



PARA O CONHECIMENTO DO PROBLEMA DA EROSÃO DO SOLO NA GUINÉ

I—SOBRE O CONCEITO DE EROSÃO

INTRODUÇÃO

O presente trabalho é uma tentativa no sentido de expôr os aspectos fundamentais de um problema crucial: o da erosão do solo.

Depois de séculos sem conta de exploração desordenada da terra, o homem adquiriu ou vai adquirindo a consciência de que a Agricultura, para que possa perpetuar-se como base fundamental da existência humana, tem de conter uma preocupação: a da defesa do solo. Quer dizer: a relação Homem-solo, naturalmente assimétrica (a terra conserva o homem — o homem destrói a terra) tem de transformar-se numa relação simétrica. O homem, para subsistir, tem de conservar o solo. Nessa transformação reside todo o problema da erosão, ou da defesa da terra.

Esse problema, para os meios tropicais, apresenta-se de solução difícil, já pelas características agro-climáticas desses meios, já pelas circunstâncias económicas que lhes condicionam a actividade agrícola. Após alguns desastres espectaculares, patenteia-se hoje a necessidade de equacionar e resolver o problema da conservação do solo nas regiões tropicais, onde, mais de que em qualquer outras zonas do mundo, a devastação da terra, operando-se aceleradamente, cria perspectivas trágicas à subsistência do

homem. Daí a presente preocupação, tanto no campo nacional como no internacional, de estudar e introduzir profundas transformações nos sistemas de exploração da terra, com o objectivo de sustar a erosão.

Lamentavelmente até ao presente, o problema tem sido praticamente ignorado na Guiné.

O facto de a orografia da Guiné não apresentar acidentes sensíveis, não significa que a erosão não encontra nesta região condições favoráveis. A intensidade e a quantidade das chuvas durante o período húmido, as práticas culturais geralmente adoptadas, a natureza dos solos e mesmo os pequenos declives em que estes assentam — são factores bastantes para permitir a destruição da terra. Algumas culturas, nomeadamente as de carácter industrial, não oferecem a menor defesa ao solo que ocupam.

Assim por toda a Guiné, não são raras as parcelas de terreno em que o solo, sob a acção de complexo erosão-laterização, se encontra degradado ou em vias de extrema degradação. Urge, portanto, prestar a melhor atenção ao problema de defesa da terra na Guiné. A premente necessidade da conservação das possibilidades de subsistência de toda uma população, que não teve ainda oportunidade de usufruir verdadeiramente as benesses da terra, exige a conservação do solo. Para isso, impõe-se: I) conhecer e divulgar o problema da erosão; II) iniciar imediatamente um estudo concreto dos factores que condicionam a erosão e do estágio em que se encontra a destruição do solo na Guiné.

Por isso, o presente trabalho terá de se subdividir em três etapas:

- I — O conceito da erosão do solo ;**
- II — Os factores da erosão na Guiné ;**
- III — Estádio actual do problema da erosão na Guiné.**

A consecução do objectivo proposto está, evidentemente, na estrita dependência das possibilidades de trabalho de que for viável dispôr. Apresenta-se, seguidamente, o trabalho correspondente à 1.^a etapa:

1. Sobre o conceito de erosão do solo

1.º — Erosão normal ou natural

Uma característica da natureza é o seu estado de movimento e transformação perpétuos, de renovação e desenvolvimento incessantes. Nela há sempre algo que aparece e se desenvolve, alguma coisa que se desagrega

e desaparece. Tudo na natureza apresenta um lado positivo e um negativo, um passado e um futuro, elementos que desaparecem e outros que se desenvolvem (28).

O solo — corpo natural, independente, histórico e dinâmico — não faz excepção a essa lei geral de transformação constante, inerente à Natureza. Pelo contrário, transformações incessantes (qualitativas e quantitativas) constituem a característica fundamental do conteúdo interno do desenvolvimento do solo.

Verificadas as condições em que esse desenvolvimento pode realizar-se, opera-se através um permanente «destruir-construir» de elementos, seja na rocha (inicialmente), no material originário, ou no corpo do solo. Essa «destruição-construção» é realizada através fenómenos físico-químico, e biológicos. Estes fenómenos são consequência da acção interinfluyente dos factores do desenvolvimento do solo. Da rocha à diferenciação de um dado tipo de solo, deste à de outro, o desenvolvimento apresenta sempre, em síntese, dois aspectos: um positivo e outro negativo. Mas essa contradição é o que caracteriza o próprio desenvolvimento e conduz ao corpo natural, que é o solo.

Contradição, internamente, nas múltiplas reacções químicas (oxidações, reduções, hidrólise, etc.) de que surgem novos constituintes, enquanto outros desaparecem; na actividade dos seres vivos, decompondo substâncias; nos fenómenos físicos, etc. Contradição, externamente, na acção dos agentes meteóricos (principalmente as águas das chuvas) provocando a desagregação e o transporte dos materiais do solo.

Porém, desde que não seja perturbado o complexo solo-vida-clima, em que a vegetação tem papel de relevo, essa contradição não prejudica, antes beneficia, o desenvolvimento.

Nessas condições, a desagregação e o transporte dos materiais do solo (erosão) realiza-se lenta e gradualmente. Pode considerar-se «uma modalidade especial dos processos erosivos que actuam constantemente sobre a porção superficial da crosta terrestre» (8). É compensada pelos processos de desenvolvimento do solo. Mais: pode até considerar-se como um dos aspectos desse desenvolvimento.

A essa modalidade de erosão que se realiza lenta e gradualmente, no seio do equilíbrio solo-vida-clima; que está integrada no processo de desenvolvimento e não o prejudica — denomina-se erosão normal ou natural.

Representa um dos aspectos negativos da realidade solo, considerada como uma secção da Natureza. A ela se refere JACKS (18) ao afirmar: «Erosion in Nature is a beneficent process without which the world would have died long ago».

Nas condições naturais, geralmente as perdas do solo limitam-se às provocadas pela erosão normal. Constitui o ideal da conservação, conseguir que essas perdas não sejam significativamente ultrapassadas, apesar da alteração das condições naturais, proveniente da exploração da terra.

2. *Erosão acelerada. Seus factores*

É precisamente a exploração da terra pelo homem, que altera as condições naturais em que tem realização o complexo dinâmico solo-vida-clima.

A partir do antagonismo rocha-clima, e por interferência dos seres vivos, opera-se o desenvolvimento do solo. Mas a essência daquele antagonismo não desaparece. Mantém-se presente no desenvolvimento do solo, em nova forma de existência de negação. Essa nova forma de existência é o solo. Qualquer perturbação que incida profundamente sobre o solo, reacende o conflito. E surge de novo o antagonismo, em toda a sua grandeza. Uma diferença apenas: manifesta-se agora pela destruição do solo que substituiu a rocha.

A exploração da terra pelo homem, exige a interferência deste no referido complexo. As necessidades humanas — alimentação, combustível, abrigo, criação de gado, etc. — exigem a destruição da vegetação natural que recobre o solo. Esta, intimamente ligada ao solo e ao clima, é, pela Agricultura, substituída por espécies que mais interessam ao Homem. Essa destruição ou substituição da vegetação natural corresponde a uma perturbação do complexo solo-vida-clima.

Então, a desagregação e o transporte dos materiais do solo (erosão) transcendem os limites da normalidade. A destruição do corpo-solo deixa de ser gradual e lenta. Os processos de desenvolvimento, perturbados, não compensão já as perdas. Estas não são uniformes, mas aumentam com o tempo.

A essa modalidade de erosão (destruição do solo) que resulta da quebra do equilíbrio solo-vida-clima e se realiza tumultuosamente; que perturba os processos de desenvolvimento do solo, e na qual as perdas aumentam com o tempo — denomina-se erosão acelerada.

Constitui a preocupação de todo o problema da erosão. Combatê-la, é o objectivo primordial da Conservação.

