

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

CONSERVAÇÃO DO SOLO

OCTÁVIO FREIRE

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
Av. Prof. Frederico Ferraz Jr., 643 - CEP. 05408 - Pinheiros
SÃO PAULO - BRASIL

SÃO PAULO - BRASIL

Í N D I C E

	Pág.
1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - O Solo como um Recurso Natural	1
1.2 - Conservacionismo	2
1.3 - Importância da Conservação do Solo	5
1.4 - Antecedentes sobre o Conhecimento da Erosão do Solo	6
2 - ESTUDO DA EROSÃO	9
2.1 - Definição	9
2.2 - Tipos de Erosão	9
2.3 - Agentes de Erosão	10
2.4 - Fases do Processo Erosivo	11
2.5 - Erosão pela Água	12
2.6 - Erosão pelo Vento	16
2.7 - Outros Agentes de Erosão	20
2.8 - Erosividade do Agente de Erosão	20
3 - FATORES QUE INFLUEM SOBRE AS PERDAS POR EROSÃO ...	22
3.1 - Erodibilidade do Solo	22
3.2 - Fator Topográfico	24
3.3 - Fator Uso e Manejo do Solo	26
3.4 - Fator Práticas de Controle da Erosão	27
3.5 - Perdas Aceitáveis de Solo	28
4 - EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO	30
4.1 - Expressão Matemática	30
4.2 - Aplicações	31
5 - PLANEJAMENTO DO USO E DO MANEJO DO SOLO	32
5.1 - Classes de Capacidade de Uso do Solo	33
5.2 - Prê-supostos em que se Baseia a Classificação em Capacidade de Uso	36
5.3 - Outras Categorias da Classificação em Classes de Capacidade de Uso	37
5.4 - Codificação de Símbolos para a Classificação em Classes de Capacidade de Uso	39

	Pág.
5.5 - Características Utilizadas para a Determinação da Classe de Capacidade de Uso	40
5.6 - Classificação dos Solos em Classes de Capacidade de Uso	46
5.7 - Planejamento Conservacionista	48
6 - ESTIMATIVA DA ENXURRADA	51
6.1 - Intensidade e Duração da Chuva	52
6.2 - Tempo de Concentração	52
6.3 - Período de Recorrência da Intensidade Máxima de Chuva	53
6.4 - Coeficiente de Enxurrada	53
6.5 - Vazão Máxima	54
6.6 - Cálculo das Dimensões dos Canais	54
6.7 - Cálculo das Dimensões dos Canais	55
6.8 - Exemplo	56
7 - CONTROLE DA EROSAO EM TERRAS CULTIVADAS	58
7.1 - Práticas de Controle da Erosão	59
8 - CONTROLE DA EROSAO EM TERRAS NÃO UTILIZADAS PARA AGRICULTURA	77
8.1 - Erosão em Florestas	77
8.2 - Erosão em Pastagens	78
8.3 - Erosão em Estradas	79
8.4 - Erosão nas Margens dos Cursos d'água	80
8.5 - Controle da Erosão em Áreas Erodidas	81
9 - CONTROLE DA POLUIÇÃO AGRÍCOLA	83
9.1 - Poluição com Sedimentos	83
9.2 - Poluição Química por Nutrientes Vegetais ..	86
9.3 - Poluição Química por Agrotóxicos	87
10 - PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO	88
10.1 - Objetivo e Desenvolvimento da Pesquisa ...	88
10.2 - Tipos de Pesquisas sobre Conservação do Solo ..	89
11 - BIBLIOGRAFIA	96

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - O Solo como um Recurso Natural

O solo é um corpo natural constituído de material mineral e orgânico, que apresenta horizontes geneticamente desenvolvidos, cobrindo, de forma mais ou menos contínua a maior parte das áreas continentais da terra e que é o meio natural de vida para a maioria das plantas superiores.

Esse corpo natural constitui um recurso natural, uma vez que é capaz de suprir os vegetais com água, calor e nutrientes.

Por apresentar uma composição predominantemente mineral, é um recurso natural exaurível e não renovável; entretanto, sob o ponto de vista da fertilidade, pode ser considerado como um recurso natural exaurível e renovável.

As fertilizações minerais e orgânicas e a promoção da estruturação, com a finalidade de regular as relações solo x água, podem restabelecer a produtividade dos solos que perderam as propriedades necessárias para exercer a função de meio natural de vida da maioria das plantas superiores.

O solo é fonte ou suprimento de matéria-prima, diretamente através de jazidas ou indiretamente, fornecendo substâncias e condições para a produção biótica que compreende recursos naturais exauríveis e renováveis.

Embora os recursos bióticos sejam renováveis, sua produção não é ilimitada. O grau de limitação depende da produtividade do solo e da área disponível para a produção do recurso biótico. Considerando-se a tecnologia atual, pode-se prever que a produtividade dos solos que estão sendo utilizados pode duplicar e talvez, triplicar. Não se deve, também, menosprezar a criatividade humana, podendo-se esperar que o desenvolvimento da tecnologia, baseada nos contínuos progressos científicos, venha, futuramente, permitir maiores aumentos na produtividade dos solos.

Hoje, cerca de 80% dos solos considerados cultiváveis já estão sendo utilizados para a produção de matéria-prima ou alimentos e os pesquisadores mais pessimistas acreditam que os 20%

restantes, se ainda não estão sendo utilizados, é porque apresentam alguma deficiência, ainda, não determinada.

De qualquer forma, é certo que a produção de alimentos e matéria-prima é limitada e que, inevitavelmente, a população humana terá que parar de crescer, ou o consumo ultrapassará a capacidade de produção da Terra.

A capacidade de produção da Terra foi estimada, pela National Academy of Sciences, como sendo suficiente para suportar uma população de 33 bilhões de seres humanos em dieta restrita. De acordo com a taxa atual de crescimento populacional, esse número crítico deverá ser atingido dentro de 100 anos.

Nessas considerações alarmantes, algumas outras agravantes devem ser inseridas. A população de animais domésticos parasitas e de estimação consomem, atualmente, uma quantidade de alimentos equivalente à consumida pela população humana que é de seis bilhões. Deve-se notar, também, que a medida que o Homem aumenta seu grau de civilização, aumenta sua necessidade de recursos "per capita". Exemplo típico desse fato ocorreu nos Estados Unidos no período de 1900 a 1965, quando a população aumentou 2,6 vezes e o consumo de recursos naturais aumentou 22 vezes.

Esses fatos vão interagir com o desenvolvimento tecnológico para determinar a época crítica de escassez de alimentos.

1.2 - Conservacionismo

Conservacionismo é o conjunto de estratégias econômicas, políticas e técnicas que visa a preservação de condições propícias para a manutenção da vida sobre a Terra.

O Extremo Oriente é o berço das idéias conservacionistas; pois, há milhares de anos já reservava áreas para proteger espécies animais e vegetais. É verdade que a finalidade dessas medidas de proteção não tinham, no início, uma base filosófica fortemente defensável, porque protegiam espécies, consideradas sagradas, que só os privilegiados podiam caçar.

A história da humanidade mostra que a depleção de recursos naturais vem ocorrendo sempre onde se estabelecem as

grandes civilizações. Essa destruição do ambiente tem como consequência a diminuição de oportunidades de manutenção de todas as espécies animais ou vegetais que integravam o ecossistema.

Sabe-se, do estudo de espécies animais, que o crescimento descontrolado das populações leva invariavelmente a catástrofe. Como qualquer outra população de seres vivos, o Homem depende do ambiente. A explosão demográfica, que hoje se traduz por um crescimento de 132 seres humanos por minuto, causa um grande impacto no ambiente.

Embora o Homem tenha vencido muitas barreiras que controlavam o seu desenvolvimento, não deixou de ficar exposto às mesmas leis biológicas que governam o crescimento e o declínio das populações animais.

Dessas premissas nasceram as idéias conservacionistas. As primeiras, simples e até ingênuas, preconizavam o uso restrito dos recursos naturais. Evidentemente, a pressão do desenvolvimento econômico e a tendência do Homem de optar pelos bens de consumo acima da solubridade ambiental tornaram-nas inadequadas.

Outra corrente de idéias conservacionistas foi liderada por Gifford Pinchot, a quem se deve a introdução do termo conservacionismo na literatura científica. Essa corrente preconizava a produção calculada de recursos renováveis, especialmente, quanto a produtos florestais.

Pinchot encarava objetivamente o problema conservacionista; enquanto que John Muir, através de seus escritos cheios de entusiasmo pelas belezas naturais, encarava o conservacionismo do ponto de vista estético. Nessa época (1901-1910), o conservacionismo foi caracterizado por muita propaganda, enfatizando o declínio dos recursos naturais.

As fases seguintes do movimento conservacionista caracterizam-se pelo recurso natural focalizado.

Assim, por volta de 1920, as atenções voltaram-se para o petróleo que foi o combustível usado na guerra da Europa e devido à florescente indústria automobilística. Na época, supunha-se que as reservas petrolíferas eram muito reduzidas.

Nos últimos anos dessa fase, o movimento conservacionista dirigiu-se para os recursos hídricos, construindo-se grandes barragens com a finalidade de produção de ener-

gia elétrica.

Os anos de 1933 a 1939, são considerados a época de ouro do conservacionismo.

Nesse período, a atenção foi toda concentrada na conservação e planejamento do uso do solo.

O entusiasmo de Hugh Hammond Bennett conseguiu o apoio governamental, criando o Soil Conservation Service do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. Muitas entidades particulares, também, foram tomadas pelas idéias conservacionistas e muitas medidas relevantes foram postas em prática; embora, já se sentisse a eclosão de um conflito com o sistema econômico que prevalecia no mundo.

Os anos que se seguiram à segunda guerra mundial foram marcados pela necessidade de recuperação econômica, o que trouxe dificuldades para a arregimentação de um esforço conservacionista unificado.

Após 1950, os países ocidentais estavam recuperados economicamente e sem graves ameaças quanto à sua segurança.

A propaganda conservacionista não atingiu mais o impacto emocional de outrora; encontrando-se, lugar, apenas, para o conservacionismo ecológico, de George P. Marsh, cujas obras datam do fim do século passado.

Tomou-se consciência de que o fator essencial na pesquisa conservacionista é a compreensão do funcionamento dos ecossistemas e que a exploração de um recurso natural resume-se em saber quando, onde e como pode-se proceder ao seu aproveitamento.

A exploração racional de um recurso natural não significa sempre uma compensação econômica direta, sendo que o seu significado é muito mais social, cultural, científico e estético.

A conservação de recursos naturais, como disciplina, reduziu-se à Ecologia aplicada.

Dessa forma, a qualidade ambiental e as condições de vida do Homem foram postas em prioridade.

Todos os esquemas desenvolvimentistas, particularmente os agrícolas que tendem a modificar profundamente o ecossistema de grandes áreas, deveriam sempre ser analisados, também, sob o aspecto ecológico.

1.3 - Importância da Conservação do Solo

Conservação do Solo é o conjunto de técnicas com que se pretende utilizar os solos para obter um máximo de lucro, mantendo indefinidamente a sua capacidade de produção.

A Conservação do Solo inclui:

- a - uso adequado do solo;
- b - manejo adequado: adubação, correção, irrigação e drenagem;
- c - controle da erosão acelerada;
- d - controle da poluição agrícola.

Sem tentar nenhuma argumento de ordem emocional, pode-se provar que a conservação do solo é compensadora.

As práticas conservacionistas aumentam, ou pelo menos, mantêm o mesmo nível de lucro. Isto ficou provado comparando-se dois grupos de propriedades agrícolas com as mesmas características. Um dos grupos era constituído por 252 propriedades em que se usavam as técnicas conservacionistas e o outro, de 251 propriedades em que não se adotava nenhuma prática conservacionista. Os resultados obtidos foram os seguintes:

Atividade Agrícola	Rendimento	
	Práticas Conservacionistas Com	Sem
Cultura de milho	4.427 kg	3.853 kg
Cultura de soja	2.296 kg	1.994 kg
prados	2.001 kg	1.990 kg
produção de leite	41.821 kg	39.054 kg
gado de corte	4.290 kg	3.199 kg
suínos	6.106 kg	4.936 kg

Área: ± 70 ha

Lucro por ha: Cr\$ 112,60

Lucro por propriedade: Cr\$ 7.782,00

Um experimento bem conduzido mostrou que a aplicação de uma única prática de controle da erosão, o plantio em nível, produziu os seguintes resultados na produção da cultu-

ra de milho, em sete anos:

Número de fazendas	Aumento devido ao plantio em nível	
124	0,608 t/ha	12%

O preço do plantio em nível foi aproximadamente o mesmo do plantio segundo o declive do terreno, devendo-se considerar que houve economia de tempo e que as máquinas puderam trabalhar a uma velocidade constante e dispendendo sempre o mesmo esforço.

No entanto, deve-se alertar que todos os experimentos demonstram que as práticas conservacionistas não aumentam necessariamente os lucros, porque, muitas vezes, os gastos iniciais são elevados; mas, os resultados da aplicação de práticas conservacionistas, a longo prazo, são sempre compensadoras.

O dinheiro gasto em conservação do solo é sempre um bom investimento, pois protege a empresa agrícola contra a deterioração do solo e conseqüente, da queda progressiva de produção. Por essa razão, os bancos só devem conceder empréstimos para os projetos com base conservacionista.

Por outro lado, o agricultor que conserva seu solo, enquanto produz o máximo possível deve sentir-se seguro de estar fazendo um bom negócio para si mesmo e para a sociedade em que vive.

1.4 - Antecedentes sobre o Conhecimento da Erosão do Solo

Presentemente, a erosão do solo é reconhecida, quase universalmente como uma ameaça ao bem-estar da humanidade, senão mesmo à sua permanência na Terra.

É interessante observar que o desenvolvimento da Conservação do Solo data de apenas uns 80 anos. Por essa razão, pode-se imaginar quanto solo já foi prejudicado pela erosão e quanto ainda está sendo danificado em conseqüência da carência de dados experimentais para suportar uma tecnologia adequada.

O estabelecimento de um programa conservacionista esbarra em problemas de ordem educacional e econômica.

Nas regiões úmidas, as perdas de água são da ordem de 50 a 60% da precipitação e a erosão, que acompanha estas perdas de água, arrasta gradativamente os horizontes do solo, a partir da superfície. Isto diminui a profundidade efetiva dos solos, a sua fertilidade natural, os nutrientes adicionados na forma de fertilizantes e a matéria orgânica.

Quando a erosão é mais severa, os horizontes mais profundos passam a ser mobilizados pelas operações agrícolas. Estes horizontes, geralmente, apresentam os nutrientes em quantidade inferior à dos horizontes superficiais ou em formas não aproveitáveis imediatamente pelas plantas, além de características físicas inadequadas.

Atribui-se a queda de várias civilizações antigas à erosão e ao conseqüente empobrecimento dos seus solos. Embora os registros históricos não evidenciem a conscientização da relação entre erosão e diminuição da riqueza, poderio econômico e sobrevivência, o Antigo Testamento apresenta profecias sobre rios secando e crises por falta de alimento.

Na Grécia antiga, pensadores como Homero recomendavam o descanso periódico do solo e Platão chegou a relacionar as enchentes e a erosão do solo com a devastação de florestas.

Virgílio e Plínio, entre os romanos, já atingiram uma concepção mais precisa do problema da erosão e chegaram a recomendar medidas que encerram o embrião das idéias conservacionistas.

As primeiras investigações científicas sobre erosão foram conduzidas por Wollny, entre 1877 e 1895, usando parcelas experimentais para avaliar o efeito da cobertura morta sobre a estrutura do solo, o efeito da declividade sobre o escoamento da água e sobre as perdas de solo.

Entre 1850 e 1907, surgiram entre agricultores progressistas, tentativas de controlar a erosão através de práticas mecânicas.

Em 1907, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos adotou oficialmente uma política de conservação do solo.

Os primeiros experimentos quantitativos foram realizados em 1915 em Utah, seguidos por outros semelhantes, em 1917, no Estado de Missouri, o que permitiu, em 1923, a publicação dos primeiros resultados experimentais conduzidos em parcelas.

Em 1928, o Congresso Americano, concedeu verbas para pesquisas de conservação do solo com as quais BENNETT estabeleceu uma rede de dez estações experimentais. Nos 40 anos seguintes, o programa se expandiu a 44 estações experimentais, cujo trabalho se limitou à pesquisa aplicada.

Na década de 30, no entanto, BAVER, WOODBURN e MUSGRAVE dedicaram-se a estudar analiticamente o processo erosivo.

Os primeiros estudos sobre a erosividade da chuva natural foram realizados por LAWS, em 1940 e os primeiros estudos da ação erosiva das gotas de chuva foram desenvolvidos por ELLISON, em 1944.

A partir de 1954, modernas técnicas de análise de resultados passaram a ser usadas, obtendo-se um grande avanço na compreensão do problema da erosão do solo. Muitos países têm colaborado nesse esforço; mas, indiscutivelmente, os Estados Unidos, Austrália, Israel e Japão são os países que mantêm os melhores programas.

No Brasil, o que se tem feito é recomendar medidas de manejo do solo.

O maior número de resultados experimentais tem sido obtidos no Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, com a participação de BERTONI, LOMBARDI e BENATTI. Instituições federais de pesquisa, hoje sob a coordenação da EMBRAPA (Empresas Brasileiras de Pesquisas Agropecuárias), vêm desenvolvendo pesquisas básicas de importância relevante para a solução dos problemas conservacionistas, dentro dos padrões mais atuais.

Em 1975, foi criado o "Programa Nacional de Conservação do Solo", visando coordenar e proporcionar base legal para as pesquisas conservacionistas e aplicação das técnicas de controle da erosão.

O esforço dos Departamentos de Solos das Faculdades de Agronomia do país, também, têm colaborado com pesquisas básicas para o conhecimento da mecânica da erosão do solo, vi-

sando a compreensão do fenômeno em relação aos fatores que influem sobre as perdas de solo e a quantidade de sedimentos transportados.

2 - ESTUDO DA EROSÃO

2.1 - Definição

Erosão, segundo o American Geological Institute, é constituída pelo grupo de processos sob os quais material terroso ou rochoso é desagregado, decomposto e removido de alguma parte da superfície terrestre.

Portanto, a erosão inclui:

- a - intemperismo: físico, químico e biológico;
- b - desagregação do solo;
- c - transporte e deposição.

A erosão é um processo natural que se iniciou com a exposição das rochas a condições diferentes das de sua formação. É um processo de suavização da superfície terrestre.

É um processo que sempre esteve e estará presente na superfície da Terra, cuja configuração atual não é consequência só de cataclismas, mas, também de lentos processos erosivos.

Tanto as rochas como os solos são desagregados e de compostos; seus componentes são arrastados, suspensos, solubilizados e transportados pelos agentes de erosão, sempre auxiliados pela gravidade.

A erosão não é apenas um processo destrutivo; é responsável, também, pela gênese de rochas sedimentares e pela formação de alguns solos, fornecendo materiais por adição.

2.2 - Tipos de Erosão

Sendo a erosão um processo natural, não pode ser sus-
tada.

A erosão que ocorre sob condições naturais é denominada Erosão Geológica ou Normal. Sua principal característi-

rística, salvo em alguns pontos da Terra, como deltas de grandes rios, é que a sua intensidade é sempre menor do que a intensidade com que os solos se formam.

Sob condições de interferência do Homem, quase sempre a intensidade de erosão é muito aumentada e por essa razão, é denominada Erosão Acelerada. Nesse caso, a intensidade da erosão que se estabelece é sempre maior do que a da formação dos solos.

A erosão geológica não pode ser controlada, nem há interesse em se tentar controlá-la, uma vez que é insignificante e até benéfica, na maior parte dos casos; mas, a erosão acelerada deve ser controlada, uma vez que suas consequências são sempre prejudiciais para a produção de bens necessários para satisfazer as necessidades básicas do Homem, ou compromete a qualidade ambiental e o equilíbrio ecológico.

O problema da erosão acelerada tende a se tornar cada vez mais crítico, uma vez que o aumento do grau de civilização da humanidade se caracteriza por um aumento da população e aumento de suas necessidades.

A erosão acelerada não pode ser sustada; mas, pode ser reduzida a níveis aceitáveis, pela aplicação de práticas de controle.

2.3 - Agentes de Erosão

São muitos os agentes responsáveis pela erosão. Os principais são: o vento, a água, as variações de temperatura e os agentes biológicos.

O vento é um agente de erosão que pode apresentar, dependendo da sua velocidade e da quantidade de material em suspensão, grande capacidade desagregadora e grande capacidade abrasiva, podendo agir sobre rochas e sobre solos.

A água é o agente que, considerado isoladamente, é o mais importante; tanto podendo agir como desagregante ou como transportador. A água age na forma de chuva, cursos d'água, enxurrada e ondas.

As variações de temperatura são, particularmente, importantes na erosão geológica, quando o tempo torna significativas mesmo as mais lentas alterações.

As variações diárias de temperatura causam efeitos relativamente intensos, mas atingem apenas as camadas superficiais da crosta constituída por rochas heterogêneas.

As variações estacionais causam efeitos menos intensos, mas atingem profundidades muito maiores.

Quando as variações de temperatura incluem o congelamento e o degelo, seu efeito, inclusive de transporte, é bem mais acentuado.

