

REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA

Ano XXIII

OUTUBRO-DEZEMBRO DE 1961

N.º 4

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA EROSÃO NO BRASIL E SEU CONTRÔLE *

WALTER A. G. BRAUN

Eng.º agrônomo

I — INTRODUÇÃO

De conformidade com a regulamentação que rege o “Prêmio Enes de Sousa”, ficou estabelecido, para a elaboração dos trabalhos a serem apresentados pelos engenheiros agrônomos que a êle concorrem, o seguinte tema: “Defesa dos Recursos Naturais do País”.

Dada a ampla significação dêste tema, uma vez que abrange todos os recursos naturais do país, pelo menos os renováveis, como os recursos naturais da flora, da fauna, do solo, da hidrografia etc., o que requereria um prazo de tempo demasiadamente longo para uma pesquisa cuidadosa sobre o assunto e não poderia ser sintetizado em poucas linhas, e ainda, dado o grande volume de bibliografia científica ou não científica sobre o assunto em geral, ou sobre cada um de seus itens especificamente, teve o candidato que limitar-se à escolha de apenas um dêsses itens como assunto de seu trabalho, recaindo então esta escolha sobre a defesa do recurso natural do solo em seu mais importante aspecto que é a defesa contra a erosão.

Escolhendo êste item como assunto de seu trabalho, crê o autor ter realmente satisfeito os requisitos do tema estabelecido. Isto porque, o solo é o mais importante recurso natural que possuímos e no dizer de QUINTILIANO DE A. MARQUES (19), conservando o solo, estaremos indiretamente conservando os demais recursos naturais renováveis como a flora, a fauna, a hidrografia, etc.

Por outro lado, torna-se ainda mais importante a defesa do recurso natural do solo se considerarmos que “é o Brasil a última grande reserva de terra agricultável do mundo ocidental e isto torna o seu aproveitamento um problema de projeção mundial” (6).

Dêste modo, de acordo com o assunto escolhido, são apresentados neste trabalho os graves aspectos de que se reveste o fenômeno da erosão hídrica no Brasil e as principais razões que facilitam a sua ação, bem como, são também aqui estudados os processos de controle à erosão hídrica e problemas referentes à conservação de solos no país.

* Trabalho premiado no concurso “Enes de Sousa”, instituído pela Sociedade Nacional de Agricultura.

A maior atenção dada, pelo autor, aos problemas da erosão nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, decorre do fato de ser nesses dois primeiros estados, e principalmente no primeiro, que tem sido feito e publicado maior número de estudos sobre a erosão, como também é onde o problema de conservação do solo se apresenta de maneira mais imperiosa; e quanto ao terceiro deles, cabe, também a maior atenção que lhe é dada, ao fato de ter o autor algumas observações próprias sobre a agricultura neste estado, bem como, informações fornecidas por alguns membros da turma que procedeu ao levantamento de solos para a confecção da carta de solos do estado do Rio.

* * *

II — O NOMADISMO NA AGRICULTURA BRASILEIRA

As características nômades da agricultura brasileira encontram como principal causa, entre outras, que também concorrem para lhe conferir êste aspecto, a queda de fertilidade do solo que se produz em virtude dos meios primitivos com que se procedem as operações agrícolas.

A não utilização das práticas racionais na agricultura conduz sempre a um decréscimo na fertilidade das terras, que se processa em maior ou menor número de anos conforme as condições do solo, a topografia, o clima e as culturas que lhes são impostas.

O uso da foice, o fogo e a enxada, são práticas secularmente usadas no Brasil e que, segundo dados estatísticos, persistem ainda em uma maioria esmagadora sobre os métodos e instrumentos modernos de cultivo do solo.

O alheamento ou desconhecimento das normas de conservação do solo trazem em consequência a necessidade de se procurar constantemente novas terras que venham substituir aquelas, cujo solo, empobrecido pelas culturas e pela erosão, já não é mais capaz de produzir colheitas economicamente compensadoras.

RÔMULO CAVINA (6), analisando os sistemas agrícolas do Brasil, refere-se à “pequena lavoura”, de maneira generalizada, relacionando-a a dois sistemas: o de rotação de terras e o de rotação de culturas. Mais adiante, diz o seguinte, quando se refere ao primeiro sistema: “Verificada a diminuição das colheitas, o solo demonstrando esgotamento, o agricultor deixa a área e queima outra. É a agricultura nômade, é a *shifting cultivation*, da qual se conhecem sinais nas regiões tropicais e até em zonas temperadas, principalmente nas montanhas, de transporte difícil e mercado distante”.

A rotação de culturas se faz combinada com a criação de gado. Neste caso a agricultura é mais evoluída, pois os campos são arados e adubados. Assim as adubações com estêrco mantêm em parte a fertilidade do solo e a agricultura se estabiliza. Porém, as práticas de controle à erosão e demais normas conservacionistas não são ainda empregadas.

Sôbre as grandes lavouras refere-se ainda o autor citado, da seguinte maneira: "São em geral monoculturas de plantas arbóreas e por isso não é possível a rotação. Provoca o esgotamento de grandes áreas de solos virgens e a contínua procura de novas terras florestadas, o que lhe dá caráter migratório".

Vê-se portanto mais uma vez confirmada a quase inexistência das práticas conservacionistas na agricultura brasileira, e esta que ocupa em sua maior parte terrenos declivosos, encontra como principal causa de seu declínio a queda da fertilidade do solo que tem na erosão um de seus mais importantes indutores.

Esta mobilidade de agricultura brasileira urge ser sustada, pois traz em conseqüência a perda da melhor parte das terras do país, localizadas perto dos grandes centros consumidores e cuja recuperação irá requerer o emprêgo de práticas dispendiosas e de lucro não imediato; por outro lado, acarreta os desflorestamentos contínuos que abalam as suas reservas florestais.

III — CONSIDERAÇÕES SÔBRE A EROÇÃO

Ressaltada que foi, no capítulo anterior, a importância da erosão, no desgaste e depauperamento de nossos solos, necessárias se tornam algumas considerações sôbre as suas causas, seus diferentes tipos de ocorrência e os seus efeitos.

a) — *Causas da erosão.*

A erosão tem como causa fundamental, a ação da água em suas diferentes modalidades de ocorrência sôbre a terra, e do vento sôbre o solo.

AYRES (2) chega mesmo a dizer que se poderia considerar que sem solo, água e vento não haveria erosão.

A água, de acôrdo com a sua forma de ocorrência, quer seja sob forma líquida, no caso principal das chuvas e secundariamente para o nosso estudo, no caso das águas fluviais ou marítimas, quer seja sob forma de gelo, determina tipos de erosão de intensidade e formas diversas.

A chuva ao cair sôbre a superfície desprotegida do solo, penetra pelos seus poros livres. Se porém, a permeabilidade do solo é pequena, a velocidade de infiltração diminui, e então, em face de uma precipitação intensa a água, não tendo tempo para se infiltrar, começa a correr pela encosta, quando o terreno é declivoso, arrastando consigo materiais constituintes do solo, erodindo-o assim.

A erosão pela neve se processa de dois modos: ou pelo deslizamento de blocos de neve sôbre a superfície do solo, ou pela ação das águas provenientes do degêlo; tendo estas então, ação semelhante à dos deflúvios. Esta erosão praticamente não ocorre em nosso país.

A ação do vento se faz sentir nas regiões onde êle alcança grandes velocidades, sendo capaz dêste modo, de arrancar e transportar às vêzes

a longas distâncias, as partículas menores como as argilas, o silte e a areia fina, de determinados tipos de solo cujas características de estrutura e textura os tornam sujeitos à erosão eólica.

Esta erosão é muito pouco estudada no Brasil e de pequena importância quando comparada com a erosão pela água.

b) — *Classificação das modalidades de erosão.*

Fazem os autores menção a duas classes de erosão: a erosão geológica ou natural e a erosão acelerada. A primeira é lenta e contínua e persistirá sempre, sem que o homem possa dominá-la. Esta erosão geológica é responsável pelas modificações que o relevo terrestre apresenta naturalmente e que se processam no decorrer de períodos de tempo imensamente dilatados.

Exemplos dessa classe de erosão, tem-se no entalhamento do Grand Canyon pelo rio Colorado, no fenômeno tão conhecido das terras caídas do rio Amazonas e ainda muitos outros fenômenos de natureza eólica ou glacial.

A erosão acelerada é ao contrário um processo rápido, influenciado pelo homem e que em pouco tempo provoca às vezes profundas modificações do relevo. Esse processo, acelerado pelo homem, apresenta diversas formas ou tipos de ocorrência, condicionados estes, a diversos fatores que serão tratados mais adiante.

Na classificação desses tipos de erosão do solo, pode-se considerar a classificação clássica citada por WANDERBILT (3).

- 1) Erosão em lençol ou laminar
- 2) Erosão em deslizamento
- 3) Erosão em queda
- 4) Erosão em cavões ou voçorocas.

1.º) *Erosão em lençol ou laminar* — este tipo de erosão se caracteriza pela perda de solo por camadas uniformes; ela se processa em terrenos de declive uniforme sem depressões que possam canalizar a água.

A época em que se processa mais essa erosão é principalmente na ocasião das sementeiras quando o solo está desprotegido e quando justamente se iniciam as precipitações.

Este tipo de erosão é o mais desastroso, pois a retirada de solo de um modo uniforme, torna-se difícil de ser percebida pelo fazendeiro, que só consegue observar os seus efeitos, traduzidos no decréscimo de suas colheitas. Este tipo de erosão é fácil de ser reconhecido nas culturas de milho, feitas nas encostas de elevações de declive regular que são freqüentes nos estados do Rio de Janeiro e em Minas Gerais. Aí o milho, cultivado quando a curva das precipitações começa a subir, deixa o terreno desprotegido pelas capinas e sujeito à ação das chuvas cujas águas arrastam consigo uma fina e uniforme camada de solo.

2.º) *Erosão por deslizamento* — ocorre pela ação da água que desce pelos declives de terra, deixando nêles rasgões, e arrastando a terra junto.

3.º) *Erosão em queda* — desenvolve-se êste tipo de erosão quando a água do deflúvio, formando uma pequena correnteza, encontra uma queda do terreno; ela então corrói a parte inferior desta queda e a banqueta formada cai em seguida, sendo arrastada pela água. Segundo GUSTAFSON (16), êste tipo de erosão se não é controlado no início pode conduzir à formação de voçorocas de consideráveis dimensões.

4.º) *Erosão em cavões ou voçorocas* — êste tipo de erosão é o mais aterrador pelo aspecto destruidor que apresenta, sendo por isto o mais facilmente perceptível. Ele começa por qualquer pequena depressão do terreno, como por exemplo, os sulcos entre as linhas de uma cultura mal orientada, as depressões causadas pelos animais nas pastagens, ou depressões naturais do terreno, para onde afluem as águas resultantes do deflúvio e que em função de seu volume e velocidade possuem grande força erosiva. Nestas condições, a ação da água provoca grandes perdas de solo nessas depressões, que vão aumentando consideravelmente suas dimensões, indo assim constituir os cavões ou voçorocas. Êste tipo de erosão atinge às vezes tão graves proporções, que pode tornar um terreno inteiramente imprestável para qualquer finalidade agrícola. As fotos anexas mostram exemplos dêsse tipo de erosão.

É interessante citar aqui ainda dois tipos de erosão freqüentemente tratados em livros americanos. São êles: a *rill erosion* que é a erosão em pequenas valetas e a *finger gullyng* que pode ser traduzida como erosão em valetas convergentes.

O primeiro tipo ocorre, segundo BENNETT (4), quando a água ao descer uma encosta de forma e declive regular, se concentra em pequenas correntezas, aumentando dêsse modo a sua capacidade de arrancar partículas do solo. Pela ação desta forma do deflúvio dá-se a formação de canalículos bem definidos que constituem então a *rill erosion*. Êstes canais tomam às vezes disposições quase ortogonais ao declive em virtude de características de textura do solo.

O segundo tipo, ou *finger gullyng*, considerado por AYRES (2), diferencia-se dêste primeiro, apenas pelas disposições dos canalículos, que neste caso, são todos convergentes, como se fôsem os dedos de u'a mão. Isto se dá em terrenos que apresentam ligeira concavidade para onde convergem os canalículos formados pelo deflúvio.

O *finger gullyng* é considerado por AYRES como sendo um estágio entre a erosão em lençol e a erosão em voçorocas; pois a reunião dêsses canais produz grande volume de deflúvio, aumentando em consequência a sua força erosiva e formando-se assim uma voçoroca no entroncamento dos mesmos.

Há ainda um tipo de erosão, que é considerado por alguns autores como erosão vertical e por outros como erosão por gravidade. Esta erosão

se dá em virtude da percolação da água infiltrada, através do perfil do solo. Segundo WANDERBILT (3), esta erosão que se processa principalmente em solos tropicais, não é mais que a lixiviação da matéria orgânica e elementos minerais para as camadas inferiores do perfil.

c) — *Fatores que influem na erosão.*

Analisando a erosão acelerada, BAVER¹ resume os diferentes fatores que influem nesse processo através da seguinte equação descritiva:

$$E = f(Cl, R, S, V, H)$$

Em que E significa erosão acelerada, Cl clima, R relêvo, S solo, V vegetação e H homem.

Não considerando o fator homem na equação acima, ter-se-á a equação correspondente à erosão natural ou geológica. Portanto, é o homem o fator mais importante do processo erosivo acelerado. Ele age sobre os demais fatores modificando-os mais ou menos intensamente conforme a ação exercida.

Os diferentes fatores que compõem a equação da erosão acelerada podem ser analisados dentro dos seguintes itens.

- 1) Clima
- 2) Topografia
- 3) Variáveis físicas do solo
- 4) Influência do homem.

1) *Clima* — Como as características climáticas das diferentes regiões determinam o tipo de vegetação que as recobrem, a vegetação como agente que influi na erosão pode ser classificada dentro do grupo de fatores climáticos.

Dos fatores climáticos o mais importante é sem dúvida a precipitação. Em outros países, o vento apresenta também grande importância como agente de erosão; no Brasil, entretanto, é de importância incomparavelmente menor que as chuvas.

A principal influência da precipitação no processo erosivo não é considerada apenas pela quantidade anual de chuva, mas principalmente pela distribuição das chuvas durante o ano.

Assim nas regiões de precipitação abundante e regularmente distribuída há geralmente a formação de solos profundos e permeáveis que resistem bem à erosão. Nestes solos desenvolvem-se florestas exuberantes que os protegem totalmente do impacto das chuvas e retêm facilmente os deflúvios. Tais regiões em nosso país ocorrem principalmente no norte, compreendendo grande parte da região amazônica.

Nas regiões em que as chuvas são mal distribuídas, havendo um período seco, como acontece nas regiões subtropicais onde se encontra a maior parte da área cultivada do Brasil, é bastante desastrosa a ação das chuvas da primavera e do verão que encontram geralmente o solo desprotegido pelos cultivos e provocam bastante erosão.

¹ Citado por CASTRO (8).

No Nordeste do Brasil, no polígono das sêcas, onde as chuvas são esporádicas e o solo quase desprotegido de vegetação, o impacto das chuvas torrenciais retira grande quantidade de solo que é transportada para os rios por deflúvios arrasadores.

A cobertura vegetal é de primordial importância na determinação do grau de erosão a que um solo está sujeito.

Os diferentes tipos de vegetação que recobrem o solo: floresta, mata, cerrado, campo etc., têm influências diversas no comportamento do solo em face da ação erosiva da água ou do vento.