Do que foi dito, pode inferir-se serem os principais factores que têm interferência no problema da erosão, os seguintes: I) o Homem, pela destruição do equilíbrio solo-vida-clima; II) o clima, por intermédio dalguns dos seus elementos, provocando a desagregação e o transporte dos materiais do solo; III) a vegetação, que naturalmente contraria a erosão, mas que, quando ausente ou inadequada, facilita aquele fenómeno; IV) a natureza do solo e a topografia com as quais variam os efeitos da acção dos agentes erosivos. Note-se que todos esses factores interferem no desenvolvimento do solo.

3. Os processos de erosão. Consequências

Todo o elemento capaz de desagregar e transportar os materiais do solo, é um agente erosivo (14). A erosão (entenda-se doravante erosão acelerada) é o agravamento da erosão normal. A desagregação e o transporte passam a ter proporções que não são compensadas pelos processos de desenvolvimento. O solo é destruído.

A água das chuvas e o vento são os principais elementos climáticos, agentes dessa destruição. A temperatura facilita a desagregação dos materiais do solo, por fenómeno de aquecimento e arrefecimento.

A erosão pode, pois, ser pluvial e eólia.

3.1 Erosão pluvial

O agente erosivo é a água das chuvas.

A desagregação consiste no desprendimento das partículas transportáveis da massa do solo. Pode exprimir-se quantitativamente em peso por hectare, de solo desagregado. O transporte consiste no arrastamento das partículas desagregadas, a uma distância significativa. Pode realizar-se por flutuação, rolamento, e arremessamento por «salpico» das partículas do solo. Exprime-se quantitativamente em peso de solo transportado por metro e por hectare de terreno (14).

A acção erosiva das águas pluviais é puramente mecânica. Duas são as forças que desempenham tal acção: I) o embate das gotas de chuva sobre o solo, a que se segue o «salpico»; II) a força do escoamento superficial.

Qualquer dessas forças pode provocar a desagregação e o transporte dos materiais do solo. A sua acção é condicionada por vários factores. Geralmente a erosão é o resultado dos trabalhos complementares dessas duas forças.

a) *Embate e «salpico» das gotas*

As gotas de chuva, batendo sobre o solo podem provocar dois efeitos:

I) desagregação das partículas; II) seu transporte, por meio do «salpico». A desagregação pode conduzir à completa destruição da estrutura dos agregados, isto é, à dispersão. Se as gotas caem sobre a água de escoamento, surge um terceiro efeito: aumentam a sua força erosiva, comunicando-lhe maior turbulência.

ELLISON (14) compara a acção das gotas a uma desintegração por explosão. Assinala que, em condições muito favoráveis, podem ser projectadas para o ar (por saloico) mais de 200 toneladas de partículas por hectare.

É nas encostas que o transporte por «salpico» é mais significativo. Nas zonas planas, as partículas são arremessadas para trás e para diante, e só haverá perigo de transporte, se a posterior acção do vento o realizar.

O quantitativo de solo perdido depende da altura e da distância a que as partículas são arremessadas, bem como da natureza daquele (15). A força erosiva da gota de chuva condicionada pelo declive, é função dos seguintes factores: I) velocidade de queda; II) diâmetro da gota; III) intensidade da chuva (15). As duas primeiras características não são mensuráveis nas condições naturais. O estudo dos seus efeitos é realizado indirectamente sobre um solo de areia, em condições standardizadas (15).

EKERN e MUCKENHIRN (13) procuraram, trabalhando com um solo standard (de areia), relacionar a percentagem de solo transportado com o declive e com o diâmetro da gota de chuva. Apresentaram as seguintes equações:

$$\% \text{ solo transp.} = 50 + (0.94 \times \text{declive } \%)$$

$$\text{Transp. (ton-ha)} = 2.4 (9.52 - \log D - 2.73)$$

em que D representa o diâmetro da gota de chuva, em mm.

Estas equações, desde que se atenda às circunstâncias em que foram obtidas, podem dar uma indicação sobre os efeitos da modalidade de erosão em referência.

Como consequências deste processo erosivo podem citar-se, além da desagregação e transporte das partículas, as seguintes: I) dispersão dos agregados, a qual mesmo que se não verifiquem transportes significativos, provoca a destruição duma das principais características do solo — a estrutura; II) a desintegração das partículas liberta a matéria orgânica e os colóides, materiais levíssimos, facilmente transportáveis (15); III) da desagregação e dispersão resultada, nomeadamente nos solos argilosos, o enlameamento e compactação da superfície do solo: esta impermeabiliza-se, a percentagem de escoamento cresce, o abrolhamento das culturas semeadas é dificultado, reduz-se a rarefação e adrenagem do solo, e pode aumentar, pelo endurecimento deste, o custo das práticas de cultivo (14).

b) *Escoamento superficial*

Entende-se por escoamento a parte da precipitação meteórica que é fornecida a um ou mais cursos de água pela respectiva bacia hidrográfica.

Procura-se relacionar a água escoada com a caída através o conceito de coeficiente de escoamento. Porém, o quantitativo deste, depende de vários factores (chuva caída, sua intensidade, natureza do solo e seu estado de humidade, cobertura vegetal, etc.) pelo que, como observa D. W. MEAD, citado pelo Prof. RUY MAYER (20), apesar de existir essa relação, não se verifica que a quantidade de água escoada aumenta linearmente com a de água precipitada.

Em matéria de erosão, o escoamento tem o significado de movimento de água superficialmente, da parte de precipitação meteórica que, em drenagem externa, busca os cursos de água.

O escoamento superficial é geralmente o agente mais destrutivo no processo de erosão pluvial. Deve ser considerado sob dois aspectos: I) o escoamento livre; II) e o condicionado ou canalizado. O primeiro realiza-se sobre as superfícies lisas do solo, em lençol. O segundo ocorre em sulcos e ravinas.

A fase livre do escoamento tem lugar sobre as zonas lisas do solo e entre as ravinas; sulcos e regos. Transporta para estes acidentes a maior parte da camada superficial do solo. A sua capacidade de transporte depende do quantitativo da água escoada, dos materiais em suspensão, do estado de desagregação e humidade do solo, da natureza deste e da cobertura vegetal. Se a água em escoamento é «bombardeada» pelas gotas de chuva, aumenta a sua turbulência e conseqüentemente, o poder de suspensão (14).

BAVER (2) aponta como factor importante na erosão pelo escoamento, o estado de humidade do terreno juntamente com a intensidade e o quantitativo da precipitação. Representa-os simbólicamente e respectivamente por M, I e A, e considera a combinação AIM como o único factor que na realidade tem nítida correlação com este tipo de erosão.

Para conhecimento de estado de humidade de solo em cada mês, apresenta a seguinte fórmula, baseada nos conceitos de clima de THORNTHWAITE, e a partir de estudos feitos no Missouri:

$$\text{Log } P/E = 1.2 \log P - 0.15 T = 0.2$$

em que P representa a precipitação, E, a evaporação, e T, a temperatura média, sendo todos estes elementos referentes ao mês.

É de admitir-se, dada a variedade de factores influentes no escoamento, a insuficiência do método sugerido por BAVER. Aliás, é este o primeiro a reconhecer que «This method ...is open to criticism» (2).

Os fenómenos erosivos produzidos pelo escoamento superficial livre, constituem o processo de erosão a que geralmente se denomina «laminar». A água em movimento desagrega e transporta os materiais da superfície do solo.

O transporte pode realizar-se em suspensão ou por rolamento. Referiram-se já os factores de que depende. A desagregação resulta não só da acção da água sobre o solo, mas também da dos materiais em suspensão. A força desagregante depende fundamentalmente dos seguintes factores: I) velocidade da água que se escoia sobre o solo; II) quantidade e dimensões dos elementos transportados. Os seus efeitos variam também com a natureza do solo.

A erosão laminar não é apenas resultado da acção erosiva do escoamento superficial livre. Como se referiu (3.1, a), a gota de água, ao cair sobre o solo, pode provocar a desagregação e o transporte. São os efeitos destes dois processos complementares, que constituem a erosão laminar.

O escoamento condicionado ou canalizado (14) resulta da concentração da massa líquida em movimento, em determinadas zonas. Opera-se em sulcos, regos e ravinas. É responsável pela desagregação do solo nestes acidentes, e pelo transporte não só dos elementos por ele desagregados, como também dos provenientes do escoamento livre.

