

# MÉTODOS E TÉCNICAS PARA O CONTROLE DA EROSÃO E CONSERVAÇÃO DO SOLO




  
**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL

Roberto Verdum  
Carmem Lucas Vieira  
Jean Carlo Gessi Caneppele

  
GEOCIÊNCIAS


  
**GEOGRAPHYS**  
LABORATÓRIO DE GEOGRAFIA FÍSICA

 Programa de Pós Graduação em  
**GEOGRAFIA** 




## Métodos e Técnicas para Controle da Erosão e Conservação do Solo


Profa. Dra Dirce Maria Antunes Suertegaray




Métodos e Técnicas de Controle da Erosão de Roberto Verdum é o resultado de uma conjugação de ações que promovem, ao final, a elaboração deste texto. Este resulta, inicialmente, de sua pesquisa enquanto aluno do Doutorado na França, da continuidade da pesquisa, sobre o tema da arenização, no Sudoeste do Rio Grande do Sul, de suas aulas sobre Desertificação no programa de Pós-graduação em Geografia da UFRGS e conforme exposto na sua introdução, da orientação de alunos de Iniciação Científica que conjuntamente com o autor estruturam um trabalho que constituirá a base do texto aqui apresentado.




A sistematização de técnicas de controle da erosão particularmente, no que se refere ao controle de ravinas e voçorocas constituem uma necessidade fundamental entre os proprietários com áreas arenizadas. Em grande parte este processo ocorre em pequenas e médias propriedades são significativos para a perda de solo e de difícil reconstituição frente à dinâmica envolvida e o custo associado.



Roberto Verdum ao promover este levantamento e sistematização está preocupado com este problema, busca, articulando seu conhecimento de áreas desertificadas na África (Marrocos e Mali) com os estudos e experimentação de técnicas na região dos areais, indicar de forma didática aquelas mais utilizadas e de mais baixo custo. Sua preocupação como expresso na introdução, o leva a propor uma gestão participativa para o desenvolvimento rural em que, além do diagnóstico da área, propõe participação e diálogo de saberes. Esta dialógica favoreceria a compreensão mais efetiva destes processos pelos agentes sociais envolvidos.



Trata-se de um livro da maior importância. Escrito em linguagem acessível é destinado a um público além da academia. Foi pensado, tenho quase certeza, a partir de suas vivências em áreas arenizadas.



Foi pensado a partir do diálogo, muitas vezes promovido com proprietários locais, em muitas das lidas a campo, em que também participei, portanto, fica aqui meu testemunho.



# UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

**Reitor:** Rui Vicente Oppermann

**Vice-Reitor:** Jane Titikian

## INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Diretor:** André Sampaio Mexias

**Vice-Diretor:** Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Verdum, Roberto

Métodos e técnicas para o controle da erosão e conservação do solo. / Roberto Verdum, Carmem Lucas Vieira e Jean Carlo Gessi Caneppele. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2016.

[50 f.] il.

1. Geografia agrária. 2. Erosão. 3. Geografia ambiental. 4. Conservação do solo. I. Vieira, Carmem Lucas. II. Caneppele, Jean Carlo Gessi. III. Título.

CDU 911.2

---

Catálogo na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Renata Cristina Grun

CRB 1113/10

---

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Campus do Vale Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre - RS

- Brasil CEP: 91501-970 / Caixa Postal: 15001.

Fone: +55 51 3308-6569 Fax: +55 51 3308-6337

E-mail: [bibgeo@ufrgs.br](mailto:bibgeo@ufrgs.br)

# Sumário

Apresentação: .....	4
Capítulo 1 - Reorganização do escoamento superficial e controle de ravinas e voçorocas .....	7
Terraço .....	9
Canais escoadouros .....	12
Valeteamento. ....	13
Sulcos em nível .....	14
Banquetas individuais. ....	16
Terraplenagem .....	17
Drenos nos leitos das voçorocas .....	17
A suavização dos barrancos ou retaludamento .....	18
Barragens de terra .....	19
Construção de barreiras.....	20
Diques de madeira.....	21
Métodos Biotecnológicos.....	22
Retentores de sedimentos.....	23
Muros de Gabiões. ....	23
Feixes vivos .....	24
Reforço dos declives com mantas orgânicas ou sintéticas.....	25
Enrocamentos ou diques de pedra: .....	25
Râmprolas ou espigões transversais.....	25
Muros de contenção. ....	25
Capítulo 2 - Barreiras Físicas .....	27
Técnicas vegetativas. ....	28
Cultivos em contorno.....	30
Cordões de vegetação permanentes. ....	30
Cultivo em faixas. ....	30
Paliçadas, faixas e barreiras .....	31
Barreiras vivas. ....	31
Os cordões de pedra. ....	32

Os patamares.....	32
As banquetas individuais .....	32
Muros de contenção, reordenação de drenagens, construção de acéguas (canais divergentes) e coroas .....	32
Quebra-ventos.....	33
Capítulo 3 - Reconstituição do solo .....	34
Plantio direto.....	35
Subsolagem.....	36
Calagem .....	36
Enterrio de restos culturais.....	37
Adubação verde .....	37
Adubação de correção.....	37
Cobertura viva.....	37
Revestimento vegetal com gramíneas e/ou espécies forrageiras. ....	38
A cobertura morta ou “mulching” .....	39
Capítulo 4 - Técnicas empregadas em áreas degradadas na região SE do Rio Grande do Sul .....	41
Uso de anteparos físicos.....	42
Cobertura do solo com resíduos vegetais.....	42
Plantação de espécies florestais .....	43
Proteção superficial do solo. ....	43
Telas.....	43
Barreiras vegetais.....	43
Barreiras de pedras.....	44
Os diques de terra.....	44
Plantação de gramíneas e outras espécies forrageiras s. ....	44

## Apresentação

A erosão é, naturalmente, o principal processo modelador das formas de relevo e fator contribuinte na formação dos solos agrícolas. A ação de desgaste da superfície consiste basicamente das fases de arrançamento/desagregação, transferência/transporte de material e sedimentação/deposição de partículas sólidas causadas por agentes erosivos externos, como água, vento e/ou gravidade. Incrementa-se gradativamente com fatores como a declividade, comprimento de rampa, erosividade da chuva, erodibilidade do solo, cobertura vegetal, uso e manejo do solo, aumento da rugosidade na superfície, entre outros. Em alguns casos a erosão do solo pode ser controlada com técnicas menos invasivas como, por exemplo, a implantação de uma vegetação pouco espessa e/ou através do progressivo aumento das taxas de matéria orgânica ao solo. Potencialmente, a intensidade e frequência das precipitações relacionadas ao surgimento de escoamento superficial do tipo laminar e/ou concentrado (escoamento em sulcos e entressulcos) e a competência do fluxo de água (tensão cisalhante) influenciam diretamente no desencadeamento do processo de erosão hídrica em uma determinada área. A pressão agrícola gerada por atividades humanas é outro fator que contribui para intensificar e acelerar os processos erosivos na superfície do solo, especialmente pelo seu manejo e uso inadequados. Técnicas empregadas para exploração deste recurso natural são, geralmente, de grande impacto ambiental sendo o controle de sua degradação baseado muitas vezes em métodos rudimentares. Juntamente a partículas de solo, elementos nutritivos essenciais ao desenvolvimento de uma vegetação nativa ou exótica são transportados e depositados fora de seu local de origem, causando grande impacto ambiental tanto pela acelerada remoção quanto pela deposição em demasia, contribuindo para o empobrecimento de solos, poluição e assoreamento de recursos hídricos. No que diz respeito ao uso agrícola do solo, **o correto manejo e uso** deste recurso, através de práticas de conservação do solo, permite a produção de alimentos e matérias primas sem degradá-lo e constituem as técnicas primárias de conservação do solo. Práticas vegetativas, mecânico-vegetativas e mecânicas (barreiras físicas), constituem-se como técnicas complementares de conservação do solo agrícola, sendo essas o foco deste manual.

Um dos caminhos apontados para minimizar os problemas advindos da erosão dos solos em espaços rurais seria o fomento à instalação de uma **gestão participativa para o desenvolvimento rural**, constituída por três etapas básicas:

- Enquete sobre os problemas da área, visando o diálogo com os agricultores e a verificação quanto à sua compreensão sobre o tema;
- Demonstração e experimentação em propriedades de agricultores voluntários sobre técnicas e métodos destinados à contenção de processos erosivos (dias de campo);
- Planejamento de uso da área;
- Avaliação comunitária e cooperativa dos trabalhos desenvolvidos, da validade dos resultados obtidos e da viabilidade de emprego e difusão das tecnologias empregadas.

Esta é, no entanto, uma situação bastante complexa, pois trata de uma transformação contundente na forma de relacionamento entre a população rural e o meio. A difusão de **práticas conservacionistas** entre a população local promovendo sua efetiva capacitação produz excelentes resultados. Tais práticas consistem de métodos e técnicas específicos para gestão agrícola, com a finalidade de evitar prejuízos consideráveis aos produtores, especialmente pela perda de solo cultivável e decréscimo acentuado dos lucros obtidos nas colheitas.

O objetivo básico deste manual é justamente difundir a utilização de práticas conservacionistas, como passo inicial de um projeto maior: redefinir a forma de relação entre as sociedades rurais e a natureza, conduzindo a uma exploração racional dos recursos naturais e evitando a degradação dos mesmos. Diversas técnicas são apresentadas nesta obra de modo brevemente descritivo, não tendo os autores o objetivo ensinar passo a passo a execução das mesmas, pois que demandaria extenso trabalho de pesquisa e compilação de dados com adequada análise de custos e quantificação de materiais necessários. Pretende-se, dessa forma, contribuir quanto à apresentação de alternativas passíveis de uso no controle de erosão e contenção de áreas instáveis, sendo necessário realizar o aprofundamento quanto às técnicas mencionadas e busca de auxílio profissional qualificado no que diz respeito à correta seleção e emprego das mesmas. O emprego dos métodos e técnicas apresentados ao longo deste manual destina-se prioritária, mas não exclusivamente, às áreas rurais, podendo ser adaptados para uso em área urbana, guardadas respectivas especificidades. Os (As) Geógrafos (as) Dra. Débora Pinto Martins, Eduardo Klein, Felipe Daniel Dal Piva, Dr. Ney Fett Júnior e Silvia Teresinha Chiesa colaboraram ativamente na busca das fontes bibliográficas e na estruturação dessa obra, sendo finalizada pela Eng<sup>a</sup> Agrônoma e Mestre em Geografia Carmem Lucas Vieira e pelo Geógrafo Jean Gessi Caneppele, sob a orientação do Prof. Dr. Roberto Verdum. Todos produziram este manual visando sua utilização não somente pela comunidade acadêmica, mas pelos proprietários rurais cujos lotes estão sendo atingidos pelos problemas gerados pela erosão



do solo. As técnicas aqui abordadas são de fácil execução, não exigindo grandes recursos financeiros para seu emprego nas respectivas propriedades rurais.

A obra é estruturada em quatro capítulos, segundo o que se acredita ser a sequência lógica ideal para intervenção no processo de degradação do solo: Capítulo 1 - *Reorganização do escoamento superficial e controle de ravinas e voçorocas*; capítulo 2 - *Barreiras físicas* e capítulo 3 - *Reconstituição do solo*. O último capítulo reúne as técnicas utilizadas no combate aos processos erosivos na região Sudoeste do Rio Grande do Sul, com comentários específicos relativos à sua eficiência. Ao final, o leitor, encontra o Glossário, que o auxilia para a leitura deste manual e enriquece seu vocabulário em relação às práticas de conservação e recuperação do solo, numa perspectiva multidisciplinar.

# Capítulo 1 - Reorganização do escoamento superficial e controle de ravinas e voçorocas

A ação da água da chuva e, mais especificamente, o impacto das gotas sobre o solo (efeito *splash*) pode dar origem a um processo denominado erosão hídrica, caracterizado pela ação de desagregação, transporte e deposição das partículas minerais e demais componentes a elas aderidos, como defensivos e fertilizantes agrícolas, matéria orgânica, biota do solo, sementes, entre outros materiais. De modo geral, quanto maior a intensidade e duração da chuva, maior a probabilidade de que a capacidade de infiltração de água no solo seja superada ou que este atinja o ponto de saturação mais rapidamente, dando origem a escoamentos superficiais, com diferentes características de fluxo, tais como: laminar, linear (concentrado), difuso e anastomosado. A água que continua a precipitar e escoar pelo terreno tem seu maior ou menor potencial erosivo relacionado à frequência e intensidade das chuvas bem como a características topográficas e de relevo, como comprimento e grau do declive, tipo de solo e susceptibilidade a erosão, cobertura vegetal e manejo do solo, práticas conservacionistas, entre outros fatores. Ravinas e voçorocas são estágios avançados da erosão hídrica, sendo condicionadas principalmente pelo escoamento concentrado da água da chuva e pela dinâmica hídrica em subsuperfície. Estas feições erosivas, em relação aos sulcos superficiais, não permitem o tráfego de maquinário agrícola, impedindo a reversão do processo por técnicas simples de preparo do solo. A ausência de controle dos processos erosivos pode mobilizar dezenas de hectares, e até mesmo inviabilizar a atividade econômica em uma propriedade agrícola.

A sistematização e proteção da área pela suavização da inclinação, redução no comprimento da pendente e aumento da rugosidade superficial são os princípios fundamentais em relação ao controle de processos erosivos por agente hídrico. A estruturação do escoamento superficial com condicionamento do fluxo de água originado da drenagem das enxurradas é a primeira medida a ser adotada, pois este é o mecanismo principal que promove o desencadeamento do processo erosivo.

