

BIOTÉCNICAS NO MANEJO DE CURSOS DE ÁGUA

Miguel Antão Durlo

O manejo dos recursos hídricos é, reconhecidamente, um problema complexo. A complexidade tem início na irregularidade espacial e temporal das precipitações, permeia as diferentes condições de armazenamento e escoamento (produção, disponibilização) da água, passa por problemas decorrentes de sua captação, tratamento, distribuição e uso, e alcança questões relativas aos efluentes. Os numerosos processos envolvidos e suas correlações variam ainda com o tempo, englobando, assim, aspectos ecológicos, econômicos e sociais, de forma dinâmica. A compreensão de tal complexidade pressupõe a abordagem dos problemas sob o prisma de diversas áreas de conhecimento. As considerações que se seguem, entretanto, restringem-se a aspectos do armazenamento e escoamento da água. A prevenção e a correção dos problemas ligados a estes aspectos dependem não só de ações nos próprios locais de ocorrência, mas, por vezes, em toda sua bacia hidrográfica, podendo compreender ações educativas, obras de engenharia e medidas vegetativas. A combinação das duas últimas ferramentas constitui hoje um campo em franco desenvolvimento, conhecido como engenharia biológica, que faz uso de biotécnicas para o manejo de cursos de água.

O problema

O armazenamento de água no solo e o seu escoamento através de ravinas, córregos e rios podem representar um grave problema para a sociedade, em muitos locais. Em regiões de baixa pluviosidade, o armazenamento hídrico pode tornar-se um fator limitante à ocupação humana. Por outro lado, regiões com pluviosidade alta, mesmo que restrita a determinadas estações do ano, vivenciam problemas decorrentes do escoamento das águas: as erosões laminar e em sulcos, os deslizamentos, as corrosões de barrancas e deposições de materiais em locais indesejados. Tais fenômenos, de origem natural, induzidos ou favorecidos pelas ações ou omissões do homem, causam, com frequência, a destruição de bens e propriedades.

A água encontra-se mais facilmente disponível para o homem em sua forma líquida, quando estocada em reservatórios naturais ou escoando por córregos e rios. É destes locais que é captada, armazenada em reservatórios artificiais e conduzida para irrigação, uso em diversos processos industriais, geração de energia e abastecimento humano e animal. A qualidade e quantidade de água consumida depende do uso previsto, ficando, portanto, sob influência de diversos fatores. Na agricultura, por exemplo, a necessidade de água para irrigação de lavouras restringe-se a certos períodos do ano e são relativamente baixas as exigências de qualidade. Em contraposição, para o abastecimento humano, em uma cidade, por exemplo, a quantidade consumida é relativamente constante ao longo do ano, sendo grande a exigência de qualidade. Independente do uso, entretanto, a água precisa estar disponível, quando dela se necessita. Embora os reservatórios naturais à superfície sejam os mais evidentes, o principal armazenador de água é o solo. A manutenção da produção de água pressupõe que a mesma esteja armazenada temporariamente no solo, de onde escoar para os aquíferos. Deste depósito dependem também as reservas visíveis como rios e lagos.

O armazenamento e o escoamento, mesmo que a água seja proveniente de uma ou de poucas vertentes subterrâneas, não são fenômenos pontuais, mas processos dinâmicos, dependentes, em primeiro plano, das características da precipitação e, em segundo lugar, das propriedades da superfície e do próprio solo. Como não existe tecnologia suficiente para modificar as características da precipitação sobre grandes áreas, a custos aceitáveis, a modificação do armazenamento e também da forma e velocidade de escoamento da água fica na dependência de nossa capacidade de modificar as propriedades da superfície terrestre e do solo. Algumas características superficiais, como altitude, inclinação geral e exposição não podem ser modificadas, ao passo que outras como microrelevo e cobertura vegetal podem ser alteradas com relativa

facilidade. A utilização que se dá a determinada superfície e especialmente à cobertura vegetal usada e seu manejo, além de objetivar a obtenção de produtos rurais específicos, pode ser vista como técnica biológica de armazenamento de água, pois cada tipo de cobertura vegetal proporciona um comportamento hídrico particular, tanto na superfície quanto nas partes mais profundas do solo, diferente daquele que poderia ser observado na mesma área sob outra forma de uso. Neste sentido, é reconhecido o papel desempenhado pelas florestas, seja pelo efeito da interceptação temporária da chuva nas copas, seja pela capacidade de armazenamento de umidade na serapilheira, que melhoram significativamente a capacidade edáfica de infiltração e retenção da água.

