onde a cobertura vegetal abrange um dos remanescentes florestais mais conservados de todo o Maciço da Tijuca, incluindo florestas em estágio sucessional clímax local e secundária tardia. A cicatriz de deslizamento ora estudada é circundada por Floresta Secundária Tardia.

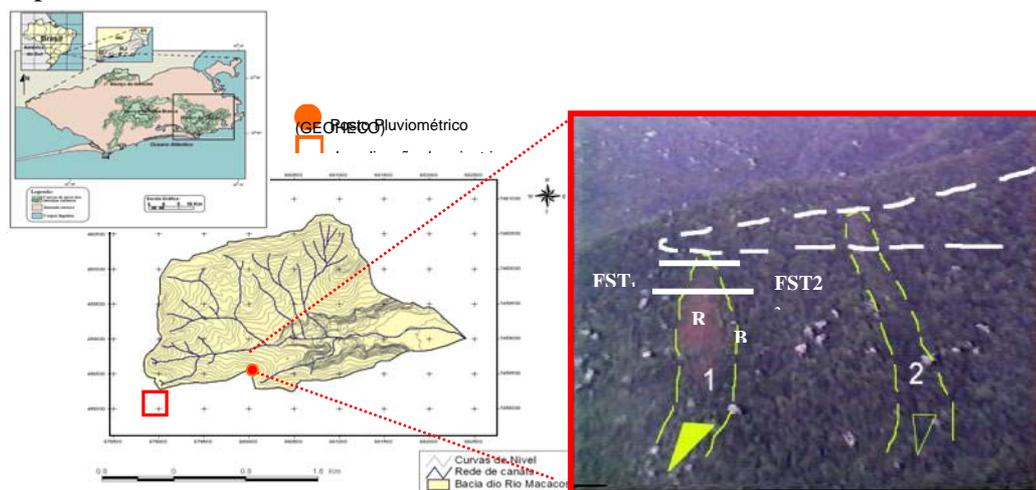


Figura 1: No alto, a localização da bacia do rio dos Macacos no Maciço da Tijuca; no centro, a localização das clareiras e do posto pluviométrico GEOHECO-UFRJ, no Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA); ao lado, foto aérea das cicatrizes de deslizamento (1) clareira da Vista Chinesa – este estudo; (2) clareira do Gabião. Em tracejado: estrada D. Castorina; T1 e T2: perfis transversais deste estudo e demais letras maiúsculas indicam a localização dos pontos amostrais descritos no texto.

Rocha Leão *et al.* (1996) identificaram diferentes domínios de revegetação na encosta ora estudada: o entorno sob floresta secundária tardia; a zona de acumulação de sedimentos em avançado estágio de recuperação vegetal, por conta do acúmulo do material genético; as bordas internas da clareira com revegetação por espécies pioneiras, por conta da proximidade com o entorno; a área de revegetação induzida com leguminosas e bambu (conduzida logo após o deslizamento pela Fundação Parques e Jardins) na porção superior da cicatriz e a área de solo exposto com revegetação limitada pelo intenso escoamento superficial alimentado pelo dreno de água da estrada localizado na parte superior da cicatriz. Os solos da área afetada pelo movimento de massa e compostos por afloramento de depósitos coluviais mais antigos e solos residuais na superfície e na área florestada do entorno da clareira, a unidade pedológica dominante é o latossolo vermelho e amarelo com ocorrência de cambissolos ROCHA LEÃO (*op. cit.*).

III –MÉTODOS E MATERIAIS:

A estrutura da vegetação foi levantada em duas faixas transversais (10x100m e 10x84m) na porção média superior da clareira, onde o processo de revegetação se manteve atrasado por interferência do dreno de água da estrada. A extensão considerada inclui a clareira, as bordas e uma extensão adicional de 25m no entorno florestado. Todos os indivíduos arbóreos com perímetro a altura do peito (PAP) superior a 5cm foram caracterizados segundo sua altura e diâmetro. Estes parâmetros também foram levantados em parcelas de (10x10m) e PAP mínimo de 8cm para comparação com o levantamento anterior de ROCHA LEÃO (*op. Cit.*).