Um solo florestado praticamente não apresenta erosão; mesmo sob os mais terríveis aguaceiros, as águas dos rios, que em geral atravessam as regiões florestadas, embora se tornem mais caudalosas, apresentam-se claras, exceção feita a certos rios cujas margens são erodidas mais intensamente pela erosão geológica ou natural.

A água das chuvas encontra a primeira barreira na copa das árvores, caindo assim com menos força sobre o solo onde uma parte se infiltra facilmente devido às boas características físicas que lhe confere a grande quantidade de matéria orgânica em decomposição, folhas e musgos que cobrem a superfície dos solos das florestas.

À proporção que vai decrescendo a intensidade da vegetação, os terrenos se vão tornando mais sujeitos à erosão, já que menor proteção contra o impacto das chuvas e menos empecilhos ao deflúvio eles apresentam.

Assim nos campos naturais, de acordo com as gramíneas e ervas que os compõem e com a capacidade de cobertura do solo que elas apresentam, varia o grau de erosão a que o terreno está sujeito.

Já nas regiões áridas e semi-áridas, o tipo de vegetação oferecendo uma insuficiente cobertura do solo, torna-o sujeito a avançados graus de erosão.

Segue-se abaixo um quadro, extraído de uma recente publicação da FAO (10), em que se relacionam os diferentes tipos de climas, as vegetações correspondentes e a erosão do solo, na América Latina:

CLIMA	VEGETAÇÃO	EROSÃO DO SOLO
Superúmido	Florestas de muita umidade	Ligeiras ou moderadas perdas de terra e algumas profundas — voçorocas em terrenos instáveis
Úmido	Florestas	Erosão moderada ou severa em terrenos inclinados onde há culturas em linhas
Subúmido	Gramíneas altas	De nenhuma a moderada erosão nas terras mais planas, de moderada a severa erosão em terrenos declivosos, nos climas mais quentes.
Semi-árido	Gramíneas pequenas	De nenhuma a moderada erosão em terrenos planos nas regiões mais frias, moderada a severa erosão sobre as áreas extensas
Árido (misturado com semi-árido)	Plantas de deserto, principalmente arbustos xerófitos e cactos	Moderada e severa — muita erosão geológica, acelerada pela pastagem

2) *Topografia* — No grupo dos fatores topográficos, há a considerar principalmente: declividade dos terrenos, as formas dos mesmos, a regularidade e a extensão do declive.

A declividade tem influência decisiva na intensidade da erosão.

No caso da erosão hídrica, o terreno quanto mais declivoso tanto mais facilmente erodível se torna; ao passo que na erosão eólica quanto mais plano, mais este tipo de erosão se faz sentir.

Quanto à erosão hídrica, o crescimento da declividade aumenta a tal ponto o seu grau, que hoje em dia, de acordo com as normas de conservação do solo, constitui para certos terrenos fator limitante da agricultura, a qual só poderia ser feita nesses casos com o emprego de difíceis e trabalhosas práticas de controle à erosão.

DULEY e HAYS², em experiências feitas em estufas e no campo, observaram que, o *run-off* aumenta rapidamente entre 0 e 3% de declive e, daí por diante, o seu aumento é relativamente suave para cada 1% de crescimento do mesmo. As perdas de solo crescem moderadamente até um gradiente de 4%, até 7 ou 8%, o crescimento é mais rápido e daí para cima continua crescendo ainda mais rapidamente.

O aumento de declividade acarreta como consequência o aumento de velocidade do *run-off* e com este cresce também a sua capacidade erosiva, sendo assim retirados do solo maior número de partículas e materiais mais grosseiros que a argila e o silte. Se porém, diminui a velocidade do *run-off* com a amenização do declive, haverá como consequência a deposição de uma parte das partículas carregadas, começando pelas de maior diâmetro.

A forma das encostas influi principalmente no tipo de erosão que se processará. Numa encosta de forma plana ou levemente convexa tenderá, de modo geral, a se processar erosão em lençol; já em encosta com a superfície côncava, a erosão, que terá início a princípio, poderá evoluir para a erosão em voçorocas devido à convergência das águas para a parte mais baixa do terreno.

Geralmente, formam-se pequenos canais que se reúnem numa parte mais baixa do terreno, constituindo a *finger gullying*, em cujo entroncamento aparecerá quase sempre uma voçoroca.

A regularidade da encosta tem também a sua influência na intensidade da erosão, principalmente pelo tipo de erosão que poderá determinar.

Geralmente, a erosão em voçorocas inicia-se devido a pequenas irregularidades da superfície de um terreno declivoso, principalmente pequenas depressões, ou buracos que pela ação do deflúvio vão aumentando suas proporções.

A extensão da declividade influi na quantidade de água que corre pela superfície do solo com as precipitações e influi ainda, na velocidade

² Citado por AYRES.

que é atingida pelo deflúvio, sendo assim um fator que condiciona grandemente a intensidade da erosão .

3) *Variáveis físicas do solo* — estas variáveis consideradas por alguns autores em estudos sobre a erodibilidade dos solos são: a profundidade, a textura, a permeabilidade e a estrutura.

A profundidade do solo tem grande influência no processamento da infiltração. Nos solos pouco profundos, embora a infiltração se possa conduzir bem, de acôrdo com a permeabilidade do solo considerado, ela encontra uma barreira intransponível na rocha matriz que ocorre a pequena profundidade e que sendo impermeável fará com que a água se acumule no perfil, saturando-o rapidamente. O *run-off* que se formará em consequência, terá assim facilitado o seu trabalho erosivo.

Quanto à textura, há solos que a possuem mais ou menos uniforme em todo o seu perfil, e então, quando tiverem também boa permeabilidade e forem regularmente profundos, não se dará tão facilmente a saturação, mesmo em face de precipitações intensas, sendo portanto, solos menos sujeitos à erosão.

Há solos entretanto, que apresentam uma variação às vêzes, muito intensa de textura nas diferentes camadas de seus perfis. Isto acarreta diferenças nas velocidades de infiltração a diversas profundidades, o que poderá torná-los facilmente erodíveis. Assim é o caso de solos que possuem um horizonte A de textura relativamente aberta e o subsolo bastante impermeável. Estes solos, semelhantemente àqueles de pouca profundidade, sob determinadas precipitações, ficam com o horizonte A rapidamente saturado e o deflúvio que se forma desce pela encosta com desastrosos resultados.

Segundo J. de la RUBIA e F. BLASCO (30), a permeabilidade é um fator importante no processo erosivo, e qualquer decréscimo dela acarreta um conseqüente aumento do *run-off* formado. Uma permeabilidade muito grande, tem entretanto, efeito prejudicial, pois causa percolação excessiva provocando assim a erosão vertical, que é a lixiviação das partículas menores do solo para as camadas inferiores.

A estrutura do solo, de acôrdo com o grau de estabilidade que possui, isto é, a maior ou menor facilidade de formar agregados estáveis, tem importante influência no grau da erodibilidade de um determinado solo. Isto depende da quantidade de argila, humo e outros elementos coloidais do solo. A água atua sobre este complexo coloidal produzindo maior ou menor floculação do mesmo e conseqüente formação de agregados que definem sua estrutura. Deve-se considerar também na formação dessa estrutura, a presença de uma parte semidispersa que atua como material de sustentação da parte aglutinada, como é o caso do silte.

Verifica-se facilmente a importância do silte na estrutura do solo, se considerar-se que no equilíbrio: colóides-silte-água = agregados, removendo-se o silte, haverá uma diminuição no tamanho dos agregados,

de tal modo, que o solo adquirirá propriedades indesejáveis de porosidade, permeabilidade, etc.

A força erosiva da água sobre um solo, depende de sua capacidade de arrancar as partículas deste solo e carregá-las em suspensão. E a resistência que o solo oferece a essa força erosiva é função do estado de agregação em que se acham os seus componentes, ou seja, a maior ou menor estabilidade de seus agregados, o que se traduz pela resistência que eles oferecem aos agentes de dispersão.

Baseando-se nesses quatro elementos constituintes dos agregados do solo, têm sido feitas diversas tentativas de se estabelecer fórmulas que permitam estimar os graus de erodibilidade, que apresentam os diferentes tipos de solo, quando consideradas apenas essas variáveis do solo, sem atentar-se portanto, para os demais fatores que influem na erosão.

H. E. MIDDLETON³, procurando relacionar os dados de análises de laboratório, de diversos tipos de solo, e os seus diferentes comportamentos no campo, em face da erosão pela água, verificou que apenas três dos dados de laboratório apresentavam correlação com o grau de erosão desses solos.

Estes dados foram: 1) razão de dispersão, que é a porcentagem de argila natural (dispersão em água), cujo valor diminuía à proporção que aumentava a resistência dos solos à erosão; 2) a relação colóide: equivalente de umidade que é a porcentagem de colóide total dividida pela umidade equivalente e cujo valor crescia juntamente com a resistência à erosão; 3) finalmente MIDDLETON considerou um terceiro fator, que é a razão de erosão, em cuja determinação relacionava os dois dados anteriores, isto é:

$$\text{Razão de erosão} = \frac{\text{razão de dispersão}}{\text{equivalente de umidade.}}$$

Relacionando este fator com o comportamento dos diferentes solos estudados, em face da erosão causada pela água, quando em condições de campo, verificou MIDDLETON que para cada tipo de solo, à proporção que o seu valor diminuía, a resistência à erosão aumentava.

GROHMANN e CATANI (15), em experiências feitas em São Paulo, com os três principais grupos de solos do estado: o arenito Bauru, o arqueano e a terra roxa, procuraram, também, correlacionar dados obtidos pela análise desses solos em laboratório, com os seus respectivos comportamentos, no campo, com respeito à erodibilidade.

Determinaram estes autores uma relação entre a porcentagem de limo + areia fina e a porcentagem de argila, obtendo assim um fator que chamaram de razão argila. O seu valor é tanto mais alto, quanto mais erodível é o solo.

³ Citado por AYRES.

Seguem-se no quadro abaixo, os resultados obtidos por êstes dois autores:

SOLO	Areia grossa (%)	Limo+Areia fina (%)	Argila (%)	Razão argila
Arenito Bauru.....	75	15	10	9
Arqueano.....	45	35	20	4
Terra roxa.....	8	60	32	2

Conforme se pode observar, segundo os valores obtidos para a razão argila, o arenito Bauru é, dos três solos, o que menor resistência oferece à erosão. O que de fato tem sido confirmado na prática.

J. de la RUBIA e F. BLASCO (30), fizeram estudos recentes em solos notavelmente erodíveis em que compararam três métodos usados para determinar o grau de estabilidade estrutural dos solos.

Os métodos comparados foram: o de TIULIN, que utiliza uma relação entre porcentagem de silte e capacidade de saturação, obtendo um valor a que chamou de "fator mecânico-coloidal", o qual determina a quantidade de agregados que podem ser formados por unidade de material de cimentação. A fórmula usada por TIULIN é a seguinte:

$$F.M. = \frac{\% \text{ silte}}{\text{capacidade de saturação}} \times 100$$

O método de Bouyoucos que consite em determinar-se a diferença entre o equivalente de umidade com água e o equivalente de umidade com um eletrólito para o solo estudado. O valor obtido representa a estabilidade estrutural do solo. Êste método é muito usado na Espanha, porém, freqüentemente dá valores negativos.

Finalmente, o método de ALLEN que relaciona a argila total e a argila natural e é dado pela fórmula abaixo:

$$\text{Fator de estrutura} = \frac{\text{Argila total} - \text{argila natural}}{\text{argila total}} \times 100$$

Em face desta análise comparatória, RUBIA e BLASCO, estabeleceram uma fórmula que acharam mais precisa e que é baseada na de TIULIN; porém, êles usam o equivalente de umidade em lugar da capacidade de saturação. A fórmula é a seguinte:

$$\text{Índice de estabilidade} = \frac{\text{Umidade equivalente}}{\% \text{ silte}} \times 100$$

Em seguida estabeleceram 5 classes de solos de acôrdo com os possíveis valores dados pela fórmula acima. Seguem-se abaixo as 5 classes estabelecidas:

<i>Estabilidade</i>	<i>Índice</i>
Muito boa (MB)	0 — 30
Boa (B)	31 — 60
Regular (R)	61 — 110
Má (M)	111 — 150
Muito má (MM)	

4.º) *Influência do homem* — esta influência se faz sentir sôbre os fatores considerados anteriormente, e é a principal responsável pela erosão acelerada.

A cobertura vegetal do solo e até mesmo o próprio clima, podem ser modificados pela ação do homem.

O clima que é o fator que mostra menos acentuadamente a ação do homem, sofre às vèzes sérias modificações, principalmente na umidade e precipitações. Essas modificações são introduzidas pelo homem em virtude dos desflorestamentos que produz na sua ânsia de buscar novas terras ou explorar as reservas florestais de maneira inconsciente.

Uma vez que modificações climáticas numa determinada região, são acarretadas principalmente pelas mudanças que se processam na cobertura vegetal de seus solos, conclui-se que a principal influência do homem nos fatores que concorrem para a erosão, se fêz sentir, principalmente, nas modificações fitofisionômicas que êle impõe às terras, como decorrência dos diferentes tipos de exploração agrícola.

A topografia do terreno é bastante influenciada pelo homem, quer nas zonas urbanas, quer nas zonas rurais.

As grandes operações de terraplenagem modificam, às vèzes, totalmente a topografia de certas áreas. A construção de estradas determina cortes nas encostas que expõem à erosão tanto a rampa cortada, quanto o atêrro, constituindo por isso, assunto importante, o contrôle da erosão na conservação das estradas. Na agricultura, porém, as modificações de relêvo já não são tão intensas e se traduzem principalmente, pela regularização da topografia das terras cultivadas, através das gradagens e arações, e modificações mais intensas quando se empregam os processos mecânicos de contrôle à erosão.

As propriedades físicas do solo principalmente com relação à estrutura sofrem sérias modificações, nas camadas superficiais, pela ação das arações, adubações e outras práticas agrícolas empregadas.

IV — EFEITOS DA EROSÃO NO BRASIL

Os efeitos da erosão são, por vèzes, catastróficos. Nos tratados sôbre êste assunto encontram-se numerosos exemplos disto. São freqüentes as citações de civilizações que tiveram a sua decadência condicionada à

queda da fertilidade de suas terras ocasionada, entre outros fatores, pela ação destruidora da erosão.

Aqui mesmo no Brasil, nota-se a estabilização do progresso de alguns municípios, cuja base econômica residia na agricultura, e que devido ao decréscimo de rendimento de suas terras, ocasionado pelo empobrecimento do solo, resultante de uma agricultura mal conduzida, regrediu a produção agrícola e reduziu-se a renda municipal.

O desflorestamento, o uso de práticas agrícolas desaconselhadas e a má localização das culturas, têm determinado para o país perdas irreparáveis do principal recurso natural renovável que é o solo.

O desflorestamento é o fator inicial para o depauperamento do solo. Muitas vezes o processo erosivo se inicia logo após o desflorestamento, porém, não chega a progredir muito porque a terra é abandonada após a derrubada, e como o manto de matéria orgânica que recobre o solo é grande e os restos da exploração da madeira são deixados no terreno, há ainda assim certa proteção quando as condições de declive não são muito acentuadas, permitindo então o restabelecimento da vegetação, que se dará quando as condições climáticas da região e as condições de solo o permitirem.

Se porém, o solo é deixado sem proteção e ainda submetido à queimada após a retirada da madeira, como é prática comum, então a perda de matéria orgânica e as perdas de solo pela erosão não permitirão mais a recomposição dessa mata.