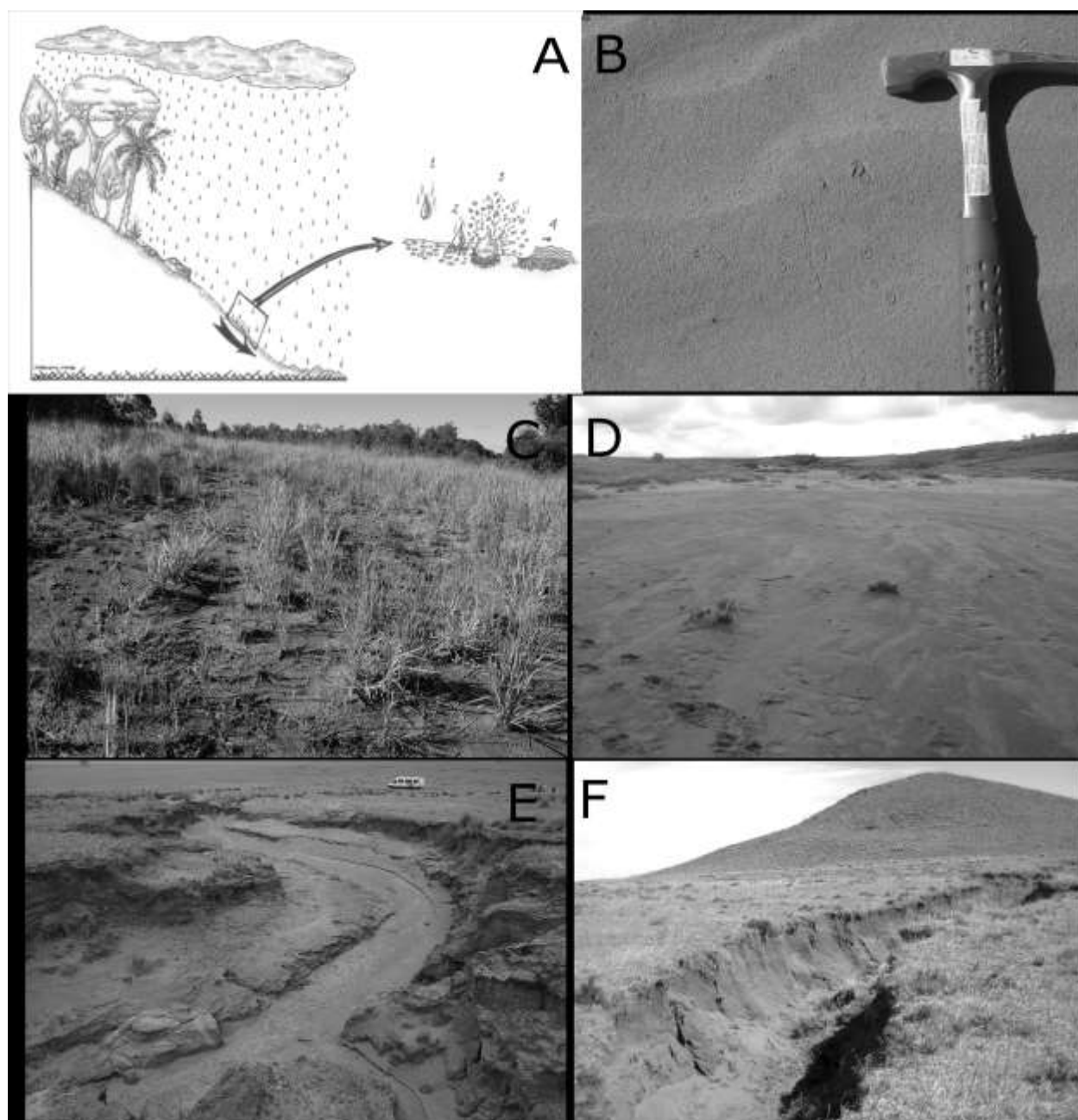


Figura 1 – (A) Esquema do efeito *splash*, elaboração: Carmem Lucas Vieira. (B) Efeito *splash*, (C) Escoamento difuso, (D) Escoamento laminar e (E e F) Escoamento concentrado em ravinas. Fonte: Roberto Verdum

A principal estrutura que atende a esta finalidade é o **terraço**, estrutura conservacionista que consta de um *camalhão* (dique) e um canal – ou um conjunto destes componentes – construídos transversalmente em relação ao declive do terreno, com espaçamento calculado adequadamente de acordo com a declividade, tipo de solo, uso e manejo do solo. A construção de terraços promove a redução no comprimento das pendentes, com conseqüente redução na velocidade de escoamento e maior infiltração da água no solo. Além da ação direta sobre a água escoada na superfície do terreno, os terraços permitem que haja a deposição de material erodido

e transportado pela água da chuva, reduzindo as perdas de solo agrícola e o assoreamento de corpos de água. Estas barreiras físicas utilizadas no controle das enxurradas podem apresentar diferentes adaptações conforme as características da área onde forem utilizadas, mas devem estar associadas a outras práticas conservacionistas, principalmente quanto ao controle eficaz da erosão em entressulcos.

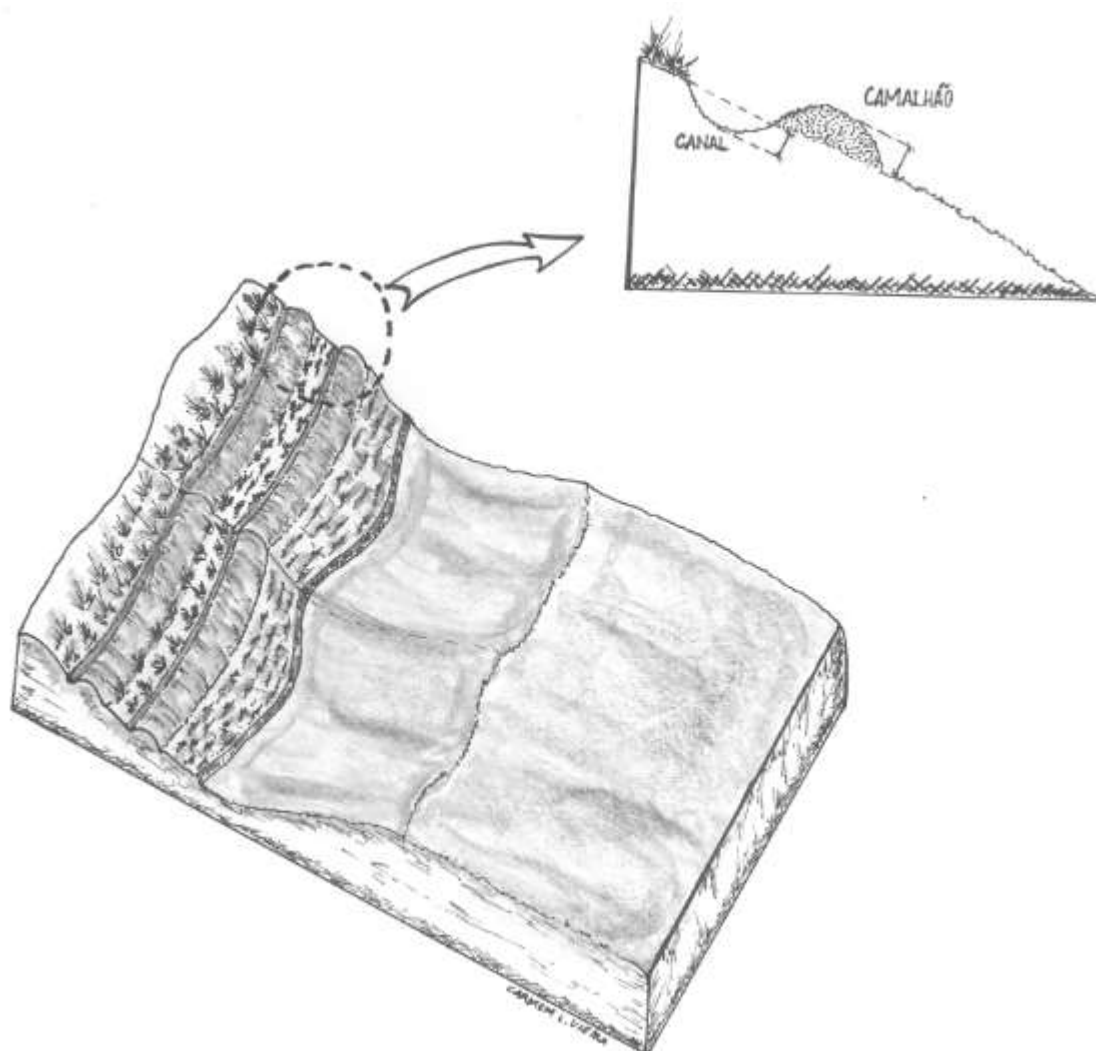


Figura 2 – Esquema de um terraço, com a localização do camalhão e do canal divergente.  
Elaboração: Eng<sup>a</sup> Agrônoma Carmem Lucas Vieira.

Os terraços caracterizam-se, principalmente, quanto: à função (retenção, escoamento/drenagem ou mistos); tipo de construção (Nichols ou Mangum); faixa de movimentação de terra (base estreita, base média ou base larga) e quanto à forma (terraço comum – Normal e Murundum; em patamar - Plataforma).

**Terraços de retenção** são construídos com o canal em nível e as extremidades bloqueadas, de tal maneira que a água da chuva é retida no canal até infiltrar-se no perfil de solo.

Os **terraços de drenagem** apresentam o canal em pequeno declive, de modo que a água é conduzida para fora da área protegida.

**Terraços mistos** são confeccionados a partir de um canal em pequeno declive e uma zona para acúmulo de água, na qual um tubo (ligado a um dreno subterrâneo) vagarosamente elimina o excesso que não consegue infiltrar-se no solo.

Os terraços do **tipo Nichols** possuem base triangular, construindo-se o camalhão com movimentação da terra proveniente da abertura do canal depositada abaixo deste.

Terraços do **tipo Mangum** possuem a base do canal trapezoidal, e para a formação do camalhão realiza-se a movimentação de terra de baixo para cima e de cima para baixo.

O terraço pode apresentar modificações relacionadas ao tipo de agricultura desenvolvida na região, especialmente quanto à faixa de terra movimentada. A agricultura mecanizada exige a utilização de terraços de **base larga**, nos quais a largura da faixa de movimentação da terra varia entre 8 e 12 metros com aplicação em declives menores que 10% e aproveitamento de toda a área.

Terraços de **base média** apresentam largura variando entre três e cinco metros em locais com declives entre 10 e 15% e perdas entre 2,5% e 3,5% de área disponível para cultivo.

O terraço de **base estreita** possui largura da faixa de movimentação entre dois e três metros e aplicação em áreas com declives superiores a 15%, havendo perdas entre 8 a 10% da área, devido à impossibilidade de cultivo sobre o topo.

Os *taludes* do camalhão no terraço de base estreita são construídos geralmente com declividade de 2:1, e para sua maior estabilidade devem possuir uma cobertura de espécies vegetais de porte herbáceo como as gramíneas e as leguminosas.

A utilização dos terraços traz benefícios como o aumento na capacidade de retenção da água pelo solo, redução no teor de sedimentos do escoamento superficial e a descarga máxima de água nos rios, além de melhorar a condição topográfica e a mecanização das lavouras. Os terraços podem ser associados a técnicas de caráter vegetativo para aumento de sua eficiência, promovendo melhor controle da água excedente escoada e maior retenção de sedimentos transportados. Para o correto dimensionamento e espaçamento dos terraços e canais de drenagem o conhecimento acerca do volume de água escoado superficialmente, declividade do terreno e comprimento de rampa são fatores decisivos. Da mesma forma, o uso e manejo do solo, percentual de cobertura vegetal, tipo e quantidade de resíduos culturais, grau de consolidação e

índice de rugosidade da superfície do solo também são fatores determinantes quanto à escolha da técnica e seu adequado dimensionamento, objetivando um eficiente controle da erosão hídrica.

Uma técnica comumente associada aos terraços é o sistema de **canais escoadouros** associados ou não a pequenas *barraginhas*, possibilitando a coleta do excesso de água e a contenção da erosão, impedindo a formação de *ravinas* e *voçorocas*. São canais de drenagem superficiais geralmente estabilizados por vegetação nativa (canal natural) ou implantada (canal artificial), situando-se de modo a aproveitar a depressão natural do terreno, sendo construídos com formas e declives convenientes, com secção trapezoidal ou parabólica. Estes canais, no entanto, não devem ser usados para escoamento de fluxo contínuo, pois a presença constante de água pode afetar o desenvolvimento vegetal, comprometendo a estabilidade do canal. A vegetação a ser utilizada deve suportar as variações de temperatura locais, longos períodos de seca e não pode ser afetada por submersões periódicas. Além disto, seu estabelecimento deve ser rápido, com reduzido caráter invasor, porém apresentando o máximo revestimento possível.

Algumas vezes se torna possível a utilização de áreas vegetadas permanentemente (pastagens, bosques, etc.) para estabelecimento dos canais escoadouros. Quando isto não ocorre faz-se necessário projetá-los. Para tanto, devem ser considerados a vazão a ser transportada, a forma e a capacidade do canal, além do tipo de vegetação a ser utilizada. Considerando-se as espécies de gramíneas que apresentam bons resultados para revestimento de canais escoadouros, tem-se como destaque a grama forquilha (*Paspalum notatum*), a grama missioneira (*Axonopus jesuiticus*), a grama tapete (*Axonopus affinis*), a grama-são-carlos (*Axonopus compressus*) e a grama inglesa (*Stenotaphrum secundatum* Kuntze), assim como os capins pangola (*Digitaria decumbens* L.), capim-bermuda “Tifton 85” (*Cynodon* spp.), pensacola (*Paspalum sauriae*), festuca (*Festuca elatior* var. arundinácea), capim melador (*Paspalum dilatatum*) e o capim de Rhodes (*Chloris gayana*).

Os canais escoadouros **NÃO** devem ser concebidos de modo a descarregar a água coletada diretamente para divisas de estradas, cursos de água, taludes, açudes e pequenos cursos de água, evitando-se assim desencadear processos erosivos e promover instabilidade em áreas adjacentes. Pelo mesmo motivo, os terraços devem descarregar a água no interior dos canais, e não rente aos mesmos.

Os **pequenos canais divergentes de um escoadouro principal**, conhecidos também por *acéquias*, consistem em pequenas valetas, de secção trapezoidal, geralmente utilizadas em

regiões de elevada pluviosidade e relevo com declividade entre 10 e 30%, nas quais não se torna possível a construção de terraços e camalhões. Estes canais têm cerca de 30 cm de largura na base, com taludes de 1:1 e profundidade pequena, variando de 13 a 31 cm. A 15 cm do bordo superior do canal, cria-se uma barreira viva e, a 15 cm do bordo inferior, é construído um camalhão com a terra escavada do mesmo.