As chuvas foram medidas no posto pluviométrico do GEOHECO-UFRJ instalado no Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA) situado no médio vale da bacia estudada. Os registros foram obtidos através de pluviômetro digital modelo Global Water (modelo GL 400). Outros pluviômetros artesanais foram instalados no local do estudo, incluindo um deles em área aberta para correlacionar as chuvas locais com as chuvas do Posto GEOHECO. O escoamento superficial foi mensurado através de quatro parcelas hidro-erosivas do tipo Gerlach (2x3m) instalados em segmentos de encostas com pouca variação de declive, e nos diferentes domínios sucessionais: floresta secundária tardia - FST (36°) - apresenta estratificação de camadas de copas, indivíduos de grande porte e serrapilheira estruturada; borda esquerda da clareira - BE (32°) - predomínio de espécies pioneiras, copas estratificadas

em uma só camada, serrapilheira espessa e de difícil decomposição; área de revegetação incipiente - RI (29°) - domínio desprovido de dossel, colonizado por espécies arbóreas pioneiras espaçadas entre si, presença de gramíneas e samambaias rasteiras, com áreas de solo exposto ao impacto direto das gotas de chuva; e borda direita da clareira - BD (24°) - colonizada por espécies pioneiras menos desenvolvidas que o domínio BE, com serrapilheira estururada e rápida decomposição (ver localização na Figura 1). Três pluviômetros artesanais foram a cada parcela para mensuração da chuva de atravessamento. O fluxo de tronco e a interceptação pela serrapilheira foram negligenciados por representarem proporções muito pequenas na precipitação terminal (COELHO NETTO, 1987; MIRANDA, 1992). As coletas de dados foram feitas com periodicidade de 24 hs., o que possibilitou a coleta de chuvas individuais e de períodos chuvosos mais longos.

IV –RESULTADOS DISCUSSÕES:

1) Estrutura da vegetação

Ao longo dos dois transectos levantados foi encontrado um total de 748 indivíduos, dentre os quais 397 indivíduos estão localizados no domínio de floresta secundária tardia. Os resultados confirmam os estudos anteriores no que diz respeito ao avanço progressivo da recolonização vegetal no sentido de seu entorno florestado para o interior da clareira.

Comparando-se a estrutura da vegetação das duas faixas transversais percebe-se uma pequena variação no comportamento médio dos domínios; entretanto os desvios de DAP e altura são relativamente mais elevados nos domínios de floresta e na borda esquerda (Figura 2). O domínio de revegetação inicial também apresenta ampla variação de altura no transecto 1, sob influência da revegetação induzida, devido ao predomínio do bambuzal de porte mais alto, o qual inibe o desenvolvimento das quaresmeiras que se mantêm com menor porte.

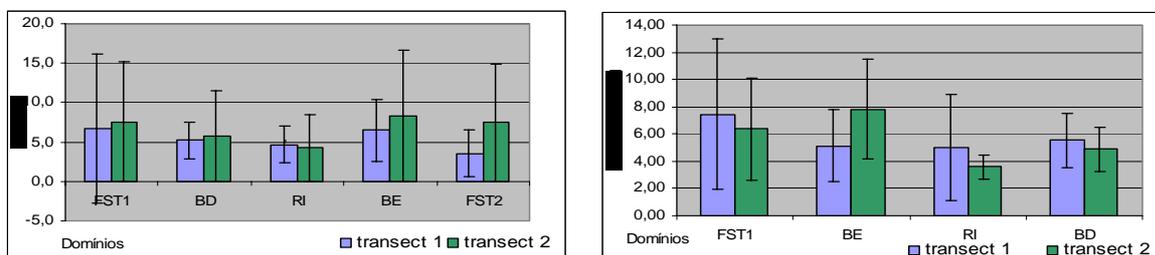


Figura 2: Histogramas de valores médios de DAP e altura nos diferentes domínios sucessionais amostrados neste estudo.