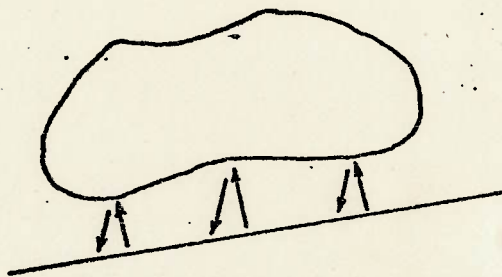


Figura 1 - Ação erosiva do congelamento da água

É claro que a ação da gravidade é essencial para que o fenômeno seja considerado como transportador de material.

A ação biológica pode causar erosão pouco significativa. Seu efeito principal é condicionar o de outros agentes.

2.4 - Fases do Processo Erosivo

ELLISON (1947) propoz uma divisão geral do processo erosivo em três fases: desagregação, transporte e deposição.

Segundo este autor, solos de natureza diferente comportam-se de forma diferente em cada uma dessas fases. Por essa razão, aconselha que se identifique sempre o agente de erosão e a fase do processo erosivo, quando se faz referência à resistência de um solo à erosão.

A erosão é sempre uma função de dois fatores: erodibilidade do solo e erosividade do agente de erosão, podendo-se representar esta afirmação da seguinte forma:

$$E = f(\text{erodibilidade}, \text{erosividade}).$$

2.5 - Erosão pela Água

A erosão causada pela água é o resultado de sua energia cinética, causando desagregação, transporte e deposição.

A água pode causar diferentes formas de erosão:

- por embate,
- vertical,
- laminar,
- em sulcos, ravinas e canais,
- em queda,
- subterrânea.

2.5.1 - Erosão por embate

A erosão por embate é causada pelo impacto das gotas de chuva sobre o solo. Seu efeito é eminentemente desagregador, embora cause, também, transporte por salpicamento.

As partículas desagregadas têm seu tamanho original reduzido, tornando-se mais facilmente transportáveis pela enxurrada. A enxurrada, por sua vez, tornando-se mais carregada de material em suspensão, fica com sua capacidade abrasiva e desagregante aumentada. As partículas postas em suspensão pelo embate podem sofrer infiltração, diminuindo a permeabilidade do solo; conseqüentemente, aumentando o deflúvio.

Dessa forma, pode-se concluir que a erosão por embate constitui o início de um processo erosivo em cadeia, incluindo outras formas de erosão.

Consideremos a energia cinética de uma chuva cuja intensidade é de 100 mm/h. Chuvas dessa ordem de intensidade não são muito raras na região tropical. Nestas chuvas, o diâmetro médio das gotas é de 2,5 mm e sua velocidade terminal de cerca de 7 m/s. Sendo a massa de água que atinge o solo, em 1 hora, de 1.000 t, pode-se calcular a energia cinética que, teoricamente, o solo tem que absorver, da seguinte maneira:

$$E_c = \frac{m \times v^2}{2} ,$$

$$E_c = \frac{1/000 \times 49}{2} = \frac{49,000}{2} = 24.500 \text{ t, m/ha.}$$

$$= 24.500.000 \text{ kgm/ha.}$$

A grandeza da energia cinética do exemplo citado justifica a afirmação de ELLISON de que uma única chuva pode desagregar uma quantidade fantástica de terra.

2.5.2 - Erosão vertical

As gotas de chuva que atingem o solo coberto por uma película de água, provocam a suspensão das partículas coloidais. A suspensão formada pode infiltrar e percolar através do solo. As partículas em suspensão depositam-se em algum ponto do perfil do solo, como ocorre no fenômeno natural denominado eluviação. Pode-se mesmo dizer que a erosão vertical é uma eluviação acelerada em consequência da eliminação da cobertura natural do solo.

O resultado desse processo é a formação de camadas adensadas ou de crostas superficiais que sempre diminuem a infiltração ou a permeabilidade do solo, aumentando o deflúvio, e predispondo o solo a outras formas de erosão.

2.5.2 - Erosão laminar

Quando a precipitação é maior do que a infiltração, acumula-se água na superfície do solo. As pequenas depressões enchem-se de água e transbordam. Salvo em condições particulares, sempre a superfície do solo apresenta inclinação que pode ter declividade, forma e extensão variáveis. A água que escorre, forma o deflúvio que, arrastando partículas de solo, passa a ser denominado enxurrada.

O deflúvio tem pequena capacidade de desagregar o solo, salvo quando está carregado de partículas em suspensão, previamente desagregadas por outra forma de erosão, como, por exemplo, a erosão por embate.

Durante uma chuva, a enxurrada é atingida por grande número de impactos de gotas de chuva que contribuem para aumentar a quantidade de material em suspensão.

Raramente a enxurrada forma uma película uniforme sobre o solo; entretanto, considerada numa área relativamente grande, pode-se dizer que provoca erosão uniforme.

A erosão laminar, muitas vezes, é difícil de ser diagnosticada. Os sinais que aparecem, a medida que vai se tornando mais severa, são os seguintes:

- a - o solo se torna mais claro e de coloração mais fraca;
- b - a produtividade vai diminuindo;
- c - observa-se o abaixamento da cota do solo.

A erosividade da enxurrada depende da sua velocidade, turbulência e abrasividade. Seus efeitos são os seguintes:

- a - desagregação, devido ao rolamento de partículas, suspensão e ação abrasiva;
- b - transporte que se processa por arrastamento, saltos e suspensão. A quantidade de material transportado depende da capacidade de transporte da enxurrada (E_c), da transportabilidade do solo e dos obstáculos que encontra;
- c - deposição que se processa sempre que diminui sua energia cinética abaixo do limite crítico para a sedimentação de partículas de um determinado tamanho.

2.5.4 - Erosão em sulcos

A enxurrada tende sempre a procurar as depressões e estabelecer pequenos leitos ou sulcos bem definidos.

Os sulcos podem passar despercebidos até que comecem a interferir no trabalho de preparo do solo e a diminuir sua produtividade.

As partículas transportadas pela enxurrada que corre nos sulcos, a queda abrupta que provoca solapamentos do leito e os deslizamentos das margens aumentam as dimensões dos sulcos, que passam a ser denominados canais.

Os canais podem anastomozar-se e assumir as proporções de cursos d'água intermitentes. Neste caso, são denominados ravinas, que podem ser meândricas, resultando numa apreciável perda de solo e de área utilizável.

2.5.5 - Erosão em queda

A erosão em queda se estabelece num sulco cujo leito sofre, em um certo ponto, um aumento brusco da declividade.

Nesse local, há um aumento da velocidade da água e conseqüentemente, de sua energia cinética. Dessa forma, aumenta a capacidade erosiva do fluxo que provoca o aprofundamento do leito do canal. Esse processo de aprofundamento do canal se desenvolve em direção oposta à do movimento da água.

Quando a água salta, de um plano para outro mais baixo, provoca salpicos que solapam e provocam a queda do barranco, agravando o processo.

Esta forma de erosão é comum em barrancos de estrada.

2.5.6 - Erosão subterrânea

Esta forma de erosão ocorre em solos pouco coesos que apresentam uma camada de impedimento inclinada.

A água infiltra e percola rapidamente no solo e ao encontrar a camada de impedimento, acumula-se e escorre. Isto provoca a remoção lateral de material do solo. Em consequência, as camadas superficiais vão se acomodando e nos últimos estágios do processo, são arrastadas. O resultado final é a formação de grandes sulcos, cujo aspecto é semelhante ao de canais ou ravinas, dos quais se diferenciam, apenas, pelo processo de formação.

Os grandes canais formados por esse processo são denominados voçorocas.

2.5.7 - Deposição do material do solo transportado pela água

A deposição é a última etapa do processo de erosão.

As partículas transportadas depositam-se quando a energia cinética do agente erosivo é menor do que as obstruções, ou atinge o limite crítico da capacidade de transporte.

As partículas transportadas, em condições normais, depositam-se seletivamente, seguindo uma sequência inversa à

de transportabilidade.

A deposição de sedimentos em cursos d'água, represas ou outro lugar indesejável, constitui poluição cujas consequências, as vezes, são mais graves do que as da erosão.

Os prejuízos que podem ser causados pela deposição são os seguintes:

- a - recobrimento de solos férteis;
- b - estragos em pastagens e culturas;
- c - assoreamento de cursos d'água e represas;
- d - poluição de mananciais.

A deposição, por outro lado, pode não ser prejudicial, como no caso da adição que é um processo pedogênico.

2.6 - Erosão pelo Vento

A erosão pelo vento se estabelece em consequência da energia cinética do vento sobre o solo, provocando desagregação, transporte e deposição.

Em termos gerais, a erosão pelo vento é muito menos importante do que a erosão pela água. Isso não quer dizer, no entanto, que, em certas regiões não seja tão calamitosa quanto as formas mais sérias de erosão pela água.

A erosão pelo vento é, geralmente, séria em regiões de clima árido ou semi-árido ou naquelas regiões úmidas em que o período chuvoso é concentrado numa época do ano de curta duração.

As condições edafológicas para o estabelecimento da erosão eólica são: solo pouco coeso, seco, de textura fina, de superfície uniforme e topografia plana.

As condições climáticas propícias para uma erosão eólica intensa são: ventos fortes, clima seco ($P < 300$ mm) e temperatura elevada.

A permeabilidade da vegetação ao vento é o fator ligado à cobertura vegetal que controla a intensidade da erosão eólica.

Considerando-se um determinado solo sob condições constantes de umidade e de cobertura vegetal, a quantidade de perdas por erosão eólica dependerá de dois fatores:

- velocidade do vento;
- rugosidade da superfície do solo.

Schwab (HUDSON, 1971) propoz a seguinte equação para relacionar a velocidade do vento com a quantidade de solo transportado:

$$S = \alpha (V - V_0)^3 \times d^{0,5} ;$$

de:

- S = quantidade de solo transportado;
- V = velocidade do vento;
- V_0 = velocidade mínima do vento para transportar determinada classe de partículas;
- d = diâmetros das partículas.

A rugosidade do solo influi sobre o gradiente de velocidade do vento, em função da altura acima da superfície do solo.

A Figura 2 mostra o gradiente da velocidade do vento sobre uma superfície lisa e sobre uma superfície rugosa.

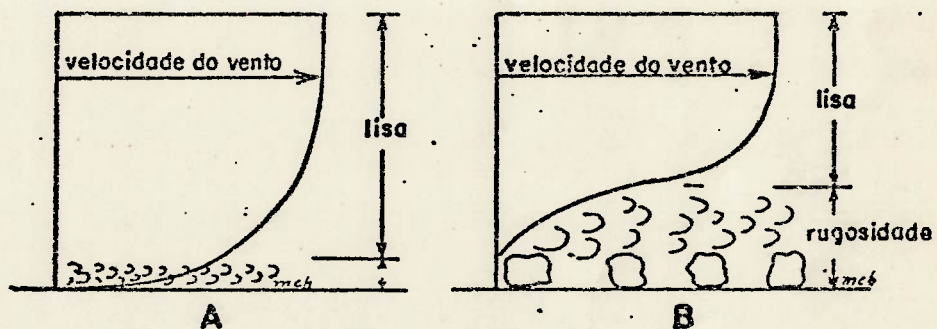


Figura 2 - Gradientes da velocidade do vento sobre uma superfície lisa A e sobre uma superfície rugosa B

Pode-se observar que o plano em que o vento atinge uma velocidade erosiva, sobre uma superfície rugosa, se localiza a uma altura maior do que no caso dessa superfície ser lisa. Por essa razão, o transporte é menor quando a superfície é rugosa.

2.6.1 - Movimento das partículas do solo pelo vento

Dependendo do tamanho das partículas, podem ocorrer três tipos de movimento: suspensão, rolamento e saltos.

a - suspensão:

É o movimento pelo qual as partículas pequenas ($< 0,1$ mm) são transportadas. A queda dessa partícula segue a lei de Stokes. Uma vez suspensas, podem permanecer muito tempo em suspensão devido à turbulência do ar. Por esse tipo de movimento grandes quantidades de partículas podem ser transportadas a grandes distâncias.

b - rolamento:

É o tipo de movimento pelo qual partículas grandes são transportadas pelo vento. As partículas são empurradas pelo vento e roladas sobre o solo. Teoricamente, não há limite superior de tamanho de partículas que podem sofrer rolamento; entretanto a maior parte das que sofrem esse tipo de transporte têm de 0,5 a 2 mm de diâmetro.

c - saltos:

É o tipo de movimento mais importante, uma vez que transporta mais material do solo do que os dois primeiros juntos e porque estes movimentos não ocorrem sem que tenham sido precedidos do movimento por saltos; sendo o que causa a desagregação do solo.

A Figura 3 mostra a forma da trajetória, de uma partícula sendo transportada por saltos.

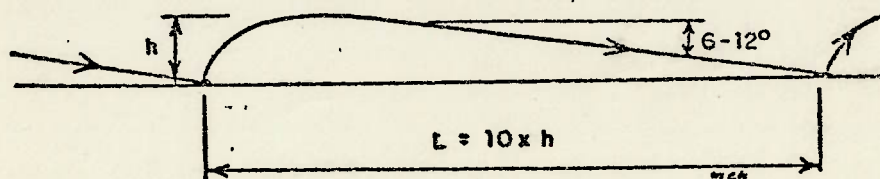


Figura 3 - Trajetória de uma partícula movida aos saltos

Considerando-se as velocidades mais comuns do vento, o tipo de movimento é uma função do tamanho das partículas.

A Figura 4 mostra o tipo de movimento predominante em função do diâmetro das partículas.

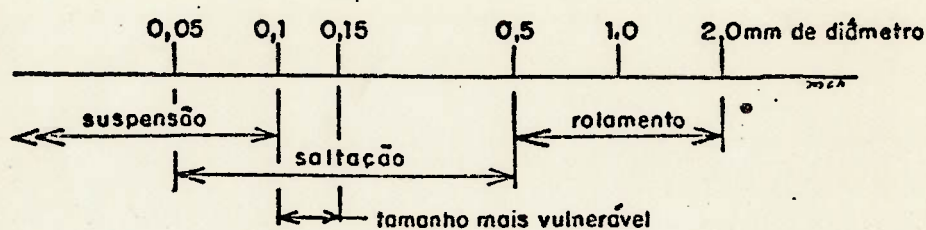


Figura 4 - Formas de movimento pelo vento em função do tamanho das partículas

2.6.2 - Movimento inicial das partículas do solo

Existem muitas causas possíveis que agem isoladamente ou em combinação para provocar os saltos.

Os choques das partículas que rolam, com a superfície do solo, podem provocar elevações. Um fator que pode auxiliar esse movimento, embora não seja suficientemente forte para começá-lo, é a pressão do vento sobre as partículas.

O aumento da velocidade do vento acarreta diminuição da pressão. Este fenômeno é conhecido como efeito Venturi.

A Figura 5 mostra como o aumento da velocidade do vento sobre uma partícula causa uma diminuição de pressão sobre ela, que tende a suspendê-la.

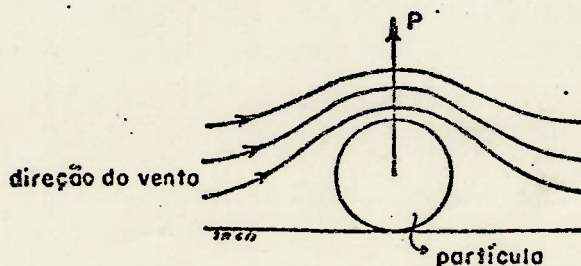


Figura 5 - O aumento da velocidade do vento cria uma região de baixa pressão sobre a partícula

Um outro fator que pode favorecer o início dos saltos é a energia vibratória que o ar em movimento comunica aos corpos que se encontram em seu caminho.

Quando dois corpos vibrando se tocam, um pode ser rechassado a distância. Dessa forma as partículas de areia

poderiam iniciar o movimento de saltação.

Uma vez que as partículas tenham iniciado o movimento de saltação, por qualquer das razões apontadas, voltam ao solo animadas de grande quantidade de energia, causando desagregação e pondo outras partículas em movimento.

2.7 - Outros Agentes de Erosão

Indiscutivelmente, a água e o vento são os principais agentes de erosão, especialmente dos solos agrícolas.

Em locais, como margens de represas e costas marítimas, as ondas constituem o principal agente de erosão.

As geleiras, também, são agentes de erosão capazes de transportar grandes quantidades de solo.

A decomposição e a intemperização física, devida a variações de temperatura e de umidade são agentes de erosão, cujo efeito é menos espetacular do que o dos demais agentes citados, embora apreciável, se forem consideradas as quantidades de material erodido num amplo período de tempo.

2.8 - Erosividade do Agente de Erosão

Erosividade é a capacidade de um agente de produzir erosão.

Pode ser medida em unidades de energia cinética, por unidade de área, por unidade de tempo. Por exemplo: kgm/ha/ano.

2.8.1 - Erosividade da chuva

A capacidade erosiva da chuva depende da precipitação e da intensidade; entretanto, nenhuma destas características apresenta, isoladamente, boa correlação com a erosividade deste agente de erosão.

WISCHMEIER, estudou exaustivamente uma forma para avaliar a erosividade da chuva e concluiu que o melhor índice numérico para exprimir a capacidade esperada da chuva de causar erosão do solo é um parâmetro composto, que denominou

Este parâmetro representa a energia cinética de uma chuva, cuja intensidade máxima em 30 minutos é conhecida, assim como a precipitação nas seguintes classes de intensidade: 0 - 25 , 25 - 50 , 50 - 75 , 75 - 100 , etc. .

Os cálculos para a obtenção do EI_{30} podem ser esquematizados da seguinte maneira:

I (mm/h)	P (mm)	$E_c = \frac{12,142 + 8,874}{\log I}$	P x E_c
0 - 25 (12,5)	3,75	$E_c = 21,88$	82,05
25 - 50 (37,5)	2,50	$E_c = 26,11$	65,27
50 - 75 (62,5)	1,87	$E_c = 28,08$	52,51
75 - 100 (87,5)	0,62	$E_c = 29,37$	18,21
	8,75		218,04

$$EI_{30} = \Sigma (P \times E_c) = EI_{30} = 218,04 \times 50 = 10.902 \times 10^{-3} = 10,9$$

A somatória das energias cinéticas referentes a cada classe de intensidade multiplicadas pelas precipitações correspondentes vezes 10^{-3} dá o valor de EI_{30}

Pode-se calcular o valor de EI_{30} mensal, estacional, anual e médio anual. O valor médio de, no mínimo vinte anos, representa o fator chuva de um local.

Ligando-se por uma linha, em um mapa, pontos que apresentam fatores chuvas iguais, obtêm-se as isoerodentes da região.

HUDSON (1971) propoz o índice $KE > 25$ para ser utilizado em regiões tropicais. Seu cálculo é semelhante ao do EI_{30} ; entretanto, não considera a energia cinética correspondente a intensidades menores do que 25 mm/h.

2.8.2 - Erosividade do vento

Muitas tentativas já têm sido feitas para se avaliar a erosividade do vento; mas, nenhuma foi completamente satisfatória.

SKIDMORE *et alii* (1973) propuzeram uma equação da erosão pelo vento, cuja solução é feita por computadores.

No Brasil, embora em determinadas regiões a erosão pelo vento provoque perdas muito grandes de solo, as causadas pela erosão pela chuva são muito maiores. Por essa razão, pouco se tem estudado esta forma de erosão.

3 - FATORES QUE INFLUEM SOBRE AS PERDAS POR EROSÃO

A quantidade de perdas de solo é, fundamentalmente, uma função da erosividade e da erodibilidade, podendo-se representar da seguinte forma:

$$A = f(\text{erosividade})(\text{erodibilidade}).$$

3.1 - Erodibilidade do Solo

3.1.1 - Definição

A erodibilidade reflete o fato de que diferentes solos perdem diferentes quantidades de material sob condições unitárias de erosividade.

A erodibilidade é, numericamente, o inverso da resistência do solo à erosão.

Pode-se representar da seguinte maneira:

$$A = R \times K,$$

onde:

A = perda de terra;

R = Índice de erosividade;

K = Índice de erodibilidade do solo.

Logo, o valor de $K = A/R$, isto é, a perda de solo por unidade de erosividade, sob condições padronizadas de topografia ($S = 9\%$ e $L = 25$ m); manejo ($C =$ sem vegetação); e práticas de controle da erosão ($P =$ preparo do solo a favor das águas).

Muitos fatores influenciam a erodibilidade do solo, dentre os quais: textura, estrutura, infiltração e permeabilidade.

3.1.2 - Determinação da Erodibilidade do Solo

A erodibilidade do solo pode ser avaliada por métodos diretos, por métodos indiretos e por métodos comparativos.

Dentre os métodos comparativos, estão os seguintes:

- Método de Bouyoucos: $\frac{\% \text{ areia} + \% \text{ silte}}{\% \text{ argila}}$;
- Método de Midleton: relação molar $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$;
- Método de Van Bavel: peso do diâmetro médio dos agregados.

O método direto consiste em se coletar as perdas numa área conhecida sob condições padrão de topografia, manejo e práticas de controle da erosão.

Quando se emprega a chuva natural para a obtenção de K, os resultados demoram vários anos; uma vez que haja necessidade de muitas repetições para se obter um valor médio representativo.