A este processo de erosão, que tem lugar principalmente nas ravinas, denomina-se «erosão por ravinas». Geralmente é uma consequência da

própria erosão laminar. Por isso que, observa o Prof. BOTELHO DA COSTA (9) «quando se formam ravinas, a terra já perdeu, além do material do solo, o seu mais importante elemento de estabilidade e fertilidade — o poder de reter a água».

À medida que aumenta o caudal da água escoada nas ravinas, cresce a sua capacidade de desagregação e de transporte. Essa capacidade varia também com a natureza dos materiais arrastados (pedras, areia, argila) e com o solo. Se a água não atinge grande profundidade, a queda das gotas de chuva comunica-lhe uma certa turbulência, a qual vai aumentar a sua acção erosiva.

A erosão pluvial resulta, pois, da acção erosiva de duas forças: I) embate, seguido de salpico, da gota de chuva; II) escoamento superficial. Actuam complementarmente, e a grandeza dos seus efeitos depende dos factores indicados.

Comparando esses dois processos, pode-se afirmar que: I) a acção da gota de chuva é responsável pela quase totalidade da desagregação dos materiais arrastados por erosão laminar; nas ravinas, é o escoamento que realiza essa operação; II) o escoamento superficial é responsável pela quase totalidade do transporte; nas encostas, o salpico da gota de chuva pode concorrer, em grau variável com as circunstâncias, para o deslocamento das partículas do solo.

As consequências da erosão pluvial vão sendo geralmente conhecidas. O caso mais extremo consiste na completa destruição do corpo do solo. Porém mesmo que se não verifique isso, pode originar a modificação de propriedades fundamentais na estabilidade e fertilidade do solo, tais como: I) arrastamento de uma ou mais camadas do perfil; II) destruição da estrutura e perda dos elementos coloidais; III) alteração da textura, perda dos elementos fertilizantes, nomeadamente da matéria orgânica; IV) diminuição do poder de retenção para a água; V) compactação da superfície do solo; etc.. A extensão e importância dessas consequências dependem da natureza do solo em que se verificam.

Desse complexo de consequências, resulta um desequilíbrio geral na região erosionada. Diminuem as possibilidades de cultivo da terra e, portanto, de vida. A instabilidade do solo reflecte-se na riqueza hidrológica e vegetal da região. Quer dizer: a erosão não interessa apenas ao solo, mas também à hidrologia e à ecologia (14).

3.2 Erosão eólica

O Agente erosivo é a força do vento. A massa de ar em movimento, contactando com a superfície do solo, desagrega e transporta os materiais deste. É a componente vertical do vento, a responsável pela remoção da maior parte do solo destruído pela erosão eólica.

A eficiência da acção erosiva do vento depende da velocidade e grandeza da turbulência do ar, e do grau de protecção do solo (5). Varia também com o estado de humidade e desagregação do terreno, com a natureza deste e com o tipo de relevo. Um relevo pouco acentuado facilita a acção do vento.

A erosão eólica pode verificar-se nas regiões áridas, sem que tenha havido intervenção do factor Homem. O tipo de vegetação climática dessas zonas, não oferece suficiente protecção ao solo. Nas regiões semi-áridas é geralmente a acção do Homem que abre caminho a este processo de erosão. Nos climas húmidos, dificilmente se poderá verificar a destruição do solo pelo vento. Todavia, pode-se afirmar, com BENNETT (5), que o vento é um agente de erosão, em potência, em todos os climas. A sua acção pode desencadear-se como consequência dos estragos provocados pela erosão pluvial.

A erosão eólica não apresenta, portanto, a complexidade da pluvial (9). Porém, os efeitos da primeira são tão desastrosos como os da segunda, sendo certo que, verificadas as condições favoráveis à destruição do solo pelo vento, esta opera-se mais velozmente de que no caso da erosão pluvial.

3.3 Outros agentes erosivos

Além dos agentes erosivos referidos, devem considerar-se como tais, todos os factores que, de alguma maneira, favorecem a desagregação do solo. Podem indicar-se os seguintes (14): *a*) os fenómenos de aquecimento e arrefecimento que têm lugar na massa do solo, e a congelação; *b*) a humidade, nomeadamente nos solos de estrutura pouco estável; *c*) as práticas de cultivo; *d*) o efeito de certas culturas como, por exemplo, as sachadas; *e*) os agentes da destruição da matéria orgânica; *f*) algumas reacções químicas, através as quais podem ser destruídas substâncias importantes na estabilidade do solo.

A acção desses agentes depende da sua intensidade e da natureza do solo. Os seus efeitos facilitam o trabalho destrutivo dos agentes erosivos referidos anteriormente.

4. Visão retrospectiva e actual da existência do problema da erosão

Quando o Homem adquire a consciência de que pode, em seu proveito, cultivar a terra, esta passa a estar intimamente ligada ao desenvolvimento da História. É o início de uma nova etapa do processo histórico: a etapa rural (29).

A fertilidade das terras, e a sua extensão — as possibilidades agrícolas — passam a constituir a determinante do movimento das massas humanas e da sua fixação. Para obter solos férteis, as colectividades guerreiam-se. Da propriedade colectiva das terras, passa-se à propriedade privada. Novos problemas surgem na complexidade das relações entre os homens. É a História que se processa.

A posse de terras, por parte do indivíduo, passa a ser sinónimo de riqueza, poderio e domínio sobre os seus semelhantes. Domínio económico e, conseqüentemente, político.

Derrubam-se florestas e transforma-se a configuração das montanhas, para obter solo agricultável. Da experiência de séculos, vai surgindo o conhecimento consciente: o desabrochar da ciência do solo que se desenvolverá indefinidamente. Os instrumentos de lavoura, a fertilização da terra, a mecanização da agricultura. Na marcha do progresso os diversos ramos do conhecimento humano, proveniente do conflito Homem × Natureza, são interinfluentes.

A agricultura exige a intervenção humana no complexo natural solo-vida-clima. O Homem, não tem consciência das condições em que se realiza esse complexo — e as conseqüências do seu desconhecimento são as mais funestas. Provoca inconscientemente a instabilidade do solo, o desencadear dos fenómenos erosivos, a destruição da terra, base em que assenta a estrutura das sociedades humanas.

E o quadro histórico dos efeitos da erosão é pletórico de catástrofes. Civilizações e Impérios que se desmoronam e desaparecem (18). Por exemplo, na História das civilizações inca, chinesa, egípcia, hebraica, romana, etc., a erosão tem um papel cuja importância não deve ser subestimada.

Os descobrimentos dão «novos mundos ao Mundo» — e a agricultura dos descobridores vai desenvolver-se em novas terras. Derrubam-se florestas, destroem-se prados naturais. A erosão devasta regiões inteiras, indiferente ante uma técnica exclusivista, considerada onnipotente. Nas Américas, na África e na Austrália — os exemplos abundam.

A pouco e pouco vai-se tornando cada vez mais imperiosa a necessidade de defender o solo. Lembram-se alguns dos escassos exemplos do passado (7): a regularização do vale do Nilo, no Egipto; a irrigação dos vales do Tigre e Eufrates, pelos caldeus e assírios; as medidas de revestimento florestal empreendidas pelo rei Salomão, etc.

Impõe-se a necessidade do controle do solo — e surgem as contradições. O individualismo dos tempos modernos manifesta-se incompatível com uma defesa efectiva da terra. A propaganda e alguns exemplos, mostram-se insuficientes para resolver um problema cujas raízes mergulham na própria estrutura económica das sociedades.

Para os países coloniais, o problema adquire características próprias, e crescem as dificuldades da sua solução, face ao condicionalismo económico da agricultura colonial. As culturas, em regime itinerante, exploradas pelo indígena para sustento imediato do grupo familiar, são, progressivamente, substituídas pelas culturas de carácter industrial, para exportação. A introdução, imponderada, de processos culturais criados em condições agro-climáticas bem diferentes das dos meios tropicais, vem agravar a degradação dos solos. Actualmente, pressente-se uma preocupação, tanto no campo nacional como no internacional, no sentido de estruturar as bases da defesa da terra nos países coloniais.