A Figura 3 permite comparar os atuais resultados com os anteriores obtidos por ROCHA LEÃO (*op. cit*) em parcelas amostrais de 10x10m e com PAP acima de 8 cm. O

domínio de recolonização inicial RI apresentou um pequeno decréscimo dos valores médios dos parâmetros analisados, o que pode ser atribuído ao aparecimento de diversos indivíduos vegetais mais jovens após o fechamento do dreno da estrada; hoje predominam as seguintes espécies: Quaresmeira (*Tibouchina granulosa*), Samambaia (*Glichenia sp.*), Gramíneas e Bambu.

A borda esquerda, também com predominância de espécies pioneiras de rápido crescimento como Embaúbas (*Cecropia glaziovii* e *Cecropia hololeuca*), Jacatirão (*Miconia cinnamomifolia*), e Quaresmeira (*Tibouchina granulosa*), apresentou valores médios de altura mais elevados e manteve igual DAP. Na borda direita estes dois parâmetros mostraram-se mais elevados neste estudo do que em Rocha-Leão (*op.cit*) tal como esperado.

Chama atenção o decréscimo dos valores médios de DAP no entorno florestado (FST), o que não ocorre com a altura estimada em campo. Outras observações complementares de campo evidenciam um elevado número de árvores caídas ao longo do transecto 1 neste domínio (n = 7 ; DAP médio = 17,6cm) e do transecto 2 (n = 12 DAP médio = 29,3cm) A maioria das árvores caídas foi rompida no tronco, o que indica o efeito de ventos fortes como indutor destas rupturas; tal fato pode estar evidenciando o efeito indireto da clareira enquanto espaço aberto que favorece a ação dos ventos. Ressalta-se ainda a ocorrência local de algumas árvores caídas com destacamento de raízes de: transecto 1 (n = 2; DAP médio = 43,3cm) e no transecto 2 (n = 6 ; DAP médio =30,8cm).

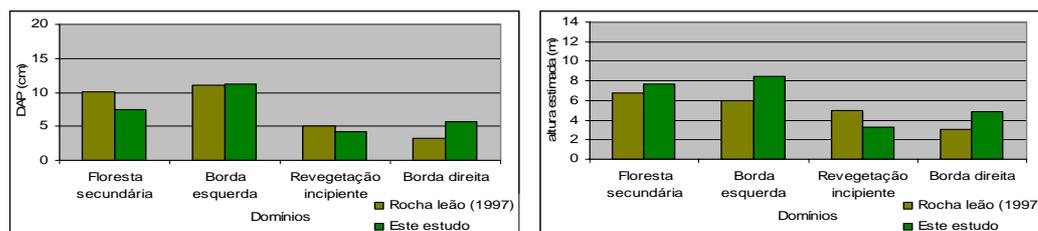


Figura3: Histogramas de valores médios de DAP e Altura deste estudo e Rocha Leão (1997).

2) Resultante hidrológica

Dentre os 35 eventos de chuvas monitorados na clareira estudada e nas parcelas hidro-erosivas, 24 foram registrados no posto pluviométrico GEOHECO-UFRJ. A Figura 4A indica que o coeficiente de correlação dos dados obtidos nestas duas localidades é elevado ($R^2=0.9616$) validando os dados obtidos na clareira com o pluviômetro artesanal.