Já os **canais divergentes de porte médio** têm a função de amenizar a incidência das precipitações mais intensas, preservando edificações, evitando a formação de voçorocas, o assoreamento de barragens, a erosão em aterros, além de prevenir que os escoamentos concentrados provoquem prejuízos nas áreas situadas a jusante. O princípio utilizado para a construção destes é o mesmo dos pequenos canais divergentes, diferenciando-se, somente, pelo fato de apresentarem proporções maiores.

O **valeteamento** é outra técnica conservacionista, utilizada especificamente em pastagens. É muito semelhante à prática da abertura de sulcos, porém as valetas apresentam cerca de 50 a 60 cm tanto de embocadura (largura), como de profundidade. Utilizam-se para sua execução sulcadores especiais, conhecidos como valetadeiras. Estas são tracionadas por um trator de esteira, que vai abrindo a vala e jogando a terra para os lados. Entre as vantagens atribuídas a este método estão a praticidade e o menor custo (podem-se confeccionar valetas em taxas de dois hectares/hora), a eficiência no controle de processos erosivos e o pequeno revolvimento do solo, podendo ser utilizada mesmo em terrenos de antigas derrubadas. Entre as desvantagens, destaca-se o fato de serem estreitas e fundas, dificultando a movimentação de máquinas e animais. Além disto, o revolvimento do solo aumenta consideravelmente a ocorrência de ervas daninhas, sendo que o equipamento utilizado nem sempre é disponível para todos os proprietários.





Figura 3 - Técnica de Valetamento. Fonte: Roberto Verdum.

A prática de **sulcos em nível** é mecanizada, sendo bastante utilizada no controle à erosão em pastagens. Possui algumas vantagens sobre as técnicas de valetamento e terraceamento, principalmente pelo fato de os sulcos serem colocados mais próximos uns dos outros, distribuindo melhor a água pelo terreno. Estes sulcos são pequenos, rasos e estreitos, dispostos em nível. Medem cerca de 20 cm de largura por 20 cm de profundidade, podendo-se utilizar um sulcador comum para sua construção. O espaçamento indicado é de três em três metros (ou de quatro em quatro metros, conforme a extensão e declividade da área).

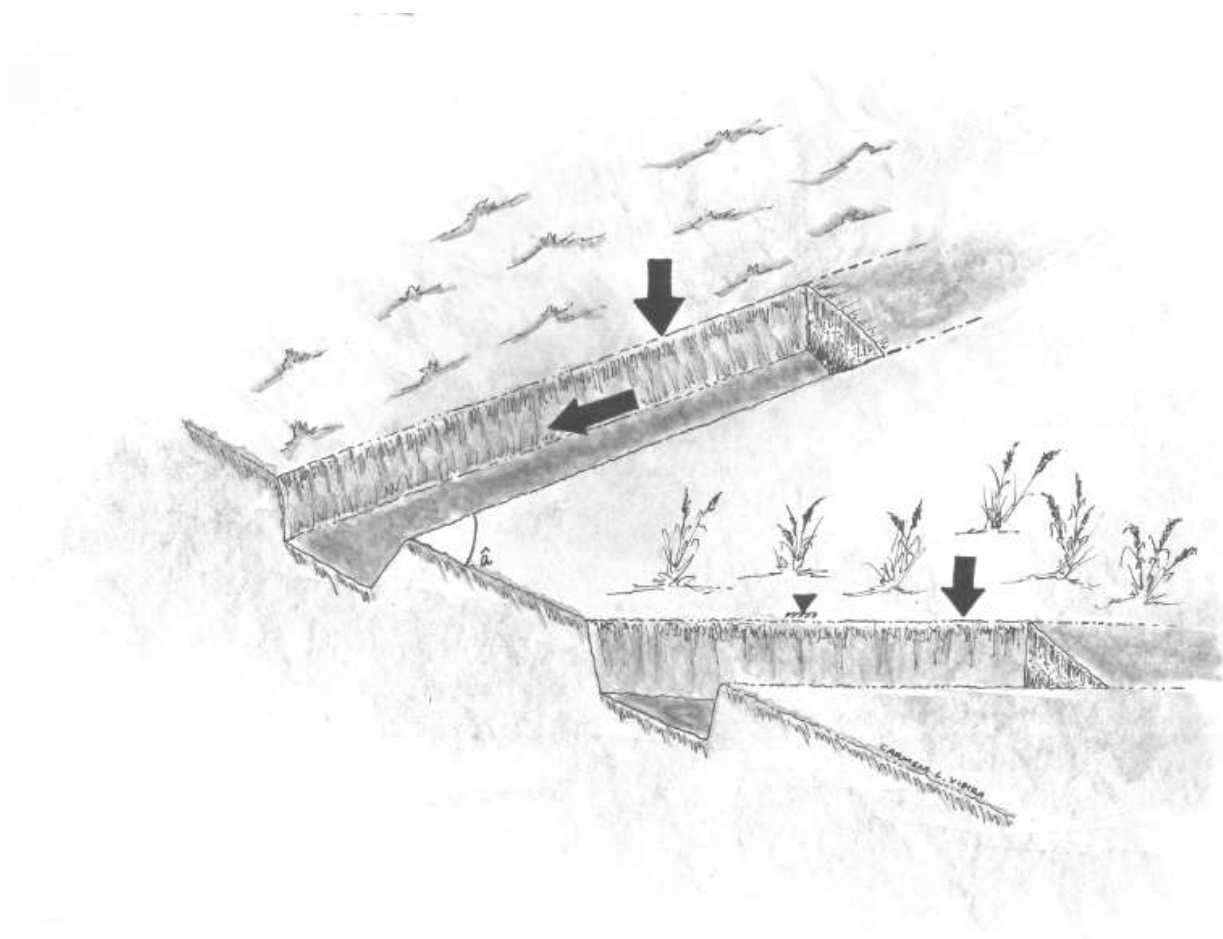


Figura 4 - Esquema de sulcos de drenagem e em nível.  
Elaboração: Eng<sup>a</sup> Agrônoma Carmem Lucas Vieira

O sistema de **banquetas individuais** consiste em patamares construídos, geralmente, em formato circular ou elíptico, e utilizados para plantio individual de árvores ou arbustos. Tem como finalidade reduzir a erosão e o arraste de fertilizantes e partículas sólidas, além de manter a umidade para as culturas. Facilitam as operações de poda, colheita e fertilização, aumentando os rendimentos do produtor. Esta técnica é utilizada principalmente para culturas perenes, de porte arbustivo ou arbóreo, plantadas em declividades de até 50%. Devido ao corte necessário para a construção da banqueteta, esta prática limita-se apenas a solos profundos.

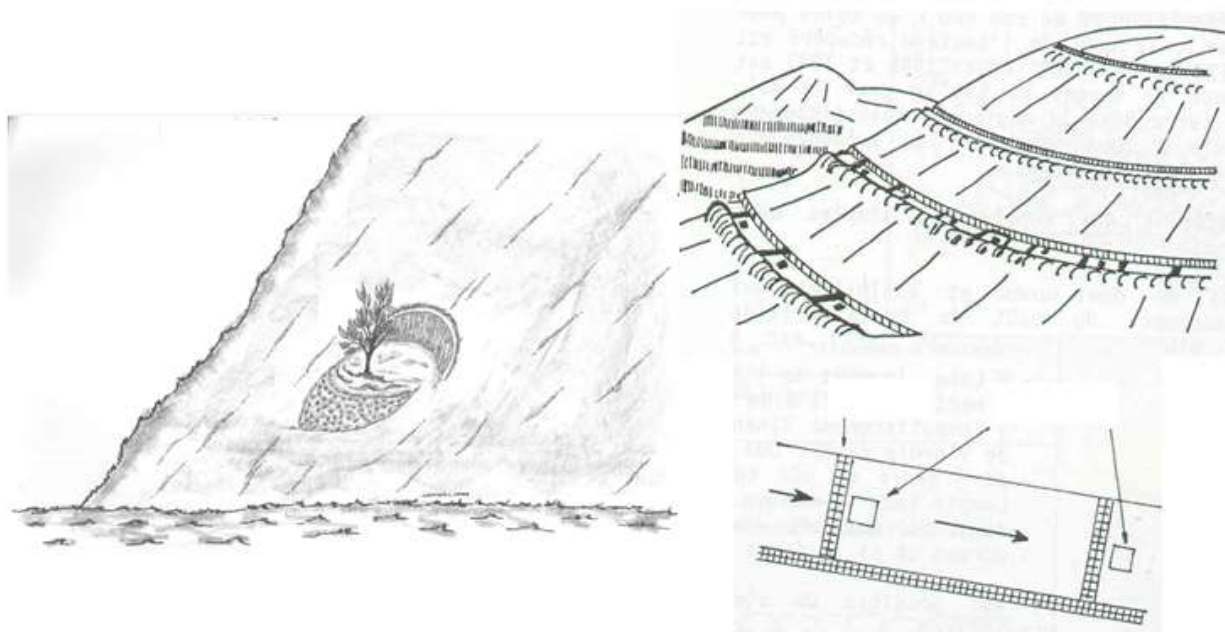


Figura 5 – Esquema de uma banquetta individual e de patamares construídos para instalação de banquetas.  
Elaboração: Eng<sup>a</sup> Carmem Lucas Vieira

Quando o processo erosivo já atingiu a magnitude considerável de uma ravina ou voçoroca, é necessária a adoção de outras medidas. Para melhor manejo e inativação de uma ravina ou voçoroca deve-se dividir a área em setores diferenciados, de acordo com o tipo de erosão predominante e características específicas tanto dos taludes, do canal quanto da superfície no entorno. Os **principais fatores** a serem observados na caracterização de cada setor são: tipo e grau de cobertura vegetal, insolação ao longo do dia, acesso animal, presença de fauna nativa, afloramento de água, tipo e frequência de movimentação dos sedimentos, umidade, drenagem, afloramento de água, declividade de taludes, comprimento de rampa entre outros.

Deve-se ter em mente que cada ravina ou voçoroca tem suas características particulares, mas a abordagem adotada para elaboração de um plano de controle deve levar em conta o

conjunto de elementos atuantes na bacia hidrográfica onde se desenvolve o processo erosivo. As principais medidas a serem adotadas de modo a promover a progressiva estabilização de ravinas e voçorocas são: a) o controle das águas em superfície e subsuperfície (conservação do sistema de drenagem), b) suavização das bordas, margens ou flancos destas morfologias (retaludamento) e c) reabilitação do ecossistema (progressivo aumento da cobertura vegetal; atração e abrigo de fauna nativa). Recomenda-se, de modo geral, realizar a correção da declividade dos taludes para relações não superiores a 1:1, com a finalidade de facilitar o estabelecimento de uma vegetação protetora (conhecida por cobertura viva) neste setor. O leito ou canal da voçoroca também deve ser revestido de cobertura viva ou *morta*.

Visando diminuir a velocidade de escoamento das águas ao longo do leito do canal utiliza-se o recurso adicional de colocar transversalmente uma série de obstáculos convenientemente distanciados, como barragens, paliçadas, muros de pedra, etc., para a retenção de água e sedimentos. No caso da voçoroca apresentar pequenas dimensões e o agricultor possuir condições materiais, poderá ser feita a **terrapiagem** da feição erosiva, devendo-se reter ou desviar a água em curso. O custo é mais elevado, porém os resultados são obtidos em menor tempo. No caso de voçorocas grandes, nas quais não pode ser aplicada a técnica anterior, a solução é paralisar sua atividade e, lentamente, forçar o seu preenchimento com sedimentos e colonização por espécies vegetais nativas ou implantadas.

A colocação de **drenos nos leitos das voçorocas** é utilizada quando a erosão é subterrânea, devido ao fluxo de água em subsuperfície. Apesar de todo cuidado no desvio das águas superficiais, ainda haverá infiltração e, deste modo, a água continuará escorrendo no leito da vala/canal. Para a confecção desses drenos pode-se usar desde bambus amarrados em feixes e até *manilhas* perfuradas.

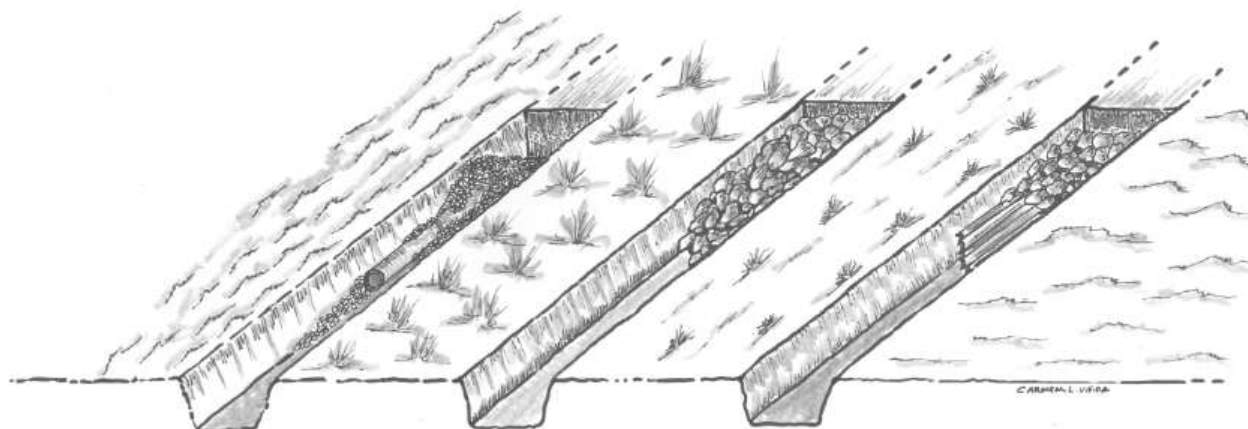


Figura 6 - Esquema de drenos (simples e mistos)  
Elaboração: Carmem Lucas Vieira

A **suavização dos barrancos ou retaludamento** tem a finalidade de tornar os declives menores, facilitando o enraizamento da vegetação e reduzindo a susceptibilidade de queda ou desmoronamento de materiais provenientes dos taludes. Recomenda-se, genericamente, taludes com inclinações na relação de 1,5:1 (altura vertical EV : altura horizontal EH) em solos argilosos e 2:1 em solos arenosos. Devem-se avaliar cada caso de forma específica, no entanto, considerando os devidos cálculos e aferições necessárias previamente a realização de qualquer interferência no sentido de promover estabilização de áreas instáveis.