O escoamento das águas de uma determinada área ocorre inicialmente em pequenas ravinas, passa para córregos e é levado adiante por meio dos rios. Neste percurso, o fluxo pode ocasionar erosão e assoreamento tanto no próprio leito, como em áreas de cultivo e em edificações.

O comportamento de um córrego qualquer depende de *fatores físicos*, como o seu tamanho e forma, declividade e cobertura vegetal de sua bacia de captação, margens e leito, mas também de *fatores meteorológicos* como quantidade, intensidade e duração das precipitações e, ainda, de *fatores edáficos* como tipo, profundidade e teor de umidade atual do solo. Interagindo com tais fatores, aparecem as várias interferências antrópicas executadas no passado e as ações hoje praticadas. Dado este grande número de variáveis e suas interações, os trabalhos para correção de cursos de água são normalmente complexos. A solução definitiva de um problema comum como, por exemplo, a erosão marginal em um pequeno trecho, além de medidas corretivas locais, muitas vezes requer intervenções em outros pontos do leito, em parte ou, até mesmo, em toda a bacia de recepção. A integração de conhecimentos de várias áreas específicas da ciência requerida, em princípio, para a máxima efetividade do tratamento de cursos de água, por si só já representa uma dificuldade e pode resultar em custos tão elevados que inviabilizam a execução dos trabalhos necessários. Assim, quando existem problemas nesta área, a busca de soluções simples, mas baseadas em experiências e com expectativas de eficiência, mesmo que contando apenas com os meios de que se dispõem no momento, é, por certo, melhor do que nada fazer.

Princípios do manejo de cursos de água

Para entender os princípios adotados no controle de cursos de água, é interessante conhecer os conceitos de *velocidade limite de transporte* e de *perfil de compensação*. Em consequência da desagregação das rochas da bacia de captação e da erosão do fundo e das margens do canal de condução de um córrego, por exemplo, acumulam-se no leito materiais de diversas dimensões.

Quando sobrevém uma cheia suficientemente grande, muitos materiais podem entrar em movimento, dependendo de sua granulometria, forma e peso específico. Isto deve-se ao fato de que a água, com determinada velocidade, ao se chocar com um sólido apoiado no fundo do leito, exerce forças dinâmicas na face de montante, nas laterais e na face de jusante do mesmo. Por outro lado, o corpo apoiado no fundo do leito possui certo peso e coeficiente de atrito, que oferecem resistência à movimentação. Para cada sólido, portanto, existe uma certa velocidade da água, a partir da qual este sai de seu estado de repouso e entra em movimento. Esta é a *velocidade limite de transporte* para o sólido considerado. Devido a isto, sólidos de pequenas dimensões, de baixo peso específico e de forma arredondada, entram em movimento mais facilmente, isto é, têm velocidade limite de transporte mais baixa do que os sólidos maiores, mais densos e angulosos.

A estabilidade dos materiais em um curso de água depende, pois, por um lado, de um conjunto de características intrínsecas do material em questão – sua forma, dimensão, peso específico e coeficiente de atrito – variáveis que podem, dentro de determinados limites, ser utilizadas com vistas à estabilização. É possível modificar a forma, a dimensão e o coeficiente de atrito dos materiais que compõem as margens e leito dos cursos de água, pelo emprego de peças de dimensões específicas ou pela união de diversos materiais, de forma a obrigá-los ao trabalho solidário.

Por outro lado, a velocidade da água depende fundamentalmente da inclinação do terreno. Assim, quanto maior a inclinação do leito, tanto maior será a velocidade da água e materiais cada vez maiores terão sua velocidade limite de transporte alcançada. Desta constatação surge o conceito de *perfil de compensação*, que significa a declividade do fundo do leito ao qual corresponde o estado de equilíbrio (figura 1).

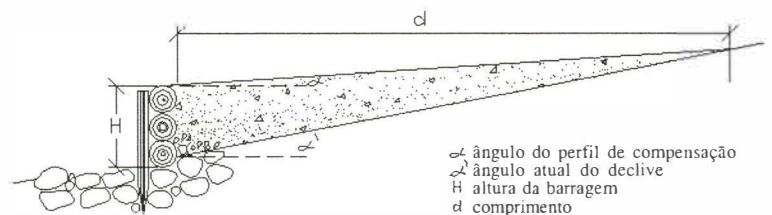


Figura 1

Desenho esquemático do perfil de compensação.

