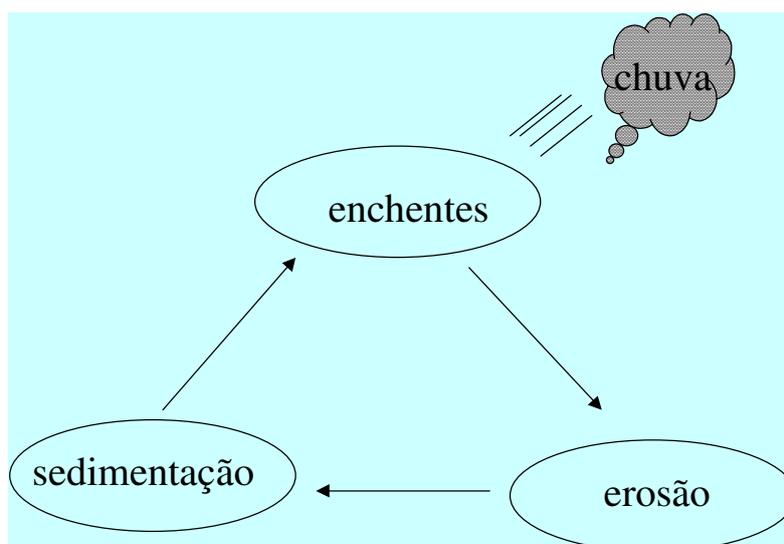


## Capítulo 8 – Erosão e Sedimentação e sua relação com florestas

### Introdução a Hidrologia de Florestas

#### A. Erosão e sedimentação.



Qual é o papel da floresta no ciclo enchente, erosão, sedimentação, enchentes, em comparação ao de outros tipos de cobertura?

Não há resposta simples a esta questão. O público em geral permanece confuso sobre o papel da floresta com relação a erosão e enchentes, em função de slogans populares de pouco significado, ou de aplicação apenas local.

1. Erosão. É processo pelo qual solo e minerais são destacados e transportados pela água, vento, gravidade e atividades do homem. Energia cinética ou gravidade e química (intemperização) são a causa primária da erosão em todas as suas formas.

Movimento de massa é qualquer forma de desprendimento e transporte pela ação da gravidade, incluindo deslizamento, queda de rochas, avalanches, queda de barreiras e movimento gradual da manta de solo (“soil creep”, rastejamento).

Sob ação de ciclos de seca e úmidos, o movimento gradual do solo é uma deformação que pode ser observada pela inclinação de árvores grandes na direção do declive, em escala de tempo de décadas. Próximo às nascentes de rios, este movimento tende a formar encostas do tipo convexo-reta. Não se sabe se a floresta reduz este tipo de erosão dificultando o deslocamento da manta de solo, ou se o amplifica ao acrescentar mais massa à ação da gravidade em declive, mas existe evidência de que no norte da Califórnia o movimento gradual da manta e posteriormente os deslizamentos ocorrem em larga escala tanto sob cobertura florestal quanto em áreas desflorestada. Em climas úmidos, áreas com declividades superiores a 10 ou 15%, encontram-se constantemente movendo suas mantas de solo para baixo, o que gera em última instância os canais relacionados à erosão, mesmo sob condições de cobertura florestal.

Erosão superficial por água. É o desprendimento e transporte de materiais do solo por impacto ou movimento da água sobre a superfície do solo, ou pelo movimento em canais perenes, intermitentes ou efêmeros.

Erosão subsuperficial por água. É a decantação através da manta de solo de minerais dissolvidos (colóides e limo também podem ser encontrados em minas e cisternas). Aquíferos subterrâneos podem conter mais que 20 ppm em matéria dissolvida. Ao contrário da erosão superficial, os produtos da erosão subsuperficial movem-se rapidamente para o oceano. Alguns geomorfologistas acreditam que a erosão subsuperficial desempenha papel tão importante no modelamento do terreno quanto a erosão superficial.

2. Risco de erosão. Este termo qualifica o potencial erosivo por regiões, localização e tipo de uso da terra, refletindo os efeitos combinados de erodibilidade e erosividade. Em regiões áridas de clima temperado com precipitação de 200 a 500 mm por ano como as pradarias do Texas e Novo México (EUA), o risco é maior, visto ocorrem alguns

eventos de chuva pesada e a chuva total é insuficiente para manter uma cobertura total do solo.

Erodibilidade é a susceptibilidade (propriedade) do material aos agentes erosivos. Areia é mais susceptível que limo, e limo mais que argila. Diferentes condições de umidade e compactação do solo mudam a sua erodibilidade. Durante infiltração, a erodibilidade diminui mas em casos de saturação e formação de minas (“exfiltração”) a erodibilidade aumenta (por exemplo, a formação de pequenas galerias em encostas).

Erosividade é uma propriedade do agente erosivo (chuva, vento, neve). Velocidades elevadas aumentam a erosividade, assim como o tipo e quantidade de material em suspensão. Gotas de chuva são mais erosivas que a água em movimento sobre a superfície.