A vegetação dos barrancos e do leito da voçoroca objetiva oferecer resistência ao desmoronamento dos barrancos bem como a desagregação e transporte de material inconsolidado. O uso de vegetação deve ser criterioso, de acordo com o propósito ao qual se destina. Dessa forma, o emprego de uma vegetação mais densa pode servir melhor a retenção de sedimentos e difusão de escoamentos concentrados (o cultivo de bambus para essa finalidade pode apresentar bons resultados), assim como espécies com denso sistema radicular ou raízes profundas e resistentes ao arranquio podem apresentar melhores resultados quanto à estabilização e ancoragem de taludes instáveis. As plantas mais utilizadas para estes propósitos são gramíneas, leguminosas, espécies arbustivas e arbóreas de pequeno porte. As formas mais comuns de introdução das espécies vegetais em um projeto de estabilização de ravinas e voçorocas com resultados bastantes satisfatórios são: sementeira direta sobre os taludes de um mix de espécies leguminosas e gramíneas; plantio de mudas de espécies arbóreas no canal, área de contribuição (cerca viva) e base dos taludes; utilização de estacas/estolões ou outro material

de propagação vegetativa em sulcos estabelecidos em taludes úmidos; enriquecimento com sementes das estruturas destinadas ao bloqueio e difusão de escoamentos, como sacos de ráfia preenchidos com matéria orgânica seca. Outras medidas de suma importância para promover estabilização de um processo erosivo consistem em evitar o acesso animal à área em processo de recuperação permitindo um melhor estabelecimento e desenvolvimento da vegetação, assim como o planejamento adequado de uso e manejo de solos suscetíveis à erosão tanto em áreas rurais como em áreas urbanas.

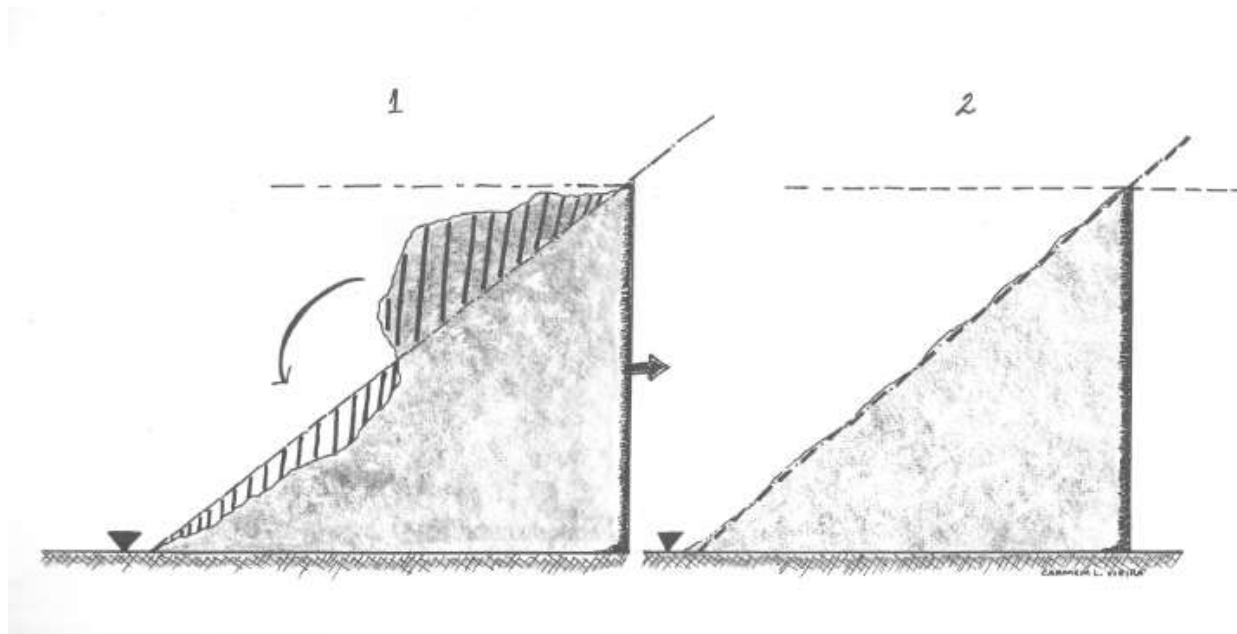


Figura 7 - Esquema de retaludamento.  
Elaboração: Eng<sup>a</sup> Agrônoma Carmem Lucas Vieira

Outra medida utilizada no controle de voçorocas é a construção de uma série de pequenas **barragens de terra** ou diques. Para que a técnica seja eficiente, é preciso que o dique de terra seja construído de forma correta, obedecendo as orientações dos taludes: à montante com 3:1 e para a jusante com 2:1. Com o passar do tempo, a voçoroca vai desaparecendo, enchendo-se de terra. Sua aplicação em conjunto com uma das técnicas de canais de escoamento deve apresentar resultados ainda melhores.

Uma forma mais rápida de controle de voçorocas de pequeno porte consiste em **desmoronar os barrancos** até nivelar. Contudo, esta prática isolada não é capaz de sanar o problema, devendo-se antes de desmoronar o terreno, conduzir as águas que escoam no local por canais escoadouros ou divergentes.

No caso dos canais escoadouros, deve-se construí-los lateralmente à voçoroca e revesti-los com espécies de porte rasteiro e característica de densa cobertura do solo. Estes (ou os canais divergentes) devem estar a uma distância em torno de 10 a 20 metros da margem da voçoroca, pois se esta apresentar maiores dimensões precisará de um grande volume de terra a ser desmoronado lateralmente. Antes do desmoronamento, é aconselhável colocar na voçoroca ramos de árvore ou arbustos, tocos, bagaço de cana-de-açúcar, pedaços de madeira ou outras substâncias orgânicas, para auxiliar a obstruir e, conseqüentemente, diminuir o volume de terra a mobilizar. Posteriormente, deve-se ainda construir um canal onde foi fechada a voçoroca, cultivando vegetação herbácea e/ou arbustiva para protegê-lo, evitando assim novos focos de erosão hídrica.

No caso de voçorocas pequenas, ao invés de construírem-se canais laterais para desviar o fluxo de água, podem-se colocar pedaços de madeira, no sentido transversal à direção da água. Além destes, podem ser colocados outros obstáculos, como tocos, raízes, restos de vegetais pesados, sacos de adubo (vazios) encheidos com terra, etc. A distância entre os *septos* deve ser de aproximadamente 1 ou 2 m. Estes septos funcionam como obstáculos à velocidade da água, retendo parte do material que seria transportado. O diâmetro deles pode ser de 10 a 30 cm, dependendo do volume de água que escorre, sendo que quanto maior o volume de água, maior o diâmetro a ser utilizado. Os septos devem ser colocados de maneira que alcancem toda a largura da voçoroca, para obrigar as águas a transpô-los.

Associado a isto, deve-se de imediato fazer a semeadura ou *enleivamento* de grama, para que aos poucos o canal seja revestido, protegendo-o contra a erosão. O correto planejamento para instalação de estruturas que sirvam de obstáculo ao fluxo de água e sedimentos, como distanciamento entre eles e altura/largura dos mesmos, deve considerar cálculos como aqueles adotados para a construção de terraços, principalmente se a intervenção técnica envolve uma grande área a ser mobilizada.

A **construção de barreiras** para represamento da água escoada também é recomendável para recuperação de voçorocas que tenham grande extensão e profundidade. Essas represas, conforme o caso, poderão ser construídas com materiais encontrados no próprio local, tais como malhas de

arame, estacas e palhas de cereais, *paliçadas*, pedras soltas, madeira, bambu e terra. Além de contribuir para a estabilização do processo erosivo, essas pequenas barragens construídas artificialmente podem vir a se constituir como fonte de renda ao produtor rural, com a implantação de piscicultura (açudagem), por exemplo.

Os **diques de madeira** são feitos a partir de estruturas constituídas por estacas e amarradas com corda ou arame. Essas estruturas são ancoradas com auxílio de pesadas pedras e cabos, por exemplo. Como qualquer obra destinada à estabilização de uma área instável, se torna imperativo dimensioná-la e escolher materiais adequados de modo que as forças de deformação que virão a atuar sobre a estrutura (tração, flexão, cisalhamento, compressão, etc.) não sejam maiores que as forças de resistência da estrutura, dadas em função de suas dimensões, material e forma de construção da obra.





Figura 8 - (A, B) Barreiras vivas. Fonte: Roberto Verdum  
e (C) Paliçada de Bambu (*Bambusa taquara*), nativa da região Sudoeste do Rio Grande do Sul, com biorretentor na base, utilizada em experimentos em ravinações. Fonte: Carmem Lucas Vieira.

A necessidade de geração de técnicas complementares ao controle da erosão do solo associadas ao uso de vegetação para estabilização de taludes, encostas e áreas instáveis propiciou o desenvolvimento de tecnologias que preconizam a construção de obras simples a partir da associação de materiais inertes a materiais vivos. Ou seja, as estruturas projetadas para cada situação utilizam elementos mecânicos e elementos biológicos em sua constituição. Estas estruturas artificiais mistas compõem os **Métodos Biotecnológicos** de controle da erosão do solo e estabilização de áreas instáveis, os quais englobam técnicas denominadas como Bioengenharia de Solos, Engenharia Natural, Ecoengenharia, Construção verde, Engenharia biotécnica entre outras denominações, muitas delas utilizadas como sinônimos.

Há, na literatura especializada, diferentes funções para cada técnica, definidas, principalmente, de acordo com a forma de emprego do material botânico nas obras biotecnológicas. Vários critérios devem ser observados para o uso de vegetação e a adoção destas tecnologias, como: potencial biotécnico do elemento vivo na contenção de processos erosivos e na estabilização de áreas instáveis, possibilidade ecológica e estética de utilização na recuperação de áreas degradadas, quantidade de material vegetal necessário, disponibilidade de obtenção do material próximo ao local de intervenção, mão-de-obra e maquinário disponíveis, custo das estruturas, entre outros fatores. O emprego do material vegetal nas obras biotecnológicas se dá de diversas formas: como estaca viva, com posterior possibilidade de brotação; como material de composição de feixes vivos, também com possibilidade de brotação após implantação da obra; na composição de banquetas vivas, com plantio em patamares; na formação de esteiras vegetadas; na composição de entrançados vivos; no plantio de leivas; no uso de sementes colocadas diretamente em covinhas escavadas no talude; na aplicação de sementes associadas a mantas orgânicas (biotêxteis ou geotêxteis); em áreas de difícil acesso por meio de hidrossemeadura; através do plantio de mudas, entre tantas outras técnicas específicas. Algumas das estruturas biotecnológicas mais utilizadas na Europa, Ásia, América do Norte e mais recentemente no Brasil para recuperação de áreas degradadas e estabilização de encostas, taludes fluviais, taludes rodoviários, ravinas e voçorocas, são: râmprolas ou espigões, retentores cilíndricos de sedimentos, gabiões, construção de soleiras, cintos basais, barragens, paredes

vegetadas, parede Krainer, canais vegetados, entre outras, amplamente detalhadas na literatura especializada.

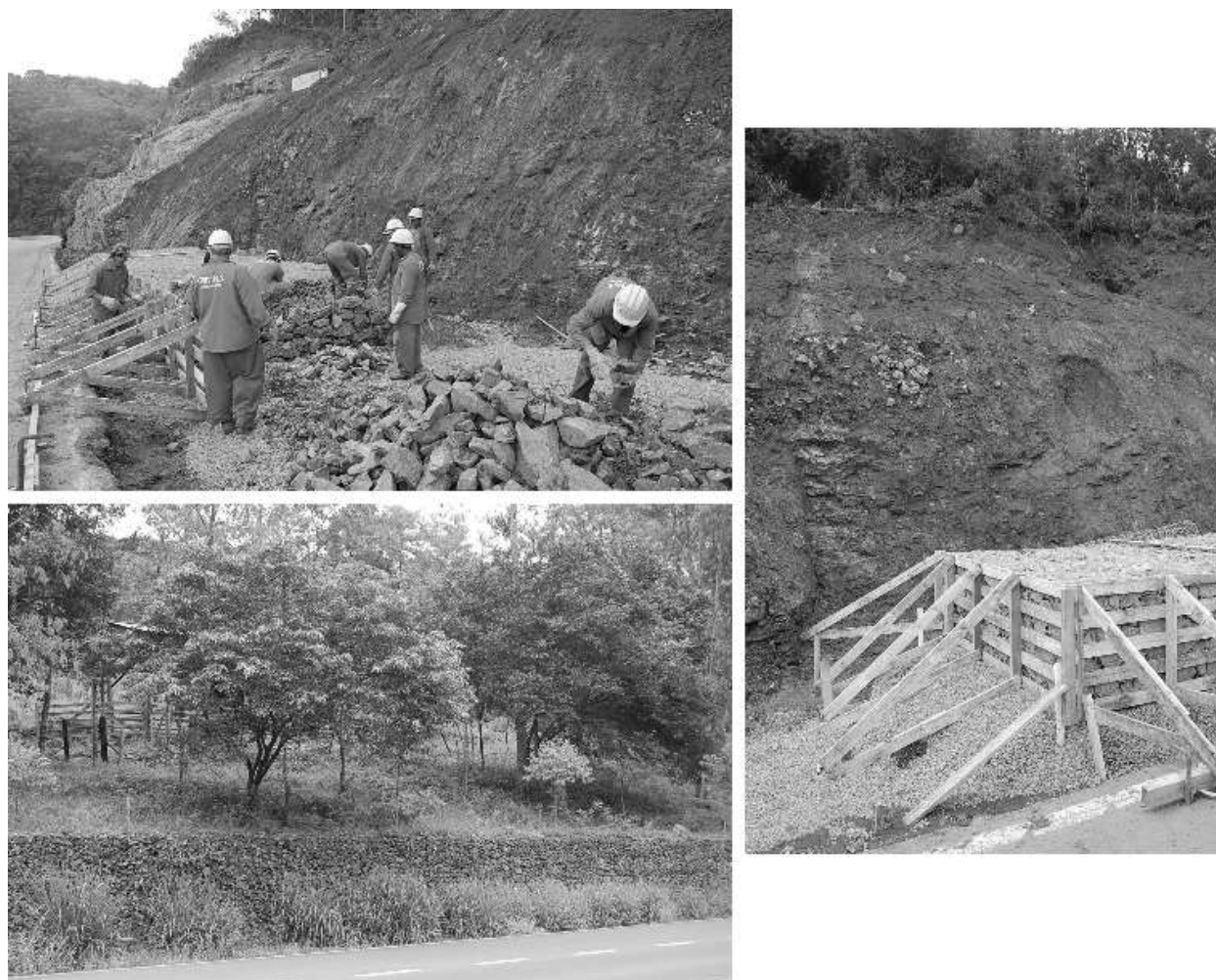
Uma das primeiras medidas preventivas a novos deslizamentos de material proveniente de barrancos naturais ou taludes construídos consiste no retaludamento, ou seja, redução na altura de corte e inclinação do relevo com remodelagem do perfil e suavização do topo, tornando o declive menos abrupto.