Contemporaneamente, buscam-se novos caminhos. Inicia-se o desenvolvimento do estudo científico da defesa da terra.

Nos E. U. da América do Norte, onde a erosão consumou desastres espectaculares, consegue-se o primeiro triunfo. A Tennessee Valley Authority dispende 750 milhões de dólares na realização de um plano que tem de enfrentar e vencer inúmeros obstáculos. Mas consegue sustar a erosão e restituir a prosperidade a toda uma região devastada (7).

A Jordan Valley Authority, para o vale de Jordão (Palestina); o trabalho realizado pelo Departamento dos Desertos e organismos congéneres, na U. R. S. S.; a valorização do Pendjab, no noroeste da Índia, etc. — vêm demonstrar que, afinal, a conservação do solo está dentro das possibilidades humanas.

Porém, enquanto nuns países a defesa da terra constitui um dos objectivos primordiais, e se realizam algumas obras, ainda que nem sempre eficientes, noutros não se presta a menor atenção ao problema. E a erosão continua a destruir o solo, arruinando ou ameaçando de ruína todas as possibilidades de vida.

No complexo de contradições da hora presente; no «cadinho histórico» onde mais uma vez se desenvolvem turbulentamente os fenómenos sociais, e do qual a Humanidade, superando-se, há-de sair para uma vida mais ampla, mais justa e mais digna — a defesa da terra constitui um problema do primeiro plano.

5. Possibilidades técnicas da defesa da terra

O que distingue o Homem dos outros animais é, principalmente, a sua insubmissão à Natureza, de que faz parte. Analisando esta realidade, poder-se-ia afirmar que a Natureza tem, no ser humano, a realização da sua própria antítese. Dessa circunstância resulta um conflito. A sua solução está na base de todo o progresso humano e científico. Exige o conhecimento progressivo das leis que regem a Natureza, conhecimento possibilitado pela inteligência. Cada passo em frente representa a obtenção de uma síntese. E não será exagero afirmar-se que o objectivo mais geral da Ciência é a consciente integração do Homem na Natureza, de que faz parte.

A erosão é das mais funestas consequências do referido conflito. Resulta de profundas perturbações no complexo natural solo-vida-clima, motivadas em princípio, pela necessidade de obter, a partir da terra, a satisfação de um requisito essencial à vida: o alimento.

A contradição é patente: o Homem, provocando a destruição do solo, destroi-se a si próprio. Só poderá ser superada pelo estudo e conhecimento dos factores que afectam a erosão e das leis naturais que regem o fenómeno. Impõe-se a realização de uma nova síntese.

Foram já referidos os factores que têm influência na erosão, e os processos através os quais tem lugar. Importa agora analisar o papel de cada um daqueles factores, particularmente, em busca de uma síntese. É o que se tenta fazer em seguida, ainda que de maneira sucinta, sem desvirtuar, todavia, a importância do problema.

5.1 A actividade humana

É preciso definir-se claramente o significado da afirmação de que o Homem provoca a destruição do solo.

Não significa que o Homem destrói o solo. Deve traduzir apenas este facto simples: ante a necessidade de obter o indispensável alimento, e, inconsciente das consequências da sua atitude (primariamente); ante a necessidade de obter do solo o máximo de riqueza (lucros) com um mínimo de tempo e de despesas — imperativo surto das próprias condições sócio-económicas em que se debate (posteriormente) — o Homem derruba florestas, destrói prados, explora desordenadamente a terra, e possibilita, inconsciente ou conscientemente, o desencadear dos fenómenos erosivos.

Pelo menos na actualidade, a causa, portanto, do desencadeamento desses fenómenos, não reside propriamente na actividade do Homem-ser-individual. É determinada pela estrutura económica da sociedade. Como diz BENNETT, (4), «farmers do not willfully destroy their land; they are the tools through which society operates».

Iniciada a erosão, a actividade humana tem nela interferência na medida em que as práticas de cultivo facilitam a desagregação e o transporte dos materiais do solo. Por isso que, do ponto de vista puramente técnico, na funcional (1A).

$$E = f(c, r, v, s, h)$$

que relaciona a erosão com os factores que a afectam, e em que *c* representa a acção do clima, *r*, a topografia, *v*, a vegetação, *s*, as características do solo, a variável *h* parece dever representar apenas a influência das práticas do cultivo no fenómeno em causa.

5.2 O clima

O clima é dos factores mais importantes no desenvolvimento do solo. Tão nítida é a sua influência que, em certas condições, os tipos de solo refletem claramente os efeitos dos factores climáticos na sua genese (8).

Pode-se mesmo afirmar que em quaisquer condições, o desenvolvimento do solo é a realização natural de uma nova forma de existência do antagonismo entre o clima e a litosfera, com participação de seres organizados (vivos e mortos).

Uma profunda perturbação no complexo solo-vida-clima, reacende aquele antagonismo. E o clima, que desempenhou papel activo no desenvolvimento do solo, passa a constituir o agente primordial da sua destruição. Tão importante é a acção do clima na erosão que BENNETT (5) chega a afirmar: «types of soil erosion vary from climate to climate». Apesar de, na realidade, sob um mesmo clima coexistirem diversos tipos de erosão (geralmente), o conteúdo da frase transcrita realça justamente a importância daquele agente nos fenómenos erosivos.

Daí a necessidade e a conveniência de estudar e conhecer os factores climáticos influentes na erosão, bem como o seu papel na complexidade do fenómeno. Dada a possibilidade de medição dos elementos climáticos, é de esperar-se que «determinando os valores desses elementos de região para região, bem como a sua relação com as condições biológicas e geomorfológicas» (5), será possível obter dados que tenham aplicação prática na defesa da terra.

Os factores climáticos com interferência na erosão são: a temperatura, o vento e a chuva.

A temperatura desempenha, como se viu, um papel secundário, facilitando a desagregação, por fenómenos de aquecimento e arrefecimento da massa do solo. Os seus efeitos são tanto maiores quanto maiores forem as oscilações térmicas.

O vento é o agente da erosão eólica. No seu estudo as características que interessam são: a velocidade e a componente vertical. Para igualdade de todas as outras circunstâncias (natureza e estado de humidade e desagregação do solo, cobertura vegetal, obstáculos, etc.) os estragos produzidos pelo vento são tanto maiores quanto maiores forem a sua velocidade e a intensidade da componente vertical.

Pelo que se disse dos processos de erosão, infere-se ser a chuva o factor climático que mais interessa considerar. «Foremost of the climatic elements is precipitation», diz BENNETT (5).

As características da chuva, a considerar, são: (I) o quantitativo da precipitação; (II) a intensidade; (III) a continuidade. Quer dizer, o estudo deve incidir sobre o regime pluviométrico e será tanto mais útil quanto melhor se conheçam as características individuais das precipitações prováveis durante o período das chuvas. Nas regiões onde os aguaceiros são frequentes, as características destes têm influência directa no quantitativo de solo erosionado.

Desde que as variações das outras circunstâncias condicionadoras dos fenómenos erosivos não sejam significativas, as perdas de solo são proporcionais ao montante de precipitação.

A quantidade da chuva caída pode, todavia, produzir diferentes efeitos sobre um solo, consoante a intensidade e a duração da queda pluvial. Aliás, a altura pluviométrica é uma função destas duas características. Tem-se verificado que as perdas por erosão crescem com o aumento da intensidade e da duração da chuva. A influência desses elementos é condicionada pelo estado de humidade do solo, quando tem início a precipitação, e pelo declive.

NEAL (23) constatou que o acréscimo das perdas de solo com a intensidade, verifica-se numa razão decrescente. A partir de dados experimentais, obtidos numa área de 1/1.000 acre de solo saturado, relaciona o quantitativo das perdas (E , em libras) com a intensidade (I , em polegadas), a duração da chuva (T , em horas) e o declive (S , em percentagem), pela seguinte fórmula:

$$E = K \cdot (S)^{0.7} T (I)^{2.2} \quad /1/$$

em que K representa o valor de E quando S é igual a 1 %, I , 1" e T , 1 hora, e é determinado experimentalmente.