Erosão natural (geológica) refere-se ao processo que ocorre naturalmente (em tempo geológico) sem influência do homem, como por exemplo, deltas de grandes rios, grande extensão de rochas sedimentares (formadas por deposição de sedimentos).

Erosão acelerada refere-se às taxas de erosão relacionadas às atividades do homem.

Erosão cultural é a erosão causada por engenhos mecânicos usados em agricultura, construção, estradas, dragagem de canais, mineração. Neste caso, o homem é o agente direto na produção de erosão.

Pavimentos de erosão são camadas de pedras ou seixos sobre a superfície do solo indicando erosão passada (partículas de solo foram carreadas deixando apenas material grosseiro) e servindo como uma barreira para erosão posterior.

### 3. Produtos de erosão. Diferentes termos são usados:

Sedimentos em suspensão é a matéria particulada em suspensão na água em movimento. Em média, menos de 3% da vazão de rios é sedimento em suspensão. O Yellow River da China carrega até 40% de sedimentos durante enchentes pesadas.

Sedimentação é o processo pelo qual material em suspensão é depositado. Partículas maiores viajam distâncias curtas e partículas menores vão mais longe. Partículas finas de argila viajam até o próximo corpo d'água parada, onde pode formar uma camada uniforme no fundo.

Material dissolvido refere-se a materiais carreados em solução pela água, incluindo matéria orgânica e solutos gasosos. A qualidade do material dissolvido determinam a produtividade biológica dos rios.

Carga de fundo são os materiais maiores, em geral minerais, que se movem no fundo do rio, como cascalho, seixos em função das forças de velocidade e borbulhamento (salto, tombamento, rolamento, escorregamento). É o principal processo de transporte de sedimentos durante cheias de canais com declive acentuado. Em canais com fundo arenoso, partículas de areia se movem pelo mesmo processo.

Restos orgânicos incluem folhas, raízes, galhos, casca, frutos e restos de animais. Embora não se trate de parte do processo de erosão, restos orgânicos tornam-se parte da carga dos rios e afetam o processo de erosão do solo. Depositados em várzeas, aumentam a fertilidade do solo e favorecem o desenvolvimento vegetal, que por sua vez retém mais sedimentos. A fauna aquática e os fundos decompõem os restos vegetais e assimilam boa parte de seus nutrientes.

Carga total de rios num dado ponto inclui toda a matéria orgânica e inorgânica (em solutos, sedimentos em suspensão, carga de fundo ou restos orgânicos).

B. **Mecânica da erosão pela água**. A erosão se dá em três fases: desprendimento, transporte e deposição (sedimentação).

1. Erosão superficial é causada principalmente por água. O desprendimento ocorre pelo impacto, quebra, arrancamento, ascensão por bolhas, congelamento, liquefação ou decomposição química.

Desprendimento de colóides, dispersão e solução sob influência da energia da gota d'água, flutuação de temperatura e congelamento do solo.

Erosão por "splash", ação da energia da gota d'água da chuva que lança partículas para baixo e para cima; em declives de 10%, o volume de partículas no sentido do declive é 3 vezes superior ao volume para cima.

Erosão laminar, ocorre pela combinação do splash com o movimento da água no declive.

Erosão em sulco, ocorre quando a água superficial atinge pequenas depressões, ganha velocidade e profundidade e começa a transportar produtos de erosão.

Erosão em vossoroca pode ser formada rapidamente em função da profundidade, velocidade e volume da água. Vossorocas normalmente se iniciam quando fluxo subsuperficial emerge em encostas de colinas. Dois tipos de vossorocas são distintos:

Vossorocas em forma de V ocorrem em solos rasos e de erodibilidade uniforme. Cobertura vegetal é em geral suficiente para controlar este tipo de vossoroca porque a energia da gota d'água é o principal agente erosivo.

Vossorocas em forma de U são formadas quando as camadas mais profundas são mais erodíveis que as mais superficiais, como no caso de B textural sobre C arenoso. Podem atingir divisores de água de uma bacia, mostrando que uma pequena quantidade de movimento de água superficial é suficiente para manter a vossoroca ativa.

Erosão de canal ocorre pelo recorte de depósitos antigos ou pela formação curvilínea natural (ou artificial) de cursos d'água. As várzeas de grandes rios são constantemente trabalhadas pela energia cinética da água (Geomorfologia Fluvial é a disciplina que trata dos processos de erosão de canal).

Abrasão ocorre em todos os canais pela ação de materiais sólidos movendo-se com a água; pedras são reduzidas por abrasão a sedimentos finos até chegar ao oceano. Abrasão também serve para alargar pontos de estrangulamento de canais (gargantas).

