

# Oscilação na Extensão da Rede de Drenagem em Fases de Desmatamento e Reflorestamento

Antonio Paulo Faria

Prof. Adjunto - Universidade do Estado do Rio de Janeiro  
Departamento de Geografia/FFP  
E. mail shaynie@ax.apc.org

**Abstract** - There is evidence that after deforestation, the length of channels in small watersheds will decrease, which leads to a reduction in the drainage net. After the catchment area is reforested, the drainage net recovers due to the increase in the length of the channels. Some channels in Maciço da Tijuca in Rio de Janeiro have increased 300 m in length since reforestation 125 years ago.

**Keywords:** Stream Length Change, Transport of Sediment, Sedimentation in Small Channels

## Introdução

A expansão e regressão da rede de drenagem tem sido discutido em muitos trabalhos, desde DAVIS (1899), com a sua teoria do Ciclo Geográfico e diversos autores têm contribuído para o entendimento desta questão, como BIGARELLA & MAZUCHOWSKI (1985), ao desenvolver o modelo de evolução do relevo entre fases de incisão da drenagem nos períodos úmidos e fases de entulhamento em períodos semi-áridos. A nível experimental deve ser destacado o trabalho de SCHUMM *et alii.* (1987). Porém, os trabalhos levam em consideração uma escala temporal de milhares ou milhões de anos, mas em certas regiões e em certas condições de intervenção antrópica, essas alterações na rede de drenagem se faz em poucas décadas e tem se tornado um sério problema ambiental

Estudos realizados por FARIA (1992 e 1994) nos municípios de Itapemirim e Presidente Kennedy (ES), indicam que a rede de drenagem se contrai quando certas áreas sofrem desmatamento. O autor baseou seus estudos no método estratigráfico, cujos dados indicam que a maioria dos canais de primeira ordem e alguns de segunda ordem (ordenação de STRAHLER), estão com as calhas completamente entulhadas e em muitos casos, o leito se encontra a dois metros de profundidade.

A expansão da rede de drenagem na escala de dezenas ou centenas de anos pode ocorrer em duas situações. A primeira diz respeito às áreas que sofreram desmatamento. Em certas áreas devido à degradação do solo, surgem voçorocas que podem ser classificadas como canais fluviais, por terem interceptado o lençol freático, e com isso, desenvolvem nascentes e apresentam fluxo de base regular (FARIA - inédito). Algumas dessas voçorocas surgem por retomada erosiva de fundo de vales que foram entulhados durante fases de mudança de clima (Pleistoceno/Holoceno). Esses casos vem sendo reportado por diversos autores, entre eles BIGARELLA & MAZUCHOWSKI (1985), MOURA *et alii.* (1991) e

WELLS & ANDRIAMIHAJA (1993). Também existem as voçorocas formadas sobre saprolito (rocha decomposta *in situ*). JONES (1987) fez uma revisão teórica sobre as diversas formas de iniciação das redes de drenagem naturais e chama atenção para o fato de muitos dos canais se originarem em voçorocas.

A segunda situação de expansão dos canais fluviais diz respeito às áreas degradadas que foram reflorestada ou revegetada. Dessa forma, será analisado neste trabalho, a regressão da rede de drenagem em fase de desmatamento com erosão nas encostas e a expansão da rede de drenagem após o reflorestamento. Ambas as situações foram investigadas numa área piloto estabelecida no Maciço da Tijuca (RJ).

## Área de Estudo

A área de estudo, situada no Maciço da Tijuca, é composta por três bacias de primeira ordem (modelo de STRAHLER, 1952), denominadas de FTA (14 ha), FTB (6 ha) e FTC (11 ha). A litologia da área de estudo é formada por gnaisses e faixas de quartzito. As cotas altimétricas das bacias estão entre 500 e 861m e as encostas possuem extensões que variam de 50 a 200m. As declividades predominantes estão entre 10 e 30°, mas parte da área ainda é constituída de paredões rochosos com declividades variando de 50 a 80°. As encostas com gradiente menor que 30° e o fundo dos vales são cobertos por depósitos de tálus/colúvio (figura 1).