Quando se emprega chuva simulada os resultados podem ser obtidos mais rapidamente, mas, em ambos os casos, os métodos são muito caros.

O método indireto de WISCHMEIER e SMITH, fornece, com boa precisão, o valor da erodibilidade do solo, levando-se ao gráfico, apresentado na Figura 6, os dados referentes a:

- % de areia muito fina + % de silte;
- % de areia muito grossa;
- % de matéria orgânica;
- estrutura;
- permeabilidade.

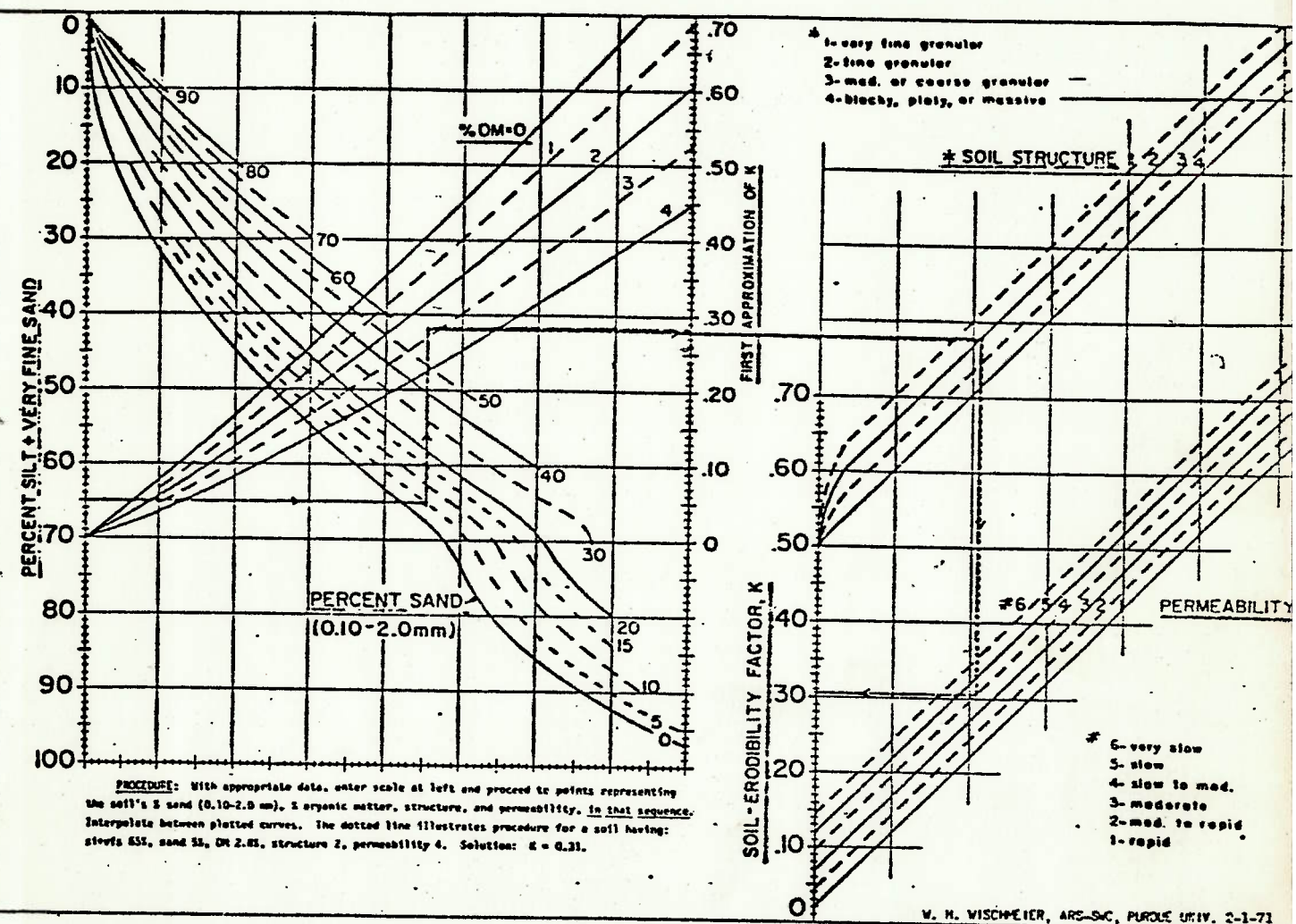


Figura 6 - Nomôgrafo de WISCHMEIER *et alii*

3.2 - Fator Topográfico

A declividade e o comprimento do declive influem sobre as perdas por erosão.

Quanto maior o declive, maior será a perda de solo. Matematicamente, a relação entre perdas e declive é a seguinte:

$$A \propto S^a$$

onde:

A = perda de solo;

S = declividade;

a = expoente (1,35 - 1,49).

Como se pode observar, a perda de solo não é proporcional à declividade; mas, aumenta rapidamente a medida que a declividade aumenta. A Figura 7 mostra a relação entre erosão

e declividade.

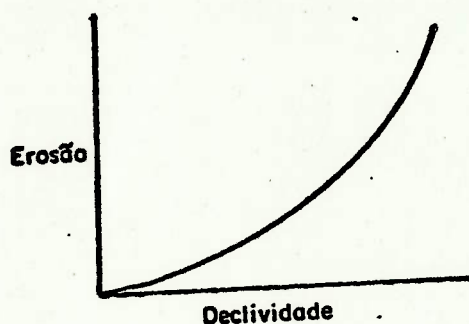


Figura 7 - Relação entre erosão e declividade

WISCHMEIER (1958) propoz a seguinte equação:

$$A = 0,43 + 0,30 S + 0,04 S^2 \text{ t/acre.}$$

HUDSON e JACKSON (1959) acharam que, para as regiões tropicais, a melhor expressão que relaciona perdas com a declividade, seja a seguinte:

$$A \propto S^2$$

O comprimento do declive tem um efeito semelhante ao da declividade sobre as perdas de solo. Zing propoz a seguinte relação geral entre perdas de solo e comprimento do declive:

$$A \propto L^b ;$$

onde: A = perda de solo;

L = comprimento do declive;

b = expoente (= 0,6).

HUDSON (1957) achou que para condições tropicais o valor apropriado de b deve ser mais alto. Para a expressão de Zing, a curva que representa a relação entre erosão e comprimento do declive tem a forma apresentada na Figura 8.

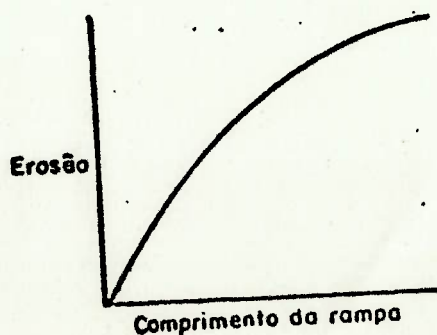


Figura 8 - Relação entre erosão e comprimento do declive

É conveniente, para cálculos de perda de solo, obter-se um fator que combine declividade e comprimento do declive.

As condições padrão, para o fator SL ter valor 1, correspondem a 9% de declividade e aproximadamente, 25 m de comprimento da rampa. O valor do fator topográfico pode ser calculado através de uma equação ou avaliado em gráficos. A equação é a seguinte.

$$LS = \frac{\sqrt{L}}{100} (1,36 + 0,975 S + 0,1385 S^2) ;$$

onde:

- LS = fator topográfico;
- L = comprimento do declive;
- S = declividade.

O gráfico que dá os valores de SL em função do declive e do comprimento da rampa está apresentado na Figura 9.

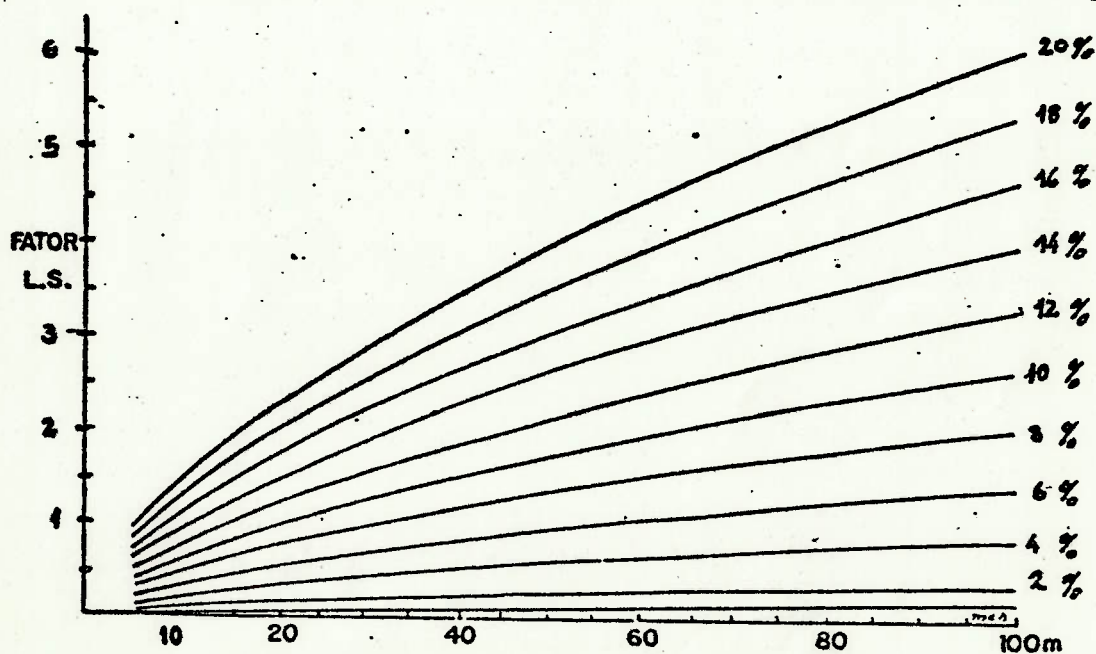


Figura 9 - Valores do fator topográfico

3.3 - Fator Uso e Manejo do Solo

Este é o fator mais complexo; pois, existem muitas maneiras de se manejar uma cultura. Por outro lado, há uma relação entre manejo e clima. Por essa razão, adotou-se o método de combinar o valor do fator uso e manejo com o valor da erosividade. Pode-se dividir a estação de crescimento em fases

e multiplicar os valores correspondentes pelos valores da erosividade para cada período. A soma destes resultados representa o efeito anual combinado.

O fator uso e manejo é a relação esperada entre as perdas de solo que ocorrem sob determinado manejo e as que ocorreriam se não houvesse vegetação, mas o solo tivesse sido preparado e cultivado.

Para se proceder à combinação C x R, costuma-se reconhecer cinco estágios numa cultura:

- 1º estágio: desde a aração até a semeadura;
- 2º estágio: desde a semeadura até um mês após;
- 3º estágio: desde um mês até dois meses após a semeadura;
- 4º estágio: desde dois meses após a semeadura até a colheita;
- 5º estágio: desde a colheita até a aração.

Os valores proporcionais de C para cada período têm que ser determinados experimentalmente; enquanto, que os valores proporcionais de R podem ser obtidos numa curva cumulativa da distribuição da erosividade durante o ano.

A seguir, é dado um exemplo do cálculo do valor anual da combinação C x R :

Período	% da Erosividade	C proporcional	C Total
1º	0,18	0,10	0,0180
2º	0,06	0,28	0,0168
3º	0,06	0,19	0,0114
4º	0,47	0,12	0,0564
5º	0,23	0,18	0,0414
Total	1,00	0,77	0,1440

3.4 - Fator Práticas de Controle da Erosão

O fator práticas de controle da erosão é a relação esperada entre as perdas de solo que ocorrem quando uma determinada prática é aplicada e as que ocorreriam se o solo fosse preparado segundo a linha de maior declive.

O valor do preparo do solo em contorno depende da declividade. A seguir, são apresentados os valores de preparo em nível para várias declividades:

Declividade (%)	Valor de P do preparo em nível
1 - 2	0,60
2 - 7	0,50
7 - 12	0,60
12 - 18	0,80
18 - 24	0,90

Para se determinar a distância entre terraços, por exemplo, é necessário que se conheça o valor das perdas aceitáveis.

Aplicando-se, então, na equação universal de perdas os valores de S e L separadamente, pode-se obter essa distância da seguinte maneira:

$$L = \frac{A}{P \times Z}; \text{ onde}$$

L = distância entre terraços; A = perdas aceitáveis de solo; Z = produto R x K x C; P = produto do valor do plantio em nível e do da declividade.

O valor do terraceamento pela combinação do plantio em nível com as limitações do valor L.

3.5 - Perdas Aceitáveis de Solo

Perda aceitável de solo é a quantidade de solo perdida que se presume não venha alterar significativamente a sua produtividade, dentro de um período muito dilatado. Se a taxa de erosão fosse igual à taxa de formação do solo, ter-se-ia uma condição de equilíbrio que corresponde ao conceito de perda aceitável de solo.

As perdas aceitáveis de solo podem ser calculadas por dois métodos:

1º Método: - Baseado na proposição de BENNETT de que a taxa média de formação do solo é de 25 mm em 300 anos e que sob condições de cultivo, essa taxa pode ser até dez vezes maior.

Considerando-se o peso da camada de solo formada em 1 ha, tem-se: $P = A \times h \times D_a$

$$P = 10.000 \times 0,025 \times 1,4$$

ou 3.500 t e, 300 anos, no caso de solos cultivados.

vel por ha e por ano será:

$$\frac{3.500}{300} = 11,6 \text{ t/ha/ano}$$

Esse valor é, aproximadamente, de 12 t/ha/ano para solos bem desenvolvidos.

2º Método: - Baseado no critério proposto por SMITH e STAMEY (1964), que leva em consideração profundidade efetiva do solo, relações texturiais e de tempo 1.000 anos. Esses autores propõe que se calcule as perdas aceitáveis da seguinte maneira:

1) Cálculo do peso de cada horizonte em 1 ha:

$$P = 10.000 \times h \times d \times r,$$

onde: h = a espessura do horizonte em m;

d = densidade do solo;

r = relação textural.

O efeito da relação textural, é considerada da seguinte maneira:

- para valores menores do que 1,5, emprega-se o peso total da camada;
- para valores de 1,5 a 2,5, emprega-se 75% do peso da camada superior a 75% da espessura da camada subjacente;
- para valores maiores do que 2,5, emprega-se 50% do peso da camada superior e 50% da espessura da camada subjacente.

2) Cálculo do peso do perfil: soma-se os pesos de cada camada até 1 m de profundidade.

3) Cálculo da perda aceitável: divide-se o peso de todas as camadas por 1.000. O resultado obtido representaria a perda anual, por unidade de área, permissível.

4 - EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO

4.1 - Expressão Matemática

A determinação numérica das perdas que ocorrem num campo de cultura é de grande importância para o conservacionista.

Muitas tentativas foram feitas para avaliar a erosão de um solo sujeito a um determinado clima, a determinadas condições topográficas, a determinado manejo e a determinadas práticas de controle da erosão. Um grande número de dados permitiu que o Conservation Service dos Estados Unidos propusesse a Equação Universal de Perdas de Solo, que permite a predição de perdas de solo sob condições conhecidas.

Como se pode observar na Figura 10, vários fatores influem sobre as perdas de solo.

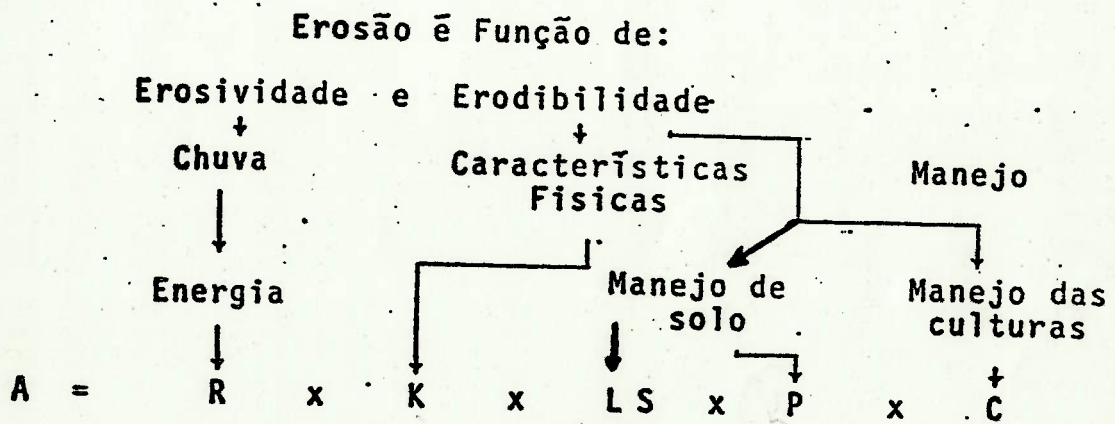


Fig. 10 - Fatores que influem sobre as perdas de solo

Cada um desses fatores é uma variável independente e pode ser reduzida a um número, de tal forma que seu produto represente o valor da perda de solo. A dificuldade da aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo reside na necessidade de se obterem os valores locais dos seus fatores.

A equação Universal de Perdas de Solo pode ser representada da seguinte forma:

$$A = R \times K \times SL \times C \times P$$

onde:

- A = perda de solo em t/ha/ano;
- R = fator erosividade da chuva;

- K = fator erodibilidade do solo;
 SL = fator topográfico;
 C = fator uso e manejo;
 P = fator práticas de controle da erosão.

4.2 - Aplicações

Existem duas aplicações principais da Equação Universal de Perdas de Solo. A primeira é para a predição das perdas que ocorrem sob determinadas condições e a segunda, para a escolha das práticas adequadas de manejo e de controle da erosão.

4.2.1 - Predição de perdas de solo

Para a predição das perdas que ocorrem num campo, sob determinadas condições de manejo e de práticas de controle da erosão, avaliam-se os valores numéricos dos fatores que, multiplicados entre si, dão a quantidade de solo que se perde por erosão, naquela situação particular. Conhecendo-se os valores de todas as variáveis da equação, pode-se resolvê-la em relação a A. Pode-se, ainda, predizer de quanto variará a quantidade perdida de solo se o valor de alguma variável for alterado.

Exemplo:

Este é o caso mais simples de aplicação da equação. Supondo-se que os valores dos fatores locais sejam os seguintes: $R = 300$; $K = 0,30$; $S = 5\%$; $L = 100$ m ; $C = 0,5$; $P = 0,2$. O valor de A será:

$$\begin{aligned}
 A &= 300 \times 0,30 \times 1,0 \times 0,5 \times 0,2 \\
 &= 9,0 \text{ t/ha/ano.}
 \end{aligned}$$

4.2.2 - Escolha das práticas conservacionistas

Neste caso, o valor de A é feito igual à perda máxima de solo considerada aceitável.

Algumas variáveis, como R, K e S, não podem ser controladas.

A equação permite a escolha de combinações dos fatores L, C e P, de tal forma que o valor de A não exceda a tolerância de perda.

Essa aplicação é de grande utilidade para se fazerem recomendações sobre uso, manejo e aplicação de práticas de controle da erosão. Deve-se observar que não há, apenas, uma única solução para a equação; do que decorre que podem existir mais do que uma resposta de como se pode manejar e aplicar práticas de controle da erosão.

Exemplo:

Um agricultor deseja saber qual é o manejo e as práticas de controle da erosão mais adequadas para um campo, com as seguintes características: $R = 600$; $K = 0,10$; $S = 10\%$; $L = 40$ m ; tolerância de perdas = 10/t/ha/ano.

$$10 = 600 \times 0,03 \times 1,5 \times C \times P$$

$$C \times P = \frac{10}{27}$$

$$C \times P = 0,37$$

Isto significa que a erosão será excessiva sob qualquer condição em que o valor de $C \times P$ for menor do que 0,37.

Se o agricultor se dispuser a fazer o plantio em nível, cujo valor para a declividade de 10% é de 0,8, tem-se:

$$C = \frac{0,37}{0,8} = 0,46$$

Nesse caso, qualquer uso e manejo, cujo valor seja menor do que 0,46, poderá ser usado, como, por exemplo, cana-de-açúcar sob manejo normal ($C = 0,2$).

5 PLANEJAMENTO DO USO E DO MANEJO DO SOLO

O uso adequado do solo é a prática conservacionista fundamental, porque é o primeiro passo para a obtenção de altos rendimentos e para um bom controle da erosão.

Uso adequado do solo significa utilizar cada solo de acordo com sua capacidade para manter, indefinidamente, uma produtividade economicamente compensadora.

O Brasil, por exemplo, apresenta solos de natureza muito diferentes e sujeitos a condições muito diversas. Cada uma das combinações de solos e de condições é, potencialmente adequada para um uso especial sob condições particulares de manejo.

Deve-se notar que nenhuma técnica tornará possível a obtenção de boas colheitas, se as condições de solo e clima não forem adequadas para uma cultura em particular e nenhuma prática de controle da erosão será eficiente, se a causa principal da erosão for a tentativa de se cultivar uma planta em solo impróprio.

A técnica que possibilita a escolha do uso mais adequado do solo de uma determinada área, depois da utilização da Equação Universal de Perdas, é a classificação em classes de capacidade de Uso.

Existem outras classificações técnicas destinadas a propósitos específicos, como a classificação para fins de irrigação.