2. Desprendimento e transporte. A energia cinética da gota d'água ( $K_e$ ) é suficiente para lançar partículas de solo a 1 m de altura:

$$K_e = 0,5MV^2 \quad \text{Unidades } ML^2T^{-2} \quad [8.1]$$

$M$  é a massa e  $V$  a velocidade da gota de chuva. A energia (de impacto) da gota d'água provoca o desprendimento (o descolamento) das partículas de solo que são presas umas às outras por adesão e coesão. A lâmina d'água, sulco e vossoroca resultantes, transportam as partículas de solo.

Exemplo: Seja uma chuva pesada de 2 cm em 1 hora em 1 m<sup>2</sup> de solo. A velocidade final é de 7,6 m/s. A água não infiltra e adquire uma velocidade de 0,2 m/s na superfície. Como a massa de água é a mesma, pode-se computar a razão entre a energia da chuva ( $K_{er}$ ) e a da fluxo de água na superfície, ( $K_{es}$ ), usando [8.1]:

$$\begin{aligned} K_{er} / K_{es} &= (0,5MV_r^2) / (0,5MV_s^2) = V_r^2 / V_s^2 \\ &= (7,6 \text{ m/s})^2 / (0,2\text{m/s})^2 = 1444 \end{aligned}$$

Wischmeir and Smith (1965) estabeleceram a seguinte equação para estimar a energia de uma chuva de intensidade  $I$  em polegadas/hora (a cada hora).

$$K_e' = 916 + 331 \log_{10} I \quad [8.2]$$

com todas as unidades no sistema inglês de unidades (ft-lb-sec).

A maior parte da energia é dispersada (atenuada) em compactação, turbulência e calor. A interceptação de chuva pela vegetação provoca a coalescência de gotas em gotas maiores que ao cair podem novamente atingir a velocidade de 7 m/s; ou seja, apenas vegetação de baixo porte protege o solo mineral da ação da gota de chuva. Solos de florestas queimados anualmente ou submetidos a pastoreio podem produzir escoamento superficial em declives pelo entupimento dos poros de solo por partículas finas provocado pela energia da gota d'água.

Aproximadamente 1 ton./ha de restos orgânicos absorve 98 % da energia da gota de chuva. Chão de florestas tem de 1 a 5 ton./ha. Mesmo 300 kg de restos por hectare, como no caso das acículas de pinus, reduz a erosividade da chuva em 75% ou mais. O efeito hidrológico de material em suspensão presente na água em movimento de solos sob cobertura florestal é, em geral, negligenciável.

3. Previsão de erosão. Risco de erosão foi sintetizado em 6 fatores complexos na chamada *equação universal de perda de solos*, proposta por W.H. Wischmeier por volta de 1960:

$$A = RKLSCP \quad [8.3]$$

em que  $A$  é a perda de solo em ton./acre/ano,  $R$  é a erosividade da precipitação,  $K$  é a erodibilidade (função do tipo de solo),  $L$  é o comprimento da rampa,  $S$  é a declividade,  $C$  é um fator associado ao manejo (cobertura morta, palhada,...) e  $P$  é um fator de controle de erosão (terraços, etc.).

Apenas  $A$ ,  $K$  e  $R$  tem unidade, as outras variáveis são expressas como razões de perdas de solos em relação a perdas experimentais medidas no que se convencionou chamar “plots unitários” (72,6 pés de comprimento, com declividade uniforme de 9%, continuamente em pousio, e arado para cima e para baixo do sentido da declividade).

A erosividade é a soma anual do produto de dois fatores de chuva medidos em cada localidade. Verificou-se que dois fatores produzem a melhor correlação com a perda de solos por plots unitários:

$$R = \sum_{1}^{n} K_e' I_{30} \quad [8.4]$$

$K_e'$  é computado de [8.2] para cada tempestade,  $I_{30}$  é a intensidade máxima de 30 min (pol./hora) em cada evento, e  $n$  é o número de eventos de chuva por ano. A equação 8.4 reflete o fato de que a energia cinética das gotas de chuva provocam o desprendimento de partículas d solo e que o fluxo turbulento produzido pelo excesso de chuva sobre a infiltração retira solo da área. A figura 8.1 adiante apresenta um mapa do fator de erosividade ( $R$  de Wischmeier) para parte do leste dos EUA.