Um curso de água com características torrenciais está freqüentemente escavando seu leito ou suas margens, devido ao poder erosivo de suas águas. Para alcançar a estabilização há necessidade de reduzir a velocidade atual até a velocidade limite de transporte (de materiais de determinada granulometria), o que

pode ser conseguido pela diminuição da declividade, por meio de uma obra transversal, por exemplo. O menor poder de arraste da água proporciona, então, a deposição dos materiais mais pesados. Disto resulta a formação de um aterro à montante da obra, com um ângulo de inclinação menor do que aquele do leito original. A menor declividade favorece o escoamento mais lento da água, ou seja, diminui seu poder de erosão, alcançando-se, assim, a estabilização.

Com base nestes dois aspectos, foram desenvolvidas técnicas biológicas de controle de torrentes, hoje tratadas sob a denominação de bioengenharia.

A bioengenharia e o manejo de cursos de água

A bioengenharia, também dita “construção verde” ou “construção viva”, engloba um conjunto de técnicas de construção e se serve de conhecimentos biológicos para a estabilização de encostas de terrenos e margens de cursos de água. É característico nestas técnicas o uso de plantas ou partes destas, como material vivo de construção. Sozinhas ou em combinação com material inerte, as plantas devem proporcionar estabilidade às áreas em tratamento, ao longo de sua vida.¹

Mesmo com planejamento e trabalho cuidadoso no cultivo da natureza, é impossível evitar-se que algumas áreas sejam modificadas negativamente, que partes de encostas percam estabilidade e que ocorram erosões e assoreamentos. Quando isto acontece, pode ser necessária a recomposição e a estabilização das áreas atingidas. Para tanto a bioengenharia é uma ferramenta importante pois, além da solução técnica, apresenta vantagens ecológicas, econômicas e estéticas quando comparada às construções tradicionais. Dependendo dos objetivos e do tipo de construção, pode dar-se mais ênfase a um ou a outro dos fatores anteriormente citados, o que confere à bioengenharia uma grande flexibilidade.

Outro aspecto que deve ser evidenciado diz respeito ao emprego de técnicas corretas do ponto de vista ecológico e que não se contrapõem, pelo contrário, até reforçam a moderna visão de tratamento de cursos de água. Nesta nova forma de trabalho, tenta-se evitar construções grandes e pesadas, procurando modificar ao mínimo as condições naturais preexistentes. Assim, procura-se manter a morfologia e a dinâmica típicas do curso de água. Evitam-se a sua retificação, a eliminação de poços naturais, a uniformização da velocidade da água e da largura do rio. Ao mesmo tempo, buscam-se a implantação, o desenvolvimento, o tratamento e a exploração de vegetação apropriada para o lugar, observando a multifuncionalidade do curso de água. No caso da exploração agrícola ou florestal de áreas ribeirinhas, tem-se sempre em vista a proteção do rio.

Também precisa ser evidenciado, conforme salientam Begemann & Schiechtl, que as obras de bioengenharia não alcan-

¹ SCHIECHTL, H. M. & STERN, R. *Handbuch für naturnahen Wasserbau. Eine Einleitung für ingenieurbiologische Bauweisen.* Österreichischer Agrarverlag, Druck – und Verlagsgesellschaft m.b.H., 1994.

² BEGEMANN, W. & SCHIECHTL, H. M. *Ingenierbiologie. Handbuch zum ökologischen Wasser- und Erdbau. 2. neubearbeitete Auflage.* Bauverlag GMBH. Wiesbaden und Berlin, 1994.

çam sua total efetividade logo após a implantação.² Há que se aguardar a sobrevivência e o desenvolvimento radicial e aéreo das plantas. Nesta fase podem ser necessárias intervenções de reposição vegetal e/ou tratos culturais. Somente após a fase de implantação, cuja duração depende de diversos fatores, é que as obras começam a desempenhar integralmente sua ação corretiva, benéfica e duradoura sobre o problema que se pretende solucionar.

Ferramentas da bioengenharia

A colocação adequada de materiais com alta velocidade limite de transporte, a redução da velocidade da água nas posições onde já ocorreram ou onde existe maior probabilidade de ocorrência de problemas, como nos raios externos das curvas e trechos de maior declividade e o tratamento vegetativo de margens e bacia de captação, compõem a essência da bioengenharia.