Transformando as unidades, vem:

$$E = 2.956,8 K (S)^{0.7} T (I)^{2.2} \quad /2/$$

com I em mm., E em kg/ha e K constante a determinar experimentalmente. Para uma chuva de 1 mm., durante 1 hora e um declive de 1 %, será:

$$E = 2956.8 K \text{ Kg/ha} \quad /3/$$

A fórmula /2/ permite calcular, aproximadamente a quantidade de terra erosionada, sendo conhecidas a duração da precipitação, a intensidade e o declive, e desde que o solo esteja saturado. Se se não verifica esta última hipótese, haverá que entrar em consideração com o estudo de humidade do solo, o que dificulta o problema. Porém, ela deve fornecer uma medida aproximada das perdas. A principal reserva a fazer-se à sua aplicação reside no valor dos expoentes (0.7 e 2.2) naturalmente ligados às circunstâncias em que foram obtidos. Para condições diferentes, a

experimentação poderá fornecer esclarecimentos quanto à legitimidade do seu uso.

Para um eficiente controle do clima na defesa da terra, não basta o conhecimento das características climáticas referidas. O seu estudo deve fornecer elementos que permitam prever as precipitações prováveis durante o ano. Como diz LAMB (19): «if it were possible to predict any reasonable degree of accuracy the time of year when soil erosion is likely to occur, it would simplify the problems of control». Para isso, o estudo estatístico da pluviometria é um auxiliar indispensável na planificação da defesa da terra.

Nas regiões tropicais, como a Guiné, as características climáticas referidas, nomeadamente a intensidade das chuvas e a temperatura, atingem valores elevados, o que aumenta as possibilidades de erosão. As dificuldades de obtenção de elementos estatísticos relativos ao clima, dificuldades resultantes, de uma maneira geral, da inexistência de redes meteorológicas, impossibilitam os estudos de previsão e dificultam, portanto, o problema do controle dos factores climáticos.

5.3 A vegetação

A vegetação natural que recobre um solo, forma com ele um todo. Pode-se afirmar que a presença da vegetação é o factor essencial no complexo dinâmico solo-vida-clima.

O desencadear dos fenómenos erosivos tem, regra geral, a sua causa, próxima ou remota, na perturbação do complexo natural solo-vegetação. Sob uma cobertura vegetal adequada, as perdas do solo limitam-se à erosão normal. «Land completely covered with vegetation, whether grass, legumes, shrubs, or trees, is in ideal condition for resistance to erosion and absorption of rainfall» (5). Essa resistência resulta das seguintes funções desempenhadas pela cobertura vegetal: I) quebra da velocidade de queda das gotas de chuva; II) diminuição da velocidade de escoamento; III) filtração das águas escoantes, com desposição dos materiais carregados; IV) aumento do poder de absorção do solo; V) retenção deste pelas raízes; VI) intercepção de grande parte da chuva.

A exploração da terra não permite a sua permanente cobertura pela vegetação. Assim, impõe-se coordenar os interesses da exploração com as possibilidades de defender o solo por meio da vegetação. Para isso, há que entrar em consideração com os seguintes factores: I) necessidades

da exploração, natureza do solo e topografia; II) capacidade de protecção das plantas a usar; III) sua adaptabilidade às condições locais; IV) possibilidade do emprego deste meio de defesa simultaneamente com outros.

Para avaliar uma planta no que respeita à sua eficiência na defesa da terra, interessam, mais do que a produtividade, os seus hábitos de desenvolvimento e os métodos de cultivo que lhe são mais convenientes. As plantas prostradas, com grande desenvolvimento lateral, são evidentemente de grande eficiência. De uma maneira geral, as plantas de desenvolvimento basto são mais convenientes do que as que deixam o terreno muito descoberto (11).

5.4 A natureza do solo

É certo que qualquer solo, nas condições naturais do seu desenvolvimento, constitui um sistema imune à erosão acelerada. Nessas condições, pode-se afirmar que todos os solos são resistentes à erosão, independentemente da sua natureza. Porém, para iguais possibilidades de erosão, tem-se verificado que as probabilidades de destruição variam com a natureza do solo. Isto é: a erosão é também uma função do próprio solo em que se verifica.

A erosão consiste na desagregação e transporte dos materiais do solo. Compreende-se, portanto, que seja influenciada pelas características do solo relacionadas com qualquer daqueles dois fenómenos. Porém, como estes dependem de múltiplos factores, a noção de «erodibilidade», interpretada como susceptibilidade à erosão (nas condições em que esta se pode verificar) sujeita-se a confusões. (A erodibilidade não é uma qualidade intrínseca do solo, precisamente porque não existem qualidades intrínsecas. As qualidades são relações orientadas. Estão intimamente ligadas às condições em que se desenvolve o ser a que se referem).

O ideal, para o estudo da erodibilidade, seria conhecer as influências de cada uma das características do solo na sua desagregabilidade e transportabilidade. Antolha-se difícil ou praticamente impossível esse conhecimento. Assim, o melhor caminho parece ser o da medição, em condições «standardizadas» (9) dos efeitos da natureza do solo sobre a erosão. Por exemplo: considerar como expressão quantitativa da erodibilidade, o montante de materiais desagregados e transportados a partir de uma parcela de solo desprovida de vegetação, em condições — padrão de dimensões, declive e precipitação (ou características do vento).

FLETCHER (17), por exemplo, define erodibilidade como «The percent erosion per unit of slope over a specified range of slopes». Estuda, para certos solos, as relações entre a erosão e o declive, estabelecendo as curvas correspondentes. Introduce a noção de «integral de erodibilidade» com base no seguinte raciocínio: «Since the area under a curve is the integral, the area under the erosion-against-slope curve will be called the erodibility integral».

As propriedades do solo que afectam os fenómenos erosivos, são a desagregabilidade e a transportabilidade (14). Estas propriedades dependem de múltiplos factores — físicos, químicos e biológicos. Através inúmeros trabalhos de investigação tem-se constatado serem a estrutura, a permeabilidade, a textura e a perosidade, os principais factores físicos com influência na erosão; entre as características químicas, o teor em matéria orgânica e a natureza da fracção coloidal são as que parecem ter maior importância na erodibilidade. Juntamente com o cálcio (25, 26) esses elementos têm influência indirecta na erosão através os seus efeitos sobre as propriedades físicas do solo. Quanto às características biológicas é de admitir-se que a Microbiologia do solo venha a fornecer elementos úteis à apreciação da sua influência na erodibilidade.

Para solução do problema da expressão quantitativa da erodibilidade dos solos, propuseram-se vários índices numéricos. Baseiam-se na medição de certas propriedades (físicas ou químicas) consideradas como mais influentes na erosão. São determinadas no laboratório.

Os índices numéricos de erodibilidade têm sido muito criticados. O argumento mais convincente contra a sua aplicação parece ser o seguinte: medindo no laboratório esta ou aquela característica do solo (nem sempre claramente definida) esquece que a erodibilidade é função de múltiplos factores, todos eles interdependentes.

Entre os índices mais usados destacam-se o de MIDDLETON, a relação sílica/sesquióxido e a «clay ratio», de BOUYOUCS.

O índice de MIDDLETON (21A) ou razão de erosão (erosion ratio) é calculado a partir da relação de dispersão (RD), do equivalente de humidade (EU) e da percentagem de coloides (C), pela seguinte fórmula:

$$E = RD \cdot \frac{EU}{C}$$

isto é, considerar como propriedades definidoras da erodibilidade, a estrutura e a sua estabilidade, a textura e o poder de reter a água (9). Mas a erodibilidade depende de múltiplos factores. Entre esses, a permeabilidade, que MIDDLETON não considera, tem grande importância. Além disso nos solos altamente dispersáveis, a «erosion ratio» apresenta valores anómalos que não mostram nenhuma relação com a erodibilidade (17). A sua aplicação pode, em certos casos, fornecer estimativas de interesse. Mas é necessário ter em consideração outras características do solo.