Certas regiões cujas características de relevo do solo, da profundidade dêste e do clima, não permitiriam nunca o desflorestamento, se observadas as normas de conservação de solos, têm sido impiedosamente despidas da cobertura florestal para alimentação das indústrias, estradas de ferro e consumo doméstico de lenha e carvão.

Segundo GUIDO RANDO (29), o consumo de lenha só no estado de São Paulo, pelas estradas de ferro e indústrias, no período bélico de 1939-1945, elevou-se a 40 320 000 m³. Tomando-se um rendimento básico de 400 m³ por alqueire, a área devastada nesses 6 anos seria de 100 800 alqueires ou 243 936 hectares. Considerando-se ainda o consumo doméstico de lenha e carvão, poder-se-ia estimar a área devastada nesses 6 anos em São Paulo, em 300 000 hectares.

Essas áreas desflorestadas foram em grande parte agricultadas com algodão que é uma das culturas que mais perdas por erosão ocasiona no estado de São Paulo.

O desflorestamento tem continuado, de maneira assustadora, em todo o território nacional para alimentar as diferentes indústrias que utilizam as reservas florestais empregando-as como lenha, carvão, dormentes, madeira para construção e outras finalidades.

Para se ter uma idéia da progressão em que se encontra o desflorestamento no Brasil, basta considerar alguns dados do IBGE¹, que

¹ Estatística da Produção de Carvão Vegetal 1952/54, IBGE.

dizem respeito a dois tipos de exploração dos recursos naturais e ambos de relevada importância no processo de devastação das matas que se vem desenvolvendo continuamente.

Esses dados que são referentes à produção de carvão vegetal e à produção de dormentes no Brasil, são apresentados no quadro abaixo:

ANOS	Carvão (kg)	Dormentes (unidade)
1950.....	671 187 606	2 980 989
1951.....	701 434 925	2 984 439
1952.....	842 564 925	3 563 991
1953.....	732 982 880	3 643 880
1954.....	804 645 148	3 722 364

Nota-se assim pelos valores apresentados no quadro acima, um aumento de 133 457 542 kg. de carvão vegetal no período compreendido entre os anos de 1950 e 1954 e um aumento de 741 375 unidades de dormentes durante o mesmo período.

Estes dados traduzem bem a enorme devastação das matas, que tem sido ainda intensificada de ano para ano.

No estado do Rio, onde os recursos florestais já são bastante reduzidos e as florestas que restam, localizadas principalmente em zonas montanhosas como a serra do Mar, as derrubadas continuam de maneira inconsciente, para alimentar, entre outras, a indústria do carvão cuja produção, embora tenha decrescido nestes últimos anos, foi ainda de cerca de 39 451 toneladas em 1954.

Na fig. 1, vê-se uma área do estado do Rio do município de Angra dos Reis, junto à divisa com Bananal, São Paulo, onde as derrubadas, ao contrário do que comumente se vê, caminham do interior para o litoral. Estes terrenos intensamente declivosos, pertencem à serra do Mar e as características locais desaconselham totalmente a utilização dessas terras para qualquer outro fim que não seja o florestamento.

O solo é pouco profundo (litossolo) e as precipitações e a umidade atmosférica são bastante altas na região. Nestas condições, este solo quando desflorestado, embora possa recompor com relativa rapidez o revestimento florestal devido às condições climáticas favoráveis, torna-se facilmente erodível em face de sua pouca profundidade. A erosão que então se processa produz em alguns lugares, com relativa facilidade, o afloramento da rocha tornando às vezes impossível o reflorestamento nestas áreas.

Vê-se na fig. 1 a intensa derrubada que se vem processando nessas terras. Os terrenos menos declivosos são ainda aproveitados pela agricultura, porém, com o emprêgo de prát as condenadas que permitem a erosão; e esta que devido às condições ecológicas da região se processa

rapidamente, em breve irá acrescentar mais uma área, à já tão vasta área desaproveitada dêste estado.



Fig. 1 — Fotografia aérea de uma área na serra do Retiro, divisa de São Paulo com Rio de Janeiro, onde se distinguem: 1) Áreas em corte; 2) Áreas de vegetação baixa nos pontos mais altos, o que indica pouca profundidade do solo; 3) Áreas com os primeiros indícios de erosão; 4) Área agricultada.

(Foto da PROSPEC S.A.)

Após o desflorestamento provocado ou não pelo fazendeiro segue-se normalmente a agricultura, a qual é instalada logo após a eliminação dos restos de galhos que sujam o terreno, pela ação destruidora do fogo.

Vê-se portanto que já antes de iniciar o cultivo na nova terra, o agricultor provoca uma perda intensa de matéria orgânica e conduz um processo de acidificação do solo.



Fig. 2 — Terreno com declive acima de 30%, de rego e litossolos, em região de pluviosidade superior a 3 000 mm, recém-desflorestado e cultivado sem nenhuma proteção. Vale do Carambu, Petrópolis.

(Foto E. B. Braun)



Fig. 3 — Extremidade inferior do mesmo terreno acima, mostrando os primeiros efeitos da erosão, com a deposição de solo trazido pela enxurrada.

(Foto E. B. Braun)

Na Fig. 4, vê-se um terreno que foi desflorestado e queimado recentemente. Neste terreno de grande declividade será instalada, segundo informações obtidas, uma cultura de *Citrus*, que de acordo com o hábito dos citricultores da região, não receberá nenhuma prática de defesa contra a erosão.



Fig. 4 — A fotografia mostra uma área que foi recentemente submetida a uma queimada, após ter sido roçada. Nela será instalada uma cultura de *Citrus*. Note-se a grande declividade do terreno, que já requer práticas complexas de defesa contra a erosão.

(Foto E. B. Braun)

As culturas, que são então instaladas nesses terrenos, na maior parte declivosos e em muitos casos com declividades totalmente condenadas para qualquer prática agrícola, provocam diminuição constante da fertilidade pelo uso de métodos que favorecem o carreamento do solo pelas enxurradas.

Assim são feitas as lavouras no Brasil de modo geral.

Com exceção de alguns fazendeiros mais esclarecidos, que já adotam em parte alguns métodos de conservação, a maioria dos agricultores, principalmente do estado de Minas e Rio de Janeiro, orienta as linhas de suas culturas invariavelmente no sentido da declividade dos terrenos.

As culturas capinadas, como a do milho e do fumo acarretam graves perdas de solo pela erosão laminar que se processa com extrema facilidade, devido às condições em que são feitas essas culturas. Principalmente nos estados do Rio e de Minas Gerais, onde a topografia é intensamente acidentada e estas culturas são feitas em declividades que às vezes quase impedem as operações de cultivo, mesmo pela enxada, sendo suas linhas quase invariavelmente orientadas na direção do declive, a ação dos deflúvios formados com as precipitações e que descem com grande velocidade nestes declives intensos, provoca a perda da melhor parte desses solos, que é a camada superficial.

Ainda no estado do Rio, outra cultura que induz graves perdas de solo sob o efeito da erosão laminar, é a cultura de *Citrus* que é encontrada freqüentemente nos terrenos declivosos das elevações que afloram na baixada fluminense e em terrenos de intensas declividades em quase tôda a serra do Mendanha.

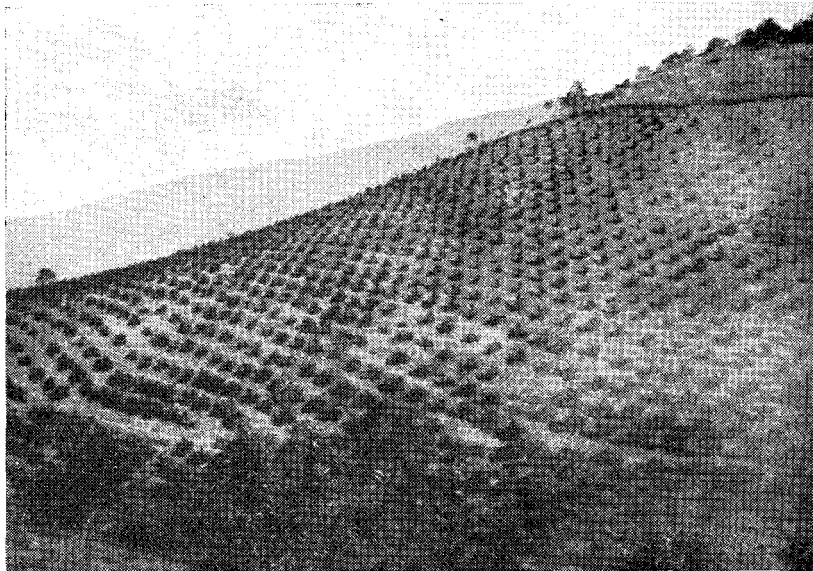


Fig. 5 — A foto é de um pomar ainda nôvo e que não tardará a sofrer a ação da erosão. A considerável declividade do terreno, a ausência de qualquer prática de defesa contra a erosão e as capinas que deixam o terreno desprotegido facilitarão a ação da água.

(Foto E. B. Braun)

Essas culturas são invariavelmente feitas com a disposição das árvores em quadrado e de modo que um de seus lados caia na direção do declive, sendo, em última análise, uma plantação em linhas de declive. Tais culturas instaladas sem a menor preocupação de defesa contra a erosão, plantadas em terrenos de declividade muitas vezes excessiva e o que agrava mais, submetidas geralmente a quatro capinas anuais deixando o solo a descoberto durante grande parte do ano. O resultado desta prática já se faz sentir sobre muitos desses pomares que se apresentam em condições bem precárias. Pela queda de fertilidade do solo, as árvores diminuem o seu crescimento e a produção é reduzida.

Um desses pomares de *Citrus*, que bem caracteriza este sistema de práticas adotadas, pode ser visto na foto 5.

É um pomar ainda nôvo, porém, nas condições em que foi instalado, nunca poderá atingir produção considerada boa para esta região, se não fôr adotada qualquer prática que defenda o solo contra a ação erosiva dos deflúvios.

Muitos desses pomares de *Citrus* de instalação recente estão sobre terras que já foram agricultadas anteriormente com a cultura cafeeira que teve declínio completo no estado do Rio. Portanto, são terras que se recuperaram parcialmente, conseguindo restabelecer uma vegetação de campo ou cerrado, sendo deste modo, terras de fertilidade baixa.

Muitas dessas terras, após a decadência da agricultura que sofreram, são hoje aproveitadas como pastagens, de modo geral muito pobres e nas quais se vêem com frequência os sinais da erosão que ainda se processa.



Fig. 6 — Exemplo espetacular de erosão em voçoroca que ocorre em latossolo de arenito Bauru, à margem da estrada Cantanduva—Pindorama.

(Foto E. B. Braun)

Na foto 8, vêem-se perfeitamente em uma pastagem bem deficiente na cobertura vegetal, os efeitos da erosão em lençol que se desenvolveu devido à forma regular da elevação e estrutura do solo. Vêem-se também algumas depressões em nível formadas pela erosão e que são devidas a pequenas irregularidades do terreno e principalmente a características próprias de sua estrutura. Estas depressões podem futuramente desenvolver-se em voçorocas, se as condições do solo forem propícias.

A referida foto é de terreno localizado em Sebastião de Lacerda, estado do Rio, e que na carta de solos do estado do Rio está mapeado como “Red-yellow-podzol”.

Na foto 9, vê-se ainda em uma dessas pastagens, localizada em Cantagalo, estado do Rio, uma voçoroca de consideráveis proporções. O pasto de cobertura rala e uma ligeira depressão do terreno, para onde afluía o deflúvio, devem ter dado início a sua formação e ela continua desenvolvendo-se para a cabeceira, aumentando cada vez mais a área de terreno perdida.

Um pouco mais à esquerda, na mesma foto, vê-se outra voçoroca iniciando-se também numa depressão do terreno pouco protegida e para onde converge considerável volume do deflúvio.

A estrutura dêste solo favorece bastante o desenvolvimento dêste tipo de erosão. Êste solo está mapeado na *Carta de Solos do Estado do Rio* como “Red-yellow-mediterrâneo” e tem-se mostrado bastante sujeito a erosão por voçorocas. Em São Paulo, duas são as culturas que



Fig. 7 — A mesma voçoroca, percebendo-se a grande profundidade atingida pela erosão, que dissecou até a rocha semi-alterada.
(Foto E. B. Braun)

graves perdas causam ao solo do estado, quer pelas suas próprias características culturais que mantêm o solo desprotegido, quer por serem as que ocupam as maiores áreas cultivadas do estado. São elas: a cultura do algodão e a do café.

A maior parte da cultura algodoeira (80%), bem como a cafeeira (60%) ocupam, segundo estimativa de GROHMANN e CATANI (15), solos do arenito Bauru que por suas características físicas se apresenta como o solo mais erodível do estado. As fotos 6 e 7 ilustram erosão em voçoroca neste tipo de solo.

Êstes dois técnicos fizeram um estudo sôbre as perdas de solo ocasionadas pela cultura algodoeira no arenito Bauru da Estação Experimental de Pindorama e observaram que numa precipitação anual de 88 mm, os talhões experimentais estudados apresentaram perda de 37,3 toneladas de solo por hectare.

Num quadro comparativo êstes autores mostram os três tipos de perdas sofridas por êste solo estudado.

No quadro que vem a seguir, nota-se o intenso esgotamento que sofre o arenito Bauru submetido a cultura algodoeira e evidencia-se também, que tal efeito é devido principalmente à erosão.



Fig. 8 — Neste solo quase totalmente desprotegido de cobertura vegetal, pode ser visto o resultado da erosão em lençol ou laminar e também a rill erosion cujos canais tomam disposições quase horizontais em virtude de características de textura d'êste solo.

Quadro comparativo dos três tipos de perdas sofridas pelo solo:

AGENTES DE EMPOBRECIMENTO	N Kg/Ha	P Kg/Ha	K Kg/Ha	Ca Kg/Ha	Matéria orgânica-Kg/Ha
Solo transportado pela enxurrada.....	46,5	7,4	7,0	70,0	780,0
Enxurrada.....	—	0,6	5,3	11,2	—
Erosão total.....	46,5	8,0	12,3	90,2	780,0
Cultura de algodoeiro.....	13,5	4,5	6,5	1,9	—
Perdas totais.....	60,0	12,5	18,8	92,1	7800,0

Vê-se por êste quadro, que nas condições em que foi feita esta experiência, as perdas por erosão alcançam as altas porcentagens de 77,5% de N, 64% de P, 65,4% de K, 97,9% de Ca, e uma porcentagem

elevadíssima de matéria orgânica que constitui uma das perdas mais graves para o solo, pois com a perda dos colóides orgânicos e argilas, o solo terá a sua capacidade de adsorção bastante reduzida.



Fig. 9 — A cobertura deficiente dessa pastagem e as características físicas do seu solo, bastante favoráveis a esse tipo de erosão permitiram o desenvolvimento dessa grande voçoroca e o início da menor ao lado.

Em Minas Gerais, a cultura de milho tem também induzido graves perdas por erosão aos solos onde é cultivada. Principalmente na zona da mata onde o milho é em geral cultivado em rotação com o fumo, é freqüente a orientação condenável das linhas das cultura feitas nas encostas e o que agrava mais a situação, é uma prática comumente adotada, em que entre as linhas da cultura de fumo, que substitui a do milho em rotação, são enleirados os restolhos do milho em disposição tal que favorece a canalização das águas do deflúvio no sentido do declive, intensificando dêste modo a sua ação erosiva.

A agricultura neste estado, que já vem sendo feita há alguns séculos por êstes métodos rudimentares, tem empobrecido sobremaneira as suas reservas de área agricultável, deixando assim grande parte de suas terras transformadas em pastagens pobres e deficientes.