O material vegetal empregado precisa preencher alguns requisitos, dependentes de cada situação particular de uso, considerando-se os aspectos ecológicos e fitossociológicos, de reprodução e, fundamentalmente, de aptidão biotécnica. Para a observação dos quesitos ecológicos e fitossociais, dá-se preferência às espécies das comunidades vegetais locais, já adaptadas ao clima e solo da região.

O manejo e a recuperação de cursos de água ganham relevância em sítios extremos, nos quais o tipo de reprodução do material vegetal desempenha papel significativo. Assim, para vegetar certos habitats torna-se por vezes obrigatório o uso de espécies com reprodução vegetativa em lugar das que só se reproduzem por sementes. Os métodos de cobertura valem-se mais da reprodução generativa da vegetação, ao passo que, para os métodos estáveis, é mais interessante o aproveitamento da reprodução vegetativa.

As plantas selecionadas e utilizadas na recuperação e manejo dos cursos de água precisam não apenas sobreviver às condições adversas, mas resolver o problema técnico existente, isto é, ter aptidão biotécnica. Para combater a erosão, por exemplo, a escolha deve recair sobre plantas que resistam à exposição das raízes, que exerçam a fixação do solo por meio de sistema radicular profundo, denso e resistente. Para reter o transporte e posterior deposição prejudicial de materiais erodidos, são melhores as plantas que resistam ao aterramento parcial, ao apedrejamento provindo de partes superiores das encostas, que sejam capazes de rebrotar após danos mecânicos e consigam reter e fixar o solo que recebem. Para aumentar ou diminuir a água do solo, escolhem-se plantas que apresentem baixa ou alta taxa de evapotranspiração, possuam crescimento lento ou rápido, segundo o objetivo previsto.

Naturalmente, sempre que possível, deve-se priorizar espécies que, juntamente com a proteção ou recuperação, proporcionem algum rendimento econômico pela produção de madeira, frutos ou outros subprodutos.

Na combinação de plantas com materiais inertes, dá-se preferência àqueles baratos, mais facilmente encontráveis nas proximidades, como madeira e pedras.

Métodos de trabalho

Para o controle de cursos de água, as biotécnicas empregadas podem ser divididas em obras longitudinais, obras transversais e tratamentos de superfície. Enquanto as duas primeiras são empregadas basicamente nas margens e diretamente dentro do leito, os tratamentos de superfície são usados também na bacia de captação, com vistas a aumentar a infiltração, o armazenamento e o escoamento mais lento e não danoso da água.

Exemplos de obras longitudinais são o revestimento total ou parcial das margens. O objetivo, neste caso, é eliminar a corrosão das barrancas pelo emprego de materiais com velocidade limite de transporte superior à velocidade máxima esperada e que, por sua rugosidade e/ou flexibilidade, dissipem a energia da água. São preferíveis materiais vegetais e inertes oriundos do próprio leito, ou das proximidades do local de tratamento (figura 2).

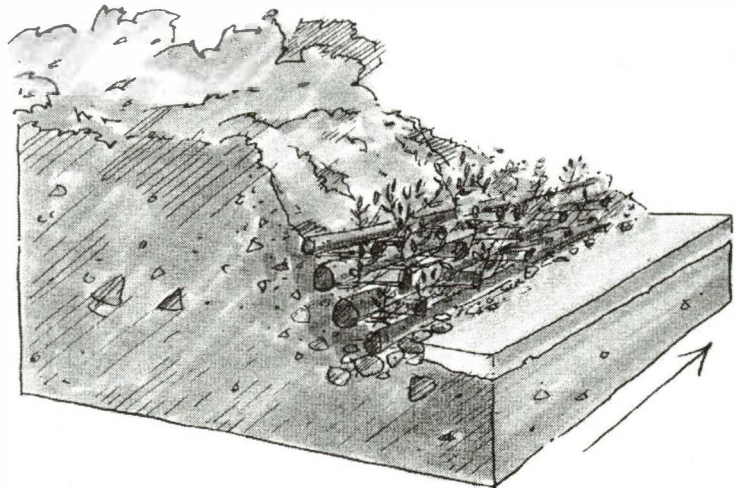


Figura 2

Revestimento da margem com material inerte (madeira) e vegetação.

Obras transversais são, em termos gerais, obstáculos colocados em posição perpendicular ao fluxo da água, com o objetivo de impedir a escavação do fundo e das laterais do leito, através da redução da declividade e, conseqüentemente, da velocidade da água, mediante a formação do perfil de compensação. Na dependência dos objetivos mais específicos empregam-se as râmprolas, os cintos basais simples, os cintos basais com desnível, as soleiras e as barragens de consolidação ou retenção (figura 3).