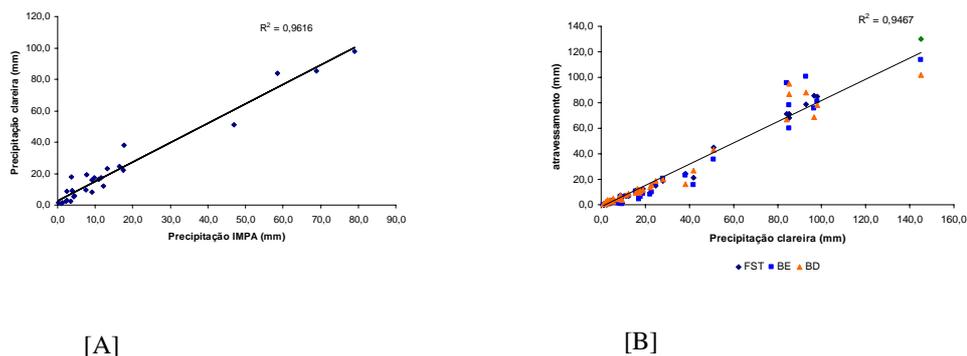


Figura 4: [A]- Correlação entre a precipitação na clareira e no posto pluviométrico GEOHECO-UFRJ. [B]- Correlação simples entre precipitação em área aberta e o fluxo de atravassamento sob diferentes domínios florestados.

Na Figura 4B percebe-se que o atravassamento de chuvas nas copas arbóreas dos domínios florestados (FST, BD e BE) aumenta proporcionalmente com a precipitação, tal como indicam Coelho Netto (1985) e Miranda (1992). Nos domínios de floresta secundária tardia bem conservada não favorece a geração do escoamento superficial hortoniano em decorrência de sua elevada capacidade de infiltração. Nestes domínios o escoamento superficial característico é do tipo intra-serrapilheira tal como demonstrou Coelho Netto (1987) através de mensurações e experimentos de campo nas encostas da Floresta da Tijuca. A autora ressalta, entretanto, que a presença de certos elementos, tais como galhos, blocos rochosos ou folhas de difícil decomposição, aumentam a produção de escoamento numa proporção direta com o tamanho das chuvas. Neste estudo, a proporção do escoamento superficial em relação à chuva (razão Q/P x 100) foi menor no domínio FST (1,67 %) indicando um comportamento similar ao que foi anteriormente obtido por Coelho Netto (*op.cit.*) em outras localidades do Maciço da Tijuca (entre 1 e 2,5 %).

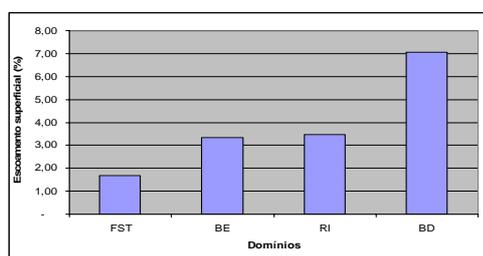


Figura 5: Valores médios da razão Q/P (%) em cada domínio estudado.

Nas parcelas da borda esquerda da clareira e da área de revegetação inicial os valores médios da razão Q/P são muito próximos, respectivamente 3,33% e 3,46%; vale ressaltar,

entretanto, que em termos absolutos o escoamento no domínio RI foi superior ao domínio BE como indica a Tabela 1. Vale ressaltar que a baixa proporção de escoamento no domínio RI pode resultar da influência direta das fraturas no solo residual remanescente sobre a percolação da água pluvial, tal como foi observado por Oswaldo Cruz (2002).

Na parcela da borda direita obteve-se o maior valor médio da razão Q/P (7,08%). Este resultado pode ser atribuído ao fato do solo local ser mais raso e também ao fato da parcela estar situada logo à montante de um desnivelamento abrupto na encosta onde frequentemente aflora a água subsuperficial. Este fato invalida o ponto amostral para fins de comparação com os demais domínios no que diz respeito a relação entre as mudanças na vegetação e as respostas de infiltração com base na razão Q/P.

Tabela 1: Classes de chuvas, número de casos, vazões médias e desvio padrão (entre parênteses) e vazões máximas e mínimas nos domínios estudados (FST, BE, RI e BD).