5.1 - Classes de Capacidade de Uso do Solo

A classificação em Classes de Capacidade de Uso, adotada pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, grupa os solos em oito classes. Essa classificação interpretativa tem por objetivo a tomada de decisões quanto à combinação de usos e medidas conservacionistas para permitir o uso mais intensivo do solo sem riscos de erosão. A classificação em classes de capacidade de uso foi idealizado por KLINGEBIEL *et alii* (1961), tendo sofrido algumas modificações para atender a condições locais.

Nesse sistema, os solos são grupados em oito classes, das quais as três primeiras são próprias para cultura, a classe IV, pode ser, ocasionalmente, cultivada, as três seguintes podem ser utilizadas para pastagens e bosques e a última, apenas, como abrigo da vida silvestre.

A seguir, está apresentada uma descrição suscinta das oito classes de capacidade de uso.

Classe I:

Solo muito bom sob todos os pontos de vista.

Plano ou quase plano: 0 - 3% , dependendo da textura do horizonte superficial.

Profundo: 100 cm , ou mais.

Apresenta alta retenção de água e alta fertilidade. É fácil de trabalhar. Pode ser usada com segurança para qualquer finalidade. Deve, no entanto, ser manejada para que seja mantida uma alta produtividade. No mapa de capacidade de uso deve ser identificada com a cor verde claro.

Classes II:

Solo muito bom sob todos os aspectos; mas alguma propriedade física pode ser inferior à dos solos da classe I.

A declividade é o fator limitante mais importante , podendo determinar problemas de erosão. A drenagem pode ser moderada. Podem apresentar baixa retenção de água. Essas limitações podem restringir seu uso ou requerer atenção constante. Algumas práticas simples podem ser necessárias, tais como: plantio em nível; cobertura; manejo da água; uso de fertilizantes. A classe II é representada pela cor amarela.

Classe III:

Solos moderadamente bons para culturas. Apresentam maiores limitações do que os da classe II. Podem ser utilizados continuamente para culturas, mas necessitam de manejo intensivo. Geralmente são moderadamente declivosos e requerem práticas intensivas de controle da erosão. Podem apresentar drenagem moderada e necessitar de práticas artificiais de drenagem. A classe III é representada pela cor vermelha nas cartas de capacidade de uso.

Classe IV:

É constituída por solos próprios para serem cultivados ocasionalmente, sob manejo cuidadoso; mas, não são adequados para o uso contínuo com culturas. As principais limitações são: declividade acentuada, que pode causar severos danos de erosão; pode ser muito seca (baixa capacidade de retenção de água) devido à elevada porcentagem de areia. Pode-se afirmar, de maneira geral, que pode ser cultivada uma vez em cada seis anos; nos demais anos, deve ser utilizada, de

preferência, para pastagem ou produção de forragem.

Esta classe é representada pela cor azul nas cartas de capacidade de uso.

Classe V:

É constituída por solos planos, não sujeitos à erosão. Suas limitações estão relacionadas com: excesso de água, que exige drenagem complexa; esse excesso de água pode ser devido: à posição topográfica, clima ou alguma obstrução permanente da drenagem. A pedregosidade, constituída por pedras ou bolders, pode ser uma característica suficiente para classificar-se um solo na classe V de capacidade de uso.

A profundidade efetiva e a fertilidade também são limitações que conduzem a se classificar um solo na classe V de capacidade de uso. Esta classe é própria para culturas especiais; servindo, algumas vezes, para pastagem e silvicultura. Esta classe é representada pela cor verde escura nas cartas de capacidade de uso.

Classe VI:

Solos dessa classe não se prestam para nenhuma cultura, estando seu uso limitado a pastagens e silvicultura. Suas limitações estão relacionadas a: baixa profundidade efetiva, declividade acentuada ou por ser margem de curso d'água, difícil de ser adaptado a culturas. Essa classe é representada pela cor alaranjada.

Classe VII:

Os solos da classe VII não são próprios para serem cultivados. Apresentam severas limitações quanto ao risco de erosão ou apresentam relevo muito irregular. Necessitam cuidados especiais para serem utilizadas para pastagem ou reflorestamento. A classe VII é representada pela cor marron nas cartas de capacidade de uso.

Classe VIII:

Os solos da classe VIII apresentam limitações extremamente severas para qualquer utilização, sendo reservadas para abrigo da vida silvestre e recreação. Suas principais limitações são: declividade, pedregosidade, textura arenosa, baixa capacidade de retenção de água, erosão extremamente severa ou enxarcamento, cuja drenagem é muito complexa ou dispendiosa.

A classe VIII é representada nas cartas de capacidade de uso pela cor roxa.

As oito classes de capacidade de uso agrupam os solos de acordo com limitações e riscos de danos, que aumentam progressivamente da Classe I à VIII.

Os solos das Classes I, II, III e IV, sob boas condições de manejo, são capazes de produzir qualquer tipo de cultura e pastagem.

Os solos das Classes V, VI e VII são adequados para plantas nativas; sendo que alguns solos das Classes V e VI são capazes, também de produzir culturas especiais: arroz, hortaliças, algumas frutas e plantas ornamentais, sob práticas intensivas de manejo.

Os solos da Classe VIII não pagam gastos de cultivo e manejo para culturas, pastagens e reflorestamento, sem práticas muito especiais de recuperação.

O critério para esta classificação leva em conta a capacidade produtiva do solo sem deteriorá-lo por um espaço indefinido de tempo.

5.2 - Pré-supostos em que se Baseia a Classificação em Capacidade de Uso

Esta classificação baseia-se em uma série de suposições:

- a - Uma classificação taxonômica se baseia diretamente nas propriedades dos solos; enquanto que a em classes de capacidade de uso é uma classificação interpretativa baseada nos efeitos de combinações de características e propriedades permanentes do solo, clima, riscos de deterioração, danificar os solos, limitações de uso, capacidade de produção e necessidade de investimentos.
- b - Os solos de uma mesma classe são semelhantes apenas quanto ao grau de limitações ao uso ou riscos de danos. Solos de mesma classe podem requerer práticas distintas de manejo e tratamento.
- c - A relação entre o que se gasta e o que o solo produz é um dos critérios para se classificar um solo em uma determinada classe de capacidade de uso.

- 4 - O grupamento em classe de capacidade de uso não é um agrupamento de acordo com seu uso mais lucrativo.
- 5 - As classes de I a IV se distinguem pelo grau de limitações e riscos que influem a necessidade de manejo e tratamento para manter o solo permanentemente produtivo.
- 6 - A presença de água na superfície do solo, ou excesso no perfil, a falta de água para produção, a presença de pedras, de sais solúveis e o perigo de inundações não são consideradas limitações permanentes, desde que sua remoção seja possível.
- 7 - O custo inicial do sistema de melhoramento não influenciou na classificação; considera-se, apenas, suas limitações contínuas e riscos depois de se realizar o melhoramento.
- 8 - A classificação de um solo pode ser mudada quando se instalem projetos de recuperação que mudem permanentemente suas limitações e riscos.
- 9 - A classificação por capacidade de uso pode mudar a medida que se obtenham novos métodos de manejo.
- 10 - Na classificação em classe de capacidade de uso, não se inclui: distância de mercado ; meios de transporte ; tamanho das áreas e recursos do operador.
- 11 - Quando as condições do solo não permitirem colheita mecânica, o solo não deve ser incluído nas Classes I , II , III e IV.
- 12 - Solos adequados para cultura, também são adequadas para pastagem, bosques, vida silvestre e recreação.

5.3 - Outras Categorias da Classificação em Classes de Capacidade de Uso

5.3.1 - Sub-classes de capacidade de uso

São sub-divisões das classes que apresentam fatores limitantes ou de riscos semelhantes. Reconhecem-se quatro sub-classes:

- 1 - Limitações de erosão (e) ;
- 2 - Limitações de umidade (w ou u) ;
- 3 - Limitações de solo (s) ;
- 4 - Limitações de clima (c) .

Não se definem sub-classes para a classe I.

Subclasse por erosão:

A erodibilidade e a erosão atual (tipo e grau) são os fatores dominantes para limitação do uso.

Subclasse por excesso de água:

A água na superfície do solo é o fator dominante para as limitações de uso: solos com lençol freático elevado ou inundáveis.

Subclasse por limitações climáticas:

Esta subclasse comporta os solos em que o clima (temperatura ou falta de água) é o fator limitante.

Subclasse por limitações de solo:

Nesta subclasse se incluem solos que apresentam limitações na região de desenvolvimento radicular, tais como: pedregosidade ; baixa retenção de água ; baixa fertilidade ; salinidade ; alta saturação em Na (ou K).

Quando as limitações podem ser corrigidas com esforço igual, a ordem de especificação é: e , u , s , c .

Quando uma classe tem uma limitação dominante, seu símbolo deve preceder aos demais.

5.3.2 - Unidades de capacidade de uso

Uma unidade de capacidade de uso é um agrupamento de solos que são muito semelhantes em aptidão para o desenvolvimento das plantas e quanto à resposta ao mesmo manejo e tratamento.

Uma unidade de capacidade de uso responde de forma semelhante e requer investimentos semelhantes, embora seja constituída de unidades pedológicas diferentes.

Uma unidade de capacidade de uso deve ser suficientemente uniforme em combinações de atributos que incluem qualidades para ter potencialidades semelhantes e limitações contínuas. Isto é:

- 1 - devem ser suficientemente uniformes para produzir equivalentemente a mesma cultura, pastagem, ou floresta sob as mesmas práticas de cultivo e manejo.

- 2 - requerem os mesmos tratamentos de controle da erosão sob a mesma cultura, pastagem ou floresta.
- 3 - devem apresentar produtividade potencial comparável; sendo que os rendimentos não devem variar mais do que 25%.

5.4 - Codificação de Símbolos para a Classificação em Classes de Capacidade de Uso

A classificação dos solos, de acordo com sua capacidade, encerra os fatores que influenciam sobre os riscos de erosão os quais devem ser assinalados e considerados. Isto é feito coletando-se, através de levantamento, todos os fatos relevantes e assinalando-os de forma padronizada de acordo com um código.

O código tem duas finalidades: serve como um fichário, onde uma informação é sempre guardada num mesmo lugar, onde pode ser facilmente encontrada; é um meio conveniente de se acumular um grande número de informações num pequeno espaço sobre um mapa ou uma fotografia aérea.

O código consiste de uma série de letras e números, cada um dos quais significando o valor de uma característica do solo ou do ambiente.

Um código típico deve apresentar a seguinte forma:

$$\begin{array}{c} 2 \text{ b1 } 3 \\ \hline A \text{ 1} \end{array}$$

onde:

- 2 = símbolo da profundidade efetiva;
- b1 = símbolo da classe textural;
- 3 = símbolo da permeabilidade;
- A = símbolo da classe de declive;
- 1 = símbolo do grau de erosão.

Existem outros sistemas de códigos, como o adotado na Rodésia, que são mais completos. Este código inclui a cor do solo, a textura do subsolo (colocados acima do traço) e material de origem (colocado abaixo do traço); separados por uma barra. Exemplo:

$$\begin{array}{c} 2 \text{ b1 } 5 / 2 \text{ ba} \\ \hline A \text{ 1} / G \end{array}$$

5.5 - Características Utilizadas para a Determinação da Classe de Capacidade de Uso

Para a determinação das classes de capacidade de uso deve-se avaliar as propriedades e condições do ambiente de acordo com os critérios apresentados a seguir:

5.5.1 - Profundidade efetiva

Profundidade efetiva é a profundidade do solo que de ser explorada pelo sistema radicular das plantas.

A profundidade efetiva é limitada por camadas impermeáveis às raízes, tais como: cascalho, rocha, água, compactação ou outras condições que não permitam o seu crescimento vertical.

Os símbolos das classes de profundidade efetiva estão apresentados a seguir:

Símbolo	Classe	Profundidade em cm
1	muito profundo	> 200
2	profundo	200 - 100
3	moderadamente profundo	100 - 50
4	raso	50 - 25
5	muito raso	< 25

5.5.2 - Textura

A textura refere-se à composição mecânica do solo; isto é, à porcentagem de areia, silte e argila que o solo contém.

As classes texturais são 12, segundo o U.S.D.A.:

Classe textural	Símbolo
1 - Areia	a
2 - Areia barrenta	ab
3 - Barro arenoso	ba
4 - Barro	b
5 - Barro limoso	b1
6 - Silte	1

continua...

Classe textural	Símbolo
7 - Barro argilo-arenoso	bra
8 - Barro argiloso	br
9 - Barro argilo-limoso	brl
10 - Argila arenosa	ra
11 - Argila limosa	rl
12 - Argila	r

Estas 12 classes texturais são facilmente determinadas no diagrama textural do U.S.D.A., desde que se disponham dos resultados analíticos de % de areia, % de silte e de % de argila.

No campo, pode-se determinar a classe textural, trabalhando-se, entre os dedos, uma pequena quantidade de solo umedecido, até que se apresente no estado pegajoso. Por esse método não é possível determinar-se mais do que cinco das classes texturais, mesmo que o operador seja muito experiente.

5.5.3 - Permeabilidade

É a capacidade que o solo apresenta de transmitir ar e água. Em termos quantitativos, a permeabilidade é a velocidade do fluxo através de uma secção transversal unitária de solo saturado, sob um determinado gradiente hidráulico. No laboratório, a permeabilidade é determinada em aparelhos denominados permeâmetros.

No campo, a permeabilidade é avaliada indiretamente através de outras propriedades, tais como: adensamento, compactação, textura, estrutura e cor.

As classes de permeabilidade são as seguintes:

Símbolo	Classe	Velocidade do fluxo (mm/h)
1	lenta	< 5,0
2	moderada	5,0 - 62,5
3	rápida	62,5 - 250,0
4	muito rápida	> 250,0

5.5.4 - Declividade

Encontra-se muita variação nos limites adotados para as várias classes de declive. Isto deve ser devido ao fato de que em algumas regiões pouco populosas, é possível restringir-se as culturas às áreas de baixa declividade (< 12%); enquanto que, em outras áreas, onde a demanda de alimentos é muito grande, tem-se que considerar como cultiváveis até as áreas muito mais declivosas (25% nas Filipinas e 35% em Israel).

Os limites das classes de declive dependem da textura do solo. A seguir, estão apresentadas as classes de declivé adotadas no Brasil.

Textura do Solo			
Símbolo	Arenosa	Barrenta	Argilosa
	D%	D%	D%
A	< 1	< 2	< 3
B	1 - 4	2 - 6	3 - 8
C	4 - 8	6 - 12	8 - 16
D	8 - 15	12 - 20	16 - 30
E	15 - 30	20 - 40	30 - 45
F	> 30	> 40	> 45

5.5.5 - Erosão

Existem muitos sistemas para se avaliar a erosão antecedente do solo. No Brasil, vem sendo adotado o sistema das Filipinas.

Este sistema está apresentado a seguir:

Forma de erosão	Símbolo	Grau	Descrição
Laminar	0	Não aparente	espessura do horizonte A > 25 cm
	1	ligeira	espessura do horizonte A: 25 - 15 cm
	2	moderada	espessura do horizonte A: 15 - 5 cm
	3	severa	horizonte B exposto.
	4	muito severa	horizonte B erodido.
	5	extremamente severa	horizonte B severamente erodido

Forma de erosão	Símbolo	Grau	Descrição (Distância entre sulcos, m)
em sulcos	1	ocasional	> 30
	2	frequente	< 30 , ocupando menos de 75% da área
	3	muito frequente	< 30 , ocupando mais de 75% da área
	4	raso	desfeito pela aração
	5	profundo	permanecem sinais após a aração
	6	muito profundo	não podem ser cruzados por máquinas

5.5.6 - Fatores subsidiários

Além dos cinco fatores enumerados, que são comuns a todos os sistemas, alguns outros fatores podem ser considerados quando forem relevantes para a classificação de um determinado solo.

5.5.6.1 - Pedregosidade

Pedregosidade é a porcentagem da área coberta por pedras. Reconhecem-se seis classes de pedregosidade:

Símbolo	Classe	% Área
0	livre de pedras	< 0,01
1	ligeiramente pedregoso	0,01 - 1,00
2	moderadamente pedregoso	1,00 - 10,00
3	pedregoso	10,00 - 30,00
4	muito pedregoso	30,00 - 50,00
5	extremamente pedregoso	> 50%

5.5.6.2 - Riscos de inundação

O risco de inundação pode, eventualmente, ser de grande importância para o sucesso de um empreendimento.

Costuma-se classificar este fator com base na frequência e na duração de ocorrência.

Símbolo	Classe	Período (anos)
1	ocasional	> 5
2	frequente	5 - 1
3	muito frequente	< 1
		Duração (dias)
1	curta	< 2
2	média	2 - 30
3	longa	> 30

5.5.6.3 - Reação do solo

Onde a reação do solo está de acordo com a natureza do solo, não se costuma anotar; mas, onde existe anormalidade importante para o desenvolvimento vegetal, deve-se avaliar o pH do solo, por um método de campo e registrá-lo, de acordo com o seguinte critério:

Símbolo	Descrição	Classe (pH)
P ₀	extremamente ácidos	< 4,5
P ₁	fortemente ácidos	4,5 - 5,0
P ₂	medianamente ácidos	5,0 - 5,5
P ₃	ácidos	5,5 - 6,0
P ₄	levemente ácidos	6,0 - 6,5
P ₅	neutro	6,5 - 7,3
P ₆	levemente alcalino	7,3 - 7,8
P ₇	moderadamente alcalino	7,8 - 8,4
P ₈	fortemente alcalino	8,4 - 9,0
P ₉	extremamente alcalino	> 9,0

5.5.6.4 - Propriedades físicas

Algumas propriedades físicas, tais como: estrutura, consistência e porosidade podem ser muito importantes, porque influem sobre o comportamento do solo. Se essas propriedades se degradarem, aumenta a tendência à compactação, à redução da aeração, à diminuição da infiltração, ao aumento da dificuldade

de de emergência das plântulas e ao aumento da enxurrada e da erosão.

Segundo o sistema Africano, as propriedades físicas podem ser classificadas em dois grupos:

Símbolo:	Descrição:
t_1	levemente desfavoráveis
t_2	desfavoráveis

5.5.6.5 - Salinidade

Os solos que apresentam alta concentração salina, ou um grau de alcalinidade suficiente para inibir o crescimento das plantas, não são, normalmente, incluídos nos levantamentos de classes de capacidade de uso; uma vez que, estes solos devem ser estudados cuidadosamente para uma decisão a respeito da possibilidade da sua utilização. No entanto, onde houver razão especial para se obterem informações, usam-se as seguintes classes, baseadas no conteúdo de sais:

Símbolo	Descrição	Classe (% de sais)
0	livre de sais	< 0,15
1	levemente salino ou alcalino	0,15 - 0,35
2	moderadamente salino ou alcalino	0,35 - 0,65
3	fortemente salino ou alcalino	> 0,65

5.5.6.6 - Vegetação natural

Quando existem remanescentes da vegetação natural este critério pode ser utilizado como um bom indicador das características do solo e do ambiente. A vegetação natural é particularmente importante quando existem associações de espécies, cuja relação com as propriedades do solo e do ambiente são conhecidas. Neste caso, a fertilidade e a drenagem podem ser avaliadas com boa precisão. Além de propriedades físicas do perfil, a vegetação natural e também as culturas existentes, fornecem indícios da fertilidade do solo; entretanto, a con-

sideração das análises de laboratório, no que diz respeito à saturação de bases, capacidade de troca catiônica, conteúdo de K, P, Ca e Mg, pH e saturação em Al é sempre necessária.

A classificação da fertilidade pode ser feita de acordo com o seguinte critério:

Símbolo:	Classe:
1	muito alta
2	alta
3	média
4	baixa
5	muito baixa

Deve-se levar em conta que, a fertilidade pode ser avaliada pela análise química, entretanto, a produtividade só pode ser avaliada através de ensaios em casa-de-vegetação ou, preferivelmente, em ensaios de campo.

5.5.6.7 - Capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água influencia o uso do solo de duas maneiras: quanto maior, menor será o deflúvio e porque maior será, provavelmente, a quantidade de água à disposição das plantas.

Esta propriedade pode ser deduzida, considerando-se outras propriedades, tais como: profundidade efetiva, textura e permeabilidade.

Melhor do que a capacidade de retenção de água, provavelmente, fosse dispor-se do balanço hídrico do perfil que representa uma interação das características do solo e da precipitação.

5.6 - Classificação dos Solos em Classes de Capacidade de Uso

Para a determinação da classe de capacidade de uso de um solo deve-se levar em consideração que:

- a - o critério fundamental da classificação é o risco de erosão;
- b - a posição de um solo na classificação depende do fator mais inadequado.

LIMITAÇÃO		Classes de Capacidade de Uso							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Grau de erosão laminar	não aparente	x							
	ligeira		x						
	moderada			x					
	severa						x		
	muito severa							x	
	Extr. severa							x	x
Sulcos rasos	ocasionais		x						
	frequente			x					
	muito frequente				x				
Sulcos médios	ocasionais			x					
	frequente				x				
	muito frequente						x		
Sulcos profundos	ocasionais				x				
	frequente						x		
	muito frequente							x	
Voçorocas									x
Seca Edafológica	muito longa						x		
	longa				x				
	média			x					
	curta		x						
	muito curta	x							

5.7 - Planejamento Conservacionista

Planejamento é o processo consciente de seleção e de desenvolvimento da melhor sequência de ação para se atingir um objetivo.