A média anual de precipitação pluviométrica é de 2.300 mm. Entre 1810 e 1862 as encostas eram cobertas principalmente por cafezais, pertencentes à diversas fazendas e a vegetação atual, do tipo Tropical de Encosta, foi plantada entre os anos de 1862 e 1875 (SCHEINER, 1976; MATTOS, 1976).

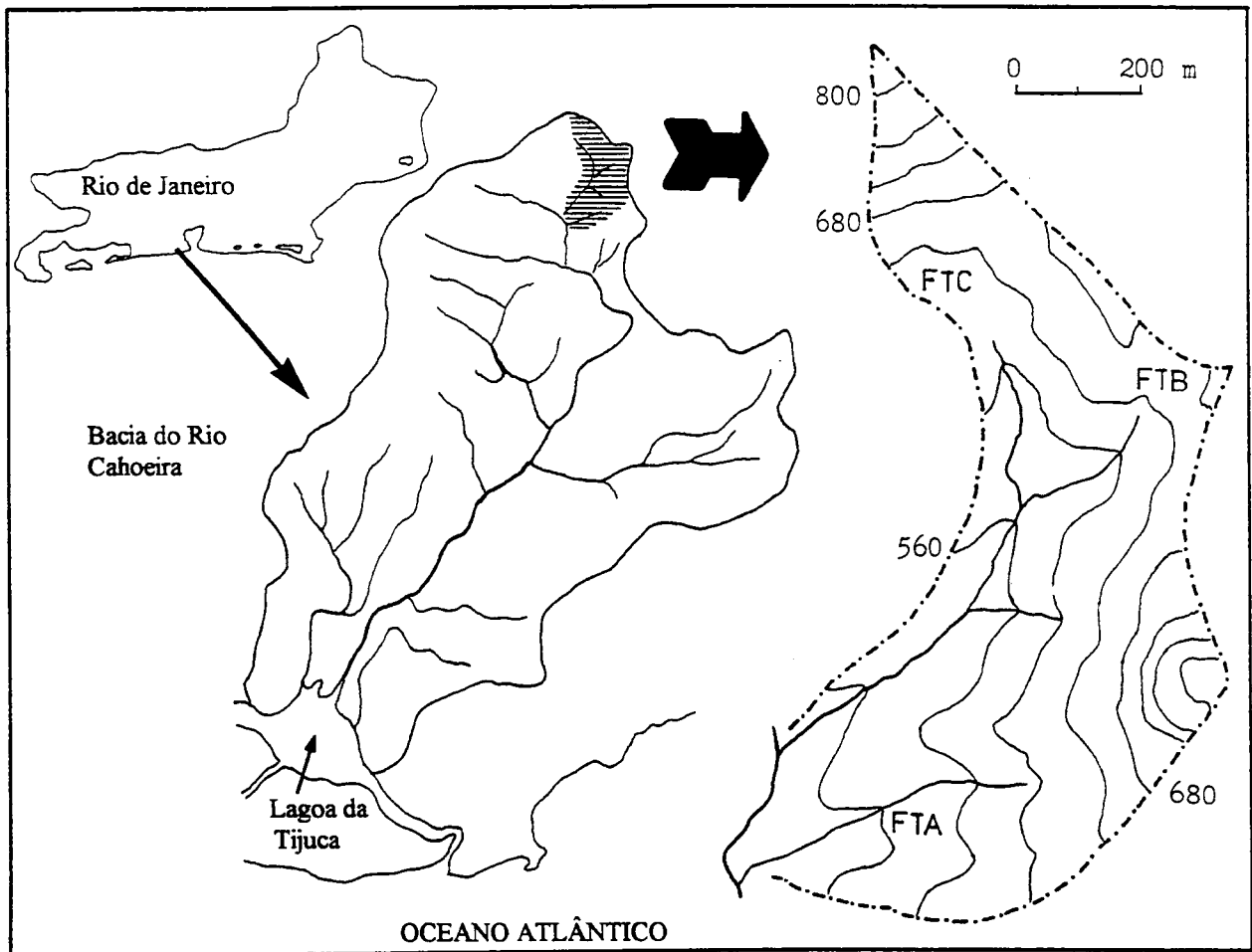


Figura 1 - Localização da área de estudo

### Metodologia e Técnicas

**Erosão nos Canais** - Foi adotada a técnica de pino de erosão para medir a erosão dentro das calhas e nas bordas, como utilizado por WOLMAN (1959) e LAWLER (1993). Outra técnica usada para medir a erosão nos canais foi a de datação de paleohorizontes expostos nas margens dos canais e tomar como referência, raízes suspensas sobre as calhas de árvores com idade conhecida.