Os métodos de utilização dessas pastagens torna-as cada vez mais deficientes e permitem à erosão continuar a sua ação destruidora que iniciara com a instalação da agricultura.

A falta de rotação nas pastagens, o número excessivo de cabeças por hectare e a prática condenável, tão comumente usada, da queimada dos pastos, são fatores que além de conduzirem a um processo de esgotamento do solo pela retirada de grande quantidade de nutrientes, expõem-no a perdas irreparáveis pela ação dos deflúvios.

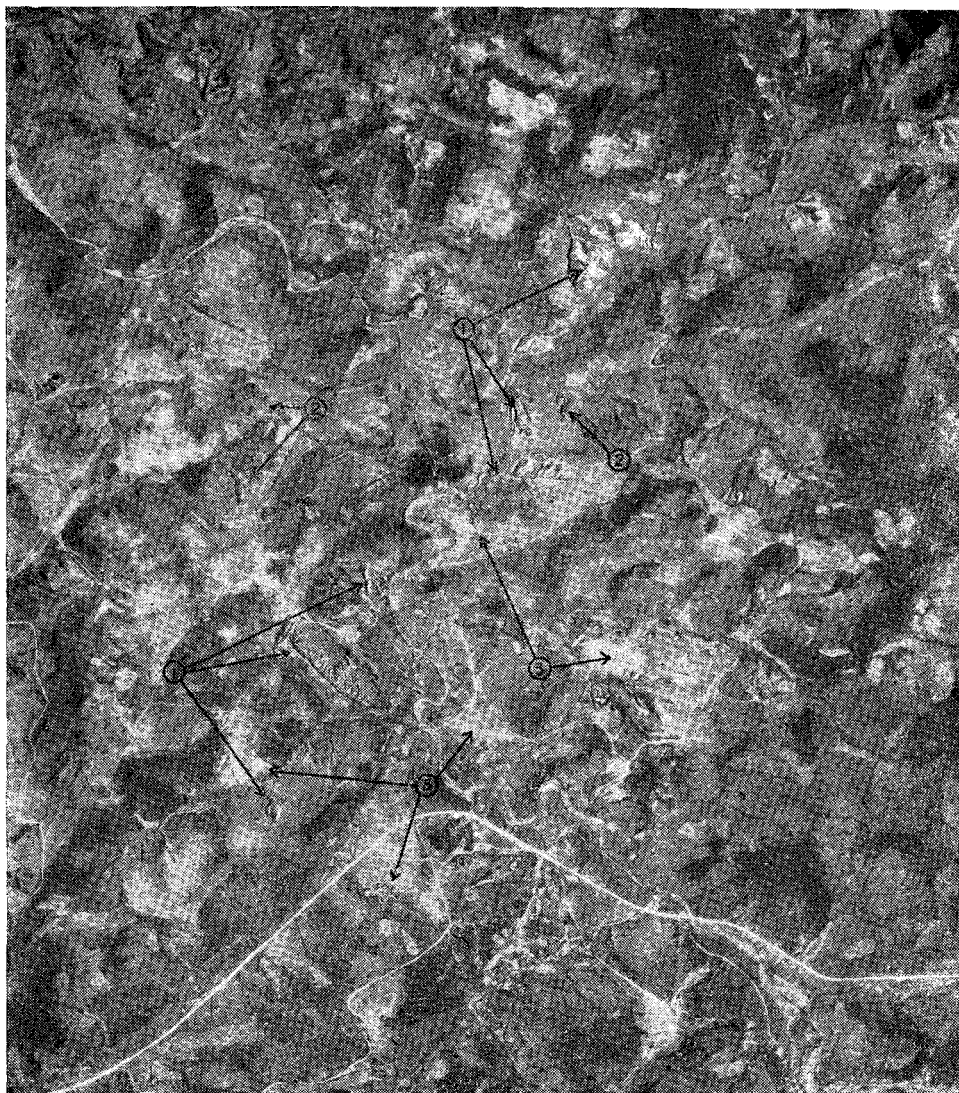


Fig. 10 — Fotografia aérea abrangendo 4 900 hectares de terras intensamente erodidas onde se distinguem: 1) Vocorocas em pleno desenvolvimento; — 2) Vocorocas estabilizadas temporariamente; — 3) Áreas com afloramento do horizonte "B", devido à erosão em lençol.

(Foto da PROSPEC S.A.)

Os dois primeiros fatores têm como consequência um apascentamento excessivo que provoca claros no terreno nos lugares onde a continuada ação do gado não permite a recuperação das gramíneas destruídas. Os caminhos que o gado talha nas encostas vão cada vez se

tornando mais profundos pela ação da água, que os utiliza como canais de escoamento, e também aí, como não há rotação, as gramíneas não conseguem recompor a cobertura.



Fig. 11 — Nas imediações de Nazareno, Minas Gerais, observa-se esta área coalhada de voçorocas.
(Foto da PROSPEC S.A.)

Essas áreas sem cobertura devido à ação mais intensa do gado, e os caminhos que ele forma nas encostas são os principais responsáveis pelas numerosas e freqüentes voçorocas que aparecem nas pastagens cujo solo, por suas características físicas, se presta a esse tipo de erosão.

A queima dos pastos que é também uma prática comumente adotada, não só em Minas Gerais, mas em quase todas as pastagens brasileiras, é o principal fator de empobrecimento das mesmas. Entre os danos mais profundos que causa ao solo, podem-se ressaltar três: 1) a grande perda de matéria orgânica, que além das modificações de ca-

racterísticas químicas que acarreta, tem pernicioso efeito sôbre a estrutura do solo, tornando-o menos resistente à erosão; 2) a acidificação sofrida pelo solo, que acarreta como conseqüência o desenvolvimento de uma microflora nociva; 3) as perdas de elementos transformados em óxidos voláteis e de elementos cujos óxidos fixos permanecem nas cinzas que são lavadas pelos primeiros deflúvios que se formarem.

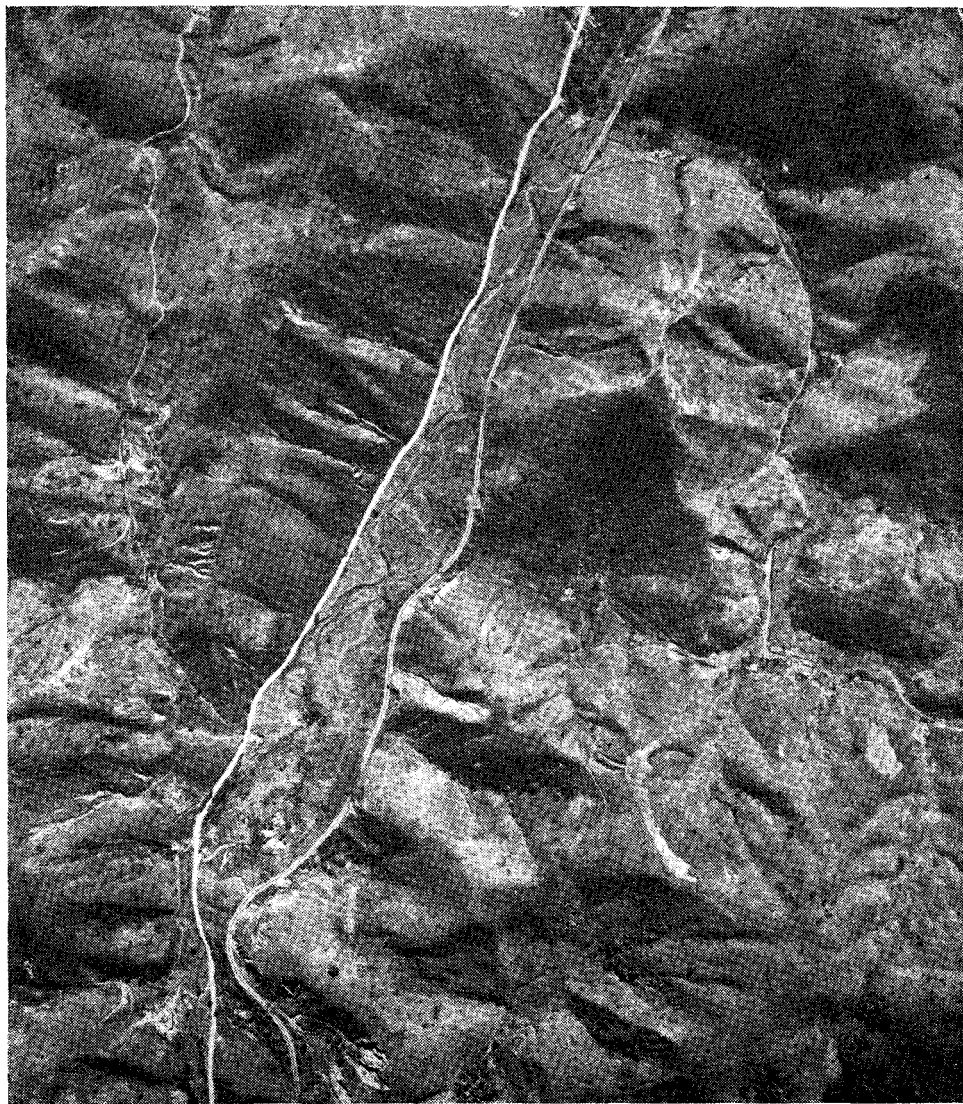


Fig. 12 — Ao norte de Vassouras, estado do Rio, na margem da estrada que liga a Juparanã, já próximo ao rio Paraíba, observa-se uma área bastante desgastada pelo sulcar continuo do gado, originando-se em vários pontos as primeiras voçorocas.

(Foto cortesia da PROSPEC S.A.)

O principal efeito desta queima é entretanto, a exposição do solo, totalmente desprotegido e com a estrutura alterada para pior, à ação das precipitações, que se fazem sentir com o início da estação chuvosa, provocando todos os tipos de erosão possíveis nesse terreno desprotegido.

Na foto 6, vê-se uma extensa área em Itabirito, Minas Gerais, quase completamente desflorestada e em sua maior parte utilizada como pastagens, as quais submetidas aos métodos de aproveitamento descritos acima, mostram os terríveis efeitos da erosão, traduzidos pelo afloramento do horizonte B em diversas áreas onde o horizonte superficial foi totalmente removido pela erosão em lençol, e pelas gigantescas voçorocas que corroeram grande parte do terreno. Vêm-se ainda, nesta fotografia algumas voçorocas estabilizadas, possivelmente devido a certas variações climáticas anuais, principalmente quanto à precipitação, que permitiram o desenvolvimento de vegetação protetora impedindo assim a continuação do processo erosivo.

V — PANORAMA ATUAL DA EROSÃO NO BRASIL.

Em uma publicação da FAO (10) de 1954 que apresenta um estudo sobre o panorama geral da América Latina, com respeito à erosão, encontra-se um levantamento dos diferentes graus de erosão, em que estão classificadas diferentes áreas do território brasileiro.

Para a classificação dessas áreas erodidas, tomou-se por base um critério especial para se determinar os graus de erosão.

Este critério baseia-se no fato de ser mais interessante considerar-se a perda de fertilidade, que a porcentagem de solo perdido. Assim considerou-se no trabalho citado, que as perdas sofridas pela terra e pelo povo em termos de redução da fertilidade, do custo do controle da erosão e de recuperação das terras perdidas, dependem de: 1) quantidade de solo perdido, medido em polegadas ou em peso de solo por unidade de área; 2) composição de material carregado; 3) composição do material permanente; 4) custo das medidas de controle à erosão; 5) o custo, material e tempo para a reabilitação das terras erodidas, dependendo isto de muitos fatores. Foram assim estabelecidas 5 classes de acordo com estes diferentes graus de erosão, sendo 4 classes principais e outras 2 formadas por um complexo de duas classes conjugadas. Tem-se assim:

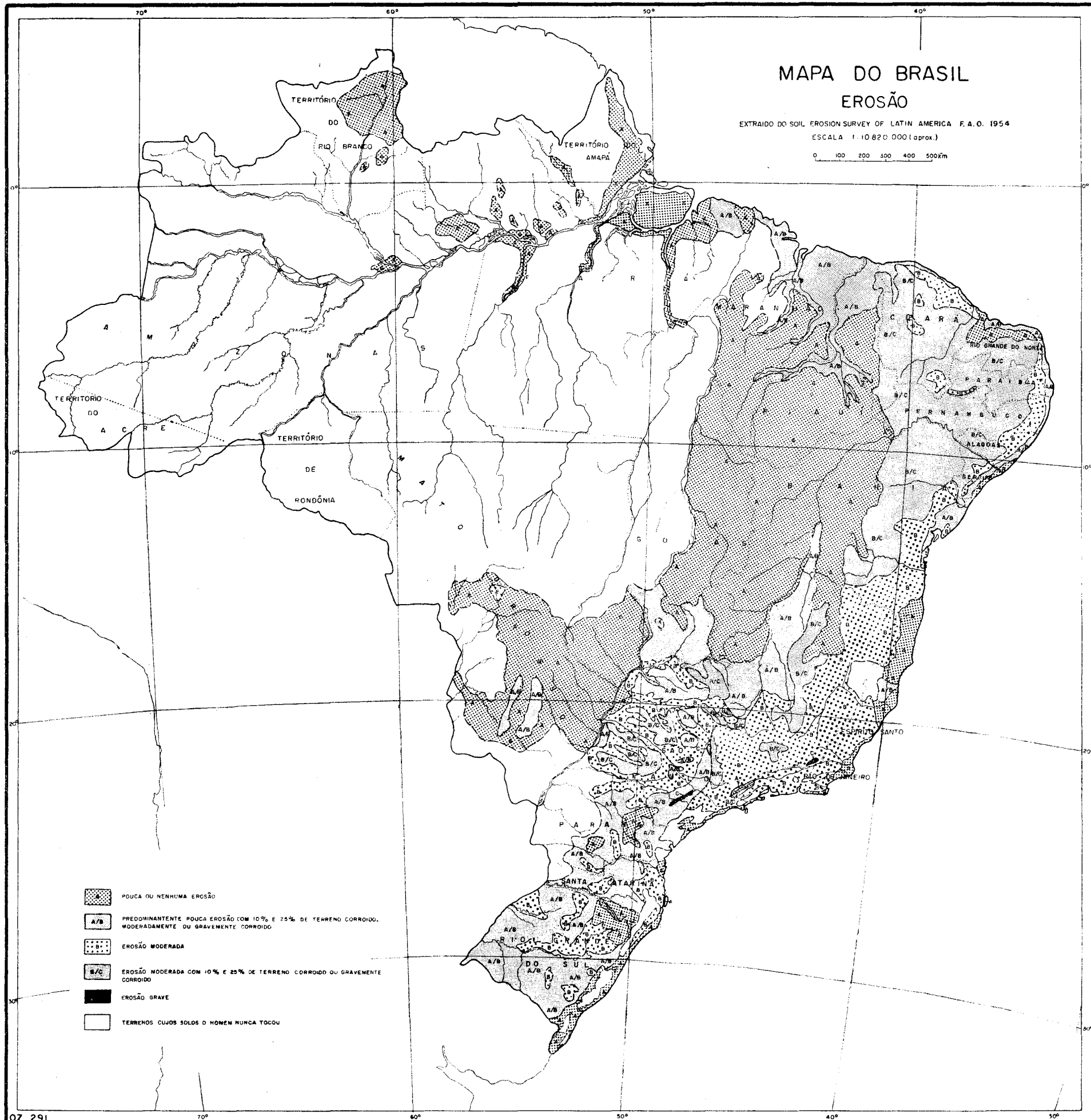
- Pouca ou nenhuma erosão.
- Predominantemente pouca erosão com 10 a 25% de terras moderadas ou severamente erodidas.
- Erosão moderada.
- Erosão moderada com 10 a 25% de terras severamente erodidas.
- Erosão severa.
- Terras cujos solos ainda não foram perturbados pelo homem.