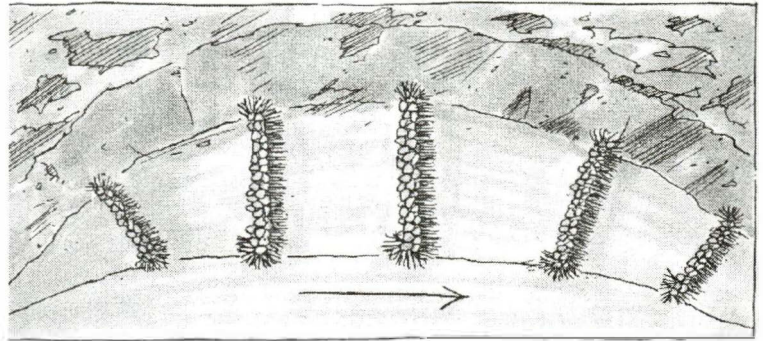


Figura 3

Râmprolas de pedras para evitar a corrosão marginal.

Para os tratamentos de superfícies, empregam-se três grupos de métodos distintos: os de cobertura, os estáveis e os construtivos. Entretanto, antes de se iniciar os trabalhos vegetativos, deve-se preparar convenientemente a área eliminando as causas diretas de eventuais desmoronamentos e erosões. Pode ser necessário impedir a infiltração indesejável da água, ou impedir o escoamento superficial, construindo-se canais, ou mesmo pequenas obras longitudinais e transversais. Também podem-se fazer necessários pequenos cortes e aterros, construção de pequenos muros rudimentares e entupimento de valas.

Os métodos de cobertura objetivam, principalmente, a proteção do solo contra a erosão laminar. Seu emprego principal dá-se em encostas desnudadas artificialmente, como ocorre com freqüência na construção de estradas e nos trabalhos de remodelação das barrancas para a correção de torrentes. Neste grupo de métodos incluem-se a proteção por hastes vivas, a hidrossemeadura, a semeadura sob camada de palha e o revestimento total ou parcial com leivas (figura 4).

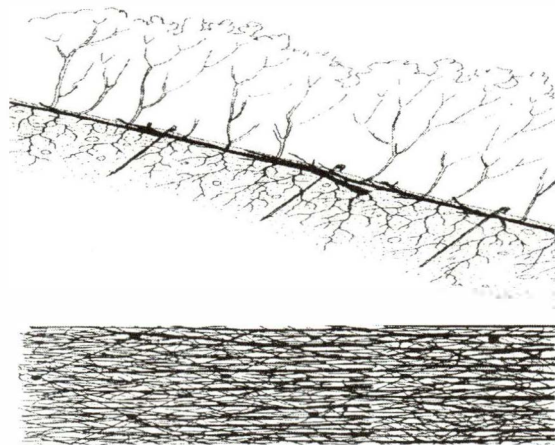


Figura 4

Método de cobertura por hastes vivas (corte longitudinal e vista superior).

Os métodos estáveis são normalmente mais caros que os métodos de cobertura, sendo portanto empregados apenas quando os primeiros não forem suficientes. Não visam a cobertura imediata de todo o terreno, restringindo-se a pontos ou linhas. Neste grupo se enquadram as cercas de arbustos e a trança viva (figura 5).

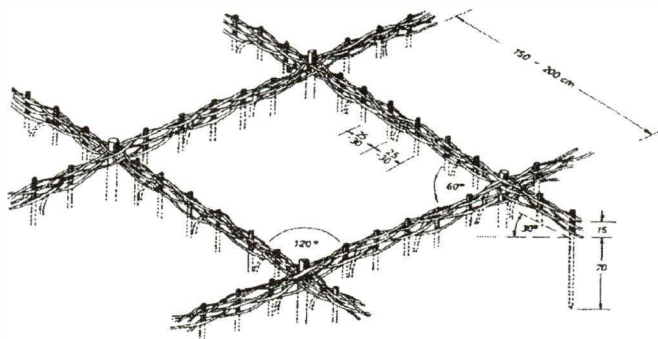


Figura 5
Trança viva.