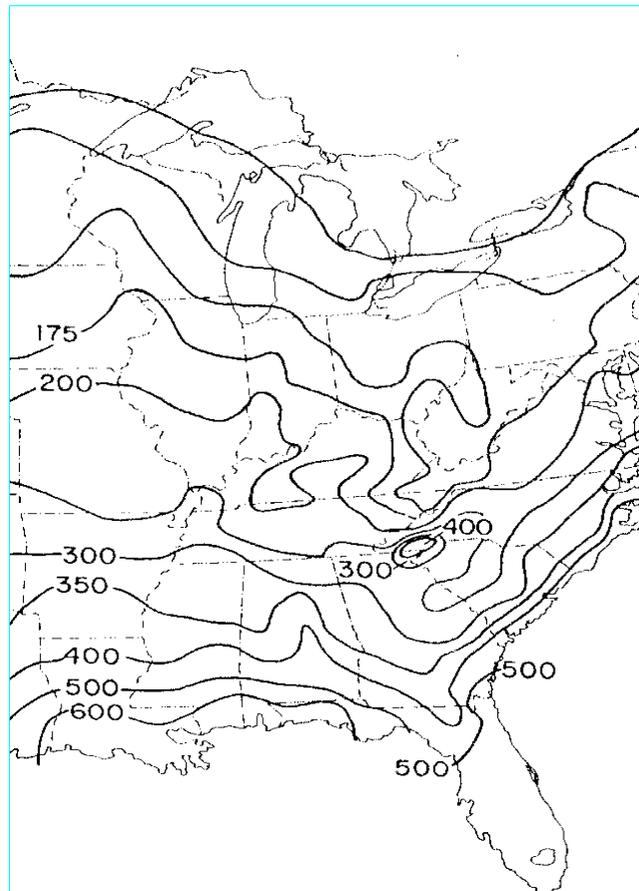


Figura 8.1. Valores anuais de  $R$  em unidades do sistema inglês para o leste dos EUA, chamado mapa de iso-erosividade (Wischmeier and Smith, 1965).

Florestas e áreas de vegetação natural (cerrado, etc.). A equação [8.3] é válida para descrever erosão em condições de campos agrícolas, e necessita ser modificada para prever perdas de solo para bacias de drenagem e áreas de florestas. Os fatores  $L$ ,  $S$ ,  $C$  e  $P$  são definidos em termos de declividades uniformes, espaçamento entre linhas e entre plantas e práticas de conservação. Florestas implantadas se assemelham de alguma forma aos campos agrícolas. Na maioria das vezes, o uso da equação [8.3] para uma bacia de drenagem de 1ª ordem produz superestimativas de uma (1) ordem de grandeza. Existe a necessidade urgente de se produzir equações de erosão que acomodem a totalidade de uma bacia de drenagem e o padrão complexo

e as práticas de manejo de florestas e outros ecossistemas naturais. Uma forma para uma equação desta natureza poderia ser:

$$A = RKSW$$

em que  $A$ ,  $R$  e  $K$  são os mesmos que em [8.3],  $S$  é um fator de declividade modificado e  $W$  é um fator operacional de um dado padrão refletindo a probabilidade de uma partícula de solo desprendida seja exportada durante o ano em que ocorreu o desprendimento, variando de 0 para campos próximos ao divisor a 1 para campos próximos a saída da bacia. Manejo adequado de acordo o padrão da bacia de drenagem é fundamental no controle de sedimentos durante as práticas de colheita, preparo e plantio.

4. Erosão subsuperficial é causada principalmente pela água e animais que vivem no solo (principalmente formiga e cupim). A exportação de minerais dissolvidos se dá principalmente na água efluente. Em milhões de anos, a lixiviação do solo poroso e matéria primária das rochas provocou o encolhimento da superfície da terra e salgou o mar. Os ácidos fracos formados na chuva e na água em percolação provocam erosão subsuperficial em áreas de solos sedimentares, formando sumidouros (buracos) e rios subterrâneos. O processo é bem mais fraco em granitos, basaltos, argilas e areias quartzosas. A presença de vegetação pode reduzir o excesso de precipitação sobre evapotranspiração, reduzindo a erosão subsuperficial.

“soil piping” é uma forma de erosão subsuperficial na qual túneis de diâmetro variando do cm até 1 m são formados nos bancos de rios, riachos e vossorocas. Este processo é associado com saturação temporária, alto teor de sódio no solo e, em alguns casos, aos buracos de formigas, cupins e alguns onívoros (tatu, topeira).

C. **Medição de erosão.** Não é fácil. Chuvas e enchentes variam enormemente e um único evento extraordinário pode produzir até 75% de toda a erosão de uma pequena bacia num período de 10 anos. Grandes rios movem sedimentos de forma mais uniforme e muito difícil de medir porque o processo é principalmente carga de fundo. Como é necessário separar a erosão acelerada da natural, tem se investido bastante no desenvolvimento de métodos de medição, que podem ser classificados de acordo com seu tipo de aplicação: sítio de desprendimento, transporte ou deposição.

1. Sítio de desprendimento. O movimento de material da fonte pode ser relacionado à prática cultural ou condição natural que o provoca. Alguns métodos são:

Marcadores de ferros que servem como referência para o desnudamento da superfície em relação à condição original, através de fotografias tomadas anualmente ou períodos mais longos.

Barras de ferro fincadas em profundidade na declividade do solo para medir o rastejamento do solo( soil creep) através da mudança da inclinação ao longo de anos ou décadas.