Neste mapa do Brasil, destacado da carta da América Latina, apresentada no trabalho referido, pode-se observar que a erosão de modo geral se tem desenvolvido e tomado aspectos mais graves na parte mais litorânea do que mais para o interior do país, o que é perfeitamente explicável pelo caminhar da agricultura brasileira sempre do litoral para o interior. Assim as terras dessa faixa litorânea estão subme-

MAPA DO BRASIL EROSÃO

EXTRAÍDO DO SOIL EROSION SURVEY OF LATIN AMERICA F.A.O. 1954
ESCALA 1:10 820 000 (aprox.)

0 100 200 300 400 500km



-  POUCA OU NENHUMA EROSÃO
-  PREDOMINANTE POUCA EROSÃO COM 10% E 25% DE TERRENO CORROÍDO, MODERADAMENTE OU GRAVEMENTE CORROÍDO
-  EROSÃO MODERADA
-  EROSÃO MODERADA COM 10% E 25% DE TERRENO CORROÍDO OU GRAVEMENTE CORROÍDO
-  EROSÃO GRAVE
-  TERRENOS CUJOS SOLOS O HOMEM NUNCA TOCOU

tidas há muito mais tempo aos rigores da erosão do que as terras mais recentemente adicionadas à exploração agrícola, que caminha cada vez mais para o interior do país em busca de terras mais produtivas.

Este caminhar para o interior do país, tem sido em grande parte limitado pelas deficiências de vias de comunicação e tem como efeito principal o encarecimento do produto. Vem isto reforçar ainda mais a necessidade de conservação e recuperação dessas terras de faixa litorânea.

Os casos de erosão severa segundo esta classificação ocorreram apenas em áreas relativamente pequenas no estado do Rio e em São Paulo.

Portanto, a maior parte do Brasil figura como terras de pouca ou nenhuma erosão ou terras em que o homem nunca tocou. Dêste modo são terras em que a agricultura deve obedecer às normas conservacionistas, a fim de que não venham apresentar o triste aspecto das terras dessas faixas litorâneas.

Convém notar que esta carta de caráter bem generalizado deve apresentar algumas imperfeições que correm por parte de deficiências de dados, às quais são feitas referências na publicação de onde foi extraída.

VI — PROCESSOS CONTROLADORES DA EROSAO

Uma vez observado o efeito destruidor da erosão e conhecidas as suas causas, torna-se mais evidente a necessidade de se sustar o desenvolvimento dêste fenômeno, acelerado pelo homem, por meio das práticas conservacionistas que vão cada vez mais se aprimorando à proporção que se adquirem conhecimentos mais profundos de cada um dos fatores que concorrem para o mesmo e à medida que se aperfeiçoa o já tão vasto equipamento agrícola conhecido.

A defesa contra a erosão já tem sido feita mesmo pelos povos primitivos, muito embora eles procurassem sustar o efeito dêste fenômeno com os meios precários de que dispunham e sem grande conhecimento de suas causas.

São por demais citadas as práticas de defesa contra a erosão empregadas pelos indígenas do Peru, que utilizavam um tipo de terraceamento construído com os meios de que dispunham, para poderem cultivar os terrenos intensamente declivosos das regiões andinas (10).

As civilizações antigas já empregavam certos processos mecânicos de conservação do solo.

Os terraços com muros de pedra para a conservação do solo e da umidade, era uma medida eficaz usada na região do Mediterrâneo, muitos séculos antes da nossa era (11).

Na China, também já antes da era cristã, usavam os agricultores um sistema de cultivo chamado *tai tien* que consistia em se semear as culturas em sulcos profundos e após as plantas desenvolvidas, o terreno

era lavrado nos lados destes sulcos, de modo a formar um camalhão que cobrisse bem as raízes das plantas.

Este sistema de sulcos, quando feito em contorno era bastante eficaz para impedir a erosão laminar e o deflúvio (11).

Ainda os chineses, há muitos séculos atrás, já empregavam terraços em patamar que freqüentemente recortavam extensas regiões, embora certos defeitos que elas apresentavam induzissem o processamento da erosão laminar nesses bancos e às vezes, quando demasiadamente inclinadas, permitissem aguaceiros que formavam grandes voçorocas (11).

Com o desenvolvimento da agricultura e de tôdas as ciências em geral, a conservação do solo progrediu de maneira admirável, principalmente nos Estados Unidos onde o seu estudo tem fornecido as mais numerosas informações científicas e práticas que têm servido e inspirado numerosos outros países na solução de seus problemas conservacionistas.

Assim são hoje conhecidas numerosas práticas de defesa contra os mais diversos tipos de erosão, as quais têm sido experimentadas e estudadas nas mais diversas regiões do mundo.

No Brasil, onde embora a sua importância não tenha sido considerada com a devida magnitude, muitas dessas práticas já têm sido estudadas e experimentadas. Principalmente em São Paulo e em Minas Gerais, onde em face da enorme importância da agricultura e pecuária e ainda do relevo e clima bastante favorável à erosão, a conservação do solo tem recebido alguma atenção dos respectivos governos estaduais.

De acôrdo com os dados experimentais já obtidos no Brasil, embora ainda de caráter muito regional, e de dados obtidos em outros países em condições mais ou menos idênticas às nossas, numerosas práticas de defesa contra a erosão no Brasil, podem ser aconselhadas com algumas restrições.

As práticas aqui consideradas serão apenas as que se referem à defesa contra a erosão hídrica.

Estas práticas podem ser classificadas em quatro grandes grupos:

- 1) Práticas que utilizam vegetais, mortos ou vivos.
- 2) " " " processos mecânicos.
- 3) " " " uma combinação de processos mecânicos e vegetativos.

- 4) Práticas que utilizam meios químicos.

No primeiro grupo podem ser citadas:

- a) Florestamento.
- b) Reflorestamento.
- c) Pastagens.
- d) Culturas de revestimento.
- e) Culturas em faixas.
- f) Renques de vegetação cerrada.
- g) Faixas de bordadura.

- h) Capinas alternadas.
- i) Ceifa do mato.
- j) Cobertura morta ou *mulch*.
- l) Enleiramento dos restolhos das culturas em nível.

Florestamento — a floresta constitui uma das mais eficientes proteções do solo contra a erosão. Pode-se considerar praticamente como nula a erosão num terreno florestado.

Entretanto, não é em tôdas as regiões que se desenvolvem florestas naturais, uma vez que isto é condicionado a condições de solo e principalmente a condições climáticas.

A conservação das florestas em terrenos que não permitem qualquer utilização agropecuária, principalmente nos terrenos montanhosos, onde às vêzes se instalam culturas que sòmente por um grande interesse econômico e mediante trabalhosas e complexas práticas de conservação de solo seriam possíveis, é medida que deve ser obedecida e mesmo imposta por força de lei.

Reflorestamento — certas zonas, que foram desflorestadas e que não podem ser submetidas a exploração agrícola quer por condições de ordem econômica, quer por limitações principalmente devidas a declividades excessivas e outras condições impróprias de topografia, ou ainda à baixa fertilidade de seus solos, deverão ser reflorestadas para melhor conservação do solo e demais recursos naturais de fauna e flora.

Também a exploração racional de madeira, para as diversas finalidades, pode ser feita mediante um sistema de rotação de cortes em que se permita o reflorestamento natural ou se produza o reflorestamento artificial das áreas cortadas.

Dêste modo, podem-se considerar duas práticas de reflorestamento: uma natural e uma artificial.

O reflorestamento natural é mais lento e depende de muitos fatores, entre os quais as condições climáticas e condições de solo, e ainda as espécies florestais que existem na região.

Estas espécies influem pela quantidade de sementes que produzem, a facilidade de disseminação dessas sementes, o grau de germinação das mesmas, a rapidez de crescimento da espécie, etc.

No reflorestamento artificial são bastante importantes as condições do solo, principalmente a profundidade. Quanto às condições climáticas, estas já têm menor importância, pois escolhem-se espécies que se adaptam a elas para se efetuar o reflorestamento.

No Brasil, as espécies do gênero *Eucalyptus*, que aqui foram introduzidas, têm constituído o material mais indicado para o reflorestamento que graças à sua ótima adaptabilidade às nossas mais diversas condições ecológicas têm sido largamente empregadas para a formação de florestas artificiais.

Pastagens — a formação de pastagens tem grande efeito antierrosivo; embora proporcionando proteção menos eficiente que uma flo-

resta bem desenvolvida, esta proteção chega às vezes a reduzir a zero a quantidade de solo erodido mesmo sob intensas precipitações.

Conforme a maior ou menor intensidade de cobertura fornecida pelas gramíneas e leguminosas que compõem um pasto, haverá uma variação na exposição de seu solo aos agentes de erosão.

Dêste modo, torna-se necessário o emprêgo de certas práticas, que concorram para manter o solo da pastagem suficientemente coberto a fim de evitar a erosão.

Entre as práticas de conservação das pastagens, podem ser citadas as seguintes, que concorrem para a manutenção de uma boa cobertura do solo: o ressemeio periódico de leguminosas e capins apropriados, a rotação de pastagens para evitar o pastoreio excessivo, a abolição da queima dos pastos, a manutenção de um número de cabeças por hectare que não seja excessivo, o emprêgo de práticas mecânicas para conservação de água no solo etc.

Culturas de revestimento — são plantas empregadas para a cobertura do solo onde estão instaladas culturas permanentes ou anuais em rotação.

Estas plantas que são principalmente leguminosas, têm diversas funções em seu emprêgo. Podem ser usadas para adubação verde e secundariamente para a defesa do solo contra a erosão e ainda para controlar ervas daninhas.

Podem-se incluir aí, também, as árvores de sombreamento que têm ainda como função secundária o revestimento do solo.

Como são principalmente espécies da superfamília *Leguminosae*, as plantas empregadas para o revestimento do solo em culturas permanentes ou anuais, podem-se agrupar, como se vê no quadro que vem a seguir, as diferentes espécies aconselhadas para contrôlo da erosão no Brasil segundo os seus ciclos, seus portes e seus hábitos:

Leguminosas anuais	Erectas	Feijão de porco (<i>Canavaglia ensiformis</i> D.C.)
		Soja comum (<i>Glycini max</i> (L) MERR.)
	Prostradas ⁵	Caupi (<i>Vigna sinensis</i> (L) SAVI)
		Tremoço (<i>Lupinus albus</i> L. var. <i>termis</i>)
		<i>Crotalárias</i> (<i>Crotalaria</i> sp.)
		<i>Mucuna</i> (<i>Stizolobium</i> sp)
		Amendoim rasteiro (<i>Arachis prostrata</i> , BENTH)
		Anileira (<i>Indigofera hirsuta</i> L.)
		Lablab (<i>Dolichos lablab</i>) — trepadeira.

⁵ De acôrdo com a finalidade do quadro, as leguminosas trepadeiras estão classificadas como prostradas, uma vez que quando empregadas para cobertura de solo, elas geralmente não encontram suportes para treparem ficando então prostradas.

Leguminosas perenes	{ Subarbustivas prostradas ⁵	Lablab (<i>Dolichos lablab</i>) — trepa- deira.
		Mucuna (<i>Stizolobium</i> sp) — trepa- deira.
		Jetirana (<i>Centrosema pubescens</i> BENTH) — trepadeira
		Kudzu comum (<i>Pueraria thumber- giana</i> (SIEB & ZUCC) BENTH) — tre- padeira.
		Kudzu tropical (<i>Pueraria phaseoloi- des</i> — BENTH) — trepadeira.
Leguminosas perenes	{ Arbustivas	Calopogônio (<i>Calopogonium mu- cunoides</i> DESV.) trepadeira.
		Falso pisquim (<i>Leucaena Glauca</i> (L) BENTH)
		Guandu (<i>Cajanus cajan</i> (L) MILLSP)
		Tefrósia (<i>Tephrosia candida</i> D.C.)
	{ Arbóreas	Ingá (<i>Inga</i> sp.)
		Eritrina (<i>Erithrina</i> sp.)
		Mãe de cacau (<i>Gliricidia sepium</i> (JACQ) STEND)
		Cássia (<i>Cassia</i> sp.)
		Angico (<i>Piptadenia</i> sp.)
	{	Pisquim (<i>Albizzia malacocarpa</i> STANDLEY)

Para as culturas anuais são geralmente empregadas em rotação, as leguminosas anuais como: o caupi (*Vigna sinensis* (L) SAVI) o tremoço (*Lupinus albus* L.), a soja (*glycini max* (L) MERR), o amendoim (*Arachis prostrata* BENTH), alguns feijões (*Phaseolos* sp.) etc., que fornecem proteção ao solo durante o seu período vegetativo, principalmente quando semeados a lanço, e que depois são incorporados ao solo como adubo verde. As leguminosas anuais ou perenes de hábito prostrado já oferecem melhor proteção ao solo nessas culturas anuais.

Para as culturas perenes podem ser usadas quaisquer leguminosas, entretanto são preferencialmente aconselhadas para controle da erosão as leguminosas de hábito prostrado, anuais ou perenes, que revestem totalmente o solo. As perenes têm a vantagem de manter o solo coberto durante o ano inteiro, ao passo que as anuais vegetam durante determinado período apenas, devendo em seguida ser ressemeadas, quando isto não acontece naturalmente.

As leguminosas anuais de hábito erecto também são aconselhadas para o revestimento do solo em culturas perenes e usadas também para

a adubação verde. A. MARQUES (20), cita as seguintes leguminosas para cobertura de solo em culturas perenes: calopogônio (*Calopogonium mucunoides* DESV) jetirana (*Centrosema pubescens* BENTH), feijão de porco (*Canavaglia ensiformis* D.C.), kudzu comum (*Pueraria thumbergiana* (SIEB & ZUCC) BENTH e kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides* BENTH).

HUME (17) cita para revestimento de pomares de *Citrus*, as seguintes leguminosas: o carrapicho (*Desmodium tortuosum*), a mucuna (*mucuna* sp.) e as crotalárias (*Crotalaria* sp.)

As leguminosas perenes arbustivas são aconselhadas por Sousa (31), principalmente para a recuperação de solos em longos períodos, como por exemplo: a tefrósia (*Tephrosia candida* D.C.) e o guandu fava larga (*Cajanus cajan* (L) MILLSP).

As leguminosas arbóreas são aconselhadas para o sombreamento em algumas culturas perenes proporcionando assim um revestimento do solo, que, embora de menor eficiência, tem características semelhantes à do revestimento florestal.

A. MARQUES (20) cita as seguintes leguminosas arbóreas empregadas para o sombreamento de cacauais; eritrina (*Eritrina velutina*), a mãe de cacau (*Gliricidia sepium*), ingazeiros (*Inga* sp.), e para cafêzais: Cassia estrobilácea (*Cassia strobilacea* H. B. e K.) pisquim (*Albizzia malacocarpa* STANDLEY) e o angico (*Piptadenia* sp.).

De acôrdo com a ecologia dessas espécies leguminosas, elas podem ser empregadas nas diversas regiões do Brasil. Assim no sul do país, a leguminosa mais facilmente utilizável é o tremoço embora muito sujeito a ataques de nematódios (25). Há entretanto outras leguminosas de clima temperado.