A «clay ratio» foi apresentada como uma solução mais simples e tão eficiente como a «erosion ratio». Obtém-se a partir das percentagens de areia, limo e argila, pela fórmula (6):

$$R = \frac{\text{areia } \% + \text{limo } \%}{\text{argila } \%}$$

Parece que, matematicamente, a fórmula de BOUYOUCUS é infeliz. Dado que

$$\text{areia } \% + \text{limo } \% = 100 - \text{argila } \%$$

ela reduz-se a

$$R = \frac{100 - \text{argila } \%}{\text{argila } \%} = \frac{100}{\text{argila } \%} - 1$$

Daí resulta ficar a erodibilidade dependente apenas da percentagem de argila, o que é manifestamente deficiente. Mais significativo do que a argila é a percentagem de colóides (minerais e orgânicos) considerada no índice de MIDDLETON. Só nos casos em que apenas as percentagens de argila, nos diversos solos, variam muito, poderá este índice fornecer indicações aproveitáveis.

O emprego da relação molecular sílica/sesquióxido (5, 16) resulta de se ter verificado, na comparação de alguns solos tropicais, estar a susceptibilidade à erosão relacionada com esse índice. Segundo BENNETT (5), os solos plásticos (plastic) em que este índice é superior a 2, são muito erosionáveis, enquanto que os friáveis (non plastic), com relação $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ inferior a 2, são pouco erosionáveis. Este índice é, quando muito, um índice de meteorização. Considera apenas a natureza dos colóides minerais como determinante da erodibilidade. Poderá oferecer interesse na comparação de solos de idades muito diferentes. Mas a própria «imaturidade» de um solo constitui uma indicação de instabilidade.

Além disso, um baixo valor da referida relação pode provir de uma degradação do solo. É, por exemplo, o caso dos solos laterizados nas regiões tropicais.

Conclui-se, portanto, que os índices numéricos até hoje apresentados não satisfazem só por si (9) ao objectivo de exprimir quantitativamente a erodibilidade. Não servem como base selectiva das práticas de defesa.

Para o estudo da susceptibilidade à erosão é fundamental o conhecimento de dados acerca da desagregabilidade e transportabilidade do solo (14). Enquanto se não dispuser de meios eficientes para a determinação destas características, será difícil estabelecer em cada caso o papel que a natureza do solo desempenhará na selecção das práticas de defesa.

5.5 A topografia

O relevo é dos factores que condicionam o desenvolvimento do solo. Casos há em que existe uma nítida relação entre a topografia e a natureza do solo. A drenagem externa e a infiltração dependem grandemente das condições topográficas do terreno. Assim, compreende-se que a intensidade dos fenómenos erosivos esteja intimamente ligada ao relevo.

Num solo sujeito a um determinado tipo de exploração, os efeitos da erosão dependem das características da encosta. A natureza desta é definida pelo declive e pelo comprimento (medido na horizontal). São estes factores que interessa considerar nas relações entre o relevo e a erosão.

A influência do primeiro é tão acentuada que, para qualquer solo, há um declive acima do qual é impossível o seu aproveitamento sem haver perdas consideráveis por erosão. É o que se pode denominar «declive crítico» (critical slope) (24). Mas os factores da erosão são interdependentes. Por isso, o valor do declive crítico deve estar relacionado com a cobertura vegetal e o tipo de exploração do solo (9). A influência do comprimento da encosta (L) é mais complexa. Parece estar na dependência dos próprios processos de erosão. Assim, segundo ELLISON (14) quando os processos de transporte se verificam por rolamento, arraste ou suspensão intermitente, as perdas variam inversamente com o referido comprimento ($L^{-\times}$). É o caso dos solos pouco transportáveis. Se o transporte se realiza por suspensão contínua, «deve haver, se houver, uma muito pequena redução das perdas» com o acréscimo de L . É o caso dos solos muito transportáveis. No transporte por ravinas e sulcos as perdas crescem com L .

MUSGRAVE and FREE (22) e DULEY (12) verificaram estar a influência do comprimento da encosta relacionada com a intensidade das chuvas. MC GEE (21) admite que a erosão varia com uma potência n do declive e sugere $n = 1/8$, mas afirma que nenhuma equação poderá ser aplicada a todos os solos. CONNER et alteri (7A) verificaram haver uma relação linear entre a erosão e o declive, quando este não ultrapassa 3%. NEAL (23) constatou que, para declives inferiores a 1%, a erosão não depende desse factor. ZINGG (30) relacionou as perdas de solo (X) com o declive (S) e o comprimento da encosta (L) pela fórmula:

$$X = C \cdot S^{1.4} L^{1.6} \quad /1/$$

em que C é uma constante representativa dos efeitos do clima, solo, tipo de exploração e estado de erosão.

Com o fim de determinar o maior comprimento de encosta em que uma medida de defesa é eficiente (encosta limite) apresenta ZINGG as seguintes fórmulas, resultantes de 10 anos de investigações:

$$L(\text{encosta lim.}) = \left(\frac{A_1}{P \times C} \right)^{5/3} S^{-7/3} \quad /2/$$

e

$$C = \frac{A}{S^{7/3} L^{3/5}} \quad /3/$$

em que S e C têm o mesmo significado que na equação anterior; P representa o coeficiente de eficiência da medida de conservação a usar, isto é, a relação entre a quantidade de solo arrastado sob essa medida e sob as condições mais favoráveis à erosão; A_1 é a «perda compatível», isto é, a máxima perda que se pode verificar anualmente sem quebra de produtividade, e que varia com a natureza do solo; A representa a perda anual, média.

A aplicabilidade das fórmulas /1/, /2/ e /3/ é restringida pelo facto de terem sido obtidas a partir de determinadas condições de experimentação (6A). Todavia, têm a vantagem de: I) permitir, em quaisquer condições, um cálculo aproximado da incógnita a determinar; II) servir de base a estudos no sentido de determinar se, como observam BROWNING et alteri (6A), «generalisations could be made which would

be applicable for soil types other than those on which the experiments were conducted».

Além de declive e comprimento da encosta, parece ter influência na erosão a natureza da superfície sobre a qual a água se escoar. Segundo SOBOLEV (27), nos casos em que as encostas apresentam muitas zonas côncavas e convexas, a sequência destas é mais importante do que as características referidas anteriormente.

5.6 O controle da erosão

A defesa da terra exige um eficiente controle dos fenómenos erosivos. Na impossibilidade de sustá-los completamente, o objectivo da conservação será o de evitar que ultrapassem significativamente os limites da erosão normal. A realização desse objectivo tem de alicerçar-se no conhecimento de todos os factores que afectam a erosão, bem como no das suas inter-relações.

Viu-se (5.1) que a funcional

$$E = f(c, r, v, s, h) \quad /1/$$

relaciona, de um modo geral, a erosão com os factores nela interferentes. Dado que a erosão se realiza através dois processos [desagregação (D) e transporte (A)], qualquer deles prejudiciais ao solo, parece conveniente fazer-se:

$$E = D + A = f(c, r, v, s, h) \quad /2/$$

Isto é: o somatório dos materiais desagregados e transportados é que dá a verdadeira medida dos estragos provocados pela erosão.

Pode considerar-se que a totalidade desses estragos, num dado solo, é o somatório de estragos parciais (e), resultantes de desagregações (d_1) e transporte (a), também parciais:

$$e = d_1 + a \quad /3/$$

A desagregação e o transporte, apesar de dependentes, não são igualmente afectados pelos factores simbolizados em /1/. Isso sugere o desdobramento de cada um deles, consoante actuem num ou outro dos processos. Além disso: 1) os fenómenos erosivos dependem do próprio

estado de erosão em que se encontra o solo; II) o transporte, por sua vez, varia com a desagregação; III) e é de admitir-se que, não só cada um desses processos como também a acção de qualquer factor de erosão, dependem do tempo durante o qual se verifica a sua actividade. Assim, ter-se-ia:

$$d_1 = f_1 [c_1(t), r_1(t), v_1(t), s_1(t), m(t), h_1(t), t] = \alpha(t) \quad /4/$$

e

$$a + f_2 [c_2(t), r_2(t), v_2(t), s_2(t), m(t), h_2(t), \alpha(t), t] = \beta(t) \quad /5/$$

em que c_1 e c_2 , r_1 e r_2 , etc., etc., representam as acções do clima, da topografia, etc., respectivamente na desagregação e no transporte; t representa o tempo, e m , o estado de erosão.