A seguir, serão brevemente apresentadas algumas estruturas e métodos simples que não exigem uma análise prévia aprofundada sobre as características relativas à superfície sobre a qual serão aplicadas, sejam estas o solo ou camada rochosa. Aplicam-se, por exemplo, na estabilização de taludes e barrancos secos (encostas, taludes rodoviários, ravinas e voçorocas) e barrancos fluviais.

**Retentores de sedimentos:** estruturas construídas com material orgânico e/ou inerte. Podem-se utilizar sacos de ráfia preenchidos com palha seca de gramíneas, esterco curtido, sementes, folha seca de palmeira/bambu, seixos, entre outros, amarrando de forma cilíndrica com arames ou envolvendo-o com telado, quando houver maior proporção de pedras e seixos na confecção. Os retentores podem apresentar diferentes comprimentos e circunferências, de acordo com a disponibilidade de material e mão-de-obra para a confecção. Apresentam melhores resultados na dispersão de escoamentos e retenção de sedimentos quando assentados em um leito escavado com cerca de 1/3 de seu diâmetro, e forrado com material vegetal seco. Esta medida assume maior eficácia quando os retentores estiverem colocados em áreas com declive acentuado. Sua fixação no terreno pode ser feita com grampos ou estacas.

**Muros de Gabiões:** são paredes formadas por caixas de pedra construídas em formato quadrado, nos quais fragmentos de rocha são envolvidos por uma malha de arame. Proporcionam boa drenagem e eficiente resistência à movimentação do solo. Há a possibilidade de se compor gabiões intercalando estacas vivas às pedras quando do preenchimento das redes de arame, posicionando as estacas de modo a atravessar o gabião, com uma extremidade fixada ao talude e a outra saindo à frente do gabião. Após a brotação e desenvolvimento do material vegetal, ocorrerá um enraizamento das estacas e conseqüente ancoramento das estruturas no talude, barranco ou encosta, o que oferecerá maior resistência da estrutura a ação de processos erosivos. A vegetação, desta forma, irá funcionar como um contraforte para suporte da parede. A utilização de material vivo nestas estruturas se torna particularmente interessante quando há

umidade suficiente na área a ser implantada a obra, de modo a garantir a sobrevivência e a brotação das estacas vivas.



**Figura 9** - Técnica de muro de gabião. Fonte: Roberto Verdum.

**Feixes vivos:** confeccionados a partir de material com potencial para propagação vegetativa, de modo que ocorra a brotação de hastes e o surgimento de raízes em um breve período após sua implantação das estacas. Têm seu emprego direcionado principalmente para a base de taludes onde haja fluxo constante de água, como leitos fluviais, canais de voçorocas com afloramento de lençol freático ou mesmo na prevenção de processos erosivos avançados, dispostos nos canais de escoamento concentrado da água proveniente das enxurradas. Uma das maiores dificuldades de utilização desta técnica pode ser a obtenção de material vegetal não somente em quantidade suficiente para a confecção dos feixes, como também em relação a espécies com alto potencial

para rebrote a partir de galhos amarrados e fixados junto ao solo e que estejam disponíveis na região.

**Reforço dos declives com mantas orgânicas ou sintéticas:** materiais como Biotêxteis e Geotêxteis são utilizados com a função de cobrir uma superfície sujeita a movimentação do solo, conferindo maior resistência à tração. Estes materiais são esticados de modo a formar uma malha ou leve grade, cujo objetivo é aumentar a força de resistência ao cisalhamento do solo.



Figura 10 - Técnica de feixes vivos e de Reforço dos declives com mantas orgânicas ou sintéticas.

Fonte: Eng<sup>a</sup> Biofísica, Msc. Rita Sousa.

**Enrocamentos ou diques de pedra:** são construídos em arranjo de pilha ou muro a partir da deposição de material rochoso fragmentado. Estas barreiras são dispostas de modo transversal a um fluxo de água ou sedimentos em superfície, como no canal de uma voçoroca, onde haja escoamento de água proveniente de afloramento do lençol freático. Atuam como obstáculos permeáveis que possibilitam a sedimentação de materiais em suspensão e consequente preenchimento de uma feição erosiva.

**Râmprolas ou espigões transversais** são enrocamentos longitudinais construídos em leitos fluviais com o objetivo de desviar o fluxo de água em um determinado segmento, de modo a paralisar um processo de retirada de material da base do talude fluvial e estabilizar o processo erosivo na margem do curso de água.

**Muros de contenção:** são estruturas construídas com grades de madeira, preenchidas com material de maior granulometria (fragmentos de rocha) e projetadas para oferecer resistência ao

cisalhamento, tombamento e deslizamento de material proveniente do talude instável. Geralmente são construídas como caixas, com tábuas dispostas em ‘jogo-da-velha’ e enterradas a uma profundidade tal que a superfície mais instável não seja capaz de tombá-la. É imprescindível o acompanhamento de profissionais habilitados para a projeção e execução destas estruturas, como Engenheiros Civis e Geotécnicos, assim como o disciplinamento da drenagem ao longo de toda a estrutura.

Muitas são as obras de Bioengenharia, Engenharia Natural, Ecoengenharia, Engenharia Verde ou Métodos Biotecnológicos descritos na literatura especializada ao controle de áreas instáveis. Não iremos nos aprofundar em citar e detalhar cada uma delas, pois que necessitaria uma obra destinada especificamente ao assunto, tamanha sua diversidade e complexidade. Procuramos descrever algumas daquelas que acreditamos ser de mais fácil apreensão, fácil emprego e baixo custo e exigência de mão-de-obra para controle de ravinas, voçorocas e processos erosivos em pequenos cursos de água, entendendo que a abordagem neste manual se apresenta de forma bastante resumida e simplificada.



Figura 11 - Técnica de enrocamento, fonte: Dr. Fabricio Jaques Sutuli e técnica de Râmprola, fonte: Biólogo Esmael Barro.

# Capítulo 2 - Barreiras Físicas

Em áreas onde a erosão hídrica provocou a mobilização de grande quantidade de material sólido e sedimentos, ou em regiões sujeitas aos climas secos, um agente erosivo importante é o vento. Como forma de combater a ação eólica, utilizam-se barreiras físicas, que também agem sobre o escoamento superficial. A escolha da técnica mais apropriada vai depender de uma série de fatores relacionados à área atingida, tais como: localização, orientação dos ventos dominantes, presença de cobertura vegetal, tipo de vegetação existente, acesso ao tráfego animal e máquinas agrícolas, entre outros. Técnicas complementares de conservação do solo, algumas delas apresentadas neste capítulo, devem ser adotadas após o desenvolvimento de um adequado manejo do solo por meio de ações como aquelas descritas no capítulo subsequente denominado 'Reconstituição do Solo'. As técnicas destinadas à conservação do solo podem ser agrupadas em três categorias distintas, definidas basicamente pelo tipo de intervenção e material aplicado, tais como: técnicas de caráter vegetativo, técnicas de caráter mecânico-vegetativo e técnicas de caráter físico-mecânico.

Na conservação do solo, as **técnicas vegetativas**, como a revegetação, podem constituir-se em meios de grande eficiência em algumas situações, como para a utilização na recuperação de solos exauridos ou extremamente erodidos, formação de *renques*<sup>13</sup> para quebra-ventos e proteção de mananciais, cursos de água e bacias.

A implantação de espécies arbóreas deve ser realizada dentro de propósitos específicos aliando, sempre que possível, a possibilidade de geração de renda. O plantio de árvores pode ser associado a outras espécies de interesse alimentício, como nos sistemas agroflorestais, ou pode vir associado ao plantio de pastagens, lavouras e criação animal, como nos sistemas agrosilvipastoris.

A conservação do solo quando somada à viabilidade de comercialização de produtos como madeira, frutas e sementes, deve ser corretamente planejada de forma a não somente promover retorno financeiro, mas, sobretudo, a recuperação e proteção efetiva de uma área degradada com exploração econômica sustentável dos recursos naturais. A eficiência do revestimento vegetal no controle da erosão é verificada pela redução do impacto da água da chuva ou da ação dos ventos diretamente sobre o solo devido, principalmente, à formação de uma cobertura orgânica sobre a superfície. O progressivo acréscimo de matéria orgânica ao solo promove aumento na capacidade de absorção e infiltração da água, além de auxiliar na

recuperação das características físicas, químicas e biológicas de um solo já degradado. Se bem manejado, este solo pode apresentar o resgate de algumas funções ecológicas, sendo esta área destinada à preservação ambiental ou à exploração econômica.

O plantio de espécies florestais de interesse comercial pode ser efetivado por meio de um consórcio entre o produtor rural e empresas públicas ou privadas. Esta parceria pode vir a promover uma industrialização gradual da região, com a implantação de indústrias moveleiras, de celulose e outras, especialmente se houver interesse por parte do poder público em fomentar este tipo de atividade.

Visando a redução do escoamento superficial e o aumento da infiltração utilizam-se diferentes técnicas que podem estar associadas ou não, como os cultivos em contorno, os cordões de vegetação permanente, o cultivo em faixas, o uso de estacas, as barreiras vivas e as técnicas que promovem o aumento da rugosidade do solo.

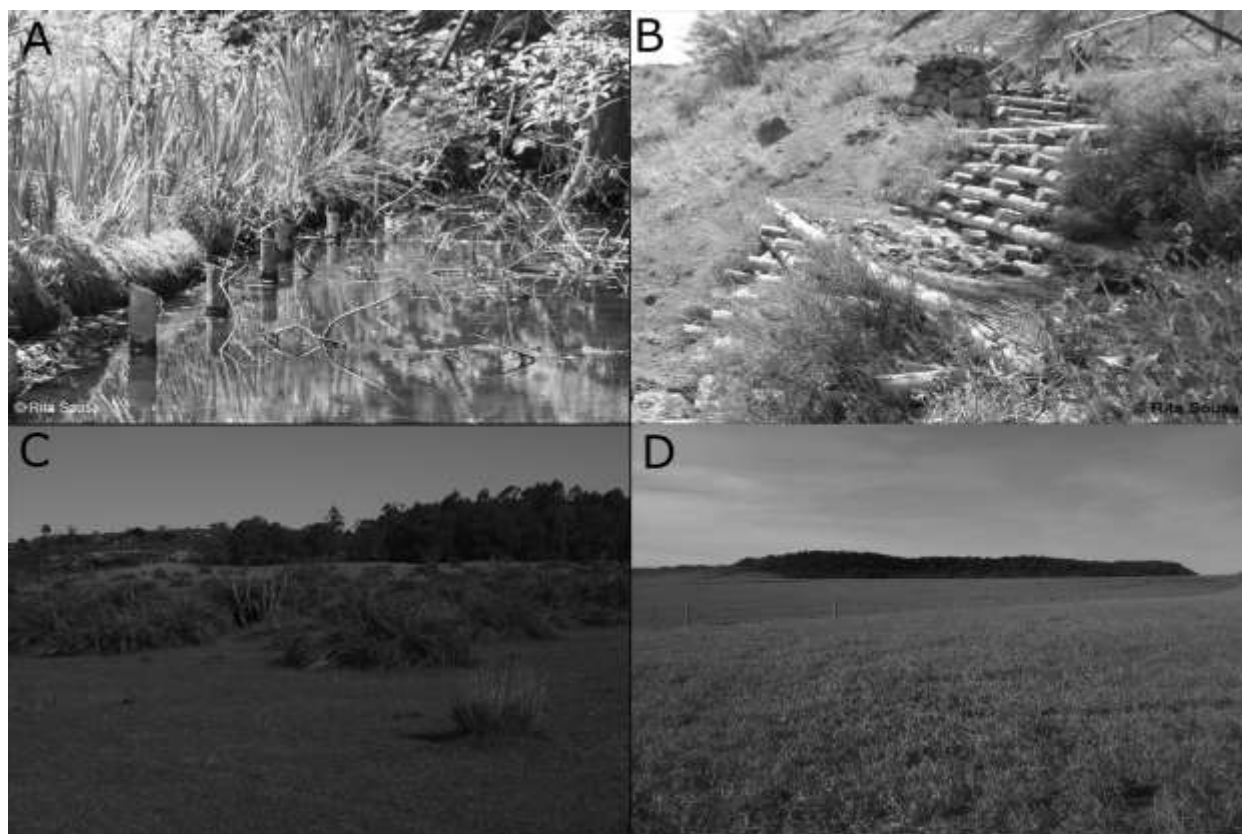


Figura 12 - (A) Bioretentor revegetado, (B) Talude estabilizado com técnicas de engenharia natural, fonte: Eng<sup>a</sup> Biofísica Msc Rita Sousa.(C) Revegetação através de butiá anão (*Butia leuostachya*) e (D) gramíneas (*Brachiaria decumbens*), fonte: Roberto Verdum.