No Nordeste, DUQUE (9) aconselha para as regiões onde se dispõe de muita umidade durante o ano inteiro as leguminosas de maior massa como a mucuna (*Mucuna* sp.), a crotalária (*Crotalaria* sp.) e o macassar (*Vigna sinensis* (L) SAVI) e para as regiões onde a umidade do solo é pouca, as leguminosas que resistem mais à seca como o feijão de porco (*Canavaglia ensiformis* D.C.) e o guandu (*Cajanus cajan* (L) MILLSP).

Nas regiões subtropicais e tropicais do país onde há precipitações regulares, são numerosas as espécies leguminosas que podem ser usadas, para revestimento do solo, em culturas anuais e permanentes.

Culturas em faixa — Este processo consiste numa combinação de culturas, em que se dispõem em faixas alternadas pelo menos uma cultura de crescimento fechado e uma ou mais culturas de crescimento limpo como, milho, algodão, etc.

Emprega-se também o sistema de faixas, quando se faz uma rotação de pousio, em que enquanto uma faixa é cultivada por uma cultura limpa, a faixa vizinha é deixada em pousio e coberta de mato (9).

A. MARQUES (20) considera três sistemas de culturas em faixa, de acôrdo com o tempo que estas culturas permanecem sem rotação numa

mesma faixa: a) faixas em rotação, em que anualmente tôdas as culturas mudam de posição, segundo um plano de rotação; b) faixas em exploração contínua de uma mesma cultura, em que as culturas existentes nas faixas permanecem de um ano para outro sem rotação, e c) faixas em rotação intercaladas com faixas contínuas, sistema que consiste numa associação dos dois sistemas anteriores.

As faixas de crescimento fechado, que são as que têm a função de contrôlê à erosão mediante parcelamento dos lançantes que êste sistema produz, podem ser constituídas de uma cultura econômica, de uma leguminosa para adubação verde, de uma forrageira ou planta para fenação, ou ainda de mato que cobre o terreno e que é usado depois como pasto.

Êste processo de culturas em faixa fornece às vêzes ótima proteção, entretanto deve-se obedecer a certas limitações para que seja usado isoladamente.

Estas limitações se referem principalmente às declividades em que êste processo pode ser usado com efetividade e às larguras mais apropriadas para as faixas.

AYRES (2), referindo-se às culturas em faixa, naturalmente ao sistema de faixas em rotação, considera que êste sistema não deve ser usado isoladamente para declividades superiores a 3 ou 4% em terrenos muito sujeitos a voçorocas. Neste caso deve ser empregado em associação com o terraceamento.

GUSTALFSON (16) chama a atenção para o fato de que as culturas em faixa não deverão ser usadas em declividades superiores a 25% em solos bem drenados, ou acima de 22,5% em solos de mediana a pobremente drenados, ou ainda em declividades acima de 14% em solos pobremente drenados.

A. MARQUES (20) prescreve para as faixas em rotação o emprêgo em declividades inferiores a 10% quando usadas isoladamente, e quanto às faixas de vegetação permanente, considera que podem ser aplicadas com bons resultados, mesmo em declives superiores a 60%.

Com respeito à largura das faixas, esta varia de acôrdo com diversos fatores, com as condições físicas do solo, as precipitações locais e os tipos de cultura empregados. Entretanto, diversos autores fazem especificação com relação à largura das faixas.

AYRES (3), ao tratar do assunto, considera que para um perfeito contrôlê da erosão, é necessário um sistema de faixas em rotação, em que fiquem sempre de 30 a 50% do terreno cobertos por uma cultura de crescimento fechado.

DUQUE (9) admite uma largura de no máximo 30 metros para as faixas em cultivo e ressalta, ainda, que, salvo condições especiais, estas faixas não devem ter nunca mais de 30 metros de largura nem menos de 10.

A. MARQUES (20) refere-se ao assunto dizendo que a largura das faixas de cultura aberta deve estar condicionada ao interêsse econômi-

co do agricultor e que, em geral, estas faixas não devem ter mais de 40 metros, como também não convém que tenham largura inferior a 15 ou 20 metros.

Com respeito à capacidade da terra para cultivos em faixas alternadas, WANDERBILT (3) prescreve as seguintes medidas:

- | | |
|----------|---|
| 0 — 2% — | Faixas de culturas retentoras de 7,5 a 15 metros. |
| | " " " em linhas de 30,5 a 45,5 metros. |
| 2 — 3% — | " " " retentoras de 12,2 a 15,2 metros. |
| | " " " em linhas de 23 a 38 metros. |

de 3% (lavoura já em terraços) 50% da área em cultivo semipermanente de retenção. Lavoura em linhas, no máximo de 30,5 metros.

Estas especificações são portanto variáveis e podem ser adotadas com algumas modificações de acordo com as condições de cada localidade e interesse econômico do agricultor.

Este interesse econômico se refletirá também sobre as espécies que serão usadas nas faixas de cultura fechada.

No caso de uma cultura econômica podem ser usados os feijões, a batata-doce, alguns cereais, etc.

Se houver interesse em usar-se leguminosas para a adubação verde, estas serão usadas de preferência em rotações curtas em que se utilizam principalmente as leguminosas herbáceas.

Com respeito à utilização de plantas para fenação nessas faixas, SOUSA (32), estudando o problema, mostra a necessidade da utilização do feno no Brasil durante a época do ano em que as gramíneas morrem e que, semelhantemente ao que é feito nos Estados Unidos, dever-se-ia incluir nas rotações de culturas em faixas, leguminosas ou gramíneas que fornecessem feno para os animais da fazenda ou mesmo para ser vendido.

Pela importância que tais plantas possam ter nas culturas em faixa, tanto pelo valor econômico, quanto pela ótima proteção que proporcionam ao solo, merecem citação as gramíneas e leguminosas mais indicadas para a produção de feno segundo ANDRADE (1), e que podem ser aplicadas nas culturas em faixa.

Gramíneas:	{	Capim de Rodes (<i>Chris gayana</i> KUNTH)
		" jaraguá
		" gordura (<i>Melinis minutiflora</i> PAL. DE BEAUV.)
		" marmelada (<i>Brachiaria plantaginea</i>)
		" favorito (<i>Tricholaena repens</i> (NEES) HITCH)
		" australiano (<i>Paspalum dilatatum</i> POIR)
Leguminosas:	{	" azul da Austrália (<i>Andropogon ischaemum</i> L)
		Alfafa (<i>Medicago sativa</i> L)
		Cowpea (<i>Vigna sinensis</i> (L) SAVI)
		Soja (<i>Soja max</i> (L) MERR)
		Mucuna (<i>Stylobium</i> sp.)

Nas faixas de vegetação permanente, é aconselhado por A. MARQUES (20), o uso das seguintes gramíneas: cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), o vetiver (*Vetiveria zizanoides* (L) NASH), a erva cidreira (*Cymbopogon citratus* (STAPF) MIL) e o capim-gordura (*Melinis minutiflora*, PAL. DE BEAUV.)

Renques de vegetação cerrada — são faixas de plantas de crescimento fechado, porém mais estreitas e usadas principalmente para controle da erosão em culturas permanentes instaladas em terrenos muito declivosos.

Estas plantas devem ser de crescimento bastante denso e rasteiro, de abundante sistema radicular e vida perene.

Os renques preferivelmente devem ser feitos em contórno, sendo permissível, entretanto, um desvio do nível quando feito em ruas de culturas que se apresentam mais ou menos niveladas.

As espécies citadas por A. MARQUES (20) como as mais recomendadas para os renques de vegetação cerrada, são as seguintes: isote (*Hucca elephantipes* REGIL), capim-chorão (*Eragrostis curvula*, var. *valida*), erva cidreira (*Cymbopogon citratus* (STAPF) MIL.) e o lantoro (*Leucaena glauca* (L) BENTH).

Faixas de bordadura — são faixas de vegetação densa e resistente, com sistema radicular bem desenvolvido e que são instaladas nas zonas limítrofes dos campos de cultura, a fim de evitar a erosão nesses lugares, bem como, impedir que aí se desenvolvam plantas invasoras que possam prejudicar as culturas.

Estas faixas de bordadura têm ainda a vantagem de servir para as máquinas agrícolas fazerem a volta quando o terreno é cultivado em contórno. Podem também ser utilizadas como escoadouros de terraços.

Segundo A. MARQUES (20), devem ter de 3 a 5 metros de largura e as plantas protetoras utilizadas podem ser leguminosas rasteiras e de pequeno porte, como a jetirana (*Centrosema pubescens* BENTH), o kudzu (*Pueraria* sp.), as crotalárias (*Crotalaria* sp.), ou gramíneas como a erva cidreira (*Cymbopogon citratus* (STAPF) MIL.), o capim-gordura (*Melinis minutiflora* PAL. DE BEAUV.) etc.

Capinas alternadas — é um método idealizado por A. MARQUES (19) e que tem dado ótimos resultados no controle de perdas de solo e de água do deflúvio, os quais foram comprovados por dados experimentais.

Este sistema cresce de importância pelo fato de ser de simples execução, sem requerer qualquer adição de trabalho, ou acarretar qualquer oneração das práticas normalmente usadas pelo lavrador.

A distribuição dessas capinas pode ser feita de tal modo que a cultura assim tratada não sofra nenhuma redução no número das que normalmente deve receber, havendo somente, um pequeno atraso ou adiantamento de apenas 1/4 do total de dias necessários para se efetuar a capina normal, com relação à época em que normalmente se deveria iniciar a capina.

Esta prática foi aplicada experimentalmente em culturas anuais e perenes, apresentando bons resultados e ficando assim evidenciado, que a sua aplicação deve ser aconselhada aos agricultores que por quaisquer razões relutem em empregar outras medidas de controle à erosão por serem mais dispendiosas ou de mais difícil execução.

Ceifa do mato — é um processo recomendado para culturas permanentes e que consiste em deixar-se o mato tomar conta do terreno cultivado, porém, controlando o seu desenvolvimento através de ceifas periódicas e deixando-se o material ceifado sobre o terreno.

Este processo permite perfeita cobertura do solo, reduzindo assim, grandemente a erosão.

Apresenta entretanto uma desvantagem, que é a concorrência em água que se verifica entre o mato e a planta cultivada e que em determinados períodos secos do ano, como os “veranicos”, traz, às vezes consequências desastrosas para a cultura.

Para se evitar esta concorrência, o terreno deve sofrer capinas durante estes períodos críticos e ser ceifado nas épocas de maior pluviosidade, que é justamente quando haveria mais erosão.

Uma outra vantagem deste sistema, além da proteção que fornece ao solo, é a de exigir menos mão-de-obra e ser mais rápido que a capina.

Cobertura morta ou mulch — é um processo que consiste em defender o solo contra a erosão mediante o emprêgo de palha ou restos vegetais que são espalhados em uma camada de alguns centímetros de espessura no solo.

Esta prática encontra algumas limitações com relação à declividade do solo, entretanto, quando permissível o seu emprêgo, além de um eficiente controle da erosão, fornece ainda, outras vantagens, tais como: maior conservação da umidade do solo, pelo fato de reduzir a evaporação e controle do mato, que não consegue atravessar a camada de *mulch*, morrendo estiolado quando consegue germinar.

Enleiramento dos restolhos de cultura em nível — esta prática pode ser usada para amenizar um pouco a erosão que se processa nas culturas de fumo, em rotação com o milho. É comum enleirar-se os restolhos da cultura do milho entre as linhas de cultura de fumo, que seguem a direção do declive na condenável prática que se observa freqüentemente na zona da mata em Minas Gerais.

Pela simples mudança da orientação dessas leiras de restolhos, consegue-se impedir um pouco a erosão, ao invés de se facilitar o seu trabalho, como acontece pela aplicação daquela prática condenada.

O enleiramento dos restolhos em linhas de nível pode ser usado em quase todas as culturas anuais.

2) Processos mecânicos de controle da erosão:

- a) Plantio em linhas de nível.
- b) Terraços de camalhão ou de base larga.
- c) Terraços de canal ou de base estreita.

- d) Terraços em patamar.
- e) Banquetas individuais.
- f) Sulcos em pastagens.
- g) Covas em rodízio.
- h) Enleiramento permanente.
- i) Formação de cordões de pedregulhos.

Plantio em linhas de nível — êste processo tem função de defesa contra a erosão pelo fato de oferecer um obstáculo ao livre desenvolvimento do deflúvio através da série de pequenos canais e camalhões que se formam mediante o cultivo em curvas de nível.

Êste processo consta, em síntese, de uma série de linhas niveladas básicas, que guardam entre si determinado espaçamento, geralmente o mesmo usado para os terraços, e numerosas outras linhas entre elas, que são geralmente paralelas a uma ou outra de duas niveladas consecutivas.

De acôrdo com o critério com que se tiram as linhas paralelas, haverá maior ou menor número de linhas mortas na cultura e, estas, ocuparão diferentes regiões do intervalo entre as linhas niveladas.

Pode-se assim distinguir quatro critérios para o estabelecimento destas linhas paralelas, obtendo-se assim, quatro sistemas diferentes:

1) *linhas paralelas tiradas para cima das niveladas* — a adoção dêste critério acarretará o aparecimento das linhas mortas na parte superior do intervalo. Êste sistema deve ser empregado para solos bem permeáveis;

2) *linhas paralelas tiradas para baixo das niveladas* — o emprêgo dêste critério acarretará em consequência, o aparecimento das linhas mortas na parte inferior do intervalo entre as duas niveladas. Êste sistema deve ser empregado para solos pouco permeáveis;

3) *linhas paralelas tiradas para cima e para baixo das niveladas* — êste critério conduzirá a um sistema em que as linhas mortas ocuparão a região mediana do intervalo entre as niveladas. Êste sistema é aconselhado para solos de permeabilidade mediana e é o de uso mais generalizado;

4) *linhas paralelas tiradas ora para baixo ora para cima das niveladas* — êste critério é adotado quando se deseja que as linhas apresentem tôdas um caimento num só sentido, ou seja, no sentido do canal de escoamento. É um sistema adotado para solos de muito pouca permeabilidade e regiões de pluviosidade intensa.

Êste processo para ser bastante efetivo deve ser combinado com um outro qualquer processo vegetativo ou mecânico.

Terraceamento: Dentre as práticas mecânicas mais usadas na agricultura, a construção de terraços, quando feita de acôrdo com tôdas as normas técnicas, constitui o processo mais efetivo de contrôle da erosão.

Os terraços têm como principal função a do parcelamento dos lançantes, isto é, êles dividem os lançantes em parcelas, de modo que,

a água escorrida em uma parcela, não atinja a seguinte devido à barreira que lhe antepõe o camalhão do terraço.

De acôrdo com o funcionamento, os terraços podem ser divididos em dois tipos: terraços de interceptção e diversão e terraços de absorção.

O primeiro tipo intercepta o deflúvio e produz uma drenagem dessa água interceptada, a qual é conduzida ao longo do canal do terraço, que apresenta uma declividade suave não permitindo por isto, a erosão.

O segundo tipo não apresenta declividade em seu desenvolvimento, permanecendo sempre de nível constante. A água é interceptada pelo camalhão e fica cobrindo grande parte do solo, até que seja totalmente absorvida.



Foto 13 — *Cafeeiros recém-plantados segundo as curvas de nível, com terraços de camalhão, em Pindamonhangaba, São Paulo.*

(Foto L. S. Hungria)

Com respeito à construção, os terraços podem ser de três tipos diferentes: 1) terraços de camalhão ou de base larga; 2) terraços de canal ou de base estreita, e 3) terraços em patamar.

Terraços de camalhão ou de base larga — êste tipo de terraço funciona, praticamente só através do camalhão, sendo o canal apenas uma consequência da formação do camalhão, salvo nos casos em que êste tipo de terraço é empregado com certa declividade, proporcionando assim, também uma drenagem. Ver foto 14.