No caso do uso do solo, o objetivo é o uso eficiente e intensivo ; isto é, de maneira que se obtenha o maior rendimento sem deteriorar as suas propriedades.

A sequência lógica do planejamento do uso do solo é a seguinte:

- 1 - obtenção de informações básicas;
- 2 - análise dos dados;
- 3 - tomada de decisões;

4. realização do plano;

5. verificação dos resultados.

A obtenção de informações é executada através de levantamentos da área: topografia, solos e condições climáticas.

De posse das informações básicas, analisam-se os dados para a obtenção das classes de capacidade de uso.

A tomada de decisões é feita considerando-se as atividades mais lucrativas e do agrado do agricultor que são compatíveis com as classes de capacidade de uso que se dispõem.

A execução do plano é uma fase demorada e complicada, durante a qual localizam-se as áreas adequadas para cada atividade e se organizam cronogramas operacionais para a implantação do projeto.

A última fase, só pode ser atingida quando o projeto já está em operação durante um período que permita o julgamento dos resultados. Geralmente, muitas falhas são observadas, havendo necessidade de reiniciar o processo, sob algum aspecto; muitas vezes, até que demonstre sua eficiência. É muito comum acontecer que as reavaliações mostrem a necessidade de modificações contínuas, devido a variações de mercado, aparecimento de novas técnicas e de novos produtos (fertilizantes, agrotóxicos, etc). Isto não deve constituir surpresa e seria, apenas, uma prova de que o planejamento é dinâmico.

5.7.1 - Levantamento de informações

O levantamento de informações fica muito mais fácil se existir carta de solos, aerofotos, carta altimétrica e planimétrica da área, em escala de 1:5.000 ou 1:10.000.

Tendo-se os solos da área mapeada e tendo-se obtido as classes de declive mapeados sobre a carta plani-altimétrica, por simples superposição destes mapas obtêm-se as classes de capacidade de uso que ocorrem na área.

É verdade que sempre haverá necessidade de incursões ao campo para verificar as informações, principalmente, declividade, grau de erosão, pedregosidade, drenagem e outras características difíceis de se avaliar em mapas e mesmo, em fotografias aéreas.

Se não se dispuser dos mapas anteriormente citados, todas as informações têm que ser levantadas durante as incursões, ao campo.

De posse dessas informações, passa-se à segunda fase do planejamento.

5.7.2 - Análise dos dados

Obtida a carta de solos e das classes de declive ; por simples superposição destas cartas, obtêm-se as classes de capacidade de uso. O mapa que representa a distribuição das classes de capacidade de uso é a conclusão da análise das informações básicas.

Conhecendo-se para que servem e como devem ser manejadas e protegidas cada uma das classes de capacidade de uso, pode-se passar à fase das tomadas de decisões.

5.7.3 - Tomada de decisões

A tomada de decisões de como obter o máximo de rendimento com o risco mínimo de deterioração do solo é uma atividade puramente técnica; entretanto, o agricultor deve ser ouvido quanto à escolha das culturas, sequência das operações envolvidas no projeto, etc.

Sabendo-se o que se vai plantar, como se vai preparar e manejar cada gleba, passa-se à fase seguinte do planejamento que é a realização do plano.

5.7.4 - Realização do plano ou implantação do projeto

Esta fase exige muito a presença do técnico no campo. A simples distribuição de folhetos e indicações superficiais de como fazer, nem sempre são suficientes para a implantação correta do projeto.

A locação de construções, barragens, terraços, estradas e carregadores são atividades que exigem sempre a presença do técnico.

Depois dos primeiros anos que o projeto foi instalado, já se pode avaliar a eficiência de algumas práticas e a ineficiência de outras. De posse de mais esses dados, passa-se à última fase do planejamento que, de certa forma, coincide com a primeira fase, seguida das demais, denominada verificação dos resultados.

7.5.5 - Verificação dos resultados

Esta fase é muito importante, uma vez que permite que se observe se o objetivo do planejamento foi atingido. Por melhor que tenha sido o planejamento original, sempre há algum ponto para rever: ou porque alguma prática não foi tão eficiente como se pretendia, ou porque pode ser substituída por uma técnica mais adequada, ou é muito dispendiosa, ou exige produtos que saíram do mercado, etc. A verificação periódica dos resultados torna o planejamento um processo dinâmico de aperfeiçoamento do projeto original.

6 - ESTIMATIVA DA ENXURRADA

Antes de se iniciar o estudo de canais, terraços, ou de outra obra qualquer para conduzir enxurrada, tem-se que ter informação sobre a quantidade provável de água que escorre na área. Se o objetivo é represar a água, é suficiente conhecer o volume total de água esperado, mas o problema conservacionista mais frequente é o de conduzir a água de um lugar para outro. Nesse caso, a proporção máxima de enxurrada esperada é muito importante, uma vez que represente o fluxo que o canal deverá conduzir ou conter.

A estimativa da enxurrada depende: da intensidade e duração da chuva e da quantidade de água que escorre na superfície do solo.

6.1 - Intensidade e Duração da Chuva

A intensidade máxima esperada da chuva em um determinado lugar pode ser calculada pela seguinte equação:

$$I = \frac{a}{t + b}$$

onde:

I = intensidade média em mm/h.;

t = duração da chuva em h.;

a = 3,000 (constante);

b = 40 (constante).

Geralmente, quanto maior for a precipitação média anual, maior será a intensidade média provável para uma determinada duração.

6.2 - Tempo de Concentração

Tempo de concentração é o tempo máximo em horas que a água leva para percorrer, em seu curso natural, o maior comprimento da bacia hidrográfica. O tempo de concentração pode ser calculado pela fórmula de Bransby-Williams:

$$T = \frac{L}{1,5 D} \sqrt[5]{\frac{M^2}{F}}$$

onde:

T = tempo de concentração em h.;

D = diâmetro do círculo de área equivalente à da bacia hidrográfica em Km;

M = área da bacia hidrográfica em km²;

F = declividade do curso d'água principal em m/100 m.

Uma estimativa aproximada do tempo de concentração para bacias hidrográficas de diversos tamanhos foi apresentada por AYRES. Esta estimativa está apresentada a seguir:

Área (ha)	TC (min)
0,4	1,4
2,0	3,5
4,0	4,0
40,5	17,0
202,5	41,0
405,0	75,0

6.3 - Período de Recorrência da Intensidade Máxima de Chuva

O cálculo do período em que deve ocorrer uma determinada intensidade de chuva pode ser feito pela fórmula de Kimbal:

$$F = \frac{n + 1}{m}$$

Para este cálculo, necessita-se do seguinte dado: intensidade máxima diária de chuva, durante um período de 15 ou 20 anos. Estes dados são ordenados decrescentemente. Sendo n = o número de anos e m = o número de ordem, pode-se calcular o período de recorrência de uma determinada intensidade. Para cálculos com finalidade agrônômica usam-se períodos de recorrência de 05 ou 10 anos.

Deve-se levar em conta, ainda, o grau de probabilidade de ocorrência da intensidade, cujo período de recorrência foi escolhido. Segundo Schuwab, pode-se utilizar os seguintes fatores, de acordo com o período de recorrência:

P. R. (anos)	Fator
1	0,90
5	0,95
10	1,00
25	1,25
50	1,50

6.4 - Coefficiente de Enxurrada

É a relação entre quantidade de deflúvio (mm) sobre a precipitação (mm).

Esse coeficiente depende: da permeabilidade do solo, da infiltração, da retenção de água, da vegetação e da topografia.

RAMSER propôs os seguintes valores para o coeficiente de enxurrada:

Vegetação	Relevo (D = 10-30%)	Coefficiente da enxurrada
floresta	ondulado	0,18
	montanhoso	0,21
pastagem	ondulado	0,36
	montanhoso	0,42
cultura	ondulado	0,60
	montanhoso	0,72

Quando a área não é uniforme, deve-se interpolar o valor de C. Suponha-se que 40% da área é constituída por culturas em topografia ondulada e 60% de culturas em topografia montanhosa:

$$C = \frac{40}{100} \times 0,6 + \frac{60}{100} \times 0,72 = 0,70$$

6.5 - Vazão Máxima

A vazão pode ser calculada pela fórmula de Ramser:

$$Q = \frac{C I A}{360}$$

onde:

Q = vazão em m³/s ;

C = coeficiente de enxurrada;

I = intensidade máxima esperada da chuva (mm/h);

A = área da bacia (ha).

6.6 - Cálculo das Dimensões dos Canais

A seção dos canais pode ser trapezoidal, retangular ou triangular.

A velocidade da água permissível pode variar de acordo com a textura do solo, segundo o seguinte critério:

Textura	Velocidade permissível (m/s)
areia fina	0,15
areia grossa	0,15 - 0,45
argila	0,45 - 0,70
argila firme	0,70 - 1,00

A declividade do fundo dos canais pode ser a seguinte:

Vazão (l/s)	D (%)
1.000	1,0 - 4,0
1.000 - 3.000	1,0 - 0,5
3.000 - 5.000	0,5 - 0,3

O talude dos canais depende da estabilidade do solo, sendo uma função da textura. O critério para a escolha do talude pode ser o seguinte:

Talude	Textura
3:1	areia
2:1	arenosa
1,5:1	argilo-arenosa
1:1	argilosa

6.7 - Cálculo das Dimensões dos Canais

A vazão é dada pela seguinte expressão:

$$Q = V \cdot A$$

onde:

Q = vazão em m³/s ;

V = velocidade da água em m/s;

A = área da seção transversal em m² .

O raio hidráulico é obtido pela seguinte expressão:

$$R = A/P$$

onde:

R = raio hidráulico em m;

A = área da seção transversal em m²;

P = perímetro molhado em m .

A velocidade da água é obtida pela fórmula de Manning, cuja expressão é a seguinte:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

onde:

V = velocidade em m/s ;

n = rugosidade ;

I = declividade em m/m ;

R = raio hidráulico em m.

O coeficiente de rugosidade pode ser avaliado da seguinte

maneira:

	n
canal em boas condições	0,017
canal bem construído	0,025
canal vegetado	0,030
taludes ásperos	0,035

6.8 - Exemplo

Calcular as dimensões de um canal para conduzir o deflúvio-máximo de uma bacia de 8 ha, localizada no Estado de São Paulo, cuja declividade é de 5%. Sua largura é de 200 m e seu comprimento de 400 m. Quarenta por cento dessa área está sendo utilizada com culturas anuais (c=0,6) e o restante, cuja topografia é montanhosa, está sob pastagem (c=0,42). Pretende-se que a forma da seção transversal do canal seja trapezoidal, com talu de 2:1, pois, a textura do solo é arenosa. Há condições para a manutenção do canal sob vegetação (n=0,03) .

a. Cálculo do tempo de concentração:

$$T.C. = \left(\frac{0,87 \times L^3}{H} \right)^{0,385}$$

$$T.C. = \left(\frac{0,87 \times 0,4^3}{20} \right)^{0,385}$$

$$T.C. = 0,003^{0,385}$$

$$T.C. = 0,11 \text{ h ou } 6,6 \text{ min}$$

b. Cálculo da intensidade máxima da chuva para o Estado de São Paulo:

$$I = \frac{a}{t + b} \quad \text{ou} \quad I = \frac{3462,7 T^{0,172}}{(t + 22)^{1,025}}$$

$$I = \frac{3.000}{0,11 + 40} \quad I = \frac{3462,7 \times 10^{0,172}}{(6,6 + 22)^{1,025}}$$

$$I = 75 \text{ mm/h} \quad I = 165 \text{ mm/h}$$

c. Cálculo do coeficiente de enxurrada:

$$C = \frac{40}{100} \times 0,6 + \frac{60}{100} \times 0,42$$

$$C = 0,49$$

d. Cálculo da vazão máxima:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

$$Q = \frac{0,49 \times 150 \times 6}{360}$$

$$Q \cong 1,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

e. Cálculo das dimensões do canal:

Este cálculo pode ser feito por tentativas, comparando-se sua vazão com a vazão máxima, calculada pela fórmula racional.

Tentemos as seguintes dimensões:

f. Cálculo da vazão do canal:

$$Q = A \cdot V$$

g. Cálculo da seção transversal do canal:

$$A = \frac{(3 + 1)}{2} \times 0,6$$

$$A = 1,2 \text{ m}^2$$

h. Cálculo da declividade do canal:

$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}}{n}$$

$$1 = \frac{R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}}{0,03}$$

i. Cálculo do raio hidráulico:

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{1,2}{P}$$

j. Cálculo do perímetro molhado:

$$P = 1 + (2 \times 1,27)$$

$$P = 3,54$$

k. Completando o cálculo de R:

$$R = \frac{1,2}{3,54}$$

$$R = 0,34$$

l. Completando o cálculo da declividade:

$$1,0 = \frac{0,34^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}}{0,03}$$

$$I^{\frac{1}{2}} = \frac{0,03 \times 1,0}{0,34^{\frac{2}{3}}}$$

$$I = \left(\frac{0,03 \times 1,0}{0,34^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$I = 0,004 \text{ m/m}$$

$$I = 0,4\%$$

m. Completando o cálculo da vazão do canal:

$$Q = A \cdot V$$

$$Q = 1,2 \times 1$$

$$Q = 1,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

n. Verificação:

Comparando-se o valor de Q obtido em \underline{d} com o obtido em \underline{m} , verifica-se que são semelhantes. Logo as dimensões surgidas em \underline{e} são adequadas. Por segurança, no entanto, é aconselhável que se construa o canal com uma profundidade $\frac{1}{3}$, ou até $\frac{2}{3}$, maior do que a

calculada. Neste caso, um canal de 3 m de largura maior e 1 m de largura do fundo por 0,75 a 1 m de profundidade, seria adequado.

7 - CONTROLE DA EROÇÃO EM TERRAS CULTIVADAS

O controle da erosão em terras cultivadas é feito pela adoção de práticas que direta ou indiretamente venham a diminuir a quantidade de solo erodido. As práticas de controle da erosão mais utilizadas são: plantio em nível, faixas de retenção e terraços. Estas práticas, quando aplicadas adequadamente, são eficientes; mas, são, também, muito caras. Por esta razão, há necessidade de se procurar aumentar a produção para diminuir o tempo de amortização do custo das práticas de controle da erosão. Uma vez que, apenas, o controle da erosão não aumente a produção, outras práticas têm que ser, também, adotadas. Essas práticas são as de restauração e as complementares. As principais práticas de melhoramento são: uniformização do terreno, sub-solagem, rotações-de-culturas, adubações verdes e calagem. Entre as práticas complementares estão: a adubação química, escolha de variedades mais produtivas, reflorestamento, irrigação e drenagem.

7.1 - Práticas de Controle da Erosão

As práticas de controle da erosão baseiam-se em dois princípios: diminuição do impacto das gotas de chuva sobre o solo e o seccionamento dos declives, por meio de obstáculos, para diminuir a velocidade do deflúvio.

7.1.1 - Prática baseada na diminuição do impacto das gotas de chuva

A cobertura do solo reduz as perdas por erosão a cerca de 0.01, de acordo com um experimento relatado por HUDSON (1971).

Os únicos tipos de vegetação que cobrem 100% da superfície do solo, são as pastagens e os prados.

As culturas plantadas em linha têm uma eficiência muito menor; entretanto, pequenas variações na densidade das plantas causam grandes variações na quantidade de solo perdido por erosão. Um outro experimento, relatado por HUDSON (1971) mostrou que uma cultura de milho, com 25000 plantas/ha, permitiu uma perda de 12,3 t de solo/ha e uma cultura desenvolvida em idênticas condições, mas contendo 37000 plantas/ha, permitiu uma perda de, apenas, 0,7 t de solo/ha. Se existem diferenças devidas à densidade de uma mesma cultura, é evidente que deve haver muita diferença devida a diferentes culturas.

A razão porque pequenas variações de cobertura causam grandes variações na perda de solo reside no fato de que as perdas são proporcionais à área exposta. Desta forma, pode-se compreender que grandes reduções na erosão podem resultar de pequenas modificações nas práticas de manejo.

Dos resultados da pesquisa pode-se concluir que a cobertura influencia as perdas de solo mais do que qualquer outra prática de manejo. Entretanto, as culturas anuais não propiciam uma cobertura satisfatória durante o ano todo, havendo necessidade de complementar seu efeito com outras culturas.

Rotações adequadas, cultivo reduzido, plantio direto, ceifa do mato, adubação verde, cobertura morta e alternância de capinas têm que ser estudadas para cada cultura, analisando-se os resultados muito mais sob o ponto de vista das perdas de solo do que sob o aspecto da produtividade.

7.1.1.1 - Rotação-de-cultura

A rotação-de-cultura é uma prática muito utilizada no mundo inteiro para a manutenção da fertilidade do solo.

A rotação-de-cultura é a prática de manejo pela qual duas ou mais culturas são alternadamente plantadas numa mesma área.

Experimentos realizados no Instituto Agronômico do Estado de São Paulo demonstraram que as rotações sempre favorecem as perdas de solo. Isso deve ocorrer porque as rotações obrigam a se proceder a uma maior mobilização do solo.

Existem outros experimentos que vêm corroborar com esses resultados; pois, demonstram que uma cultura de milho contínua, conduzida sob condições de alta fertilidade do solo, provoca menores perdas do que em rotação com adubos verdes.

Um índice que parece adequado para se comparar o efeito das rotações é a relação entre a produção e a quantidade da erosão.

Quando uma rotação não demonstrar eficiência, deve-se procurar diminuir o número de vezes que se planta a cultura principal em favor do número de vezes que se usa pastagem, por exemplo. Isto é particularmente importante porque a erosão aumenta mais rapidamente sob sucessivos plantios de uma cultura do que decresce sob sucessivos plantios de plantas protetoras.

As culturas utilizadas numa rotação são, geralmente plantadas em faixas limitadas por dois terraços. Dessa maneira, se está associando o efeito das rotações com o plantio-em-faixas.

Quando na rotação é utilizada uma leguminosa para ser incorporada ao solo, se está associando rotação-de-culturas, culturas-em-faixas e adubação verde.

7.1.1.2 - Cobertura do solo

Com a finalidade de se proporcionar proteção para a superfície do solo, pode-se utilizar: cobertura morta, ceifa do mato, capinas alternadas, plantio direto e manejo adequado das pastagens.

7.1.1.3 - Cobertura morta

A cobertura morta é mais eficiente do que as culturas intercalares ou outros sistemas que utilizam plantas para proteger o solo, uma vez que não concorrem com cultura, a não ser quanto ao nitrogênio.

A cobertura morta pode ser feita com restos das culturas e com mato da própria área. Muitas vezes, é necessário trazer o material utilizado para cobertura de outras áreas. Costuma-se utilizar capim, palha de arroz, de café, e casca de amendoim.

É uma prática cara, devido à mão-de-obra que exige.

7.1.1.4 - Ceifa do mato

A ceifa do mato entre as linhas de culturas perenes é uma prática muito eficiente para o controle da erosão. Exige estudos especiais para o caso de cada espécie cultivada para se determinar a eficiência de cada operação envolvida.

Sempre causa alguma concorrência com a cultura, sendo necessário reforçar a adubação. No início do inverno, pode haver necessidade de se aplicar um herbicida para evitar concorrência de água. Alguns cuidados especiais quanto a pragas devem, também, ser tomados.

7.1.1.5 - Capinas alternadas

Capinando-se ou cultivando-se alternadamente as ruas de uma cultura, mantêm-se coberta 50% da área que estaria normalmente descoberta. Esta prática não custa mais caro do que o sistema tradicional e proporciona uma boa economia de solo.

7.1.1.6 - Plantio direto

O plantio direto é uma fase do cultivo reduzido que se baseia no controle da erosão pela diminuição das mobilizações do solo e pela manutenção da cobertura constituída pelo mato que sofreu a ação de herbicidas.

Esse sistema de manejo foi muito bem estudado para a cultura do milho. Na consorciação trigo e soja, também, tem dado bons resultados, conforme estudos recentes.

Dados obtidos na Estação Experimental de Coshocton provaram que o plantio direto é realmente muito eficiente no controle da erosão; uma vez que, as perdas diminuíram de 7,2 t/ha/ano para 0,7 t/ha/ano quando foi usado esse sistema.

Há necessidade de se pesquisar a aplicação do plantio direto em outras culturas. Isto envolve modificações em muitas práticas tradicionais e a modificação e adaptação da maquinaria agrícola.

7.1.1.7 - Manejo de pastagens

O manejo adequado das pastagens inclui todas as técnicas utilizadas para a manutenção de uma vegetação densa que proteja completamente o solo. Dentre essas práticas estão: escolha do solo adequado ; terraceamento ; sulcamento ; calagem e adubação ; controle do pastoreio ; localização de cochos e bebedouros.

7.1.2 - Práticas baseadas no seccionamento dos declives

As práticas de controle da erosão baseadas no seccionamento do declive são as seguintes: preparo e plantio em

nível, faixas-de-retenção e terraços.

7.1.2.1 - Marcação das linhas básicas.

Todas as práticas de controle da erosão baseadas no seccionamento do declive são construídas em nível ou com gradiente. No primeiro caso, visam, controlar o deflúvio e permitir que a água se infiltre. No segundo caso, visam controlar a erosão e conduzir o excesso de enxurrada para fora da área.