Os **cultivos em contorno** são técnicas de caráter mecânico-vegetativo em que se utiliza como referência pontos situados em uma mesma cota no terreno (plantio em nível) para realização das atividades de preparo do solo e tratos culturais, estabelecendo as linhas de plantio e/ou semeadura em sentido transversal ao declive do terreno. Cultivos em contorno e estacas apresentam-se como barreiras parciais que não modificam a topografia e funcionam como bloqueios ao livre escoamento de água concentrada das enxurradas. Quando estabelecidos em áreas já terraceadas ou com a presença de cordões de vegetação estas práticas devem servir de linhas guia ao estabelecimento desta técnica. Em zonas úmidas, aconselha-se aferir aos sulcos uma leve inclinação transversal (oblíqua), para facilitar a drenagem e diminuir o nível da água em escoamento sobre a superfície. Estas técnicas são adequadas para o controle da erosão hídrica em áreas com declives leves e pouco comprimento de rampa, sendo utilizadas de modo mais eficiente em locais com até três graus de declividade. O plantio em nível confere ao solo uma eficaz proteção contra chuvas de baixa e média intensidade, especialmente em terrenos de relevo ondulado. Porém, seu efeito pode ser pequeno ou até mesmo nulo para chuvas fortes, quando a água se sobrepõe às linhas, formando enxurradas e sulcos.

Os **cordões de vegetação permanentes** são formados por faixas em contorno intercaladas à cultura principal, mantidas com plantas perenes. Além de funcionar como barreiras vivas capazes de reduzir o comprimento das pendentes permitem reduzir a velocidade de escoamento superficial, servindo de guia para o estabelecimento de cultivos em faixas e atuando como reforço em terraços. Desta forma, obtém-se uma diminuição do poder desagregador e da capacidade de transporte da enxurrada. São estabelecidos em nível como faixas estreitas, com largura entre dois a quatro metros de cultivo. As espécies selecionadas para compor os cordões devem apresentar ciclo longo, grande densidade de raízes, crescimento rápido da parte aérea, desenvolvimento denso junto ao solo, não possuírem comportamento invasor, não serem hospedeiras de pragas e doenças que possam prejudicar culturas adjacentes, além de apresentarem valor comercial.

O **cultivo em faixas** consiste em implantar faixas alternadas no tempo e espaço, dispostas em nível com outras faixas de cultivos agrícolas. Alternam-se a cada ano faixas com culturas mais densas e faixas de menor proteção do solo, que reagem diferentemente quanto à proteção do solo à erosão. A utilização desta técnica permite que tenhamos em uma mesma área culturas que propiciam pequena proteção do solo e culturas bastante eficazes no controle da erosão. O cultivo em faixas deve ser implantado em nível, sendo a largura das faixas variável de acordo com a

declividade do terreno, podendo ser empregada a mesma lógica de largura e espaçamento utilizados na implantação de terraços.

As **paliçadas, faixas e barreiras** são alguns dos meios mais utilizados contra os efeitos da erosão hídrica de fluxo concentrado. Estas barreiras impedem o aprofundamento de sulcos, estabilizam o perfil longitudinal do solo e, simultaneamente, contribuem para a retenção de sedimentos, iniciando o processo de deposição do solo, preenchimento da feição erosiva e gradativa colonização vegetal do setor em tratamento.

A utilização de **barreiras vivas**, como os cordões de vegetação permanente, dispostas em determinados espaçamentos horizontais, formando fileiras de plantas perenes e de crescimento preferencialmente denso, têm a finalidade de reduzir a velocidade das águas de escoamento e proporcionar a retenção do solo. Devem ser implantadas em linhas contínuas, de modo a formar um efetivo obstáculo, sendo dispostas em contorno ou seguindo a orientação das curvas de nível.

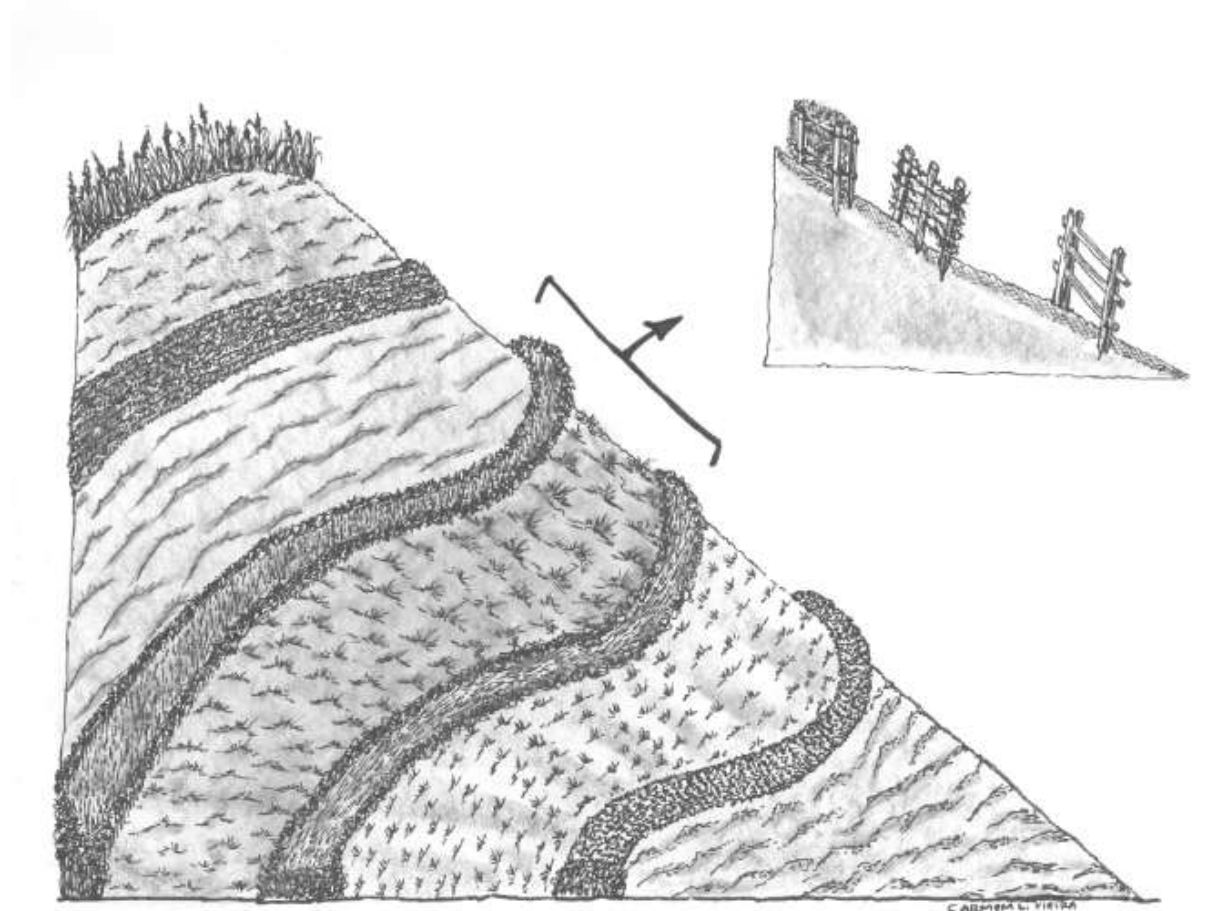


Figura 13 - Esquema de técnicas vegetativas mistas e vegetais.  
Elaboração: Eng<sup>a</sup> Agrônoma Carmem Lucas Vieira

A construção de **cordões de pedra, terraços, patamares e banquetas individuais**, juntamente com **canais de infiltração** são técnicas complementares de conservação do solo, de caráter mecânico, que servem para reduzir a velocidade da água que escoar sobre as vertentes, induzindo um volume considerável da mesma a infiltrar, retendo sedimentos carregados pela enxurrada. São utilizadas, geralmente em terrenos onde não há excesso de umidade e em locais com declividade acentuada (exceto terraços e sangas de infiltração). O emprego destas técnicas em terrenos escorregadios, saturados ou em solos excessivamente arenosos pode ter sua eficácia bastante comprometida, devendo apresentar análise técnica e criteriosa quanto à viabilidade de seu planejamento e execução.

Os **cordões de pedra** são formados pela sobreposição de material em curvas de nível de modo a formar taipas com 0,5 a 1 metro de largura funcionando principalmente como difusor de escoamentos concentrados superficialmente e como área de deposição dos sedimentos carregados pela enxurrada. O distanciamento entre cordões segue critérios semelhantes aqueles para estabelecimento de terraços.

Os **patamares** são recortes realizados na superfície de áreas com alta declividade (30 a 40%) e solo profundo, dando à encosta um aspecto de escada. Só devem ser empregados caso a única área passível de cultivo esteja localizada na encosta e justifique a adoção de tal técnica, já que a grande movimentação de terra necessária à construção dos degraus altera bastante as características originais do solo, gerando também alto custo para sua implantação.

As **banquetas individuais** são geralmente empregadas em locais com alta declividade e destinadas ao cultivo de espécies frutíferas. São construídos, individualmente, pequenos camalhões em forma de meia-lua, na parte de baixo onde foi plantada cada muda arbórea.

As **canais de infiltração** e os **terraços** encontram-se descritos anteriormente.

**Muros de contenção, reordenação de drenagens, construção de acéguas (canais divergentes) e coroas** consistem em técnicas de caráter mecânico adequadas para impedir que se produzam movimentos em massa e derrubadas. São comumente utilizadas em projetos para estabilização de áreas instáveis como encostas, taludes de ravinas e voçorocas, podendo ser

associadas aos métodos biotecnológicos. As **acéQUIAS** são usadas para impedir que as águas das chuvas desaguem nas ravinas ou voçorocas, contribuindo, desta maneira, para a estabilização de erosão linear à montante.

Barreiras de árvores e espécies arbustivas ou herbáceas idealizadas para proteção contra os efeitos dos ventos com energia erosiva são denominadas **quebra-ventos**. Os quebra-ventos têm por função básica oferecer um anteparo físico, reduzindo a incidência direta total e a velocidade dos ventos dominantes, com conseqüentemente redução da erosão eólica sobre uma determinada área. Sua orientação deve ser de modo transversal à direção preferencial dos ventos e deve ser formado por linhas compostas de espécies vegetais selecionadas com portes e copas diferentes, oferecendo anteparo moderadamente permeável à incidência dos ventos. Este comportamento semipermeável à passagem do vento contribuirá para que o anteparo não se constitua como uma barreira excessivamente sólida, o que pode gerar grandes turbulências a barlavento. Um quebra-vento bem planejado e corretamente dimensionado contribui na produtividade das culturas agrícolas e maior sucesso em programas de recuperação de áreas degradadas, modificando o microclima, reduzindo a erosão e melhorando a conservação do solo, aumentando da retenção de água no terreno e reduzindo a taxa de perda de umidade das espécies vegetais pela *evapotranspiração*. Quebra-ventos podem ser permanentes ou temporários apresentando melhores resultados quando estabelecidos em formato parabólico.

# **Capítulo 3 - Reconstituição do solo**

As técnicas de conservação do solo podem ser agrícolas, mecânicas e culturais. As técnicas agrícolas buscam a proteção do solo através de sistemas para o manejo de cultivos; as mecânicas referem-se a obras de engenharia para canalizar as águas de escoamento, diminuir a velocidade da corrente e a carga de sedimentos, aumentar a infiltração e/ou controlar os movimentos de massa; as técnicas culturais são sempre as mais econômicas e têm fácil aceitação pelos produtores, devendo proceder em sua aplicação as práticas mecânicas somente se necessário. Algumas destas técnicas são abordadas a seguir.

O **plantio direto** é um sistema que preconiza a mínima mobilização do solo. Nesse sistema, também chamado de *cultivo sem preparo* ou *semeio direto*, o plantio ou a semeadura são realizados em sulcos abertos sobre um terreno coberto com restos de cultura picada (resteva), oriundos de colheitas realizadas anteriormente. Deve haver um bom controle de espécies invasoras para que haja redução no uso de produtos, podendo-se recorrer à pulverização com herbicidas de contato ou residuais. É importante salientar também que o solo onde será implantado o sistema de plantio direto deve apresentar boa fertilidade, boa drenagem, não estar compactado, estar limpo de espécies invasoras e não apresentar erosão. A resteva deve ser bem picada para distribuição mais homogênea na superfície do solo. Caso a área apresente declividade significativa, a associação com terraços se torna necessária, já que mesmo com a presença de palhada pode haver escoamento da enxurrada em solos com baixa rugosidade superficial e formação de sulcos de erosão. Nestas áreas, as linhas de plantio direto devem ser em sentido transversal ao declive do terreno.



Figura 14 - Plantio direto. Fonte: Roberto Verdum

A **subsolagem** é uma técnica de rompimento da camada endurecida do solo que forma-se de 15 cm a 80 cm de profundidade, constituindo lajes que se desenvolvem de baixo para cima e podem inviabilizar o cultivo agrícola. O adensamento de camadas subsuperficiais do solo se dá em função da textura, profundidade, cobertura vegetal e manejo do solo. Este processo de entupimento dos poros e formação de lajes impermeáveis na subsuperfície tem na estrutura do solo relevante papel nas condições de drenagem interna, contribuindo para maior ou menor velocidade de infiltração da água através do perfil. O uso continuado do subsolador a uma mesma profundidade pode gerar novos perfis de lajes endurecidas, e seu uso deve ser criteriosamente planejado.

Entende-se por **calagem** a incorporação ao solo de certos materiais, com o objetivo principal de corrigir os fatores de acidez. A acidez, indicada pelo pH, representa a concentração de íons de hidrogênio ( $H^+$ ) livres na solução (parte líquida) e adsorvidos à fase sólida do solo. O pH é um indicador da qualidade biológico-físico-química do solo, na medida em que quanto mais ácido for um solo, menor sua fertilidade natural e maior a probabilidade de que este esteja adensado, compactado e sujeito à erosão. Um solo pouco ácido e muito básico (alcalino) também pode se constituir em uma situação não desejável, havendo grande perda (lixiviação) de elementos nutritivos às plantas. A calagem busca melhorar as características do solo aumentando a disponibilidade e assimilação do cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e molibdênio (Mo) e diminuindo a solubilidade do alumínio (Al), ferro (Fe), e manganês (Mn), que são elementos tóxicos à maioria das culturas agrícolas. A adição de calcário e a consequente correção da acidez estimulam o desenvolvimento da vida microbiana do solo. Entre os principais corretivos estão: calcário calcítico  $CaCO_3$  (menos de 5 % de MgO), calcário dolomítico  $CaCO_3(MgCO_3)_2$  (mais de 12 % de MgO), calcário magnesiano  $CaO.MgO$  (entre 5 e 12 % de MgO), margas, cinzas e escórias de siderurgia.