**Medição de Vazão dos Canais** - Os fluxos regulares dos canais de primeira ordem foram medidos com um recipiente de 10 litros, onde foi considerado o tempo de enchimento. Foram instalados em cada canal, diversos vertedouros constituídos de calhas de PVC, utilizados como ponto de medição das vazões. Os fluxos torrenciais foram estimados com o uso de flutuadores e para isso, foi utilizada a fórmula conhecida como o método **volume-**

**velocidade**, descrita por MARQUES & ARGENTO (1988) e GORDON *et alii.* (1994):

$Q = V/v$  onde:  $Q$  = descarga em l/s,  $V$  = volume em litros e  $v$  = velocidade.

**Crescimento do Fluxo em Direção de Jusante** - Com a instalação de vários vertedouros em cada canal, foi possível calcular o crescimento do volume dos fluxos em direção de jusante. Essa técnica foi criada por FARIA (1996) para ser aplicado nos canais de primeira ordem.

$$Tc = \frac{Qj - Qm}{L}$$

Onde  $Tc$  = Taxa de crescimento do fluxo;  $Qj$  = vazão de jusante;  $Qm$  = vazão de montante e  $L$  = distância entre  $Qj$  e  $Qm$ . O valor obtido para a taxa significa a contribuição de cada metro da calha para a vazão total (l/m/s). Também pode ser calculado a porcentagem de crescimento do fluxo que varia da nascente até o final do canal de

primeira ordem. Na foz a vazão é considerada como sendo 100%.

### Fase de Regressão da Rede de Drenagem (1810 - 1862)

Durante o período entre 1810 e 1862, a parte superior do Maciço da Tijuca foi ocupada por fazendas e a floresta deu lugar a plantações de café. Dados estratigráficos, relacionados a paleohorizontes soterrados e dados morfológicos, indicam que muitos dos canais de primeira ordem foram soterrados por sedimentos oriundos da erosão nas encostas das microbacias. Em alguns áreas nas margens dos canais, aparecem paleohorizontes A em até 130 cm de profundidade. Eles são ricos em carvão, produzido pelas queimadas no início do século passado. Isso indica que os depósitos de sedimentos no fundo dos vales atingiram uma espessura em torno de 130 cm, em cinquenta anos de erosão-deposição.

Durante dois anos (março/1994 - março/1996) foram medidas as vazões desses canais e as médias ficam entre 1,6 e 3,5 litros por segundo. FARIA (1996) demonstrou que esses fluxos podem transportar uma carga de no máximo 1,3 kg/dia. Porém, quando a área sofreu desmatamento, a erosão nas encostas deveria ter uma taxa alarmante, devido a declividade acentuada das encostas e o índice pluviométrico que é de 2.300 mm/ano em média.

Como exemplo, considerando uma taxa erosiva anual de 20 t/ha (taxa de erosão média para solos de encostas cultivados no Brasil - MAACK, 1968; BIGARELLA & MAZUCHOWSKI, 1985; FARIA 1992) a produção de sedimentos para a bacia FTA de 14 ha, seria de 280 t/ano ou 280.000 kg. Dessa forma, os fluxos regulares dessa bacia poderiam remover apenas 500 kg em um ano de trabalho. Mesmo considerando os fluxos torrenciais com vazões muito superiores, não seria possível remover as 279.500 kg restantes, porque eles ocorrem apenas entre 3 e 5 vezes ao ano, na área de estudo. Ainda deve ser considerado que esse valor está subestimado porque no Maciço da Tijuca a taxa erosiva nas encostas certamente deveria ser muito mais elevada, devido a extensão e declividade das encostas e a pluviosidade.