A - Determinação da declividade

A declividade é determinada pela operação denominada nivelamento.

A declividade pode ser expressa da seguinte maneira:

$$d = \frac{100 \text{ E V}}{\text{E H}}$$

onde:

d = declividade;

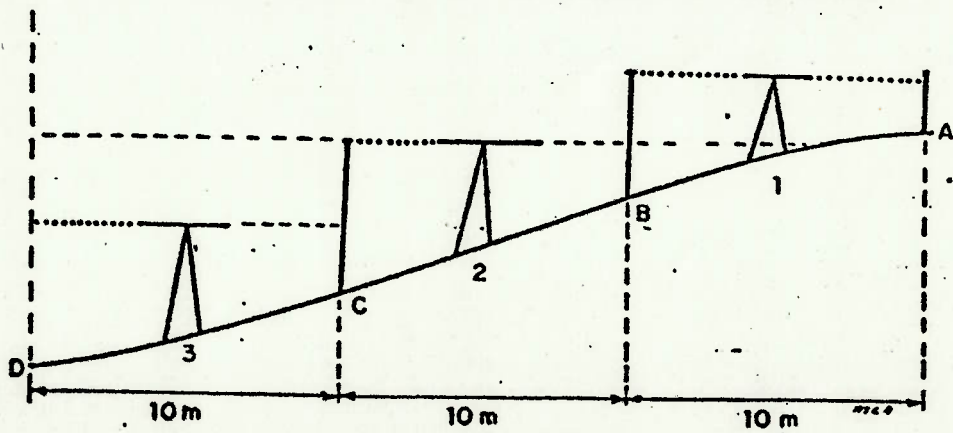
E V = distância vertical entre dois pontos;

E H = distância horizontal entre os dois pontos.

A declividade pode ser definida como a porcentagem de inclinação da superfície de um terreno.

Um nivelamento pode ser feito com clinômetro, nível de vasos comunicantes, trapézio e nível de precisão.

A determinação da declividade de um terreno entre os pontos A e D pode ser feita da seguinte maneira:



Suponhamos que as leituras com o nível sobre a mira foram as seguintes:

Ponto	Ré	Leitura (m) Vante	Diferença (m)
1	(A) 1,0	(B) 2,0	1,0
2	(B) 1,0	(C) 2,5	1,5
3	(C) 0,7	(D) 2,8	2,1

As cotas de cada ponto são as seguintes:

Ponto	Cota (m)
A	100
B	$100 + 1 - 2 = 99$
C	$99 + 1 - 2,5 = 97,5$
D	$97,5 + 0,7 - 2,8 = 95,4$

Conhecendo-se a distância vertical e a horizontal entre os pontos A e B, pode-se calcular a declividade;

$$d = \frac{100 \times 4,6}{30} = 15,3\%$$

B - Distância entre as práticas de controle da erosão

Para se locarem as niveladas básicas, tem-se que conhecer seu espaçamento, o qual pode ser obtido em Tabelas ou pode ser calculado pela fórmula de Bentley.

As Tabelas B.1, B.2 e B.3 fornecem o espaçamento horizontal e vertical em função da prática conservacionista, cultura, natureza do solo e declividade. Estas Tabelas adotadas pela Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo estão apresentadas nas próximas páginas.

A fórmula de Bentley dá o espaçamento vertical entre as práticas conservacionistas. Sua expressão é a seguinte:

$$E.V. = \left(2 + \frac{D}{x}\right) 0,305,$$

onde:

E.V. = espaçamento vertical em m ;

D = declividade;

x = variável que depende da natureza do solo, do tipo de cultura e do tipo de prática.

DE- CLI- VE	TIPO DE SOLO						DE- CLI- VE
	ARGILOSO		MÉDIO		ARENOSO		
%	E.V.	E.H.	E.V.	E.H.	E.V.	E.H.	%
1	0,27	26,60	0,26	26,00	0,25	25,40	1
2	0,53	26,60	0,52	26,00	0,51	25,40	2
3	0,80	26,60	0,78	26,00	0,76	25,40	3
4	0,86	21,60	0,84	21,00	0,82	20,40	4
5	0,93	18,70	0,90	18,00	0,87	17,40	5
6	1,00	16,60	0,96	16,00	0,93	15,40	6
7	1,06	15,20	1,02	14,60	0,98	14,00	7
8	1,13	14,10	1,08	13,50	1,03	12,90	8
9	1,20	13,30	1,14	12,70	1,09	12,10	9
10	1,27	12,70	1,20	12,00	1,14	11,40	10
11	1,33	12,10	1,26	11,40	1,20	10,90	11
12	1,40	11,60	1,32	11,00	1,25	10,40	12
13	1,46	11,30	1,38	10,60	1,31	10,10	13
14	1,53	10,90	1,44	10,30	1,36	9,70	14
15	1,60	10,70	1,50	10,00	1,42	9,40	15
16	1,66	10,40	1,56	9,70	1,47	9,20	16
17	1,73	10,20	1,62	9,50	1,53	9,00	17
18	1,80	10,00	1,68	9,30	1,58	8,80	18
19	1,87	9,80	1,74	9,10	1,63	8,60	19
20	1,93	9,70	1,80	9,00	1,69	8,40	20
21	2,00	9,50	1,86	8,80	1,74	8,30	21
22	2,06	9,40	1,92	8,70	1,80	8,20	22
23	2,13	9,30	1,98	8,60	1,85	8,10	23
24	2,20	9,20	2,04	8,50	1,91	8,00	24
25	2,26	9,10	2,10	8,40	1,96	7,90	25
26	2,33	9,00	2,16	8,30	2,02	7,80	26
27	2,40	8,90	2,22	8,20	2,07	7,70	27
28	2,47	8,80	2,28	8,15	2,13	7,60	28
29	2,53	8,70	2,34	8,10	2,18	7,50	29
30	2,60	8,60	2,40	8,00	2,23	7,40	30

E.V. - Espaçamento vertical

E.H. - Espaçamento horizontal

TABELA B.1 - Espaços para terraços nivelados em cultura anual

DE- CLI- VE	TIPO DE SOLO						DE- CLI- VE
	ARGILOSO		MÉDIO		ARENOSO		
%	E.V.	E.H.	E.V.	E.H.	E.V.	E.H.	%
1	0,28	28,50	0,27	27,50	0,27	26,60	1
2	0,57	28,50	0,55	27,50	0,53	26,60	2
3	0,85	28,50	0,82	27,50	0,80	26,60	3
4	0,94	23,60	0,90	22,50	0,86	21,60	4
5	1,03	20,50	0,97	19,50	0,93	18,70	5
6	1,11	18,60	1,05	17,50	1,00	16,60	6
7	1,20	17,10	1,12	16,10	1,06	15,20	7
8	1,28	16,00	1,20	15,00	1,13	14,10	8
9	1,37	15,20	1,27	14,20	1,20	13,30	9
10	1,45	14,60	1,35	13,50	1,27	12,70	10
11	1,54	14,00	1,42	12,90	1,33	12,10	11
12	1,63	13,60	1,50	12,50	1,40	11,00	12
13	1,71	13,20	1,57	12,10	1,46	11,30	13
14	1,80	12,80	1,65	11,80	1,53	10,90	14
15	1,88	12,60	1,72	11,50	1,60	10,70	15
16	1,97	12,30	1,80	11,20	1,66	10,40	16
17	2,05	12,10	1,87	11,00	1,73	10,20	17
18	2,14	11,90	1,95	10,80	1,80	10,00	18
19	2,23	11,70	2,02	10,60	1,87	9,80	19
20	2,31	11,60	2,10	10,50	1,93	9,70	20
21	2,40	11,40	2,17	10,30	2,00	9,50	21
22	2,48	11,30	2,25	10,20	2,06	9,40	22
23	2,57	11,20	2,32	10,10	2,13	9,30	23
24	2,65	11,10	2,40	10,00	2,20	9,20	24
25	2,74	11,00	2,47	9,90	2,26	9,10	25
26	2,83	10,90	2,55	9,80	2,33	9,00	26
27	2,91	10,80	2,62	9,70	2,40	8,90	27
28	3,00	10,70	2,70	9,60	2,47	8,80	28
29	3,08	10,60	2,77	9,55	2,53	8,70	29
30	3,17	10,55	2,85	9,50	2,60	8,60	30

E.V. - Espaçamento vertical

E. H. - Espaçamento horizontal

TABELA B.2 - Espaços para terraços com gradiente em cultura anual

DE- CLI- VE	TIPO DE SOLO						DE- CLI- VE
	ARGILOSO		MÉDIO		ARENOSO		
%	E.V.	E.H.	E.V.	E.H.	E.V.	E.H.	%
1	0,40	40,00	0,35	35,00	0,32	32,00	1
2	0,80	40,00	0,70	35,00	0,64	32,00	2
3	1,20	40,00	1,05	35,00	0,96	32,00	3
4	1,40	34,90	1,20	30,00	1,08	27,00	4
5	1,60	32,00	1,35	27,00	1,20	24,00	5
6	1,80	30,00	1,50	25,00	1,32	22,00	6
7	2,00	28,50	1,65	23,60	1,44	20,60	7
8	2,20	27,50	1,80	22,50	1,56	19,50	8
9	2,40	26,70	1,95	21,70	1,68	18,70	9
10	2,60	26,00	2,10	21,00	1,80	18,00	10
11	2,80	25,40	2,25	20,40	1,92	17,40	11
12	3,00	25,00	2,40	20,00	2,04	17,00	12
13	3,20	24,60	2,55	19,60	2,16	16,60	13
14	3,40	24,30	2,70	19,30	2,28	16,30	14
15	3,60	24,00	2,85	19,00	2,40	16,00	15
16	3,80	23,70	3,00	18,70	2,52	15,70	16
17	4,00	23,50	3,15	18,50	2,64	15,50	17
18	4,20	23,30	3,30	18,30	2,76	15,30	18
19	4,40	23,10	3,45	18,20	2,88	15,20	19
20	4,60	23,00	3,60	18,00	3,00	15,00	20
21	4,80	22,80	3,75	17,80	3,12	14,80	21
22	5,00	22,70	3,90	17,70	3,24	14,70	22
23	5,20	22,60	4,05	17,60	3,36	14,60	23
24	5,40	22,50	4,20	17,50	3,48	14,50	24
25	5,60	22,40	4,35	17,40	3,60	14,40	25
26	5,80	22,30	4,50	17,30	3,72	14,30	26
27	6,00	22,20	4,65	17,20	3,84	14,20	27
28	6,20	22,10	4,80	17,15	3,96	14,10	28
29	6,40	22,05	4,95	17,10	4,08	14,05	29
30	6,60	22,00	5,10	17,00	4,20	14,00	30

E.V. - Espaçamento vertical

E.H. - Espaçamento horizontal

TABELA B.3 - Espaçamentos para faixas de retenção,
niveladas

A seguir, estão apresentados os valores de \bar{x} para várias combinações dos fatores determinantes. (Vide Tabela B.4).

TABELA B.4 - Valores de "x" para serem usados na fórmula de Bentley

		Práticas de Controle à Erosão			Fórmula de Bentley		
		Cordão em contorno			Faixa de retenção		
		Culturas perman. anuais	Culturas anuais perman.	Culturas anuais	Culturas anuais	Culturas anuais	
		c/grad. nível	c/grad. nível	c/grad. nível	c/grad. nível	c/grad. nível	
					EV = $(2 + \frac{D}{\bar{x}})$ 0,305		
					valores de \bar{x}		
Resistência do solo	alta				alta		1,5
	média				média		2,0
erosão	baixa	alta			baixa		2,5
		média					3,0
solo	baixa		alta				3,5
			média				4,0
erosão			baixa	alta			4,5
				média	alta		5,0
solo				baixa	alta	alta	5,5
					média	média	6,0
					baixa	baixa	

Obs.: - Alta - Solos de textura argilosa
 Média - Solos de textura média
 baixa - Solos de textura arenosa

C - Locação das práticas de controle da erosão

C.1 - Preparo do solo em nível

Deve-se marcar niveladas básicas de 40 em 40 m, em média.

Marca-se o topo do terreno com um piquete. De 40 em 40 m de distância, sobre a linha de maior declive, marcam-se pontos com piquetes.

A partir desses piquetes, locam-se as niveladas básicas com auxílio de um nível.

No momento que se termina de locar uma nivelada, convém suavizá-la e marcá-la com uma ida e volta de arado, para evitar confusão entre piquetes de duas niveladas.

Tendo-se as niveladas marcadas, inicia-se o preparo do terreno, partindo-se preferivelmente de baixo para cima, a té atingir a nivelada básica seguinte. Realiza-se a gradeação da mesma forma que se procedeu à aradura.

O custo dessa prática conservacionista corresponde ao trabalho de um topógrafo e dois ajudantes, cujo rendimento é de aproximadamente 2 a 5 ha por dia.

O preparo de um terreno terraceado tem que ser feito sempre em nível e de forma a melhorar as condições dos terraços. O melhor método é o que está esquematizado a seguir:



A aração e gradagem em nível, sempre associadas com o plantio em nível, controlam cerca de 50% das perdas por erosão em solos da classe II de capacidade de uso. Em classes mais altas, também são usadas; mas, em associação com outras práticas conservacionistas, tais como terraceamento ou faixas de retenção.

C.2 - Plantio em nível

O plantio em nível é feito em terrenos preparado em nível, de acordo com as recomendações apresentadas no item anterior.

O plantio de culturas anuais é feito semeando-se paralelamente às linhas niveladas básicas. A desvantagem desse sistema são as linhas mortas, cujos inconvenientes podem ser bem diminuídos pela disposição adequada dos carregadores.

Para a instalação de culturas perenes em nível, demarcam-se paralelas às niveladas básicas, as quais devem ter sido locadas de 15 em 15 m, utilizando-se uma corda ou uma régua de comprimento igual à distância entre linhas da cultura. Após o estaqueamento de cada paralela, deve-se suavizar a linha e riscar com o arado. Sobre os sulcos de arado, a partir dos carregadores transversais, marcam-se as covas com auxílio de uma régua, cujo comprimento seja igual à distância entre as plantas. Depois procede-se ao coveamento e ao plantio de acordo com o método usual.

C.3 - Faixas-de-retenção

São faixas de plantas perenes e de crescimento denso, plantadas sobre as niveladas básicas.

Esta prática reduz a velocidade da água e retém o solo. Geralmente, usam-se faixas duplas ou triplas de plantas, tais como: cana-de-açúcar, erva cidreira, gramíneas de porte alto, etc.

As plantas usadas para faixas-de-retenção podem ser periodicamente cortadas, de preferência para aproveitamento lucrativo. Devem ser plantadas sobre as niveladas básicas em faixas de 2 a 3 m de largura.

O espaçamento das niveladas pode ser encontrado nas Tabelas ou calculado pela fórmula de Bentley. Um critério que tem demonstrado boa eficiência é o seguinte:

D (%)	(*)	
	Culturas pouco densas	Culturas densas
5	20	25
10	15	20
15	10	18
20	9	15
25	8	15
30	6,5	12

(*) Distâncias em metros

O grande inconveniente das faixas-de-retenção é a área relativamente grande que ocupam.

As faixas-de-retenção podem ser usadas com largura variável para evitar ruas mortas. Nesse caso, são denominadas faixas-de-retenção amortecedoras.

As faixa-de-retenção têm uma eficiência muito grande, chegam a reduzir as perdas de solo a um décimo, sendo comparáveis ao terraceamento, apresentando a vantagem de serem muito mais baratas. Em condições de relevo muito declivoso podem ser associadas ao terraceamento. Neste caso, aumentam a eficiência dos terraços e auxiliam a estabilização dos diques principalmente quando o solo é pouco coeso.

C.4 - Terraceamento

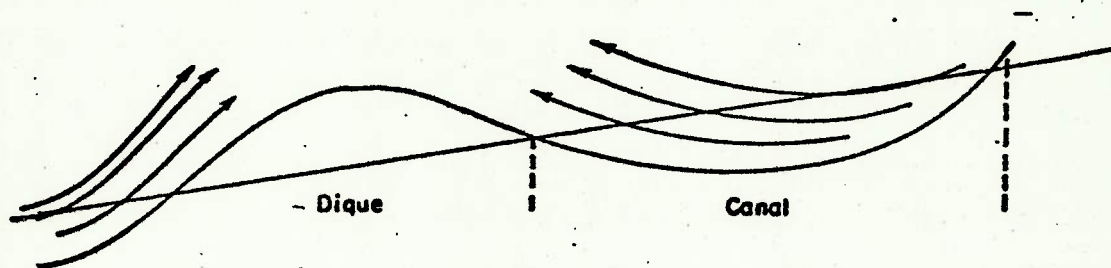
Terraços são construções de terra constituídas de um canal e de um dique. Sua finalidade é subdividir os declives para diminuir a velocidade da água e conseqüentemente, as perdas de solo.

Em terrenos permeáveis, os canais são construídos em nível para facilitar a infiltração da água. Em terrenos pouco permeáveis, ou onde a intensidade da chuva é muito alta os canais são construídos com gradiente para conduzir o excesso de água para fora da área. Nesse caso, há necessidade de construções complementares, denominadas canais es-coadouros.

Os terraços, quanto ao sistema de serem construídos, podem ser do tipo Mangum, do tipo Nichols, patamar contínuo e patamar descontínuo.

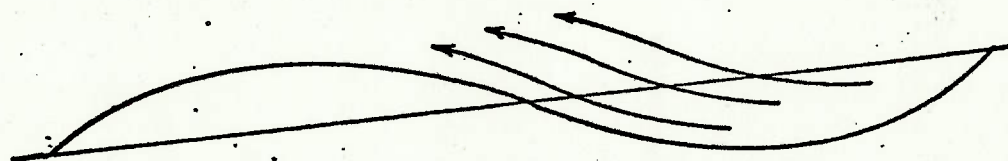
O tipo Mangum pode ser construído com equipamento fixo. É construído sobre as niveladas básicas suavizadas, de

acordo com o esquema seguinte:



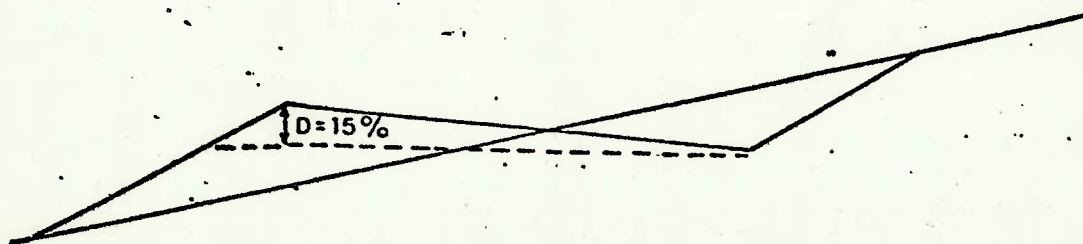
É próprio para ser construído em nível.

O tipo Nichols requer equipamento reversível. É construído sobre as niveladas básicas em nível ou com gradiente. Pode ser construído de acordo com o esquema apresentado a seguir:



Os terraços patamar, mais do que uma prática de controle da erosão, são uma adaptação de solos, sujeitos a declives muito fortes, a condições de poderem ser cultivados. São construções dispendiosas que só são justificáveis para culturas de alta rentabilidade.

Os terraços patamar devem ter a seguinte secção:



Os terraços patamar podem ter largura variável e desenvolver-se continuamente em nível ou com gradiente, ou podem ser descontínuos; isto é, serem construídos em partes su

ficientes para conter uma planta ou uma cova. Neste último caso, são denominados banquetas individuais.

D - Planejamento de um sistema de terraços

Um sistema de terraços só é justificável quando o controle eficiente da erosão não pode ser conseguido por meio de práticas vegetativas que são, sempre, muito menos dispendiosas.

Depois de considerar os fatores que influem sobre o tipo, dimensões e construções complementares, pode-se calcular a distância entre terraços e passar-se à instalação do sistema.

As informações mais importantes são as seguintes: natureza do solo (principalmente textura; permeabilidade e erodibilidade); escoadouros naturais e local para construção dos escoadouros artificiais; acúmulo de água nos terrenos a montante, ou em estradas e carreadores; declividade e comprimento do declive; regime pluviométrico da região; tipo de altura que se pretende plantar.

A declividade deve ser determinada sempre na linha de maior declive do terreno. Quando a diferença de declividade entre dois segmentos do declive é menor do que 2%, pode-se utilizar a declividade média e quando for maior do que 2%, deve-se calcular outra distância para os terraços. O primeiro terraço, de cima para baixo, deve ser marcado sempre com a metade da distância calculada.

Quando se dispõem de aparelhos que permitam marcar, apenas a distância horizontal, deve-se marcar a distância entre os terraços, também, na linha de maior declive do terreno.

D.1 - Localização e dimensões dos canais escoadouros

Todo sistema de terraços com gradiente exige a construção prévia de canais escoadouros, quando não existam escoadouros naturais, tais como: cursos d'água, grotas ou depressões suficientemente largas e pouco profundas, devidamente protegidas com vegetação.

No caso de não se dispor de escoadouros naturais, deve-se construir escoadouros artificiais pelo menos um ano antes da instalação do sistema de terraços com gradiente.