O **enterrio de restos culturais** é a prática que incorpora ao solo os restos da cultura anterior. A finalidade deste método é a melhoria das condições físicas do solo, como infiltração e capacidade de retenção de água, densidade, aeração e grau de agregação do solo. Nos períodos de chuva, os restos de cultura oferecem uma ótima proteção contra a erosão, contribuindo para a conservação da umidade do solo e a manutenção de uma temperatura favorável ao desenvolvimento da vegetação. O efeito positivo da adição de restava ao solo depende, entre outros fatores, da qualidade, quantidade e uniformidade do material vegetal incorporado, bem como da existência ou não de camadas compactadas em subsuperfície.

Conhece-se como **adubação verde** o enterrio de massa verde proveniente de culturas, plantadas previamente com a finalidade de fornecer nitrogênio orgânico e elementos que promovam o crescimento de outras espécies com interesse comercial. O objetivo é a incorporação de matéria orgânica destinada a contribuir para o aumento da fertilidade do solo. Dessa forma, torna-se preferível a utilização de uma espécie leguminosa que, além de fixar o nitrogênio ao solo, forneça razoável quantidade de massa seca. Pode ser aplicada em qualquer solo com tendência a textura arenosa ou argilosa, sendo um fator de melhoria na qualidade física e estabilização dos solos, pela retenção das águas da chuva com conseqüente controle da erosão.

A **adubação de correção** consiste na prática de reposição dos elementos nutritivos nos solos erodidos e naqueles sujeitos a uma exploração intensiva. Os fertilizantes podem ser naturais ou sintéticos e aplicados de diversas formas, como esterco de curral curtido, em *pallets*, farelados, granulados, como misturas entre outras. Nas práticas conservacionistas, a fertilização é efetuada de forma conjugada com a semeadura, a qual é orientada obedecendo ao contorno do terreno (curvas de nível).

Qualquer cultura de plantas herbáceas, arbustivas ou arbóreas, em agrupamentos homogêneos, associados ou consorciados, que constitua um revestimento ou cobertura para o solo é denominada **cobertura viva**. Tem por finalidade proteger o solo contra a ação direta da chuva, do escoamento superficial e do vento, dificultando assim sua desagregação e remoção pelos agentes erosivos, além de melhorar as condições físico-químico-biológicas. A cobertura viva deve ser constituída por espécies que vegetem bem nas condições locais edafo-climáticas; possuam sistema radicular eficiente na fixação do solo; dificultem o estabelecimento de espécies invasoras; produzam grande quantidade de matéria seca na parte aérea com sistema foliar suficientemente denso; tenham porte baixo; forneçam substrato aos microorganismos do solo;



funcionem como subsolagem biológica, rompendo camadas adensadas; reduzam a toxicidade de metais pesados presentes no solo pela fitorremediação; aumentem a infiltração de água no solo através de canálculos formados pelo sistema radicular; reduzam as variações climáticas na superfície do solo; atuem como material cimentante, ajudando na estabilidade de agregados do solo; possam ser aproveitadas como adubo verde e sejam resistentes ao pisoteio, caso necessário.

O **revestimento vegetal com gramíneas e/ou espécies forrageiras** é um mecanismo bastante eficiente no controle da erosão e proteção à superfície do solo, pois evita a ação direta da água da chuva e do vento na desagregação e transporte de partículas minerais. Atua de modo a reduzir o escoamento de água em superfície, favorecendo sua infiltração no perfil além de melhorar a resistência da camada superficial através do efeito de travamento do solo exercido pelas raízes. A implantação da vegetação no terreno pode ser feita por semeadura, hidrossemeadura, mudas ou através de grama em placas (leivas). Após a implantação das espécies destinadas a função de proteção vegetal em uma área degradada, é imprescindível proceder a certo acompanhamento e manutenção, sem o qual é muito difícil garantir bons resultados.

Caso as espécies implantadas também sejam utilizadas com a função de pastagem (plantas forrageiras), esta atividade poderá se apresentar como uma boa alternativa econômica em um solo com fatores restritivos a outras explorações. As pastagens auxiliam na conservação da umidade, no desenvolvimento da vida microbiana e na reconstituição da estrutura, incrementando a matéria orgânica do solo. Podem ser cultivadas de modo isolado ou na forma de consórcio, onde espécies com maior produção de massa (gramíneas) são associadas a espécies com maior valor proteico (leguminosas) de modo a elevar o teor nutricional da cobertura com pastagens. É importante a escolha de espécies que se adaptem as condições locais de solo e clima, que cubram bem a superfície do solo, sejam de fácil substituição sem apresentar comportamento invasor, de fácil obtenção e com preço de semente que não inviabilize a atividade pecuária em questão.

Os cultivos de cobertura e plantio, inclusive os pastos de corte, têm como finalidade proteger o solo com uma cobertura vegetal permanente e contínua, ajudando na defesa dos solos em todos os domínios morfoclimáticos.

Em trechos do terreno onde a vegetação natural tenha sido removida, uma solução bastante interessante é a implantação de uma **cobertura vegetal** funcionalmente similar à cobertura da vegetação natural. Dessa maneira, a recomposição vegetal teria como funções principais aumentar a resistência do solo, protegendo-o contra a erosão superficial e

disciplinando o processo de infiltração de água no solo através de troncos, galhos, folhas e raízes, além de promover o resgate das funções ecológicas na área em tratamento. A cobertura vegetal a ser implantada deve constituir formação com diversos estratos e densidade de cobertura do solo, revestindo o terreno durante todas as estações. As raízes devem constituir malhas densas e resistentes com diferentes arquiteturas de sistema radicular, dispostas de maneira paralela à superfície do terreno, mas sem formar um único perfil de fratura. Além disto, as espécies devem ser passíveis de adaptação às condições climáticas reinantes e apresentarem fácil obtenção, seja no comércio, seja por reprodução local. A utilização de espécies diversificadas tem como propósito evitar formações monoculturais, prevenindo a ocorrência de um comportamento sazonal homogêneo, com eventual ataque destrutivo de pragas ou moléstias. Modelos mais complexos como os Sistemas Agroflorestais (SAFs) adequam-se perfeitamente a este caso, permitindo que se formem conjuntos vegetais que sejam combinados de modo harmonioso para, por exemplo, promoção da recuperação de áreas degradadas. O melhor argumento para adoção dos SAFs na recomposição vegetal de um terreno advém de sua viabilidade econômica, através da exploração comercial de produtos alimentícios e matérias primas como fibras e madeiras, produzidas de modo sustentável e sem impactos negativos ao sistema local.

A **cobertura morta** ou “**mulching**” consiste na aplicação de uma cobertura de restos vegetais secos na superfície do solo. Podem ser folhas, ramos, raízes, cascas de frutos, serragem de madeira, etc. com uma distribuição uniforme e espessura de vários centímetros. Esta prática é bastante aplicada na conservação de solo, protegendo-o superficialmente não somente contra o impacto direto das gotas de chuva, como também conservando sua umidade e reduzindo a incidência de plantas invasoras em uma área agrícola. Este ambiente favorece ainda o desenvolvimento da macro e microbiologia do solo, mantendo o equilíbrio térmico do mesmo, funcionando como regulador de temperatura, aumentando a quantidade de matéria orgânica, contribuindo para a fertilidade e desenvolvendo condições de equilíbrio físico-químico-biológico no solo.



Figura 15 - Mulching. Fonte: Carmem Lucas Vieira

Capítulo 4 - Técnicas  
empregadas em áreas  
degradadas na região Sudoeste  
do Rio Grande do Sul

Na região sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, onde se verifica a ocorrência de um processo denominado como arenização, com ravinas ou voçorocas associadas ou não, vem sendo desenvolvidas pesquisas sobre métodos de contenção de processos erosivos e recuperação de áreas degradadas. Alguns dos métodos adotados em propriedades da região nas décadas de 1970 e 1980 são resumidamente apresentados neste capítulo. A objetividade, praticidade e acessibilidade a estes métodos são princípios básicos na estruturação de um projeto de recuperação de áreas acometidas pela arenização e/ou erosão hídrica. Assim sendo, a escolha de espécies vegetais adequadas é um fator determinante para o sucesso do projeto.

O restabelecimento de condições ideais do solo para a atividade produtiva nessas áreas deve ser feito, dentro do possível, por meio da introdução ou recuperação de uma flora específica (autóctone), de modo a resgatar funções ecológicas no ecossistema. A consorciação de várias espécies botânicas torna possível atingir melhores resultados na recuperação de áreas degradadas, em função das diferentes arquiteturas de sistemas radiculares, hábitos, portes, sucessão ecológica, interação com a micro e mesobiota do solo, função estética na paisagem entre outros aspectos. Uma maior diversidade de plantas consideradas envolve, entretanto, maior complexidade em seu uso e, conseqüentemente, maior necessidade de conhecimento das espécies a serem utilizadas. Quando da seleção das mesmas, deve-se enfatizar as funções a serem desempenhadas no projeto, dificuldade de obtenção do material, formas de implantação e manejo a curto/médio e longo prazo.

Métodos e técnicas considerados, até o momento, adequados para emprego na região:

**Uso de anteparos físicos**, para reduzir o efeito erosivo do vento sobre as espécies implantadas. Foram dispostas esteiras de junco perpendiculares ao sentido do vento predominante, com a finalidade de diminuir a velocidade do vento. Também foram utilizados fardos de *resteva* de soja e arroz, aproveitando resíduos de lavoura no controle da erosão eólica.

**Cobertura do solo com resíduos vegetais** com o objetivo de controlar as oscilações térmicas que ocorrem em áreas desprovidas de vegetação, denominadas núcleos de arenização ou areais consolidados. A técnica consistiu na cobertura do solo com resíduos orgânicos como folhas, galhos secos, restos de lavoura, e sobre esta camada foi feito o plantio de mudas de espécies arbóreas, com a finalidade de comparar o crescimento destas plantas a outras.

**Plantação de espécies florestais**, com objetivo de estudar alternativas viáveis, capazes de amenizar os efeitos destrutivos da erosão eólica em áreas desprovidas de vegetação. O plantio de mudas de espécies arbóreas foi idealizado como uma maneira de buscar meios para substituir os anteparos físicos inertes constituídos por barreiras vegetais, visando reduzir o custo para recuperação da área.

Admite-se, prioritariamente, que a **proteção superficial do solo** se constitui na melhor forma de proteção às áreas em processo de arenização, ou em regiões sujeitas a processos de degradação do solo. Dessa forma procede-se, inicialmente, ao isolamento da área, utilizando-se de cercas de arame ou outro material resistente. A seguir, faz-se a introdução de mudas florestais a partir do limite externo da área, em direção ao seu interior, formando renques perpendiculares à direção do vento predominante. A cobertura do solo é feita mediante a utilização, na superfície do solo, de restos de culturas, obstaculizando assim a ação direta dos ventos, proporcionando uma fonte de matéria orgânica e o desenvolvimento de vegetação nativa. Associado aos demais processos, faz-se o cultivo de pastagens, com a mesma finalidade de proteger a superfície do solo e, conseqüentemente, promover sua recuperação.

Entre os métodos e técnicas de controle dos processos morfogenéticos aplicados na região dos areais, abordaremos aqueles que apresentaram melhores resultados.

A colocação de **telas** em uma seção perpendicular ao curso de água, no fundo do canal, teve por objetivo permitir a passagem da água, mas impedir o fluxo de sedimentos. A estrutura foi constituída por duas telas, uma delas com malha fina, sustentadas por estacas. De caráter muito frágil, apresentaram maior custo e menor eficiência quando empregadas isoladamente.

A utilização de **barreiras vegetais**, constituídas de ramos de árvores, folhas e galhos entrelaçados, dispostos perpendicularmente ao curso de água, no fundo do canal, tinham a mesma finalidade das telas. A diferença esteve embasada em seu menor custo (pois se utilizou material facilmente encontrado na região) e maior eficiência se empregada juntamente com a barreira de telas, aumentando o volume de sedimentação à montante, para posterior cultivo de gramíneas.

As **barreiras de pedras** consistiram em agrupamentos de rochas em forma de semicírculo, dispostas perpendicularmente ao canal de escoamento, de modo semelhante a uma taipa. Demonstrou reduzida eficiência no controle do escoamento principal porém, se associado à técnica de barreira vegetal, podem ser utilizadas com bons resultados em ravinas secundárias.

Os **diques de terra** podem conter a ação da erosão hídrica com boa eficiência. A terra é colocada de forma compactada ao longo da ravina, dentro do canal, reaproveitando-se o material erodido do interior da ravina. A única desvantagem está no fato de necessitar uma mobilização grande de mão-de-obra, além da utilização de tratores e caminhões para transportar a terra.

A **plantação de gramíneas e outras espécies forrageiras** objetiva a recuperação de solos expostos. Utilizam-se espécies como o Tifton 68 e o Tifton 85 (*Cynodon* spp.), o capim Pangola (*Digitaria decumbens* L.), a grama paulista (*Axonopus compressus*.), a braquiária (*Brachiaria* sp.) e o butiá-anão (*Butia lallemantii* Deble & Marchiori). A gramínea que demonstrou ser eficiente mais entre todas mencionadas foi a Tifton 85, pois apresentou enraizamento mais agressivo. Esta forrageira pode ser plantada no fundo do canal ou nas laterais das ravinas e voçorocas (taludes/barrancos), já que não exige quantidades significantes de umidade. Seu plantio pode ser feito diretamente no solo exposto. Internacionalmente e, recentemente em contexto de Brasil, vem sendo utilizada com muito sucesso na estabilização de áreas instáveis e controle de dunas uma espécie de gramínea originária do sul da Índia denominada capim Vetiver (*Vetiveria zizanioides*). Esta espécie, além de ser estéril e não apresentar potencial invasor chega e desenvolver raízes com mais de 10 metros de comprimento, segundo a literatura especializada, com denso sistema radicular e resistência a uma ampla faixa de variação de temperatura, pH do solo, condições de umidade no ambiente, baixa fertilidade, presença de coliformes fecais e metais pesados, compactação do solo, entre outras características fundamentais.