Um outro fator importante que deve ser considerado, é a taxa de crescimento do fluxo da nascente até a foz do canal de primeira ordem. O fluxo regular (fluxo de base) dos canais é alimentado pelo lençol freático, quando este aflora no fundo dos vales em forma de nascente e através de fluxos laterais de subsuperfície, que descem das encostas pelas fraturas das rochas, matriz do solo e rede de dutos (*pipes*). Dessa forma, o aumento do volume de fluxo de água nos canais é acumulativo em direção de jusante. FARIA (1996),

calculou que a taxa de contribuição média é de 0,03 litro/metro/segundo, mas o valor pode variar de 0,0029 a 0,0731 l/m/s. Isso mostra que o volume de vazão próximo da nascente é muito reduzido e sem competência para transportar grandes cargas de sedimentos. Por exemplo, o canal da bacia FTC possui 470 m de extensão e na foz a vazão média é de 3,52 l/s, mas a 112 metros à jusante da nascente a vazão média é de 0,38 l/s (11% do fluxo de todo o canal). De acordo com FARIA (1996), fluxos de 0,3 l/s pode transportar uma carga de sedimentos entre 2 e 35 gramas/dia. Isso mostra a vulnerabilidade dos canais de primeira ordem ao entulhamento das calhas, principalmente as áreas próximas das nascentes (figura 2).

Dessa forma, ocorre o entulhamento das calhas que evolui seguindo a direção de montante para jusante, soterrando progressivamente as nascentes até fazer desaparecer por completo os canais de primeira ordem e afetar os canais de ordens superiores. MAACK (1968), HSIA & KOH (1983), FEDEROV & MARUNICH (1989), THONGMEE & VANNAPRASERT (1990) e FARIA (1992), mostram que em pequenas bacias, as vazões regulares (fluxo de base) alimentadas pelo lençol freático tendem a diminuir quando as encostas sofrem desmatamento, de acordo com o aumento do escoamento superficial sobre as encostas e a diminuição no volume de água que alimenta o lençol freático, ocasionando o rebaixamento do nível hidrostático. Assim, muitos canais de primeira ordem no Maciço da Tijuca tiveram os comprimentos reduzidos, devido a diminuição da vazão dos fluxos regulares e o entulhamento parcial ou total das calhas.

Tabela 1 - Dados morfométricos e hidrológicos

Bacias	FTA	FTB	FTC
Área (ha)	14	6	11
Comprimento da calha (m)	420	250	470
Velocidade méd fluxo (m/s)	0,3	0,3	0,4
Vazão média (l/s)	2,70	1,67	3,52
Vazão máxima (l/s)	900	540	800

### Fase de Expansão da Rede de Drenagem (1863 - 1996)

Existem várias evidências que indicam que a rede de drenagem aumentou após o reflorestamento feito no Maciço da Tijuca, entre os anos de 1862 e 1874, como exposição de paleohorizontes soterrados, raízes de árvores suspensas e morfologia de fundo de vale.

A nova mata diminuiu a erosão nas encostas para taxas normais de áreas florestadas e concomitantemente aumentou o volume de água que infiltra no solo, de acordo com a restauração da porosidade original do

solo. Sem erosão acelerada nas encostas e com o aumento da vazão regular nos canais, os fluxos puderam trabalhar as áreas entulhadas e abriram novos canais ou retomaram as áreas ocupadas pelas antigas calhas, avançando em direção de montante e removendo os sedimentos.

Algumas mudas de árvores foram plantadas sobre os sedimentos que entulhavam o fundo dos vales, e com a abertura de novas calhas pelos fluxos, as raízes ficaram

suspensas e serviram como indicador de quanto os canais foram aprofundados nesses últimos 100 anos. Em alguns pontos o entalhamento chegou a 150cm. Neste período, o canal da bacia FTA cresceu cerca de 300m, o canal da bacia FTB se expandiu em 250m e o canal da FTC avançou cerca de 150m. Também existem algumas áreas onde foram produzidos terraços fluviais que indicam o trabalho e aprofundamento das calhas.