De /3/, /4/ e /5/ resulta que

$$e = \alpha(t) + \beta(t) \quad /6/$$

A totalidade da erosão, no intervalo $t - t_0$, seria:

$$E = \int_{t_0}^t e dt = \int_{t_0}^t \alpha(t) dt + \int_{t_0}^t \beta(t) dt \quad /7/$$

Esta seria a equação geral da erosão.

No caso dos solos das zonas planas, onde não há transportes significativos, seria

$$E = D = \int_{t_0}^t \alpha(t) dt \quad /8/$$

Para os solos sem estrutura, onde não há agregados, mas são possíveis os transportes significativos, seria:

$$E = A = \int_{t_0}^t \beta(t) dt \quad /9/$$

Para a erosão eólica, os factores (variáveis) seriam os mesmos, mas as funções α e β teriam de ser substituídas por outras.

O valor dessas equações está dependente da sua solução. Para isso, é necessário substituir os símbolos α e β por expressões quantitativas.

Isso representaria o conhecimento das verdadeiras relações entre os fenómenos erosivos e os factores que os afectam.

Uma variação total nas características da erosão dependerá da alteração de todos os factores nela interferentes. Isto é:

$$de = dd_1 + da = \frac{\partial f_1}{\partial c_1} \partial c_1 + \frac{\partial f_1}{\partial r_1} \partial r_1 + \dots + \frac{\partial f_1}{\partial t} \partial t + \frac{\partial f_2}{\partial c_2} \partial c_2 + \frac{\partial f_2}{\partial r_2} \partial r_2 + \dots + \frac{\partial f_2}{\partial t} \partial t. \quad /10/$$

Para se avaliar o papel de cada factor na erosão, seria necessário que, enquanto se fizesse variar este, os outros se mantivessem constantes. Assim, análogamente ao que JENNY (18A) fez para os factores pedogénicos, poder-se-iam obter as equações individuais dos factores da erosão:

$$e = f_1(\text{clima}), r_1, v_1, s_1, h_1, m, t + f_2(\text{clima}), r_2, v_2, s_2, h_2, d_1, m, t \quad /11/$$

$$e = f_1(\text{topografia}), c_1, v_1, s_1, h_1, m, t + f_2(\text{topografia}), c_2, v_2, s_2, h_2, d_1, m, t \quad /12/$$

... ..
em que os símbolos representam os factores constantes.

Por exemplo, a equação:

$$e = f_1(\text{solo}), c_1, r_1, v_1, h_1, m, t + f_2(\text{solo}), c_2, r_2, v_2, h_2, d_1, m, t \quad /13/$$

permitiria avaliar o papel da natureza do solo na intensidade dos fenómenos erosivos. Exprimi-la quantitativamente, corresponderia a estabelecer as verdadeiras relações entre as características do solo e a erosão.

Não é de estranhar-se o facto de as equações individuais dos agentes erosivos serem análogas às dos factores da formação do solo. A erosão acelerada é o agravamento da erosão normal. Esta, como se viu, pode considerar-se integrada no «processus» de desenvolvimento. Formação e destruição do solo são, afinal, fenómenos que dependem dos mesmos factores. As relações quantitativas dessa dependência, serão diferentes em cada um dos fenómenos. Mas é natural que as suas expressões gerais tenham alguma analogia. Isso traduz, ao que parece, a unidade de todos os fenómenos relacionados com o desenvolvimento do corpo natural solo.

Sejam quais forem as expressões quantitativas das relações entre a erosão e os factores que a afectam, os objectivos da defesa da terra são

bem definidos. Realizam-se através o controle da erosão, sustando-se toda a destruição do solo. Para isso, é indispensável: I) evitar a desagregação e a dispersão; II) sustar os transportes significativos (14).

Sob o complexo natural, solo-vida-clima, esses objectivos são realizados naturalmente. A exploração da terra, indispensável, perturba o complexo natural. O problema consiste, pois, em manter ou realizar a estabilização do solo, sob exploração. Essa estabilização pode ser obtida, ainda que de maneira aproximada. Para isso, dois métodos podem ser seguidos: I) sustar a capacidade dos agentes erosivos (controle); II) melhorar as propriedades do solo de maneira a torná-lo mais resistente às forças da erosão (14). Estes métodos, na maioria dos casos, serão complementares. O primeiro inclui: *a*) sustar a energia das gotas antes de embaterem no solo; *b*) sustar a energia do escoamento; *c*) remover os materiais da água que se escoam superficialmente. O segundo inclui processos físicos (práticas de cultivo, por exemplo), químicos e biológicos. É de esperar-se que a Microbiologia e a Química do solo, aliadas à Conservação, venham a fornecer elementos úteis quanto aos dois últimos processos.

É evidente que, para controlar os agentes erosivos, se torna indispensável estudá-los em todos os aspectos. Estudo dos factores climáticos, do solo e seu estado de erosão; selecção das plantas mais adequadas ao objectivo em vista; crítica; revisão e coordenação dos sistemas de cultivo — constituem necessariamente, a primeira etapa da planificação da defesa da terra. Dela depende a solução técnica do problema de controle. Isto é: a partir dos dados fornecidos por esse estudo, estabelecem-se quais as medidas de defesa mais adequadas em cada caso (segunda etapa).

De duas naturezas podem ser essas medidas: I) biológica e II) mecânica. (Não é objectivo deste trabalho, a descrição das medidas de defesa da terra. Este assunto é largamente versado na literatura sobre a erosão).

JACKS (18) faz uma comparação feliz das medidas de controle, afirmando: «Biological control of erosion by means of plants may be likened to treating a disease by dieting or to maintaining good health by temperate living, and mechanical control to cure by operation». O ideal seria, pois, defender a terra apenas pelo controle biológico, que realiza os dois objectivos referidos: sustar o embate das gotas de chuva e obstar aos transportes significativos. Visa atingir a estabilização do solo pelo restabelecimento do equilíbrio entre este e a vegetação. Inclui: rotações cultu-

rais, permitindo que o solo esteja coberto quando as probabilidades de erosão são maiores; estabelecimento de prados permanentes; revestimentos florestais; etc. Tanto as necessidades da exploração como outros factores limitam a aplicabilidade, em exclusivo, do controle biológico.

Na maior parte dos casos, será necessário recorrer também ao controle mecânico. Este visa o segundo objectivo referido: sustar a energia do escoamento. Fundamenta-se no princípio de que todo o obstáculo ao escoamento reduz as perdas por erosão. Inclui: lavouras segundo as curvas de nível, regularização da drenagem, construção de terraços e de sulcos, estabelecimento de muros de suporte, regularização das torrentes e dos cursos de água, etc. O controle mecânico é, de uma maneira geral, mais dispendioso que o biológico (1, 18).

A planificação da defesa inclui, geralmente, uma combinação dos dois processos de controle, que se completam. Constituem as «armas» de que a técnica dispõe, na actualidade, para combater a erosão, em defesa da terra. É de admitir-se que, com o desenvolvimento da Ciência do solo, nomeadamente da Conservação, os resultados obtidos no campo prático serão cada vez mais eficientes.

O que importa realçar, após esta sucinta referência, é o seguinte: na fase actual dos conhecimentos humanos é possível realizar-se a simetria da relação Homem-Solo. Isto é: à conservação do Homem pelo solo, pode corresponder uma efectiva conservação do solo, pelo Homem.

5.7 Conclusões

O que ficou dito, conduz às seguintes conclusões:

1—O problema da erosão (defesa da terra) não interessa apenas à Agricultura, mas à sociedade em geral.

2—A sua complexidade reside no facto de conter em si dois aspectos: I) um, de carácter sócio-económico, referente às relações do Homem com a terra; II) outro, de carácter técnico, respeitante ao conhecimento dos processos mais adequados, de conservação do solo, sem prejuízo da sua exploração.