Além dos métodos de cobertura e dos métodos estáveis identificam-se ainda os métodos construtivos. Estes nada mais são do que a combinação dos dois anteriores com pequenas obras de engenharia. Para encostas muito declivosas pode ser necessária a confecção de muros de madeira, de pedra, de restos de vegetal ou de cestões Bianchini. Em qualquer dos casos, os muros são providos de terra fértil e sementes ou varas com poder vegetativo. Consegue-se assim, com o passar do tempo, a formação de pequenos patamares que, com a germinação ou brotação do material vegetal, em conjunto, produzirão a proteção da encosta (figura 6).

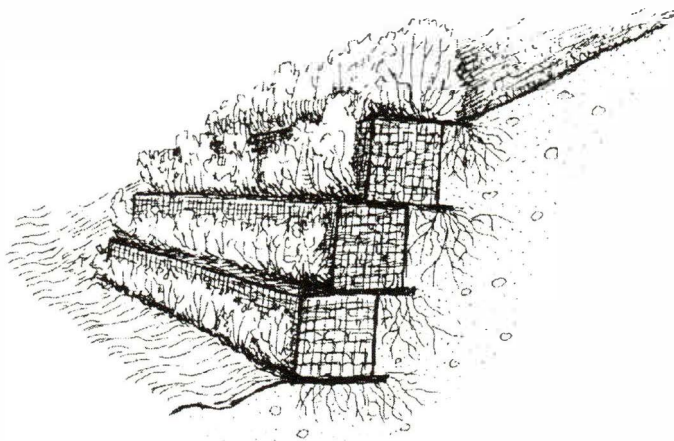


Figura 6
Cestões Bianchini para contenção de encostas.

Perspectivas para o futuro

A observação do estado da maioria de nossos cursos de água mostra que, até o momento, os mesmos não são adequadamente tratados. O motivo para tanto pode ser procurado, pelo menos em parte, no desconhecimento generalizado das técnicas de manejo e recuperação. As tentativas de melhoria não têm atingido nível concreto, ficando restritas a frases de ordem como “salve o rio tal”, “ajude a preservar o rio, ele também é seu”, e similares. Tais slogans demonstram boa intenção mas, sozinhos, não são eficazes. Não há dúvida de que o manejo correto do solo e dos cursos de água não pode prescindir da educação. Mas que seja uma educação técnica e praticável, não apenas romântica. Não há necessidade de reinvenção da roda. Existem métodos práticos comprovados (em outros países) que, com pequenas adaptações, podem ser transferidos para o nosso meio. Os aspectos físicos e mecânicos do controle de cursos de água são imutáveis, apenas as espécies usadas precisam ser outras. Aqui se abre um campo profícuo para a pesquisa prática, que por sinal, já está interessando alguns acadêmicos.

Por outro lado, a legislação, embora corretamente orientada, não consegue transferir seus preceitos para a prática. Em certos aspectos será difícil obter sucesso nesta transferência, pois algumas determinações encontram-se dissociadas da realidade e carecem de embasamento lógico. Cito, como exemplo, a obrigatoriedade de manutenção de largas faixa de proteção intocáveis às margens dos cursos de água. A largura exigida é exagerada e tecnicamente não fundamentada. A intocabilidade, por vezes, é um problema a mais, ao invés de uma solução. Esta opção é equivocada, pois a manutenção de algumas espécies pode até favorecer a erosão, enquanto outras maximizam a proteção somente quando sua parte aérea recebe podas frequentes e poucas têm seu efeito protetivo máximo, quando sem nenhuma intervenção. Assim, o corte de árvores das margens dos rios e arroios, em certas situações, pode ser necessário para o bom funcionamento dos mesmos. Árvores altas muito próximas às margens exercem um efeito de alavanca que só favorece o desbarrancamento e, ao caírem, impedem o fluxo livre das águas, desviando-as para as margens e favorecendo ainda mais a erosão.

Por outro lado, cabe lembrar que o Estado sempre dependerá do empenho dos proprietários rurais para ter os cursos de água bem cuidados. Para tanto há que se oferecer algo em troca. Quando assegurada a continuidade da proteção para o futuro, quem durante anos proporcionou estabilidade às margens de rios ou riachos ou beneficiou a bacia hidrográfica com a manutenção da cobertura vegetal (florestal), deve ter adquirido o direito de usar o “subproduto” desta proteção. O uso e a proteção não são mutuamente excludentes. Podem ser, sim, complementares.

Miguel Antão Durlo é engenheiro florestal, doutor em Ciências Florestais e professor do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.