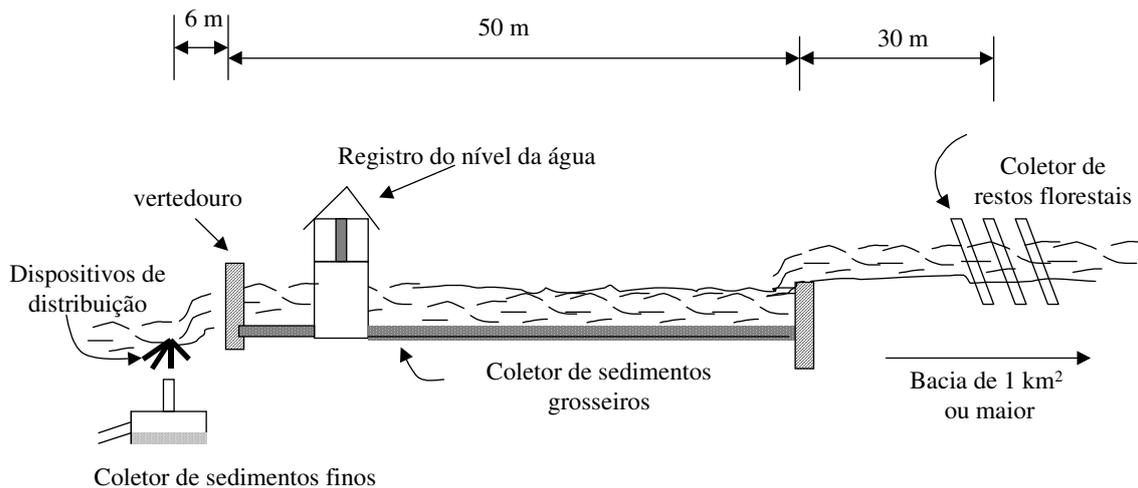
Traçadores (corantes, material radioativo e areia branca) tem sido usados para determinar o padrão de desprendimento e remoção da superfície do solo.

Pesagem de pavimentos de erosão é usado como um índice de erosão geológica (por unidade de área dividido pelo peso das pedras por unidade de volume do subsolo).

Estudos do perfil do solo, por exemplo, exame do horizonte A remanescente após história de uso é, algumas vezes, usado numa base regional.

2. Material em transporte. São estimados por amostragem da água em movimento, ou coletada em estações de sedimentação, ou mesmo numa combinação. Se restos orgânicos estão presentes isto se torna difícil. A amostragem deve ser

proporcional à taxa de descarga. Carga de fundo e restos orgânicos podem ser amostrados apenas em estações (bacias) de estabilização e amostrando tanto para conteúdo orgânico quanto inorgânico. A figura abaixo mostra uma instalação deste tipo para uma bacia de 100 ha ou mais.



Integração de amostras (da superfície até o fundo) deve ser realizada para se assegurar que o fluxo num dado ponto seja bem representado. Os coletores de amostras (garrafas) devem amostrar os vários níveis, porque o tamanho das partículas e densidade dos sedimentos aumenta da superfície para o fundo.

Amostragem rápida (“grab samples”) em pequenos rios deve ser feita em pontos de turbulência onde haja mistura da água e sedimentos em suspensão, ou quando se deseja amostrar apenas material dissolvido (neste caso o efeito da gravidade e do movimento da água é desprezível).

Dispositivos de coleta de transporte de fundo não são confiáveis em grandes enchentes porque sempre entornam e as correntes são violentas. Em condições de escoamento básico ou pequenas enchentes, estes dispositivos podem ser bons indicadores do transporte de sedimentos no fundo.

Dispositivos automáticos são a nova ferramenta amplamente usada para monitorar poluição e qualidade da água. Um amostrador proporcional é a roda de Coshocton que gira pela força da água e desvia 5 milésimos do fluxo controlado num tanque de armazenamento para análise.

Turbidez da água (índice definido como a atenuação da luz na água causada por sedimentos em suspensão) é medido para determinar seu potencial de uso recreativo. Uma forma é determinar até que profundidade um disco branco (preso num bastão graduado) pode ser visto enquanto é afundado.

3. Mecânica de transporte. A energia da água em movimento é menor que a da chuva em queda, mas é suficiente para mover solo erodível ou já desprendido. Estudos hidráulicos mostram que a velocidade média da água num sulco, vossoroca ou curso d'água é proporcional ao quadrado da altura da lâmina d'água ( $d$ ):

$$\bar{V} = f(d^2)$$

A capacidade da água de mover partículas soltas depende de seu tamanho (diâmetro). A equação [8.1] mostra que a energia para realizar trabalho em uma partícula exposta de dado tamanho varia diretamente com o quadrado da velocidade:

$$\text{Energia} = f(\bar{V}^2) \quad [8.5]$$

A fórmula de Manning (equação [7.3]) estabelece que a velocidade da água varia diretamente com a raiz quadrada da declividade ( $s$ ):

$$\bar{V} = f(s^{1/2}) \quad [8.6]$$

Não levando em conta turbulência (dissipador de energia), o tamanho das partículas movidas aumenta até 4 vezes quando a velocidade dobra, mas apenas

dobra com a declividade (se esta também dobra). Em outras palavras, a declividade não é tão bom indicador de erodibilidade quanto a altura e velocidade da água. Em florestas, a declividade é muito menos crítica que em agricultura, em função dos restos florestais no solo que reduzem a velocidade da água e aumentam a infiltração. Em floresta, o risco de erosão deve se basear principalmente no padrão de perturbação (caminho da água e a exposição do solo) e menos na declividade.