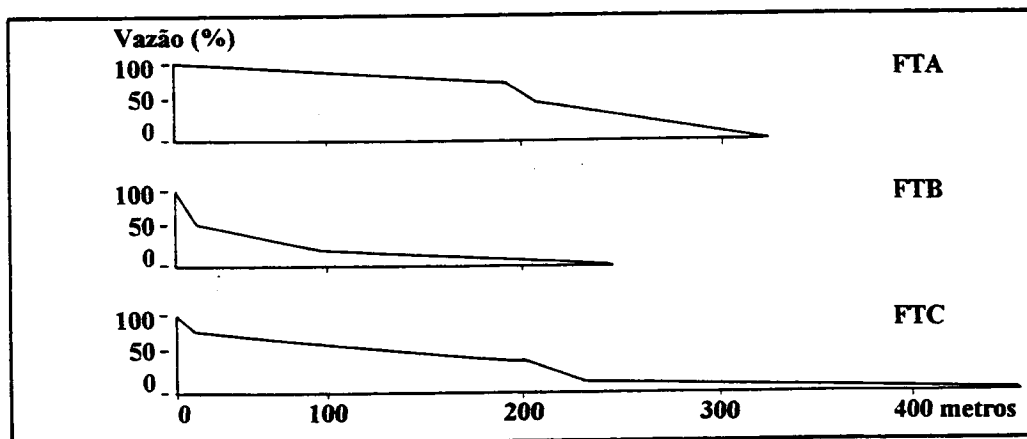


Figura 2 - Crescimento do fluxo da nascente até a foz dos canais de 1ª ordem em porcentagem

### Discussão dos Resultados

Em áreas que sofrem desmatamento, a rede de drenagem pode se expandir ou se contrair. A expansão vai ser em função da susceptibilidade de formação de voçorocas no local e a contração, pode ocorrer em áreas onde predominam processos de erosão em lençol e em sulcos. O reflorestamento também pode produzir dois efeitos distintos. Em muitas áreas com voçorocas a vegetação coibiu o avanço do entalhamento, de acordo com diversos trabalhos publicados a respeito, mas em outras áreas, a vegetação deu condições para o entalhamento dos canais, como é o caso do Maciço da Tijuca.

A frase “expansão da rede de drenagem” em alguns casos deve ser entendida como a oscilação na extensão da rede de drenagem, como aconteceu no Maciço da Tijuca, que diminuiu e cresceu em fases de entulhamento e desentulhamento do fundo dos vales. O crescimento real dos canais em escala de décadas ou séculos, só ocorre quando há formação de voçorocas sobre a rocha decomposta (solo e saprolito) ou sobre pedimentos

recentes (quaternário), ou ainda nos períodos considerados como evolutivo catastrófico, relativos aos períodos de pluviosidade extrema (BIGARELLA & BECKER, 1975; GRAF, 1988), quando ocorrem movimentos de massa acompanhados de incisões sobre a rocha decomposta. Em relação a este último aspecto, vale reportar sobre a incisão de novos canais de primeira ordem sobre saprolito e depósitos de tálus no Maciço da Tijuca, no último evento catastrófico de fevereiro de 1996, quando choveu no local, 378 mm/48 horas.

### Conclusão

FARIA (1992 e 1994) investigou o processo de redução da rede de drenagem em área de tabuleiro/colina, onde o relevo possui baixa energia potencial e o presente trabalho, foi realizado em área montanhosa, com grande energia potencial. Em ambas as áreas, canais que antes eram perenes ou intermitentes (canais com nascentes e fluxo de base), foram metamorfoseados e passaram a ser canais efêmeros (canais sem nascentes e sem fluxo de base) e isso ocorreu em poucas décadas. Assim, os canais

dotados com fluxo de base regular tiveram os comprimentos reduzidos em centenas de metros, podendo ser superior a 500 metros. Em termos de bacia maior, somando o encurtamento do comprimento de cada canal, o resultado final é uma redução preocupante da área da rede de drenagem. A rede de drenagem original foi reativada no Maciço da Tijuca, graças ao reflorestamento feito no século passado. O mesmo pode ser feito em outras áreas que passam pelo mesmo problema.