Enquanto que os terraços em nível podem ter comprimento indefinido, os terraços com gradiente podem ter, no máximo 500 m de comprimento, ou um comprimento máximo absoluto de 600 m .

Quando o terraço tiver um gradiente constante, a declividade do canal pode ser de 0,25% e quando o gradiente for progressivo, deve ter um acréscimo de 0,10% / 100 m. Nesse caso, pode-se adotar o seguinte critério:

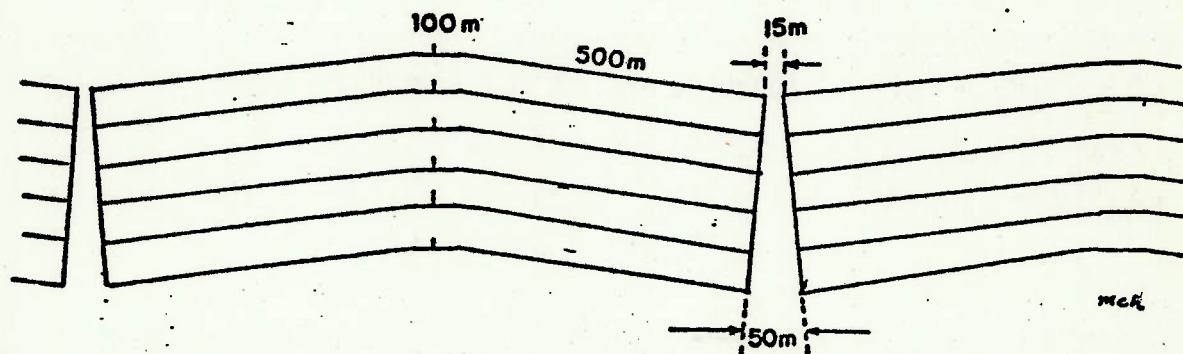
Comprimento (m)	Gradiente (%)
0 - 100	em nível
100 - 200	0,10
200 - 300	0,20
300 - 400	0,30
400 - 500	0,40
500 - 600	0,50

Deve-se levar em conta que o fator que mais influencia o insucesso de um sistema de terraços com gradiente é o comprimento. Por isso, uma declividade máxima de 0,50% não deve nunca ser ultrapassada.

Os canais escoadouros devem ter seção transversal parabólica e terem uma profundidade de, no máximo, 0,30 m. A largura dos canais escoadouros pode ser calculada ou determinada na seguinte tabela:

Número de terraços	largura (m)
1	15
2	15 + 9 = 24
3	24 + 9 = 33
4	33 + 9 = 42

O inconveniente dos canais escoadouros é óbvio. A disposição mais adequada dos canais escoadouros deve ser a seguinte:



Os canais escadourados devem ter um declive controlado para evitar a erosão do próprio canal. O critério mais adotado é o seguinte:

Tipo de canal	Declividade (%)
sem vegetação	3
vegetado	3 - 6
vegetado com obstáculos	6 - 12

Quando a declividade for maior do que 12%, deve-se procurar outro traçado.

D.2 - Dimensões dos terraços

As dimensões do canal dos terraços podem ser calculado ou pode-se adotar as dimensões preconizadas pela Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, que são as seguintes:

Declividade (%)	Canal		Largura total do terraço (m)
	Profundidade (m)	Largura (m)	
3	0,40 - 0,60	5 - 7	10 - 12
5	0,40 - 0,60	4 - 6	8 - 10
12	0,40 - 0,60	2 - 4	4 - 8

Deve-se notar que a secção transversal do canal deve ser de, aproximadamente, 1 m^2 . A capacidade do terraço deve ser verificada antes que se dê a obra por terminada.

D.3 - Ajustamento das niveladas básicas

Para evitar que os canais apresentem sinuosidades muito acentuadas, pode-se ajustar lateralmente as niveladas básicas. Mesmo em terrenos de topografia suave deve-se proceder ao ajuste das niveladas básicas. O ajuste lateral depende da declividade do terreno e do tipo de canal. Os ajustes laterais adequados para cada tipo de canal e para diferentes declividades estão apresentados a seguir:

D (%)	Tolerância (m)		
	Canais de irrigação (25 mm)	Canais de terraços (50 mm)	Canais de condução (100 mm)
1	2,50	5,00	10,00
2	1,25	2,50	5,00
3	0,83	1,67	3,33
4	0,62	1,25	2,50
5	0,50	1,00	2,00
6	0,42	0,83	1,67

D.4 - Sistemas de terraços paralelos

Mesmo nos terrenos de declividade relativamente uniforme, há uma grande variação na distância horizontal entre os terraços. Isto acarreta o aparecimento de linhas mortas que acarretam dificuldades no tráfego de máquinas.

Em alguns casos, consegue-se evitar esses inconvenientes construindo-se um sistema de terraços paralelos. Este sistema é muito complicado e caro. Pode-se conseguir traçar um sistema de terraços paralelos com auxílio de trabalhos de terraplanagem e forçando, de acordo com os limites convencionais de ajustamentos laterais, a posição das linhas niveladas, em detrimento do gradiente correto, ou aumentando as dimensões do canal.

O processo emprega o método das tentativas. Numa planta altimétrica, traçam-se corretamente as linhas niveladas básicas. A $2/3$ da distância correta traçam-se linhas paralelas à primeira nivelada, até que encontrem uma das linhas niveladas básicas. Deve-se verificar o comprimento e a declividade dessas linhas.

A partir do ponto de encontro, passam-se a tirar paralelas desta linha nivelada básica.

Se o terreno permitir a aplicação do método, o resultado será a obtenção de vários grupos de terraços paralelos. As áreas entre os grupos de terraços pode ser ocupada por uma faixa-amortecedora constituída por espécies perenes.

O planejamento dos sistemas de terraços paralelos é complexo; mas, os resultados podem ser compensadores. Deve-se levar em conta, no entanto, que uma prática de controle da erosão pode ser uma grande aliada da erosão, quando não for planejada e instalada adequadamente.

8 - CONTROLE DA EROSÃO EM TERRAS NÃO UTILIZADAS PARA AGRICULTURA

Este capítulo pretende abordar a erosão e os métodos para o seu controle em áreas sob florestas, pastagens, estradas, carreadores e margens de cursos d'água.

8.1 - Erosão em Florestas

O problema da erosão em solos sob florestas, geralmente, é menos grave do que em solos cultivados com culturas perenes ou anuais.

A cobertura morta e a cobertura vegetal de porte arbustivo ou rasteiro, que se estabelece sob a floresta, quase sempre, protege o solo. Entretanto, não é a floresta, em si, que condiciona a boa proteção do solo; pois, as gotas que caem das copas das árvores podem estar animadas de uma energia cinética maior do que a das gotas da chuva natural, principalmente, sob climas tropicais. Por essa razão, mesmo sob vegetação florestal, a cobertura do solo é de grande importância.

Proteção mecânica, geralmente, não é necessária para solos sob florestas; mas, as plantações comerciais podem requerer alguns cuidados na época do plantio e na época do corte.

As práticas mecânicas recomendadas são as trincheiras em nível ou os sulcos em nível. Em declives de 40 a 75% são usadas as trincheiras em nível com septos transversais, mais baixos do que as bordas das trincheiras, espaçados de 15 em 15 m. Em declives ao redor de 30% usam-se sulcos de arado em nível com septos.

As estradas e carreadores das florestas apresentam problemas de erosão porque devem ser de baixo custo. A época da construção das estradas é muito importante. Parece que a melhor época é a do desbaste, uma vez que já estarão vegetadas na época do corte. A localização das estradas com declives suaves ou o encorajamento da vegetação, quando o declive for de 3 a 6%, são práticas eficientes. O terraceamento longitudinal do leito e a construção de drenos simples, auxiliam o controle da erosão nas estradas.

O bom manejo das florestas ajuda muito o controle da erosão, uma vez que aumenta a densidade de cobertura do solo. As adubações, calagem, replantio, poda e desbaste não devem ser menosprezadas.

Florestas compostas de mais de uma espécie, que permitissem cortes seletivos são convenientes do ponto de vista da conservação do solo; embora possam ser menos econômicas.

A invasão da floresta por arbustos e vegetação rasteira, muitas vezes não é do agrado do silvicultor, mas constitui uma boa proteção para o solo.

8.2 - Erosão em Pastagens

Um solo sob pastagem bem manejada, quando pertence a uma classe de capacidade de uso compatível com essa atividade, está perfeitamente protegido contra a erosão. Mas os solos utilizados para pastagem porque são muito pobres, inférteis, pedregosos ou áridos e que foram deixados para pastagem por não serem próprios para nenhum uso mais intensivo, podem estar sujeitos à erosão. Mesmo nesse caso, parece que

o manejo adequado é a melhor prática, porque melhorando a cobertura vegetal, automaticamente, diminui a erosão.

As boas pastagens nunca necessitam de práticas mecânicas e as pastagens pobres apresentam rendimentos baixos que, economicamente, não justificam práticas caras de controle da erosão. As únicas práticas que podem ser aplicadas, nesse caso, são as que, reduzindo a enxurrada, facilitam a infiltração. Essas práticas são os sulcos em nível, distantes de alguns metros uns dos outros. Os sulcos são semelhantes aos usados para florestas; embora, com dimensões menores.

Uma outra técnica muito eficiente é a divergência e espalhamento da água dos sulcos de erosão em áreas suficientemente amplas para permitir a infiltração.

A rotação das pastagens, a distribuição dos bebedouros e dos cochos e a pressão uniforme de pastoreio podem ser obtidos com cercas localizadas corretamente.

O controle do fogo não significa sua exclusão total, podendo ser utilizado criteriosamente. O descanso periódico das pastagens para permitir a produção de sementes, introdução de espécies mais produtivas e resistentes, assim como fertilizações e correções são as medidas adequadas para manter ou melhorar a qualidade das pastagens e controlar a erosão.

8.3 - Erosão em Estradas

O problema das estradas e carreadores fica surpreendentemente evidente quando se analisam as causas de erosão que poderiam ser evitadas por um simples traçado mais adequado.

Nas regiões que vêm sendo explotadas há muito tempo, o traçado das estradas depende das benfeitorias e dos limites das áreas. Por essa razão, é mais fácil locar as estradas corretamente em áreas novas. O uso de fotografias aéreas auxilia muito a tarefa. A primeira regra para locar as estradas é utilizar os divisores d'água e a segunda posição mais vantajosa são os declives suaves, acompanhando aproximadamente as linhas de nível, onde a drenagem pode ser feita por canais abertos, em apenas um dos lados.

Os gradientes de 1 a 5%, também, não apresentam dificuldades para o tráfego, mas o controle da erosão nos drenos laterais pode apresentar problemas. Um traçado com de-

clive de mais de 5%, geralmente, pode ser substituído por um traçado em zig-zag ou pela combinação de segmentos em declive e segmentos com gradiente suave.

O uso do terraceamento do leito, o abaulamento com sargetas do ladoa montante, os boeiros ou drenos abertos e os sangradouros são de fundamental importância para a conservação da estrada e para controlar a erosão no leito da estrada.

A estabilização dos barrancos depende da drenagem. Canais divergentes devem ser construídos nos cortes a montante, a alguns metros da estrada.

A drenagem da face cortada, também, é importante. Quando for necessário um muro de arrimo, este deve apresentar orifícios de drenagem e ter por trás, pedras que facilitem a drenagem lateral da água.

Quando for possível vegetar os barrancos, pode-se obter uma boa estabilização.

8.4 - Erosão nas Margens dos Cursos d'Água

A erosão nas margens dos cursos d'água, geralmente, atingem uma área insignificante. Entretanto, pode ameaçar estradas, pontes e outras construções, acarretando prejuízos muito grandes. Por outro lado, as margens são uma fonte de sedimentos que vão diretamente poluir o curso d'água.

Quando o nível das águas de um curso d'água sofre variações muito grandes há necessidade de uma proteção ao longo de todo o seu curso. Nos pequenos cursos d'água, a causa de erosão é o solapamento dos barrancos, especialmente, do lado centrífugo dos meandros.

Outros locais muito vulneráveis à erosão são os pontos de descarga de concentrações d'água que se formam em consequência de drenos. O risco de erosão aumenta quando as culturas se estendem até as margens dos cursos d'água. Dever-se-ia manter a vegetação natural numa faixa de, no mínimo 30 m, a contar do ponto máximo alcançado pelas águas.

As práticas de controle da erosão das margens dos cursos d'água podem ser de dois tipos: controle do fluxo do curso d'água e proteção das margens.

a - Controle do fluxo no curso d'água

O controle do fluxo pode ser feito por deflexão da corrente ou por retardamento da sua velocidade para diminuir a sua capacidade erosiva. A diminuição da velocidade pode resultar na deposição de sedimentos que poderá ajudar a proteger os pontos mais vulneráveis das margens.

A deflexão da corrente pode ser conseguida com obstáculos, partindo das margens em ângulo na direção da corrente. Estes obstáculos podem ser construídos de madeira ou sacos de tela metálica contendo pedras. Os obstáculos rígidos, como os de concreto, têm que ser muito bem ancorados nas margens e no leito dos cursos d'água, sendo mais sujeitos a danificações.

Além do controle do fluxo, é necessária a proteção das margens contra o deflúvio e contra a ação erosiva do curso d'água. A proteção contra o deflúvio pode ser conseguida suavizando-se os barrancos e implantando uma vegetação densa, constituída por gramíneas e arbustos.

A proteção contra a erosão causada pelo curso d'água pode ser conseguida por troncos presos entre si, de maneira a formarem uma esteira, sobre o barranco suavizado.

Essa proteção deve prolongar-se até abaixo da linha d'água. Nesse caso, podem ser utilizados, também, sacos de malha metálica contendo pedras (gabiões).

Não se deve esquecer que a dragagem periódica dos cursos d'água podem evitar enchentes e conseqüentemente, muitos danos às margens. A dragagem é uma medida para remediar uma situação de fato; entretanto, o ideal seria manter os cursos d'água livres de sedimentos, por meio de um controle eficiente da erosão em toda a bacia hidrográfica.

8.5 - Controle da Erosão em Áreas Erodidas

Algumas áreas estão condenadas a serem desprovidas de vegetação e estarem sujeitas à erosão, sendo impraticável a sua restauração por motivos econômicos. Entretanto, existem áreas erodidas em consequência do mau uso e ao manejo inade-

quado. Estas últimas, merecem um tratamento de restauração.

A escassa cobertura vegetal expõe o solo a uma erosão intensa, a qual torna o solo mais raso, mais seco e mais pobre. A restauração dessas áreas deve começar pela identificação de todas as fases do ciclo para se poder planejar, adequadamente, a forma de se proceder à sua ruptura.

Se o problema fundamental é a disponibilidade de água, a instalação de práticas que facilitem a infiltração da água, tais como: escarificações e sub-solagem, devem ser usadas. No caso de declividade muito acentuada, as práticas de seccionamento dos declives devem ser aplicadas.

Quando o fator que limita a vegetação é a baixa fertilidade ou um balanço inadequado de nutrientes, as correções e fertilizações podem restaurar progressivamente o solo. Um último caso pode ser lembrado: muitas vezes uma espécie não se desenvolve satisfatoriamente num determinado ambiente e em consequência, a erosão se estabelece de forma muito intensa. Nesse caso, a solução seria introduzir espécies mais compatíveis com o meio.

O problema de uma área pode ser, no entanto, causado por características do solo ou condições especiais de relevo. Um exemplo do que pode ocorrer em condições, especiais, são as Voçorocas.

As voçorocas se apresentam como grandes canais que, além de prejudicarem extensas áreas, chegam a ameaçar construções rurais e urbanas.

O primeiro passo no controle das voçorocas é identificar a sua causa, que pode ser: erosão subterrânea ou crescimento de sulcos.

No primeiro caso, o isolamento da área, o plantio de florestas e a suavização e proteção dos barrancos e do leito são as medidas mais adequadas.

No segundo caso, o isolamento da área, a divergência do deflúvio, a suavização e vegetação dos barrancos e a construção de obstáculos no leito são as práticas utilizadas para a estabilização das voçorocas.

De qualquer modo, o processo de recuperação das áreas erodidas é muito dispendioso e demorado, embora não apresente nenhum problema técnico. Por razões econômicas, é mui-

to mais conveniente usarem-se medidas preventivas do que medidas de recuperação. As medidas preventivas são o uso e o manejo adequado do solo.

9 - CONTROLE DA POLUIÇÃO AGRÍCOLA

Poluição é a concentração de qualquer substância ou material em local indesejável.

Sob o ponto de vista da conservação do solo, o problema da poluição fica restrito aos sedimentos, aos nutrientes vegetais e à contaminação do deflúvio e do lençol freático por agrotóxicos.

9.1 - Poluição com Sedimentos

Em termos de volume, as partículas de solo constituem o maior poluente das águas; embora outras formas de poluição sejam muito mais difíceis de corrigir.

Os problemas causados pelos sedimentos referem-se ao custo do tratamento das águas poluídas para torná-las próprias para uso doméstico, industrial ou agrícola. Entretanto, causa outros problemas menos evidentes, tais como: aumento da turbidez da água, aumento do desgaste das bombas e dos sistemas de distribuição e diminuição da capacidade das represas.

A deposição de sedimentos em cursos d'água e em reservatórios diminui sua capacidade, obrigando a dragagens periódicas ou ao levantamento da altura das barragens.

O sedimento que se acumula sobre outros solos, também, causa problemas. A diminuição da infiltração e a formação de uma camada superficial infértil são as consequências mais comuns.

9.1.1 - Sedimentação em reservatórios

Nem todo o material erodido se torna sedimento em reservatórios ou cursos d'água. Parte desse material fica retido nos sistemas de controle da erosão e pela vegetação ou em depressões. Do material que alcança os cursos d'água e re

servatórios, somente uma parte aã se deposita, sendo o restante transportado. Este fato pode ser representado matematicamente da seguinte forma:

$$S = E \times R \times B ,$$

onde:

S = peso de material sedimentado no reservatório;

E = peso de material erodido;

R = razão de transporte;

B = razão de transmissão de material do reservatório.

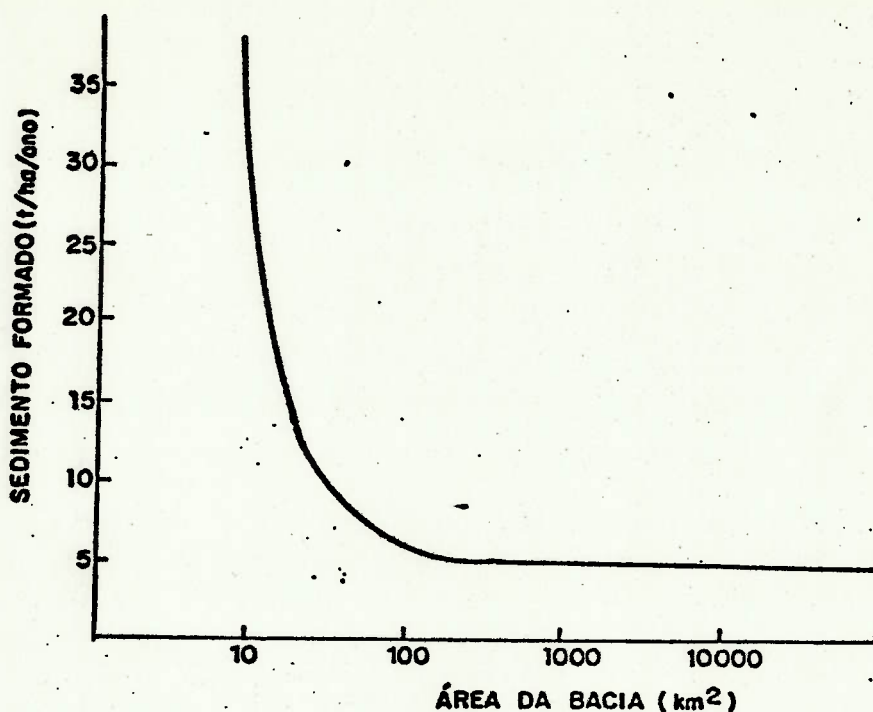
9.1.2 - Fatores que influem sobre a quantidade de sedimentos

A erosão laminar transporta mais material do que qualquer outra forma de erosão. Esta afirmação é geral e provavelmente, existam locais onde outras formas de erosão sejam predominantes.

Em regiões onde se concentra a atividade humana relacionada com construções, as perdas de terra são muito grandes. A quantidade de perdas depende do manejo e das práticas conservacionistas, cujo efeito chega a suplantam o efeito da erodibilidade do solo.

Considerando-se grandes bacias de captação, a erodibilidade e a erosividade são os fatores mais importantes.

Hã uma relação, que deve ser usada com cautela, entre tamanho da bacia de captação e sedimento produzido por ha/ano. Esta relação está representada na Figura a seguir.



A quantidade de sedimento formado depende também do clima, ou mais precisamente, da erosividade do agente de erosão, da erodibilidade do solo e da sua utilização.

9.1.2 - Controle da Sedimentação

O melhor controle da sedimentação é a prevenção da erosão. Entretanto, quando for necessário, pode-se construir pequenas barragens ou bacias ao longo do curso d'água, a montante da barragem principal.