3—Pode afirmar-se que o aspecto técnico do problema apresenta-se actualmente da seguinte maneira: a) na ausência de muitos conhecimentos indispensáveis, é ainda difícil obter em todos os casos a solução exacta; b) mesmo nessas condições, é possível, com maior ou menor exactidão, defender a terra e sustar a erosão.

4 — Será sempre difícil, ou praticamente impossível, defender eficientemente o solo, se se não controlar a acção do Homem (colectividade e indivíduo) nas suas relações com a terra. Quer dizer: os interesses individuais devem subordinar-se ao interesse geral, da defesa do solo. Esta condição exige a resolução do aspecto sócio-económico do problema, a qual é distinta da sua solução técnica.

Bissau, Outubro de 1953.

Amílcar Lopes Cabral

RESUMO

O A. começa por analisar os conceitos de erosão normal e de erosão acelerada. Considera a erosão normal integrada no processo de desenvolvimento de solo. Considera a erosão acelerada como resultante do agravamento da erosão normal, provocado por profundas perturbações no complexo dinâmico solo-vida-clima. Estuda os processos pelos quais se opera a erosão. Depois de se referir ao panorama actual do problema da erosão, analisa detidamente as possibilidades técnicas da defesa da terra. Nessa análise define o papel de cada factor da erosão, e considera a intervenção humana no fenómeno, (a principal) dependente não da actividade individual, mas das determinantes económicas da estrutura agrária. Refere-se aos aspectos particulares do problema nos meios tropicais.

Seguidamente, ao estudar o controle da erosão, tenta estabelecer uma representação matemática do fenómeno erosão, no qual considera dois aspectos distintos, ainda que dependentes: a desagregação e o transporte. Sugere a expressão

$$E = \int_{t_0}^t e dt = \int_{t_0}^t \alpha(t) dt + \int_{t_0}^t \beta(t) dt$$

para equação geral da erosão no intervalo $t-t_0$, e na qual $e = d_1 + a = \alpha(t) + \beta(t)$ representa o estrago parcial provocado pelos fenómenos erosivos, sendo $\alpha(t)$ e $\beta(t)$, funções que define no texto, representativas, respectivamente, da desagregação (d_1) e do transporte (a), também parciais.

Analogamente ao que JENNY fez para os factores pedogénicos, considera a necessidade do conhecimento das equações individuais dos factores da erosão, para que se possa exprimir quantitativamente o papel de cada um deles no fenómeno. A analogia entre essas equações individuais e as dos factores pedogénicos, traduz, segundo o A., a unidade de todos os fenómenos relacionados com o desenvolvimento do solo.

Indica os objectivos da defesa da terra, e analisa os fundamentos dos métodos de defesa, tanto biológicos como mecânicos. Conclui por realçar a possibilidade, hoje patente, de o Homem conservar o solo, problema cuja complexidade resulta do facto de conter em si dois aspectos: um, de carácter sócio-económico, e, outro, de carácter técnico.

A prática da defesa da terra, hoje possível, está, contudo, segundo o A., na estrita dependência da solução de problemas de carácter agro-económico.

OBRAS CITADAS

- (1) AYRES, Q. C.
1936 — Soil Erosion and its Control. Mc Grow Hill-Book Co. Inc. New York.
- (1A) AZEVEDO, ÁRIO L.
1947 — O clima de Moçambique e a Agricultura. J. M. G. I. C. Ministério das Colónias.
- (2) BAVER, L. D.
1937 — Rainfall Characteristics of Miss. in Relation to Run-off and Erosion. Soil Sci. Proc. 2:533.
- (3)
1938 — Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 3:330-333.
- (4) BENNETT, H. H.
1938 — General Aspects of the Soil Erosion. Problem.
- (5)
1939 — Soil Conservation. Mc. Grow-Hill Book Inc. Co. New York.
- (6) BOUYOUCUS, G. J.
1935 — Clay Ratio as Criterion of Susceptibility of Soils to Erosion. Journ. Amer. Soc. Agron. 27:738.
- (6A) BROWNING, G. M.
1947 — A Method for Determining the Use and Limitations of Rotation and Conservation Practices in the Control of Soil Erosion in Iwoa. Journ. Soil Sci. Soc. of Amer. 39: n.º 1.
- (7) CAZENAVE, P.
1950 — L'Homme et Leur Nourriture. «La Tribune des Nations» — Paris.
- (7A) CONNER, A. B. et alteri
1930 — Factors Influencing Runoff and Soil Erosion. Texas Agr. Expt. Sta. Bull. 411.
- (8) COSTA, J. V. B.
1943 — Apontamentos de Agrologia. I. S. A.
- (9)
1946 — A Erosão do solo nas Regiões Tropicais e Subtropicais. Dact. I. S. A.

- (10) DAVIS, W. E.
1937—A. New Method for Measurement of Erosion from Exp. Plots. Soil Sci. Proc. 2:579.
- (11) DISEKER, E. G. and YODER, R. E.
1936—Sheet Erosion Studies on Cecil Clay. Ala. Agr. Expt. Sta. Bull. 245.
- (12) DULEY, F. L. and ACKERMAN, F. G.
1934—Runoff and Erosion from Different Lengths. Journ. Agr. Reserc. 48:505-510.
- (13) EKERN, P. C. and MUCKENHIRN, R. J.
1947—Water Drop Impact as a Force Transporting Sand. Soil Sci. Proc. 12:441.
- (14) ELLISON, W. D.
1947—Soil Erosion. Soil Sci. Soc. Proc. 12:479.
- (15)
Agr. Eng. Números 25 e 28, Págs. 145, 245, 297, 349.
- (16)
1950—Soil Erosion by Rainstorms. Bur. of yards and Docks Dept. of the Navv. Wash D. C.
- (17) FLETCHER, J. E. and BEUTNER, E. L.
1942—Erodibility Investigations on Some Soils of the Upper Gila Watershed. U. S. D. A. Tech. Bull. 794.
- (18) JACKS, G. V.
1939—The Rape of the Earth Faber and Faber Ltd. London.
- (18A) JENNY, H.
1941—Factors of Soil Formation. A System... Mc Graw-Hill Book Co. N. S.
- (19) LAMB, J. etdalteri
1944—The Seasonal Occurrence of Soil Erosion... as Related to Rainfall Intensities. Journ. Amer. Soc. Agron. 36:37.
- (20) MAYER, R.
1948—Apontamentos de Hidráulica Agrícola. I. S. A.
- (20A)
1911—Soil Erosion. U. S. Bur. Soils Bull. 71:60.
- (21) MC. GEE, W. J.
1935—Anais do Inst. Sup. Agr. 7.
- (21A) MIDDLETON, H. E.
1930—The Properties of Soil Which Influences Erosion. U. S. D. A. tech. Bull 178.
- (22) MUSGRAVE, G. W.
1934—A Quantitative Study of Certain Factors Affecting Soil and Water Losses... Amer. Geophys. Union Trans. 15:515-521.
- (23) NEAL, J. H.
1937—The Effect of the Degree of Slope and Rainfall Charracter. on Run-Off and Soil Erosion. Soil Sci. Amer. Soc. Proc. 2:525.

- (24) NICHOLS, M. L. and. SEXTON, H. D.
1932—A Method of Studyng. Agr. Eng. 13.
- (25) PEELE, T. C.
1937—The Effect of Calcium on the Erodibility of Soils Soil Sci. Soc. Proc. Proc. 1:47.
- (26)
1945—Relation of the Physical Properties of Different Soil Types to Erodibility. South Carol. Agr. Exp. Sta. of Clemson Agric. College—357.
- (27) SOBOLEV, S. S.
1947—Protecting the Soils in the U. S. S. R. Journ. of Soil and Water Conservation 2:123-132.
- (28) WALLON, H.
1946—O Racionalismo Moderno e as Ciências Biológicas e Psicológicas. Edições Universais, Lisboa.
- (29) ZAMORA, J. CLEMENTE
O Processo Histórico.
- (30) ZINGG, A. W.
1940—Agric. Eng. 21 (2): 59-64.