Uma simples observação na morfologia de fundo de vale nas microbacias degradadas em muitas áreas no Brasil, pode indicar a gravidade desse problema, que afeta os recursos hídricos em termos de volume e qualidade. Isso mostra a necessidade de implantação de uma política mais rigorosa em termos de manejo de microbacias

**Agradecimentos** - Ao Dr. Jorge Soares Marques pelas orientações e acompanhamento dos trabalhos, ao CNPq e a CAPES pelas bolsas de estudo.

#### Referências Bibliográficas

- BIGARELLA, J.J. & MAZUCHOWSKI, J. *Visão Integrada da Problemática da Erosão*. ABGE, 1985, 332 p.
- BIGARELLA, J.J. & BECKER, R.D. International Symposium on the Quaternary. *Boletim Paranaense de Geociências*, 33, 1975.
- DAVIS, W.M. The geographical cycle. *Geographical Journal*, 14: 481-504, 1899.
- FARIA, A.P. A Erosão em Microbacias e Suas Consequências Sobre os Canais Efêmeros, Intermitentes e Perenes. Rio de Janeiro, Dep. Geografia UFRJ, Tese de Mestrado, 1992, 94p.
- FARIA, A.P. As Consequências da Erosão em Microbacias Sobre os Canais Efêmeros, Intermitentes e Perenes. *Cadernos de Geociências*, 11: 67-83, 1994.
- FARIA, A.P. A Erosão dos Solos na Escala Temporal e Espacial. *Cadernos de Geociências* (em publicação)
- FARIA, A.P. Dinâmica e Fragilidade das Bacias Fluviais de Primeira Ordem. Rio de Janeiro, Instituto de Geociências UFRJ, Tese de Doutorado, 1996, 218 p.
- FEDEROV, S.F. & MARUNICH, S.V. Forest cut and forest regeneration effects on water balance and river runoff. *IAHS*, 187: 291-297, 1989.
- GORDON, N.D.; McMAHON, T.A. e FINLAYSON, B.L. *Stream Hydrology: An Introduction for Ecologists*. England, John Wiley, 1994, 526 p.
- GRAF, W.L. Applications of catastrophe theory in fluvial geomorphology. In M.G. Anderson (ed.), *Modelling Geomorphological Systems*. John Wiley: p. 33-72, 1988.
- JONES, J.A.A. The initiation of natural drainage networks. *Processes in Physical Geography*, 11: 207-245, 1987.
- LAWLER, D.M. The measurement of river bank erosion and lateral channel change: a review. *Earth Surface Processes and Landforms*, 18: 777-821, 1993.
- MAACK, R. *Geografia Física do Estado do Paraná*. Univ. Fed. do Paraná e IBPT, 1968, 350 p.
- MARQUES, J.S. & ARGENTO, M.S.F. O uso dos flutuadores para a avaliação da vazão de canais fluviais. *Geociências*, Rio Claro (SP), 7: 173-183, 1988.
- MATTOS, C.C.L.V.; MATTOS, M.D.L.V.; LAROCHE, R.C. Aspectos do Clima e da Flora do Parque Nacional da Tijuca. *Brasil Florestal*, 7 (25): 3 - 12, 1976.
- MOURA, J. R. S.; SILVA, T. M., PEIXOTO, M.N.O.; MELLO, C.L. Transformações Ambientais Quaternárias e "Desequilíbrios" nos Sistemas de Drenagem - Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. *IX Simp. Bras. Rec. Hidricos*. Rio de Janeiro, p. 485-494, 1991.
- SCHUMM, S.A.; MOSLEY, M.P.; WEAVER, W.E. *Experimental Fluvial Geomorphology*. EUA, John Wiley e Sons. 1987, 413 p.
- SCHEINER, T.C.H. Ocupação Humana no Parque Nacional da Tijuca: Aspectos Gerais. *Brasil Florestal*, 7(28), 3-27, 1976
- STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 63: 1117-1142, 1952.
- WELLS, N.A. & ANDRIAMIHAJA, B. The initiation and growth of gullies in Madagascar: are humans to blame? *Geomorphology*, 8: 1-46, 1993.
- WOLMAN, M.G. Factors influencing erosion of a cohesive bank. *American Journal of Science*, 257, 204-216, 1959.