4. Deposição de sedimentos. A melhor forma de se medir taxas regionais de desnudação é pelo estudo periódico do material depositado em lagos, lagoas e reservatórios, através de escalas ou sonar, uma vez que a redução substancial da velocidade em grandes corpos d'água provocam a sedimentação de todo tipo de material (menos solutos e colóides).

D. Exportação continental de sedimentos. Segundo Holeman (1968), as taxas anuais de exportação de sedimentos para os oceanos são:

Continentes	toneladas/km <sup>2</sup> /ano
África	25
Europa	32
Austrália	40
América do Sul	56
América do Norte	86
Ásia	536
Média mundial ponderada	182

A contribuição dos maiores rios dos EUA foi também resumida por Holeman (1968):

Rio	toneladas/km <sup>2</sup> /ano
Mississippi	97
Missouri	159
St. Lawrence	3
Colorado (antes dos diques)	380
Columbia	35
Ohio	69
Brazos	350
Alabama	34
Potomac	60
Delaware	51
Eel (Scotia, Califórnia)	2000 – 3000

Em função de práticas de conservação do solo, construção de reservatórios e abandono de fazenda, a produção de sedimentos nos EUA, vem diminuindo desde 1940 (Figura 8.2). A maior fonte de sedimentos é a agricultura praticada em sulcos, manejo inadequado da pastagem e trabalho de construção. Extração seletiva e outras práticas florestais contribuem com uma fração pequena do total, mas exportação de sedimentos de estradas de acesso e trilhas podem ser severas, em escala local.

Deposição de sedimentos destrói propriedades, provoca elevação das cotas de inundação pela redução da capacidade do canal, interfere na vida aquática, e aumentam o limo de cursos d'água, reservatórios e lagos naturais. Somado a perda de fertilidade do solo, o custo total anual da erosão natural e artificial é da ordem de bilhões de dólares (somente nos EUA).

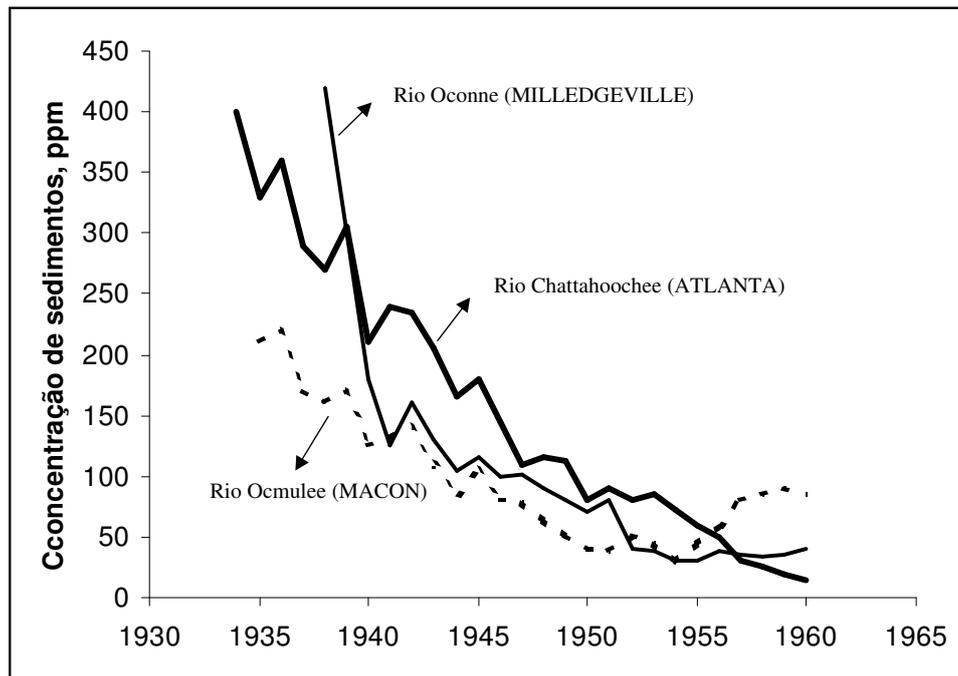


Figura 8.2. Tendência da evolução da concentração de sedimentos no estado da Geórgia, EUA.

Números toleráveis de erosão variam da ordem de 2 ton./ha/ano (para especialistas em florestas) a 11 ton./ha/ano do ponto de vista dos agricultores. O problema da erosão ainda não está muito bem esclarecido, o que o torna um dos assuntos mais importantes na definição da política de uso da terra dos países e estados.