Existe um método que exige o perfeito conhecimento do regime do curso d'água e que pode ser aplicado quando a barragem dispõe de recurso para controlar o nível da água. Este método se baseia no seguinte: a concentração máxima de sedimento num curso d'água ocorre um pouco antes da cheia máxima. Assim, é possível escolher o momento ideal para fechar as comportas e encher a represa.

O esvaziamento basal da represa seria a solução mais prática; entretanto, este processo não tem dado provas de sua eficiência. Tem sido usado o sifonamento do lodo por cima da barragem, cujos resultados parecem satisfatórios.

O esvaziamento por dragagem só é viável quando o sedimento é constituído por cascalho ou areia; quando é lodoso, este método é impraticável. Nesse caso, seria mais fácil elevar a altura da barragem.

9.2 - Poluição Química por Nutrientes Vegetais

A poluição química por fertilizantes apresenta um aspecto diferente da poluição por resíduos industriais. Enquanto o agricultor deseja reter os fertilizantes na área em que foram aplicados, o industrial está tentando se ver livre dos resíduos da forma mais prática.

O aspecto mais importante da poluição com nutrientes vegetais é a perda de fertilidade dos solos. A importância da contaminação da água depende do uso para o qual vai ser utilizada. Se for utilizada para irrigação, a presença de Nitrogênio e de Fosfatos pode representar vantagem, entretanto se a água for utilizada para indústria, sua qualidade estará comprometida, uma vez que a remoção de fosfatos, assim como a de nitratos e cloretos, é sempre muito dispendiosa.

O problema mais sério da contaminação com nutrientes vegetais é o efeito sobre o equilíbrio biológico nos cursos d'água e reservatórios. Os reservatórios jovens são, geralmente, oligotróficos e naturalmente, tendem a se tornarem mesotróficos e eutróficos.

O termo eutrificação significa a aceleração do processo normal de aumento de nutrientes num reservatório.

Quando os reservatórios se tornam eutróficos, há uma proliferação de algas e o surgimento de problemas, tais como: entupimento de filtros e diminuição de oxigênio que afeta a vida aquática.

Os elementos que causam os maiores problemas são: nitrogênio e fósforo, os quais podem provir de diversas fontes, principalmente, das terras agrícolas.

Estudos mostram que os esgotos tratados contribuem com $\pm 15\%$ do total de elementos químicos que atingem os reservatórios; contribuindo com 88% do fosfato e de 75% de nitrogênio, sendo que o restante procede do deflúvio formado em terras agrícolas.

O material transportado pela erosão, geralmente, contém porcentagens maiores de nutrientes do que o solo remanescente. Isto ocorre porque a parte superficial do solo é mais rica e porque a fração fina, que adsorve os nutrientes, é mais facilmente transportada.

Teoricamente, é possível ajustar-se a aplicação de fertilizantes de forma que não haja excesso para formar poluição. Praticamente, no entanto, sempre haverá perda; embora, contra a vontade do agricultor.

A solução prática é controlar o deflúvio, o transporte de partículas do solo e a percolação excessiva de água.

9.3 - Poluição Química por Agrotóxicos

Neste caso, o maior problema é, também, a poluição da água, cuja descontaminação é cara e nem sempre satisfatória, remanescendo gosto, odor e perigo para a saúde.

Todos os agrotóxicos são usados por causa de sua ação destrutiva sobre organismos específicos; mas, é frequente afetarem também, outros seres vivos.

Uma característica da poluição com agrotóxicos é a concentração dos princípios ativos através das cadeias alimentares. Um exemplo ilustrativo é o seguinte:

Local	ppm DDT
lago	0,015
plancton	5
pequenos peixes	10
grandes peixes	100
aves predadoras	1.600 - concentração fatal

O agrotóxico não é, em geral, solúvel. Seu transporte se dá por suspensão; adsorvido às argilas. O transporte em suspensão é responsável pelo dobro da quantidade que é transportada em solução.

Outra característica é a sua permanência no solo. Alguns experimentos têm revelado que, depois de 20 anos, ainda, resta cerca de 40% do agrotóxico que fora aplicado.

As principais fontes de poluição dessa natureza são os herbicidas, fungicidas e inseticidas.

Quando se escolhe um agrotóxico, vários pontos devem ser considerados: custo, eficiência e perigo para o operador.

Do ponto de vista da poluição, deve-se considerar a persistência ou velocidade de decomposição do princípio ativo. Quanto mais persistente, maior será seu efeito poluente; enquanto que os facilmente destrutíveis têm menos oportunidade de constituírem um problema sério.

9.3.1 - Controle da poluição por agrotóxicos

O controle da poluição por agrotóxicos, geralmente, é feito diretamente pela legislação, acordos com os fabricantes e recomendações aos usuários.

Juntamente com as restrições de uso, o controle da erosão ajuda o controle da poluição pelos agrotóxicos. Entretanto, alguns poluentes são transportados em solução; dessa forma, são pouco afetados pelo controle da erosão.

Quando a poluição estiver associada com o transporte de partículas finas do solo, o problema é mais sério; mas neste caso, o controle da erosão controla, também a poluição.

10 - PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO

Nos últimos trinta anos têm sido desenvolvidas muitas pesquisas, em muitos países, para experimentar, sob cada combinação especial de fatores locais, quais são as práticas conservacionistas mais adequadas e quais são as alternativas que podem ser oferecidas ao agricultor. Os resultados de muitas dessas pesquisas podem ser aplicados em outras regiões, desde que os valores de fatores locais sejam comparados com os da região em que a pesquisa foi desenvolvida.

10.1 - Objetivo e Desenvolvimento da Pesquisa

O objetivo deve ser muito bem definido antes que se inicie qualquer programa de pesquisa. O estudo da bibliografia ajuda a se fixarem as hipóteses, a se escolher o método de trabalhos e a estratégia de ação para se atingir diretamente o objetivo.

Os dados a serem obtidos devem ser bem definidos de v_endo-se evitar um grande acúmulo de dados acessórios, que, muitas vezes, consomem muito tempo e diluem os resultados.

As conclusões devem ser precisas e satisfazer, apenas, às hipóteses estabelecidas no início do trabalho.

Um projeto de pesquisa deve seguir o mesmo desenvolvimento de um planejamento qualquer: definição do objetivo, coleta de informações, obtenção dos dados, obtenção dos resultados, discussão dos resultados e conclusões.

A precisão dos dados não deve ser maior do que a necessária para mostrar qual das alternativas é a melhor, ou quais as variações significativas a que está sujeito determinado fator que influi sobre as perdas de solo, transporte ou sedimentação. Sempre que for necessário e possível, deve-se aplicar estatística na análise dos dados, principalmente, quando se tratar de um experimento complexo.

10.2 - Tipos de Pesquisas sobre Conservação do Solo

As pesquisas sobre conservação do solo podem ser classificadas em: a) Estudos de reconhecimento ; b) Experimentos de campo com chuva natural ; c) Experimentos de campo com simuladores-de-chuva.

10.2.1 - Estudos de reconhecimento

Os estudos de reconhecimento, tais como: erosão em voçoroca, em estradas e erosão causada pelo super-pastoreio ; permitem precisão muito menor do que os experimentos. Esses estudos permitem uma mensuração do nível do solo que, comparados com as medidas de peso de terra coletada em recipientes especiais, como se faz nos experimentos, são uma estimativa muito grosseira. Se essas variações forem medidas em mm, corresponderia a uma precisão de 15 t/ha, ou cerca de 1.500 vezes menor do que as medidas de perda de peso, feitas com aproximação de 10 kg.

10.2.2 - Medidas do nível do solo

Usam-se em estudos de reconhecimento, para medir as perdas que ocorrem, em grande quantidade, em pequenas áreas. Vários métodos podem ser usados. Um dos mais simples, é utilizar hastes metálicas, de mais ou menos uns 30 cm, fincadas no solo. A medida, desde o nível original até o nível atual do solo, permite que se avaliem as perdas.

Quando ocorrem perdas e deposições, as variações de nível podem ser medidas colocando-se uma argola em torno das hastes metálicas.

Em pastagens, as hastes podem interferir com a movimentação do gado. Por isso, usam-se estacas de concreto, ao nível do solo, espaçados de 2 m. Uma barra de metal, que pode acentar sobre dois suportes adjacentes, fornece boas referências a respeito do nível original do solo e suas variações podem ser facilmente medidas, embora com pouca precisão.

10.2.3 - Medidas das voçorocas

O melhor método para se estudar quantitativamente o processo de erosão que leva à formação de voçoroca é estabelecer uma malha de pontos, em cujos nós se colocam hastes metálicas. Os dados, referentes às perdas, são obtidos medindo-se, periodicamente, a distância entre o nível original e atual do solo, assim como as variações em largura e comprimento.

O auxílio de fotografias, também, é muito valioso. No caso de grandes voçorocas, a localização e o estudo de sua evolução podem ser feitos por fotointerpretação, acompanhada de observações de campo.

10.2.4 - Experimentos de campo

Os primeiros experimentos feitos no Brasil para se medir a quantidade de perda de solo e de água, sob várias condições, foram realizados pelo Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo.

Os experimentos podem ser classificados de acordo com o tamanho dos canteiros em que são conduzidos, uma vez

que esta característica reflita a finalidade e a natureza dos dados a serem obtidos.

Os canteiros menores são de 1 a 2 m², sendo utilizados para investigações preliminares, em que o número de dados é mais importante do que a precisão.

Para experimentos de perda de solo e de água utilizam-se canteiros longos e estreitos. Um tamanho padrão é 2 x 25 m (0,005 ha). Canteiros maiores exigem fracionadores da enxurrada, porque não é prático trabalhar com todo o volume que produzem.

Esses canteiros servem para experimentos de rotação de cultura, quando os cultivos são manuais.

Quando as operações simulam as feitas em condições usuais, os canteiros devem ter, pelo menos, 0,02 ha. Esses canteiros exigem sistemas complicados de parcelamento da enxurrada, que os tornam caros de operação complexa.

Quando o comprimento do declive é uma das variáveis a serem estudadas, o delineamento do experimento é que irá determinar o comprimento dos canteiros.

Para qualquer outro caso, existem duas alternativas: adotar um comprimento arbitrário, como 25 m, ou adotar um comprimento igual à distância das práticas de controle da erosão. Em qualquer caso, os resultados podem ser reduzidos às condições padrão de declive e comprimento de rampa pela fórmula adequada.

Os canteiros devem ser limitados por camalhões, folhas de metal, ou paredes de tijolos para evitar que a enxurrada do terreno adjacente os invada. Quando se tem que aplicar tratamentos que envolvem tráfego de tratores, pelo menos, um dos protetores laterais deve ser removível.

Na parte inferior do canteiro, a enxurrada é coletada numa canaleta e conduzida aos divisores e aos tanques armazenadores.

Quando se pretende estudar o coeficiente de enxurrada numa bacia hidrográfica deve ser instalado um divisor mecânico de enxurrada e também, um limnógrafo.

Tendo-se coletado nos tanques armazenadores uma alíquota da mistura de solo e água perdida do canteiro, procede-se à avaliação da quantidade de água e de solo.

Faz-se o volume da enxurrada igual ao volume da mistura água mais solo. A medida do peso de solo é mais difícil. O método mais fácil é tomar um volume da mistura e determinar sua densidade. Conhecendo-se o peso específico das partículas é possível avaliar a concentração da mistura. Outro método mais preciso, consiste em flocular as partículas de solo, sifonar o sobrenadante e determinar o peso seco do material sedimentado.

A Figura 9, apresenta o esquema de um canteiro coletor e dos respectivos tanques armazenadores, o que facilita a compreensão dos métodos de avaliação de perdas de solo e de água.

10.2.4 - Simuladores-de-chuva

Os experimentos de campo dependem da chuva natural que é imprevisível. O uso de simuladores-de-chuva tem duas vantagens: acelera a obtenção de dados e permite o controle de uma importante variável que influi sobre as perdas de solo que é a chuva.

Existem vários modelos de simuladores-de-chuva, todos muito eficientes, sendo cada um deles mais adequado para um tipo de pesquisa.

Os primeiros simuladores funcionavam sem pressão. A água gotejava de pontas de barbante ligados a um cano perfurado suspenso a uma altura conveniente. Havia possibilidade de se controlar a intensidade da chuva e também, até certo ponto, sua energia cinética. Foram muito usados em estudos de laboratório, nos anos 40.

Mais tarde, foram construídos aparelhos grandes para pesquisas de campo e posteriormente, foram usados bicos especiais que permitem o controle do tamanho das gotas.

A desvantagem desse tipo de simulador é que há necessidade uma altura muito grande para as gotas alcançarem a velocidade terminal.

Os simuladores que utilizam pressão evitam esse inconveniente.

Existem simuladores desse tipo que abrangem área de 4 m de largura por 25 m de comprimento, próprias para experimentos que imitam as condições naturais de manejo do solo. Para experimentos em pequenos canteiros, aparelhos menores e mais baratos podem ser usados. Este é o caso do infiltrômetro de BERTRAND e PARR (1961), que a E. S. A. "Luiz de Queiroz" dispõe para desenvolver trabalhos em parcelas de 1 x 1,5 m, cujo esquema está apresentado na Figura 10.

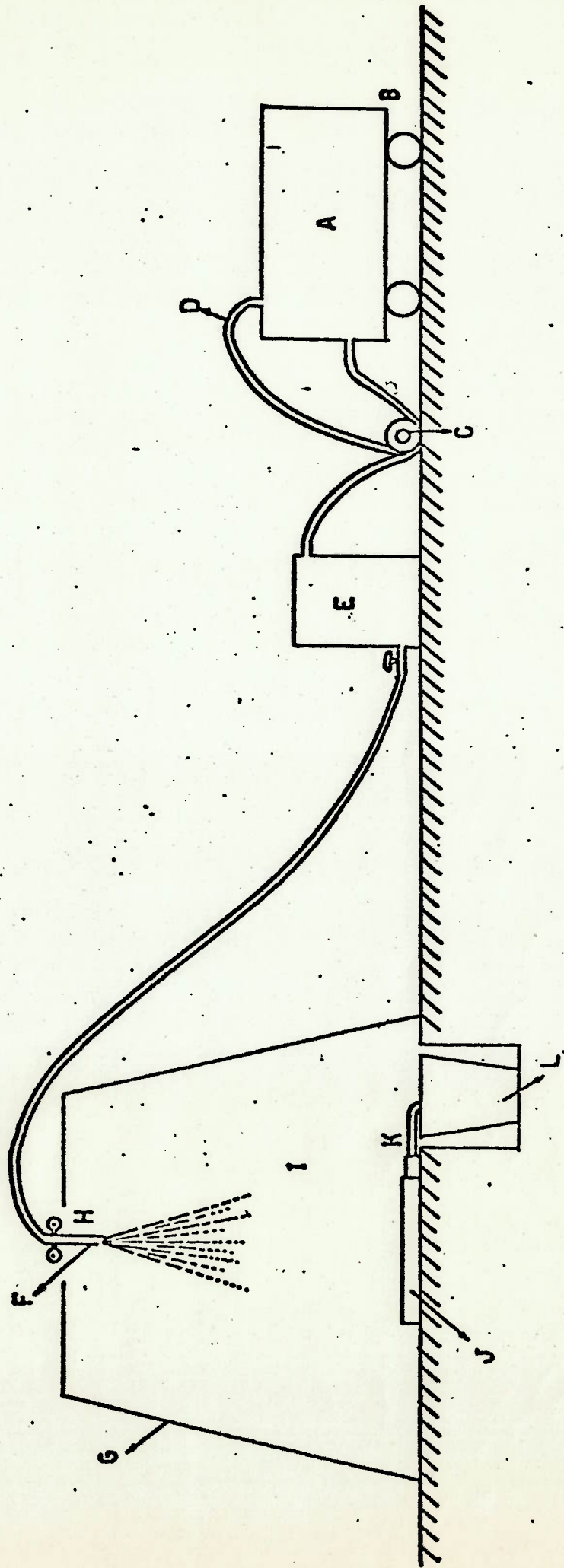


Figura 10 - Simulador-de-chuva usado na E. S. A. "Luz de Queiroz"

11 - BIBLIOGRAFIA

- ASSIS, A. F. F. *et alii*, 1978. Conservação do Solo e da Água. Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo. Agri. Engin., (39)8: 458-462.
- BARROWS, H. L. e V. J. KILMER, 1963. Plant Nutriente Losses from Soils by Water Erosion. Advances in Agronomy, 15: 303-316.
- BENNETT, H. H., 1939. Soil Conservation. McGraw-Hill. New York.
- BERTONI, J. *et alii*, 1975. Equação de Perdas de Solo. Seção de Conservação do Solo. I.A.E.S.P. Campinas, Boletim Técnico nº 21.
- BERTONI, J. *et alii*, 1975. Metodologia para a Determinação de Perdas por Erosão. I.A.E.S.P. Campinas, Circular nº 44.
- CUSKELLY, S. L., 1969. Erosion Control Problems and Practices on National Forest Lands. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers., (12)1: 69-70 85.
- DURBACH, S., 1964. Some Simple Methods of Gully Control. Rhodesian Agricultural Journal, (61)2: 31-37.
- EDWARDS, C. A., 1970. Persistent Pesticides in the Environment. Butterwarths, London.
- FIPPIN, E. O., 1945. Plant Nutrient Losses in Silt and Water in the Tennessee River System. Soil Science, 60: 223-39.
- FOSTER, A. B., 1964. Approved Practices in Soil Conservation. Third Edition. The Interstate Printers & Publishers, Inc. Danvilla.

- FREIRE, O. e J. E. S. PESSOTTI, 1974. Erodibilidade dos Solos do Estado de São Paulo. Anais da E. S. A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba, SP.
- FREIRE, O. e J. E. S. PESSOTTI. Erodibilidade dos Solos de Piracicaba. Rev. Agr., Piracicaba, SP. (em impressão).
- FREIRE, O. e J. VASQUES FILHO, Tolerância de Perdas para os Solos de Piracicaba. Rev. Agr. Piracicaba, SP. (em impressão).
- FREIRE, O. e J. C. SILVA. Fator Chuva para Aplicação na Equação Universal de Perdas de Solo em Piracicaba. Rev. Agr., Piracicaba, SP. (em impressão).
- FREIRE, O. e J. R. C. SILVA. Produção de Sedimentos em Uma Pequena Bacia Hidrográfica Localizada na E. S. A. "Luiz de Queiroz". Rev. Agr., Piracicaba, SP. (em impressão).
- GALETI, P. A., 1971. Conservação do Solo. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. Vol. V. IMPRES.
- HAAN, C. T., 1971. Movement of Pesticides by Run-off and Erosion. Agricultural Engineering, 52: 1-25.
- HUDSON, N. W., 1957. Erosion Control Research. Rhodesia Agricultural Journal, 54: 297-323.
- KLINGEBIEL, A. A. e P. H. MONTGOMERY, 1961. Land Capability Classification. Agricultural Handbook, 210: U.S.D.A. Soil Conservation Service.
- LEPSCH, F. I., 1976. Solos, Formação e Conservação. Editora da Universidade de São Paulo.
- LOMBARDI NETO e J. BERTONI, 1976. Tolerância de Perdas de Terra para Solos do Estado de São Paulo. Seção de Conservação do Solo. I.A.E.S.P., Campinas, Boletim Técnico nº 28.

- MCCARTY, P. L., 1967. Sources of Nitrogen and Phosphorus in Water Supplies. Report of Task Group 2610 P. Journal of American Water Works Association, 59: 344-366.
- MOLDENHAVER, W. C. *et alii*. The Influence of Crop Management on Run-off, Erosion and Soil Properties of a Marshall Silty Clay Loam. Proceedings of the Soil Science Society of America, 31: 541-546. 1967.
- MUDS, S., 1964. The Population Crisis and the Use of World Resources. Junk, The Hague.
- MUSGRAVE, G. W., 1947. The Quantitative Evaluation of Factors in Water Erosion. A First Approximation. Jour. Soil and Water Conserv., 2: 133-138.
- OWENS, M. e G. WOOD, 1968. Some Aspects of the Eutrophication of Water. Water Research, 2: 151.
- RAMSER, C. E., 1927. Run-off from Small Agricultural Areas. Journal of Agricultural Research, 34: 797-823.
- RENNER, F. G. e B. S. ALLRED, 1962. Classifying Rangeland for Conservation. Agricultural Handbook, 235: U.S.D.A. Soil Conservation Service.
- SAWYER, C. N., 1947. Fertilization of Lakes by Agricultural and Urban Drainage. New England Water Works Association LXI, 2: 109-127.
- SCHWAB, G. O. *et alii*. 1966. Soil and Water Conservation Engineering (2nd Edition). Wiley, New York.
- SEESTROM, W. R., 1966. Highway Routes in Undeveloped Areas. Photogrammetric Engineering, 32: 121-125.
- SMITH, H. G., 1971. Conservation of Natural Resources. Fourth Edition. John Wiley and Sons, Inc. New York.

- STALLINGS, J. H., 1957. Soil Conservation. Prentice-Hall, New Jersey.
- TURNER, A. K., 1963. The Control of Roadside Erosion. Overseas Bull., 17:, Road Research Laboratory.
- WISCHMEIER, W. D. ; D. D. SMITH e R. E. UHLAND, 1958. Evaluation of Factors in the Soil - Loss Equation. Agri. Engin., 39: 458-462.