De modo geral, é aconselhado para regiões pouco chuvosas onde há necessidade de se reter mais água no solo. Tem ainda a vantagem quando empregado em culturas anuais, de permitir uma utilização total do terreno, uma vez que se pode plantar também sôbre o camalhão, que é bem largo.

Terraços de canal ou de base estreita — nestes terraços o canal tem função preponderante e sua capacidade é, também, função da altura do camalhão. Estes terraços são indicados principalmente para regiões de precipitações fortes e em que não há necessidade de armazenar no solo as águas provenientes dos deflúvios.

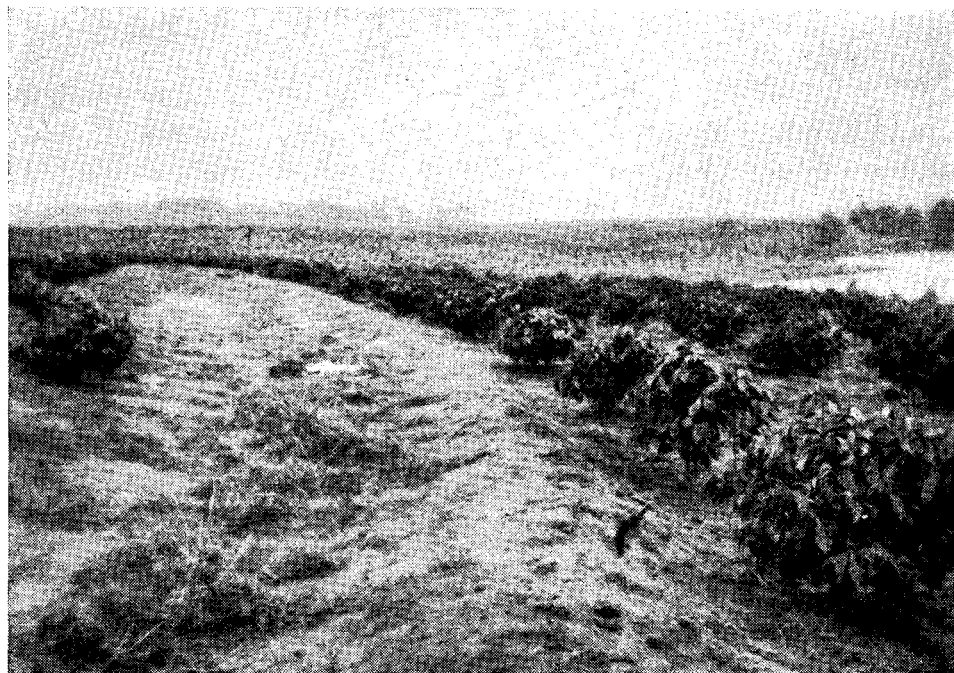


Fig. 14 — No mesmo cafézal observa-se o camalhão com o canal adjacente resultante de sua construção, que, quebrando a impetuosidade da enxurrada, livra o solo da erosão.
(Foto L. S. Hungria)

Os terraços de canal encontram sua principal aplicação nas culturas permanentes, possuindo também o nome de cordões de contorno. Podem ser construídos nestas culturas mesmo depois de elas já estarem instaladas, porém, há às vezes necessidade de se sacrificar algumas árvores, quando se trata de um terreno muito declivoso em que o terraço deve estar perfeitamente em nível; assim, ao encontrar uma árvore em seu caminho, esta deve ser cortada.

Terraços em patamar — este tipo de terraços é empregado, principalmente em culturas permanentes, podendo entretanto, ser usado em culturas anuais. Terraços semelhantes a estes embora construídos de maneira precária, eram empregados já há muitos séculos pelas civilizações antigas e por indígenas, como os incas. Constituem processo perfeito de controle da erosão em terrenos intensamente declivosos, quando construídos com todos os requisitos técnicos.

A construção desses terraços quando feita de uma só vez, requer muito trabalho e operações dispendiosas. Há, entretanto, um processo de construção que sai relativamente barato e sem requerer grande movimentação de terra de uma só vez.

O processo consiste em formar-se cordões de contorno, com o espaçamento requerido para êstes terraços, e plantar-se nesses cordões uma gramínea de crescimento bastante cerrado, erecta e resistente; à medida que se processam os cultivos, vai-se jogando a terra contra êstes cordões de modo que após 4 ou 5 anos estarão formados verdadeiros patamares, podendo-se então instalar nêles uma cultura permanente qualquer.

Para uma locação perfeita dêsses diversos tipos de terraço são necessários alguns dados, considerados como fundamentais, para o estabelecimento das dimensões dos terraços e espaçamento dos mesmos. Dentre êstes dados podem ser citados: a declividade do terreno, certas características do solo como profundidade, permeabilidade etc., regime pluvial da região, principalmente as maiores intensidades atingidas pelas precipitações locais e grau de proteção fornecido pela cultura que ocupará o terreno.

Vê-se por aí, que para um perfeito emprêgo do terraceamento, seriam necessários dados experimentais de campo, dados meteorológicos e dados de laboratório, para cada região e cada tipo de solo. Entretanto mesmo na falta dêstes dados pode-se conseguir uma locação bastante aproximada da ideal, mediante a utilização de algumas fórmulas generalizadas e observações mesmo grosseiras sôbre o solo e sôbre a pluvio-metria da região.



Fig. 15 — *Cafézal bem plantado, de acôrdo com os modernos métodos de conservação do solo. Campinas, São Paulo.*
(Foto E. B. Braun)

No *Manual de Conservação de Solos* (18), é dada uma fórmula bastante generalizada para a construção de terraços. Esta fórmula dá os valores médios dos espaçamentos entre terraços, adotados nos Estados Unidos para as mais diferentes condições.

A fórmula que é a seguinte:

$$I.V. = \left(\frac{D\%}{4} + 2 \right) 0,305 \text{ m.}$$

onde I.V. = distância vertical entre os terraços e D = declividade média do terreno, fornece valores que diferem do valor máximo e do valor mínimo, para o espaçamento vertical, de 15%.

Portanto o valor obtido por esta fórmula pode ser aumentado ou diminuído de acôrdo com as condições em que se quer empregar o terraceamento.

A. MARQUES (20) fornece algumas fórmulas mais especificadas para os três tipos de terraço. São elas:

Fórmula para terraços em camalhão de base larga em culturas anuais e terraços em camalhão de base estreita em culturas permanentes.

SOLOS	Espaçamento vertical em cm.	Espaçamento horizontal em m.
Terras arenosas.....	55+8D	55 8+— D
Terras barrentas ou argilosas do tipo massapê ou salmourão do arqueano.....	60+9D	60 +— D
Terras roxas da província magmática.....	70+10,5D	70 10,5+— D

Fórmula para terraços em camalhão de base larga empregados em culturas permanentes.

SOLOS	Espaçamento vertical em cm.	Espaçamento horizontal em m.
Terraços arenosos.....	80+12D	80 12+— D
Terras barrentas ou argilosas do tipo massapê ou salmourão do arqueano.....	90+13D	90 13+— D
Terras roxas da província magmática.....	110+15D	D 15+— 100

Fórmulas para o espaçamento vertical, dos terraços em patamar, de acôrdo com um determinado espaçamento horizontal.

$$\text{Espaçamento vertical} = \frac{\text{Espaçamento horizontal} \times \text{declividade}}{100}$$

100

Note-se que nas fórmulas acima, D é a declividade em porcentagem.

Para os terraços de diversão ou drenagem há certas especificações quanto ao comprimento e declividade necessária para o escoamento da água.

Com respeito ao comprimento, A. MARQUES (20) prescreve uma extensão máxima de 500 metros para os solos pouco permeáveis e de 700 metros para solos francamente permeáveis e em topografia suave.

Para o gradiente dos terraços, o mesmo autor dá a seguinte tabela:

COMPRIMENTO DO TERRAÇO (metros)	GRADIENTE EM CENTÍMETROS POR 10 METROS PARA OS NOSSOS PRINCIPAIS TIPOS DE SOLO		
	Roxa da província magmática	Arenosas	Barrentas ou argilosas pouco permeáveis (massapê e salmourão)
0 — 100.....	0,0 (nível)	0,5	1,0
100 — 200.....	0,5	1,2	2,0
200 — 300.....	1,0	2,0	3,0
300 — 400.....	1,5	2,6	4,0
400 — 500.....	2,0	3,5	5,0
500 — 600.....	2,5	4,2	6,0
600 — 700.....	3,0	5,0	—
700 — 800.....	3,5	—	—

GUIDO RANDO (27) prescreve os seguintes gradientes para os terraços de base estreita numa tabela mais generalizada.

Tabela de declives graduais.

COMPRIMENTO DO CORDÃO (metros)	GRADIENTES EM cm. POR 100 m.	
	Subsolo arenoso	Subsolo argiloso
0 — 100.....	0	10
100 — 200.....	10	20
200 — 300.....	15	30
300 — 400.....	25	40
400 — 500.....	—	50
500 — 600.....	—	60

De acôrdo com o *Manual de Conservação de Solos* (18), é aconselhável dar-se ligeira declividade, nos terraços após 100 metros de comprimento, porém, esta declividade não deve ultrapassar 3%, porque então já haveria remoção de uma quantidade de solo apreciável no canal. Será às vezes necessário proporcionar-se um aumento de declividade até 4% nos últimos 100 metros dos terraços, nos casos excepcionais em que o solo é pouco permeável, o coeficiente de deflúvio muito grande e o comprimento do terraço está entre 490 e 550 metros.

Com referência ao emprêgo dos diferentes tipos de terraço, são feitas algumas limitações, principalmente de acôrdo com as declividades dos terrenos a serem terraceados.

O *Manual* acima citado, em considerações sobre o terraceamento, prescreve que, para o terraço em camalhão de base larga reter eficaz-

mente a água, êle não deve ser empregado em declividades de mais de 3%, podendo, entretanto, ser usado até uma declividade de 10 a 12% quando modificado, de modo a fornecer certa drenagem.

Com relação aos terraços em patamar, ainda a obra em questão, considera que, para as culturas permanentes, em declividades superiores a 12% deve ser empregado êste tipo de terraceamento, que é aplicável para declives superiores a 25%.

Ao se fazer o terraceamento de uma área, merece atenção especial, a construção dos escoadouros, que são canais de ampla largura e reduzida profundidade, destinados a conduzir para uma área de despejo, fora da área cultivada, a água proveniente dos terraços de diversão (18). Êstes escoadouros devem, portanto, em face do grande volume de água a que deverão dar escoamento e por apresentarem às vêzes grandes declividades, ter boa proteção em seu leito a fim de não sofrerem erosão.

A proteção fornecida ao leito dos escoadouros, pode ser de origem vegetal, ou mecânica. No primeiro caso, são usadas principalmente certas gramíneas que tenham características convenientes para uma boa proteção; no segundo caso, os escoadouros, ou possuem os leitos rochosos, no caso de escoadouros naturais, ou de pedregulhos, que são colocados sôbre os mesmos.

Podem ainda êstes canais ser naturais, quando se utilizam as depressões naturais dos terrenos, ou artificiais, quando são construídos canais para servirem de escoadouros.

Na proteção dos leitos dêsses canais, por meio de cobertura vegetal, são aconselhadas por A. MARQUES (20), as seguintes espécies:

Gramíneas	Capins	Kikuio (<i>Pennisetum clandestinum</i> CHIV.)
		Gengibre (<i>Paspalum maritimum</i> trin.)
		Rodes (<i>Chloris gavana</i> KUNTH)
		Forquilha, batatais ou rio grande (<i>Paspalum notatum</i> FLUGGE)
	Gramas	Tapête ou larga (<i>Axonopus compressus</i> (SWARTZ) BEAUV.)
		Comprida ou das rocas (<i>Paspalum dilatatum</i> POIR)
		Inglêsa ou santo-agostinho (<i>Stenotaphrum secundatum</i> (WALT.) KUNTZE)
		Sêda, bermuda ou de burro (<i>Cynodon dactylon</i> (L) PERS.)
	Leguminosas	Kudzu comum (<i>Pueraria thumbergiana</i> (SIEB & ZUCC) BENTH)
		Jetirana (<i>Centrosema pubescens</i> BENTH)

Há entretanto outras espécies, mesmo fora dessas duas famílias, que podem ser ainda empregadas, com bastante êxito, para a proteção dos leitos de escoadouros.

Banquetas individuais — este processo mecânico de controle da erosão pode ser considerado como um tipo de terraço em patamar interrompido. É um processo cujo emprego prescinde de muitos requisitos técnicos e que é de simples execução, uma vez que, só pode ser feito com utensílios agrícolas manuais.

O seu emprego pode fornecer bons resultados, mesmo em terrenos bastante declivosos, bastando para isto que se obedeam a algumas normas com respeito a sua construção.

Estas normas são as seguintes: O talude da escavação deve ser de aproximadamente 1: 3, a escavação é feita em semicírculo e a terra é puxada para fora, sendo usada como atêrro para formar a parte externa da banquetta, que deverá ser mais alta que a parte interna.

A escavação começa ao pé da árvore em pomares com o solo não muito erodido, e portanto, sem deixar à mostra as raízes das árvores. Quando o solo já está muito erodido e as raízes das árvores aparecendo, então a escavação deverá começar um pouco mais em cima do pé da árvore, a fim de que, com a formação da banquetta, as raízes fiquem cobertas.

O caimento da banquetta para o lado de dentro deve ser aproximadamente de 15%.

O atêrro pode ser protegido com uma vegetação plantada ou pode ser deixado à invasão do mato, que fornecerá também uma boa proteção.

A área da banquetta é função do tamanho da copa da árvore respectiva, sendo recomendado, que seja feita com dimensões aproximadamente iguais às da projeção horizontal da copa.

Sulcos em pastagens — é um processo de controle da erosão empregado nas pastagens que não apresentam boa cobertura de solo e cujas condições de declive as tornam muito sujeitas à erosão. A aplicação deste processo traz para a pastagem, além do benefício decorrente da proteção no solo pelo armazenamento de água que produzem estes sulcos, também uma boa proteção contra a erosão hídrica.

Para a construção dêsse sulcamento, emprega-se o arado de aiveca ou de disco reversível, passando-se duas ou mais vezes no mesmo sulco e jogando-se a terra para baixo.

Um processo também bastante efetivo é a construção de camalhões nas pastagens de menores declividades.

Êstes camalhões, são também construídos com o arado de aiveca ou disco reversível, mediante duas ou mais passadas, sendo que a terra é jogada ora para cima ora para baixo de modo a formar um camalhão com 1 a 2 metros de largura e uns 20 a 30 centímetros de altura.

Segundo A. MARQUES (20), os sulcos em contorno são empregados para declividades até 30%, com facilidade de construção e eficiência,

ao passo que os camalhões são indicados para declividades menores que 3 ou 4%.

Sobre o espaçamento entre os sulcos, este autor considera que pode variar de 1 a 10 metros sendo mais comum o espaçamento de 3 metros.

PAULO CUBA DE SOUSA (32) referindo-se às vantagens que o sistema de sulcos proporciona às pastagens, considera que o cultivo freqüente dos pastos em curvas de nível e com rotação, torna a terra menos socada, retém totalmente a água das chuvas e produz melhor crescimento das gramíneas.

Sobre o espaçamento dos sulcos, ele prescreve que seja entre 5 e 10 metros.

Covas em rodízio — é um processo de eficiência relativa, usado principalmente para controle da erosão em cafézais. Consta de numerosas covas dispostas preferivelmente segundo uma linha de nível e que cada ano são fechadas, sendo abertas novas covas em outras posições.