Classes de chuvas	No. de casos	FST			BE			RI			BD		
		Q média (mm)	Q máx.	Q mín.	Q média (mm)	Q max.	Q mín.	Q média (mm)	Q max.	Q mín.	Q média (mm)	Q max.	Q mín.
< 20mm	24	0,05 (0,08)	0,27	0	0,10 (0,13)	0,47	0	0,22 (0,18)	0,52	0,01	0,42 (0,39)	1,20	0,01
20 – 50 mm	6	0,43 (0,25)	0,72	0,05	0,55 (0,31)	1,13	0,28	0,92 (0,31)	1,40	0,51	1,56 (0,48)	2,37	1,11
50-100 mm	6	1,68 (0,89)	3,20	0,48	2,82 (1,13)	4,38	1,43	3,96 (0,60)	4,67	2,95	6,15 (1,92)	8,33	3,28
> 100mm	1	1,72	-	-	2,83	-	-	6,45	-	-	>7,70	-	-

Na mesma Tabela 1 pode-se ainda ressaltar que em todos os domínios estudados a vazão do escoamento superficial (Q) aumenta em direção as chuvas maiores. Pelos gráficos da Figura 6, pode-se notar ainda os elevados coeficientes de correlação para os domínios BD (0,955), BE (0,8793) e RI (0,9712). No domínio FST, a redução do coeficiente de correlação R2 (0,7356) decorre da variabilidade espacial das características físicas do piso florestal (Coelho Netto, 1987).

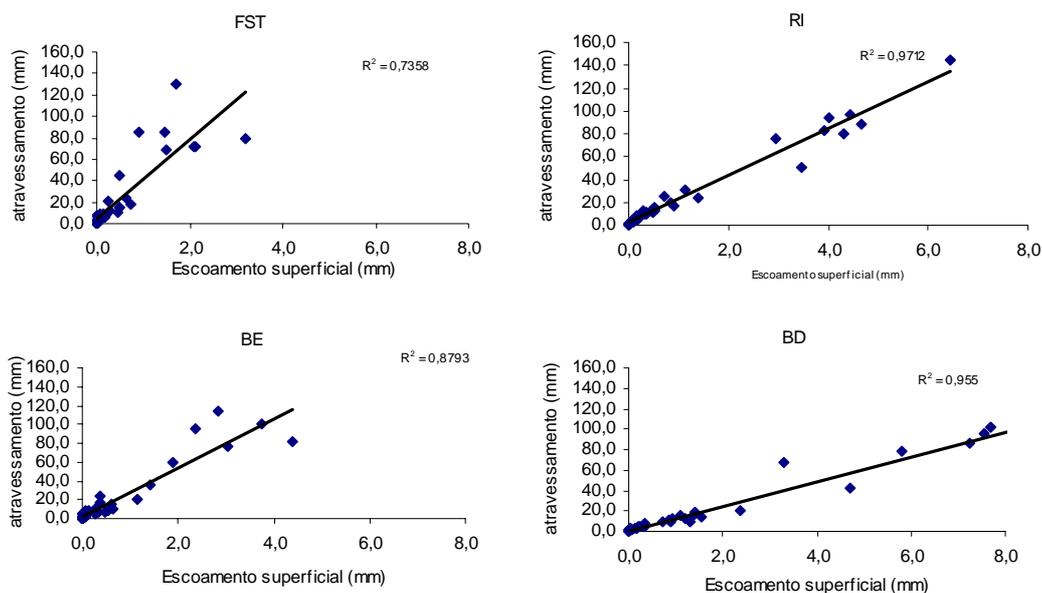


Figura 6: gráficos de correlação entre precipitação terminal e escoamento superficial em cada domínio.

CONCLUSÕES:

Os resultados indicam que após 18 anos de regeneração florestal na clareira estudada, as bordas internas apresentam parâmetros estruturais, como DAP e altura, próximos aos valores encontrados na Floresta adjacente (FST). Assim sendo estes parâmetros não refletem as variações de vazão observadas no comportamento hidrológico superficial, na medida em que estes ainda são superiores aos valores médios encontrados no domínio florestal. Este fato pode estar relacionado a outros aspectos estruturais da vegetação arbórea e do piso florestal.