- E. **Taxas de desprendimento** são em geral maiores que sedimentos, dependendo de onde se faz a amostragem. Quantidades de solo desprendidas (descoladas) podem se deslocar poucos metros de uma trilha ou um campo, e ficar estacionárias por centenas de anos. Holeman (1968) afirma que a saída anual de sedimentos no Rio Potomac (60 tons/km<sup>2</sup>) é apenas 5% do total de solo desprendido dentro da bacia. Quanto menor a área considerada, maior a razão entre saída e desprendimento.

Razões saída/desprendimento não variam muito em função do uso da terra em floresta. Por exemplo, áreas de floresta nativa e cortada (solo nu) podem ter a mesma razão

porque os valores de desprendimento e exportação são ambos pequenos na floresta nativa e grandes em áreas cortadas.

Existem diferenças entre exportação e desprendimento do ponto de vista de manejo, visto que desprendimento provoca danos locais para o proprietário e para o solo, e exportação causa danos a jusante de sua área de origem, para os vizinhos e para o público. Tal fato tem estimulado o surgimento de leis que regulam o manejo local, o que tem provocado um aumento do interesse de proprietários e do público em geral em conhecer melhor as causas de desprendimento e exportação de sedimentos.

1. Erosão acelerada. O grande delta do rio Mississippi mostra que a erosão natural já era imensa antes da ocupação das bacias tributárias pelos colonos europeus. Existe evidência de que a erosão acelerada que ocorreu desde então, deve-se não a derrubada das florestas, mas principalmente a: 1) cultivo sem cuidado e 2) pastoreio excessivo. Atualmente, grandes trabalhos de construção (estradas, ferrovias, etc...) é uma contribuição expressiva à erosão acelerada.

Atividades florestais que aceleram erosão, listadas por ordem de danos causados aos programas de manejo florestal são:

Estradas e trilhas de acesso afetam mais erosão de áreas florestais que a combinação de todas as outras.

Encrostamento de canais por estradas, colheita, preparo da área (principalmente em áreas onde a rede de acesso é ruim, como mostra o exemplo da figura 8.3 abaixo).

Métodos de preparo do sítio, como desenraizamento e arado de disco.

Colheita pode contribuir quando associado a um sistema ruim de estradas de acesso.

Atividades de prevenção e combate ao fogo, e em particular o uso de taipas para acero com lâmina d'água, podem provocar danos localizados.

Atividades de recreação, como camping, montanhismo, competição de veículos do tipo fora de estrada, acessos precários a sítios, entre outras, também provocam erosão, ainda que a exportação de sedimentos pequena.

Atividades de manejo de vida selvagem, incluindo superpopulação, acesso precário de caçadores e pescadores também são fontes localizadas de sedimentos.

As melhores práticas de manejo incluem dois elementos para minimizar a exportação de sedimentos em áreas de práticas silviculturais: 1) planejamento avançado e construção cuidadosa do sistema de acesso e, 2) zoneamento da propriedade florestal para manejo especial das faixas ao longo dos canais de drenagem.

2. Papel do fogo associado à erosão. Fogo sempre esteve presente em ecossistemas florestais ou savanas. Em algumas áreas de declividade elevada e vegetação arbustiva, particularmente em regiões de secas freqüentes e baixa umidade relativa do ar, como parte da Califórnia (EUA) e áreas mediterrâneas, o fogo pode aumentar erosão por:

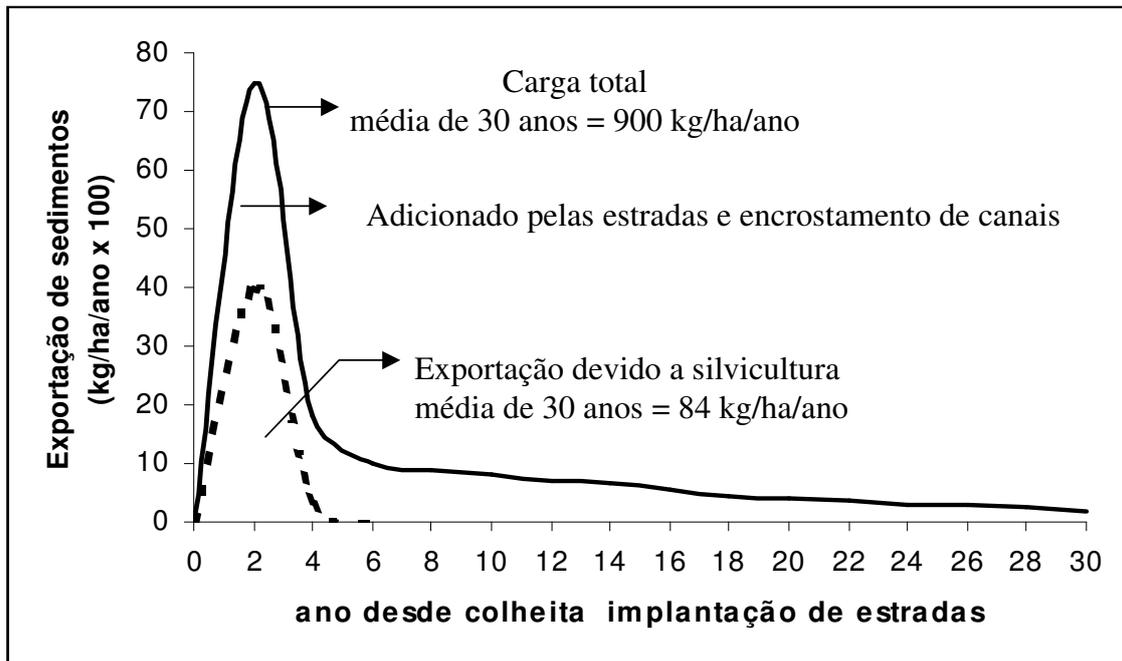


Figura 8.3. Experimento de corte e regeneração de uma floresta de Piedmont (EUA), mostrando que 90% da exportação de sedimentos era causada por sistema ruim de estradas e encrostamento de canais

- Deixar mais solto solo e rochas, causando deslizamentos superficiais
- Expondo o solo à ação da gota de chuva e erosão por sulco
- Tornando a camada superficial temporariamente repelente a água, aumentando o escoamento superficial sem infiltração
- Entupindo os poros da superfície pela erosão do tipo splash.

Em áreas úmidas de florestas, o horizonte A do solo é entrelaçado com raízes finas e material grosseiro que raramente queima. O sistema radicular ajuda a reter o solo em chuvas erosivas e a vegetação rasteira retorna rapidamente. O uso de fogo anual pode eventualmente reduzir a colheita e adicionar lixo no solo ao ponto de acelerar a erosão, mas fogo ocasional (natural ou não) raramente provoca erosão, a menos que seguido por cultivo descuidado, pastoreio excessivo ou retirada desordenada de madeira nativa.

3. Efeito da geada na erosão. Congelamento (contração) e descongelamento (expansão) provocam desprendimento do solo e a lavagem de uma camada muito fina da superfície (mm) encosta abaixo. Podem também provocar a morte de plantas deixando o solo nu por certo período de tempo.

F. **Sumário dos fatores associados a erosão e sedimentação.** Para referência rápida, ver a tabela que segue:

<b>Causas e Problemas</b>	<b>Fases da erosão</b>
Fontes de energia para erosão	Desprendimento: intensidade e velocidade da chuva, vazão de cursos d'água e vossorocas. R de Wischmeier e volume d'água.
	Transporte: volume e vazão de pico, carga de sedimento já transportada pela enchente
	Deposição: velocidade da (gota de) chuva, restos vegetais e infiltração
Susceptibilidade do solo	Desprendimento: erodibilidade intrínseca do solo, fator K, exfiltração da superfície sob erosão.
	Transporte: tamanho das partículas, declividade, forma dos sulcos e vossorocas
	Deposição: velocidade da chuva, variações de declividade e rugosidade da superfície
Riscos provocados pela agricultura	Desprendimento: exposição anual pelas práticas de cultivo (arar e gradear), sistematização, compactação por animais e máquinas, declividade dos campos.
	Transporte: velamento dos poros do solo causando fluxo lateral, sulcos e vossorocas, declividade dos campos.
	Deposição: depósito nos terraços, base dos campos.
Riscos da malha de acesso	Desprendimento: comprimento, largura, grau de inclinação, período de uso, estabilização de estradas e trilhas.
	Transporte: grau de inclinação da estrada e localização em relação às áreas fontes de erosão e escoamento (variáveis).
	Deposição: depósitos em depressões, retorno, desvios provocados por vegetação, cruzamento de rios.
Riscos do sistema de canais	Desprendimento: picos de vazão e frequência, volume, vegetação dos bancos, restos provenientes de diques, árvores instáveis, elevações naturais das margens, sedimentos antigos, expansão do canal durante as cheias.
	Transporte: gradiente do canal, largura, profundidade e velocidade do fluxo, tamanho das partículas.
	Deposição: em pontos de quebra de grau, meandros, lagoas, lagos, pântanos, e elevações naturais.
Riscos silviculturais	Desprendimento: exposição ocasional do solo na colheita, preparo para plantio, incêndios e fogo proposital e planejado.
	Transporte: padrão de distribuição de resíduos e restos, leiras, padrão de preparo do solo, orientação dos campos de solo nu, largura das faixas de proteção dos rios.
	Deposição: material grosseiro em geral permanece no sítio, material mais fino exportado (determinado pela distância e padrão de distribuição dos restos florestais entre o ponto de desprendimento e os cursos d'água perenes).

O ranking de exportação de sedimentos é: agricultura, malha de acesso, distúrbios nos canais e atividades silviculturais.