A. MARQUES prescreve as seguintes dimensões para estas covas: 30 ou 40 cm. de largura, outro tanto de profundidade e de 60 a 100 cm. de comprimento.

Na construção dessas covas, a terra retirada na escavação das mesmas, é disposta na margem inferior, formando um camalhão em meia lua. Isto faz com que convirja para a cova, a água do deflúvio que desce pela faixa de declive, de largura correspondente à amplitude do camalhão e, que fica acima da cova.

Nestas covas é depositada pelas águas do deflúvio, grande quantidade de solo erodido e de cisco, que é também puxado para dentro da cova na ocasião de ela ser fechada. Isto proporciona boa adubação para a planta.

Enleiramento permanente — é também um processo mecânico de eficiência relativa e que é aconselhado por A. MARQUES (20) para a conservação do solo em cafézais.

Este processo resulta de uma operação simples de adubação, em que o estêrco ou qualquer outra matéria orgânica empregada, é colocado em quatro sulcos que se cortam ou em apenas dois em forma de "V", e em seguida enleirada a terra sobre eles.

Tem-se assim um quadrilátero ou um "V", formado por estes pequenos camalhões em torno das árvores, o que fornece um obstáculo ao desenvolvimento do deflúvio.

Estas leiras são renovadas após certo número de anos, sendo aconselhado renovar um dos lados do quadrilátero, cada ano.

O enleiramento permanente deve ser empregado apenas em terrenos de pouca declividade.

Formação de cordões de pedregulhos — Em terrenos cujo solo é muito pedregoso, sendo as pedras mais ou menos grandes e bastante numerosas, pode-se dispô-las em um pequeno paredão em nível.

Isto fornecerá um obstáculo ao deflúvio que irá acumulando no cordão formado, a terra removida da faixa acima, podendo com o tempo formar-se aí um verdadeiro cordão de nível.

A aplicação desta prática tem ainda a vantagem de permitir melhor as capinas pela remoção das pedras que prejudicam esta operação.

3) *Contrôle da erosão pela combinação de processos mecânicos e vegetativos.*

Como ficou já evidenciado, o melhor método de controlar a erosão é proporcionar-se uma cobertura vegetativa completa do solo, como nos pastos naturais e nas florestas.

Entretanto, pela necessidade de se cultivar o solo não é possível conservar-se sempre tal cobertura, resultando daí uma menor eficiência da cobertura vegetal proporcionada pelas diferentes culturas que cobrem o solo.

Assim, para suprir-se essa deficiência, torna-se necessário o emprêgo de processos mecânicos, que embora de grande eficiência como o terraceamento, não impedem totalmente a erosão quando empregados isoladamente.

Assim, pela combinação dos processos mecânicos de controle à erosão e dos vegetativos, consegue-se suprir as deficiências de ambos, conseguindo-se uma defesa mais perfeita do solo.

Entre êsses processos combinados, um dos mais empregados é o que utiliza a conjugação das culturas em faixas e terraceamento.

No caso do emprêgo das faixas de rotações anuais, que é um processo bastante efetivo, há diversos modos de combiná-las, ora plantando-as nos intervalos dos terraços, ora plantando-as sobre eles, conforme o estágio da rotação usada.

A alternância de capinas pode ser empregada em conjugação com o terraceamento, tornando êste processo mais efetivo, por não permitir quase nenhum deslocamento de solo na faixa entre os dois terraços.

A ceifa do mato também poderá, quando fôr conveniente, ser empregada com o processo dos cordões em contorno nas culturas permanentes, proporcionando assim ótima proteção ao solo contra a erosão.

Também a plantação de gramíneas ou leguminosas perenes sobre o camalhão do terraço permite melhor estabilidade dêste e pode ser recomendado para produção de forragem ou de feno que serão fornecidos por essas plantas.

Outro processo conjugado, bastante efetivo, é a construção dos terraços em patamar quando feita através de cultivos seguidos, em um terreno apresentando cordões de contorno plantados com uma gramínea resistente de crescimento cerrado e contra os quais se enleira a terra ao se proceder às operações de cultivo.

4) *Processos químicos de controle da erosão.*

Reside o principal objetivo dêsses processos em se proporcionar ao solo um melhoramento de suas características físicas, principalmente de agregação das partículas que permitam melhor resistência do solo

aos agentes de dispersão, ou também formar uma camada impermeável na superfície do solo, protegendo-o contra a ação da água.

Do ponto de vista prático sabe-se que a aplicação de calcário no solo provoca um estado granular melhor e que portanto, aumenta até certo ponto sua permeabilidade e a estabilidade dos agregados.

Para se impermeabilizar o solo em canais de irrigação, é hoje técnica bastante empregada a utilização de soda, em uma certa concentração, evitando assim uma perda grande de água por infiltração e impedindo a erosão no caso de os canais serem de gradiente mais pronunciado.

VII — CONTRÔLE DA EROSÃO NOS CAVÕES OU VOÇOROCAS.

Este assunto em virtude da importância que adquire em certas regiões, merece um capítulo à parte.

O desenvolvimento das voçorocas, às vezes quando não é sustado por meios naturais ou artificiais, provoca perdas de imensas áreas de terras que são corroídas pela água, ou de outras áreas próximas, para onde são levadas e depositadas grandes quantidades de solo.

É comum haver a estabilização natural do fenômeno, que diminuindo a sua intensidade, devido às próprias condições do solo, ou devido a condições climáticas mais favoráveis durante o ano, permite o estabelecimento de uma vegetação natural que se vai desenvolvendo até cobrir toda a parte corroída do terreno.

Entretanto, na maioria das vezes o fenômeno continua com maior ou menor intensidade sem atingir uma estabilização completa. Nestes casos, urge então adotar-se medidas para deter o seu desenvolvimento, a fim de que não se percam grandes áreas de terreno.

BENNETT (5) faz notar entretanto, que quando o custo do contrôlo da erosão nas voçorocas exceder o valor da terra protegida, ele só deverá ser feito quando for necessário para proteger terras adjacentes, reservatórios, pontes, etc.

Usualmente a medida de contrôlo empregada para a proteção da voçoroca é cobri-la totalmente com vegetação plantada, porém, isto nem sempre é possível e portanto o procedimento nas medidas de contrôlo varia com o clima, o solo e a topografia.

Inicialmente é necessário desviar-se as águas da voçoroca por meio de canais de diversão, que são empregados no caso de o terreno estar florestado ou em pastagem; no caso de terreno cultivado, isto nem sempre é possível e assim deve ser plantada uma faixa de vegetação protetora acima do camalhão, para filtrar a água e diminuir a velocidade da mesma. Pode-se então plantar ou semear uma vegetação protetora na voçoroca.

Dois tipos de estrutura mecânica podem ser empregados para o contrôlo da erosão nas voçorocas: estrutura temporária e estrutura permanente.

ATRASO TÉCNICO DO TRABALHO RURAL, NO BRASIL, 1954

REGIÕES GEOECONÔMICAS	Número de municípios informantes	QUEIMADA		ENXADA		ARADO		ADUBOS	
		N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%
Norte.....	96	89	92,7	94	97,9	—	—	6	6,3
Nordeste.....	603	548	90,9	477	79,1	5	0,8	200	33,2
Sudeste.....	841	738	87,9	817	97,1	146	17,4	614	73,0
Sul.....	220	194	88,2	211	95,9	65	29,5	135	61,4
Centro-Oeste.....	111	107	96,4	111	100,0	3	2,7	11	9,9
BRASIL.....	1 871	1 676	89,6	1 710	91,4	219	11,7	966	51,6

BIBLIOGRAFIA

- 1) ANDRADE, Breno Moraes — *Fenação* Serv. de Documentação, Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, 48 pp., — 1954.
- 2) AYRES, Quincy Claude — *Soil Erosion and its Control*, Mc Graw — Hill Co. Inc., New York, 365 pp., — 1936.
- 3) BARROS, Wanderbilt Duarte de — *A Erosão no Brasil*, Min. da Viação e Obras Públicas, Serviço de Documentação, 350 pp., — 1956.
- 4) BENNETT, H. H. — *Soil Conservation*, Mc-Graw — Hill Co. Inc., New York, 913 pp., — 1939.
- 5) BENNETT, H. H. — *Elements of Soil Conservation*, Mc-Graw — Hill Book Co. Inc., New York, 406 pp., — 1947.
- 6) CAVINA, RÔMULO — *Sistemas Agrícolas*, tese para concurso à 18.^a cadeira da ENA (inédita), Univ. Rural, 80 pp., — 1957.
- 7) CARNES, A. — *Maintenance of the Drainage-Type Terrace*, Soil Conservation, vol. 4-5: 165-169, — 1939.
- 8) CASTRO, Fernando Suárez y ÁLVARO RODRIGUES G. — “Perdidas de Suelo y Agua Bajo Diferentes Sistemas de Cultivo”, *Bol. Tecn.*, vol. 2, n.º 17, Federación Nacional de Cafeteros, Chinchina, 47 pp., — 1956.
- 9) DUQUE, J. G. — “Solo e Água no Polígono das Sêcas” Serv. Agro-Industrial do DNOCS, *Anais da Segunda Reunião Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas — 1949.
- 10) FAO — *Soil Erosion Survey of Latin America* — Reprint from July, September and November, issues of The Journal of Soil and Water Conservation, 31 pp. — 1954.
- 11) FAO — *Conservación de Suelos — Un Estudio Internacional*, Washington. 216 pp., — 1949.
- 12) FAO — *Pastures and Fooder Crops in Rotations in Bediterranean Agriculture*, Rome, 12 pp. — 1954.
- 13) FAO — *Reconocimientos Edafológicos para la Habilitación de Tierras*, Rome, 49 pp. — 1954.
- 14) FREITAS, Homero Diniz de — “Sôbre a Necessidade de um Serviço de Controle à Erosão”, *Rev. Ceres*, ESAV, Minas Gerais, vol. IV, n.º 19: 24-31, — 1942.

- 15) GROHOMANN, F. e R. A. CATANI — “O Empobrecimento Causado pela Erosão e pela Cultura Algodoeira no Solo do Arenito Bauru, *Bragantia*, Inst. Agr. de Campinas, vol. 9, ns. 5-8: 125-132, — 1949.
- 16) GUSTAFSON, A. P. — *Conservation of the Soil*, Mc Graw — Hill Co. Inc., New York, 312 pp., — 1937.
- 17) HUME Harold H. — *Cultura das Plantas Cítricas*, tradução de JULIÃO OSCHERY, SIA, 562 pp., — 1952.
- 18) *Manual de Conservação do Solo* — tradução de HILGARD O'REILLY STERNBERG, Washington, 507 pp. — 1951.
- 19) MARQUES, J. Quintiliano A. — “Política de Conservação do Solo”, *Anais das Mesas Redondas de Conservação do Algodão, do Café e do Solo*, Sociedade Rural Brasileira, São Paulo — 1950.
- 20) MARQUES, J. Quintiliano A. — “Processos Modernos de Preparo do Solo e Defesa Contra a Erosão”, *Bol.* n.º 19, Instituto Central de Fomento Econômico da Bahia, 198 pp., — 1950.
- 21) MARQUES, J. Quintiliano A. — “Conservação do Solo em Cafêzal”, separata dos *Boletins da Superint. dos Serv. do Café*, São Paulo, 234 pp., jan. — 1950.
- 22) MARQUES, J. Quintiliano A. e outros — *Informe Brasileiro Sobre os Problemas da Terra*, documentação e conclusões do Seminário Latino-Americano Sobre o Problema da Terra, CNPA, Rio de Janeiro, — 1954.
- 23) MARQUES, J. Quintiliano A. — “Nota Prévia Sobre um Novo Conjunto Mecânico para Terraceamento e para Trabalhos Similares”, *Bragantia*, Inst. Agr. de Campinas, vol. IV, n.º 10: 593-625, — 1944.
- 24) MOLINARI, Ovidio Garcia — *Observations on Possible Erosion Control Grasses of Puerto Rico*, Soil Conservation, vol. 4-5: 267-270, — 1939.
- 25) MOTA, Joaquim I. Silveira da — “Como devem ser conduzidos os solos dos pomares”, *Lavoura Arrozeira*, IRGA, ano XI, n.º 127: 33-35, — 1957.
- 26) ORSI, Eujandir Wilson de Lima — “Rotações de Culturas para o Fumo”, *Rev. de Agr. de Piracicaba*, vol. XXIX, N.º 3-4: 107-112, mar. — 1954.
- 27) RAMOS, Julião Barroso — *Erosão nos Terrenos Inclinação e um dos Meios de Combatê-la*, SIA, 20 pp. — 1944.
- 28) RANDO, Guido César — *Cordões em Contorno*, suplemento agrícola do *Estado de São Paulo*, 12 de set.: 2, — 1956.
- 29) RANDO, Guido — “Financiamento das Práticas Conservacionistas”, *Anais das Mesas Redondas do Algodão, do Café e da Conservação do Solo*, Sociedade Rural Brasileira, São Paulo, — 1950.
- 30) RUBIA, J. de la e F. BLASCO — “Rapid Diagnostic of Water Erosion”, *Rapports du Congrès de la Science du Sol*, vol. D, Paris, : 585-590, — 1956.
- 31) SOUSA, Dario Freire de — “A Importância das Leguminosas na Recuperação dos Solos”, *Rev. de Agr. de Piracicaba*, vol. XXIX, ns. 5-6: 135-147, — 1954.
- 32) SOUSA, Paulo Cuba de — “Conservação de Terra”, revista *Ceres ESAV*, Minas Gerais, vol. IV, n.º 19: 24-31, — 1942.

* * *

SUMMARY

A Contribution to the Study of Erosion and Erosion Control in Brazil

Revealing a thorough knowledge of the problem of soil erosion in its various forms, the author, an agronomical engineer studies the phenomenon systematically, starting with nomadism in Brazilian farming and going on to discuss the causes and classification of different types of erosion and the factors that influence their development, not neglecting the preponderant incidence of climate, and variation in the plant cover, make-up and consistency of the soil, and lay of the land.

Considering that these elements are essential causes to be weighed carefully, he shows the impact phenomenon on the national economy, by reason of its damaging effects on agriculture and the way in which it impoverishes the land.

After analysing the points mentioned at some length author proceeds to an overall survey of the present situation of the country with regard to the results of erosion, and outlines the means devised for its control and tending to ward off the evils arising therefrom, *viz.*: reforestation; terracing in certain places; cutting canals to divert run-off; laying strings of rocks over very stony soil, and other more rudimentary methods.

RÉSUMÉ

Révlant une grande connaissance du problème de l'érosion des sols dans ses diverses manifestations, l'auteur, ingénieur agronome, étudie le phénomène systématiquement, en commençant par le nomadisme, caractéristique de l'agriculture brésilienne; ensuite, il s'occupe des causes de l'érosion, de la classification de ses modalités et des facteurs qui influencent son développement, sans oublier l'incidence prépondérante du climat, les divers types de végétation, la variété des sols et la topographie.

Considérant que ces éléments, faits essentiels, méritent d'être étudiés à fond, il montre les effets de ce phénomène sur l'économie nationale, étant donné ses répercussions sur l'agriculture et l'appauvrissement des terres.

Après une longue analyse de ces faits, l'auteur résume la situation actuelle du pays vis-à-vis des effets causés par l'érosion et présente les moyens de contrôle dans le but d'éviter les catastrophes qui en découlent. C'est ainsi qu'il cite: le reboisement; la construction de terrasses dans des endroits appropriés; l'ouverture de canaux pour l'écoulement eaux de pluie; la disposition en cordons des pierres retirées des terrains de sol rocailleux et d'autres procédés encore plus rudimentaires.