De fato, no domínio BE o dossel florestal prevalece um único estrato arbóreo enquanto a FST, apresenta diferentes estratos e sobreposição de copas arbóreas o que proporciona maiores proporções de intercepção. Por outro lado, a serrapilheira também não está estruturada como no domínio FST, predominando uma camada de folhas recém caídas (Camada O₁) oriunda de colonização por espécies pioneiras com alta concentração de carbono, desta forma de difícil decomposição (SWIFT *et al.*, 1979). Isto indica, por seu turno, que a atividade da fauna decompositora, é responsável pela reestruturação do solo com abertura de macroporos que favorecem a infiltração, também não foi plenamente resgatada.

Neste estudo chama atenção ainda a influencia da clareira na degradação corrente da floresta do entorno, tal como indica a frequência de queda das arvores com destacamento de

raízes ou quebradas no tronco, e a presença de inúmeros galhos na serrapilheira, por efeito direto dos ventos especialmente no domínio FST 2. A lentidão do processo de recuperação da cicatriz, possivelmente dificultado pela intensa lavagem superficial da clareira pelo fluxo adicional da estrada, propiciou a maior ação de ventos intensos sobre a floresta adjacente alimentando a degradação do entorno imediato como um possível efeito de borda atrasado em relação ao processo de revegetação nas bordas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA) pela instalação do posto pluviométrico em suas dependências.

BIBLIOGRAFIA:

- CHIROL, A. A. (2003) **“Relações Solo-Fauna durante sucessão florestal em cicatrizes de Movimento de Massa”** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ.
- COELHO NETTO A. L., (1985), **“Surface hidrology and soil erosion in a tropical mountainous rainfores drainage basin, RJ .”**Phd thesis, Katholieke univ. Leuven, Belgiun, 1985.
- COELHO NETTO, A. L., (1987), **“Overlandflow production in a tropical rainforest catchment: the role of liter cover”**, CATENA, 1987.
- COELHO NETTO, A. L., (1996), **“Produção de sedimentos em bacias fluviais florestadas do Maciço da Tijuca,RJ:Respostas aos eventos extremos de fevereiro de 1996, Rio de Janeiro”**, *in* anais do II Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos.
- CRUZ, E. S.; VILELA C. & COELHO NETTO COELHO NETTO, A. L., (1999), **“Spatial distribution of the 1996 – Landslide scars at the Tijuca massif and subsequent erosion: The influence of topography and vegetation changes”**, *in* anais IGU – GERTEC Meeting; Rio de Janeiro.
- HORTON, R. E. (1933), **“The role of infiltration in the hidrological cycle”**.Trans. Geophys. Un, 14, 446-460.
- MIRANDA,J.C.,(1992), **“O efeito da cobertura vegetal na entrada e redistribuição da chuva em uma encosta florestada.”**, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia,UFRJ.

- MONTEZUMA, R.C.M. (2005), **“Produção e reabilitação funcional do piso florestal em clareira de deslizamento, Parque Nacional da Tijuca, RJ”** Tese de doutorado, PPGG/UFRJ.
- OSWALDO CRUZ,J.C.H. (2003), **“Dinâmica hidro-erosiva superficial e revegetação em uma cicatriz de movimento de massa. Maciço da Tijuca, RJ.”** Monografia de graduação, IGEO/UFRJ.
- ROCHA LEÃO, O. M., (1997), **“Potencialidades e limitações da revegetação no controle da hidrologia e erosão superficial, maciço da tijuca –RJ.”**, Tese de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia,UFRJ, 142 p., 1997.
- ROCHA LEÃO, O.M.R; BALESDENT, F.C; CRUZ, E.S; COELHO NETTO,A.L.(1996), **“Reativação erosiva em cicatriz de movimento de massa, Maciço da Tijuca,RJ”**, *in* anais do I Simpósio Nacional de Geomorfologia, Uberlândia, MG.
- SWIFT,M.J., HEAL,O.W., ANDRESON,J.M (1979), **”Decomposition in terrestrial ecosystems”**, Universty of California press, Berkeley and Los Angeles, 372p.