- a. O **monocultivo arbóreo de espécies florestais exóticas de interesse madeireiro ou destinadas à indústria de resina e celulose** amenizou alguns processos pontuais de degradação, mas não impediu o avanço da erosão hídrica. Além disto, devido ao sombreamento e ao grande consumo de água por estas espécies, foi efetivamente dificultado o nascimento de qualquer espécie nativa ou gramíneas sob a copa das árvores.

Em se tratando de áreas com arenização, especificamente, há uma sistemática a ser adotada. A primeira medida é o isolamento da área e, posteriormente, a imobilização da areia pelo estabelecimento de uma vegetação natural ou plantada. Neste sentido, também se pode utilizar fertilizantes naturais e condicionadores de solo, plantio em fileiras, semeadura, etc. Conforme o regime eólico define-se a disposição dos anteparos físicos:

\* **Monodirecional:** barreiras paralelas, perpendiculares ao vento dominante, com espaçamento de 40 metros e altura mínima de 1 metro.

\* **Bidirecional:** uso de paliçadas e quebra ventos dispostos na forma de quadriláteros, etc.

\* **Multidirecional:** disposição em quadriláteros.

Devem ser mantidos, permanentemente, trabalhos que promovam o estabelecimento de uma cobertura vegetal sobre o solo, como a semeadura de herbáceas associadas ao emprego de estacas, visando manter a umidade do solo e imobilidade do substrato, permitindo o adequado desenvolvimento do sistema radicular.

O principal cuidado a ser observado é evitar o plantio de espécies arbóreas sobre dunas, ou em épocas onde o efeito do vento é mais abrasivo, agindo durante sobre o crescimento das plantas.

As principais dificuldades enfrentadas para este contexto foram os elevados custos das plantas cultivadas em viveiro, dos sistemas de irrigação e dos fertilizantes.

As espécies vegetais selecionadas para os projetos de recuperação de áreas degradadas e controle de processos erosivos devem ser capazes de se adaptar às condições ambientais regionais e locais, assim como apresentarem características adequadas à solução dos problemas expostos, sendo estes são critérios determinantes para a escolha das mesmas.



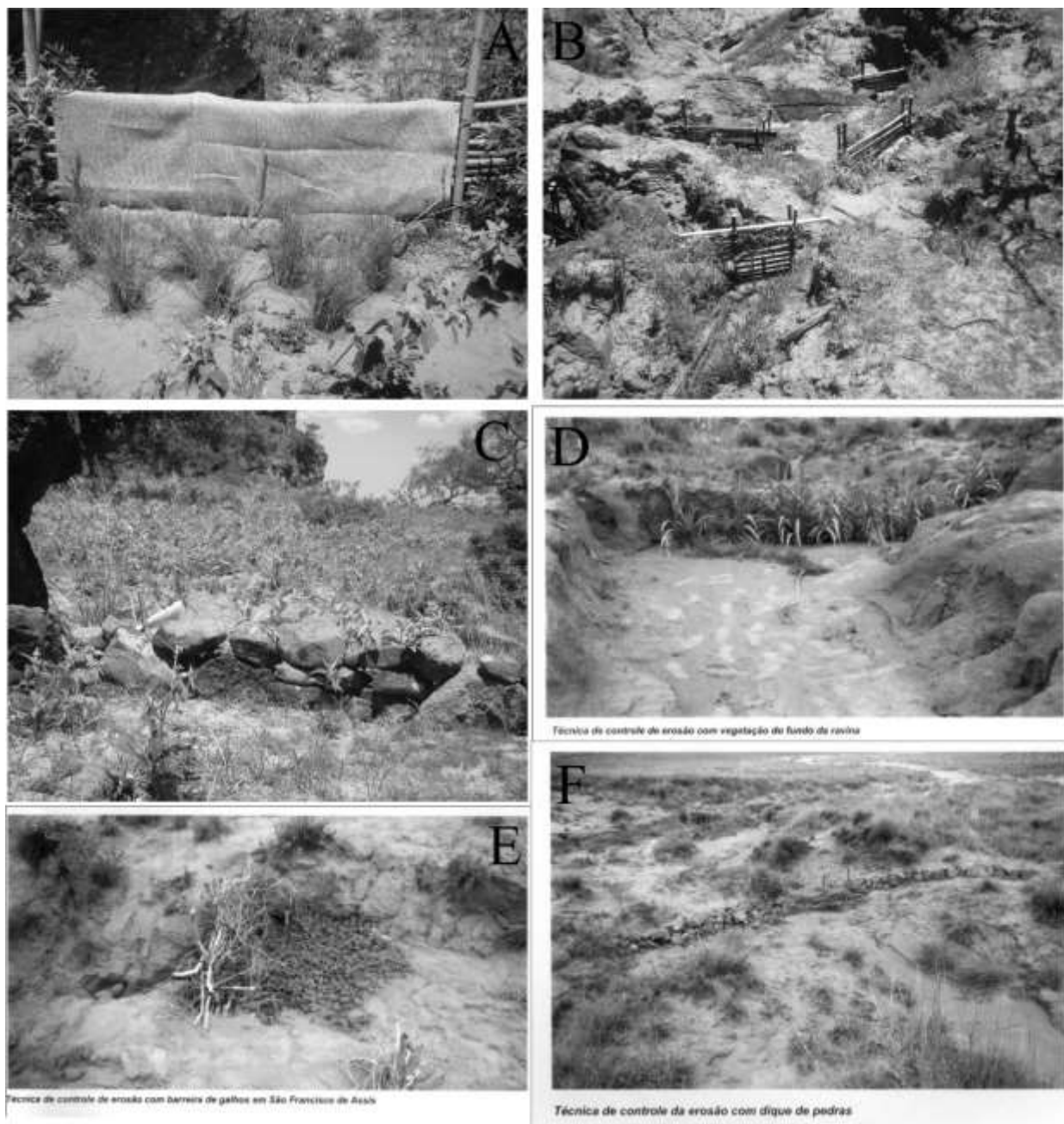


Figura 16 - Técnicas de controle hídrica em areais (A/ B) Paliçadas de Bambu, (C) Barreira de rochas, Fonte: Vieira (2012), (D) Barreira vegetal (E) Barreira física com galhos e (F) Barreira de rochas, Fonte: Suertegaray *et al* (2001).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscou-se reunir, nesta publicação, algumas técnicas utilizadas no manejo de áreas atingidas por processos erosivos, sendo apresentadas de modo sintético e ilustradas, na forma de um manual para a consulta objetiva e prática. Uma parte considerável destas técnicas foi aplicada em propriedades rurais localizadas a Sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, o que contribuiu para futuras escolhas e a utilização no controle à erosão hídrica e eólica nesta região.

A presente obra foi concebida de modo a fomentar o debate quanto ao uso dos recursos naturais e os impactos negativos gerados pela(s) sociedade(s) humana(s), estimulando-as para práticas conservacionistas e de recuperação do meio. Os autores tem certeza de sua importância como mais um elemento que se soma aos esforços direcionados ao tratamento de temáticas tão importantes no contexto mundial atual.

O manual possui uma linguagem acessível e é direcionado aos mais diversificados públicos e áreas do conhecimento relacionadas aos assuntos aqui abordados, tais como: Agronomia, Biologia, Engenharia Ambiental, Engenharia Agrícola, Engenharia Civil, Engenharia Florestal, Geografia e entre outras.

O público para o qual o presente trabalho está orientado, também, para os produtores rurais, instituições rurais corporativas e técnicos agrícolas. São estas pessoas que lidam diariamente com as problemáticas geradas pelo desencadeamento destes processos, que precisam compreender melhor as dinâmicas do meio e as formas de evitar a degradação, esta como sendo uma das causas do êxodo rural.

Para os autores é uma imensa satisfação poder contribuir com esse aporte técnico que é um dos suportes para aprimorar as técnicas conservacionistas e de recuperação da principal base de sustentação da vida e, em especial, da produção alimentar.

## Glossário de termos técnicos:

**Acéqui**as: canais de escoamento.

**Acículas**: folhas compridas, finas, rígidas e com forma de agulha longa; ex: *Araucária excelsa* – ‘árvore de Natal’.

**Banquetas**: terraços de forma plana, levemente inclinados.

**Camalhão**: porção de terra de lavoura situada entre duas valetas.

**Cárcavas**: canais profundos.

**Cobertura morta**: utilização de resto de cultura morta para recobrimento superficial do solo.

**Drenos**: valas para drenagem.

**Enleivamento**: revestimento com leivas de gramíneas.

**Evapotranspiração**: perda de água na forma de vapor através dos tecidos e da superfície das plantas pelos processos de transpiração e evaporação, respectivamente.

**Talude**: superfície inclinada do terreno na base de um morro, encosta ou de um vale fluvial.

**Manilhas**: tubulação para escoamento da água.

**Paliçadas**: obstáculo construído com estacas fincadas no solo.

**Pallets**: grãos

**Ravina**: processo avançado de erosão hídrica; resulta em sulcos profundos nos terrenos, abertos devido à ação erosiva da água da chuva que escoam na superfície de modo concentrado após eventos de precipitações intensas (enxurradas).

**Renques**: alinhamentos.

**Resteva**: restos de cultura.

**Septos**: obstáculos.

**Voçoroca**: estágio mais avançado de erosão hídrica; resulta em grandes sulcos que impedem o manejo do solo e a mecanização, constituindo-se em grandes vales de erosão com rápida remoção de material mineral, dificultando o estabelecimento de vegetação; pode apresentar fluxo contínuo de água em seu canal, devido ao afloramento do lençol freático.

## Bibliografia de Apoio

ASSOCIAÇÃO Conservacionista de Ponta Grossa. Anais do 2º Seminário de Conservação dos Solos e da Água. Região Centro – Sul. 1978.

CORBONNOIS, J. ; LAURENT, F. ; ANDREU-BOUSSUT, V. ; MESSNER, F. ; VERDUM, R. ; VIEIRA MEDEIROS, R. ; SOGUE, M. . L'intensification des pratiques agricoles et la mobilisation des ressources naturelles dans La Pampa du Sud du Brésil. *Vertigo: la revue électronique en sciences de l'environnement*, v. 14, p. 1, 2014.

CUNHA, Márcio Angeli. Ocupação de Encostas. São Paulo: Instituto de Pesquisa e Tecnologia. 1991.

DURLO, M. A. & SUTILI, F.J. Bioengenharia: Manejo biotécnico de cursos de água. Porto Alegre: EST Edições, 2005. 189 p.: il.

FERREIRA, V.M; FERREIRA, R.R.M. Apostila Técnica de Estabilização de Voçorocas. Nazareno, Centro Regional Integrado de Desenvolvimento Sustentável, 2009, 20 p.

FERREIRA, V.M; FERREIRA, R.R.M. Maria de Barro Tecendo a Rede Voçorocas. Nazareno, Centro Regional Integrado de Desenvolvimento Sustentável (CRIDES), 2009, 84 p.

FERREIRA, T.N. (Coord.); SCHWARZ, R.A. (Coord.); STRECK, E.V.(Coord.). Solos: manejo integrado e ecológico – elementos básicos. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. 95p.

FILHO, Raymundo Sobral *et al.* Práticas de Conservação dos Solos. Rio de Janeiro, 1980. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos.

GALETI, Paulo Anestar. Conservação do Solo: Florestamento – Clima. Campinas. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola.

GLIESSMAN, S. R. Agroecologia: Processo Ecológicos em Agricultura Sustentável. Porto Alegre. Editora da Universidade/UFRGS, 2000, 653 p.

HIGHLAND, L.M.; BOBROWSKY, P. O Manual de Deslizamento – Um guia para a Compreensão de Deslizamentos. Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 2008, 129 p.

LUCENA, L. Bioengenharia de Solos e RAD (Recuperação de Áreas Degradadas), regularização & proteção de corpos de água e estabilização de taludes e encostas. Apostila de curso teórico. Porto Alegre, Deflor/Transpetro, 2010.

- MINISTÉRIO da Agricultura da Colômbia. La Erosion de Tieras en Colombia. Bogotá, Maio 1977.
- MORROW, R. Permacultura Passo a Passo. Publicação Ecocentro IPEC, 2003, 155 p.
- NOLLA, Delvino. Erosão do Solo. Porto Alegre, 1982. Secretaria da Agricultura, Divisão de Divulgação e Informação Rural.
- PRIMAVESI, A. Manejo Ecológico do Solo: A Agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 2002, 549 p.
- ROVEDDER, A. P. M. Potencial do *Lupinus albescens* H. et Arn. para recuperação de solos arenizados do Bioma Pampa. *Tese de Doutorado*. Santa Maria: PPG em Ciências do Solo/CCR/UFSM. 2007.
- SECRETARIA da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul. Manual de Conservação do Solo. 1979.
- SEIXAS, Bráulio Luiz Sampaio. Fundamentos do Manejo e da Conservação do Solo. Salvador, Bahia. Universidade Federal da Bahia.
- SOUTO, J. J. P. Deserto, uma Ameaça? Estudo dos Núcleos de Desertificação na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. SMAM, 1985.
- SOUTO, J. J. P. Recuperação de Áreas em Processo de Desertificação. Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas. UFPR, 1992.
- SUERTEGARAY, D. M. A.; GUASSELLI, L. A.; VERDUM, R. *Atlas da Arenização - sudoeste do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia e Governo do Rio Grande do Sul, 2001. 84 p.
- SUERTEGARAY, Dirce M.. Deserto Grande do Sul: Controvérsia. Porto Alegre, UFRGS. 1992.
- STRECK, E. V. et alii. *Solos do Rio grande do Sul*. 2ª edição. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR. 2008. 222 p.
- VERDUM, R.; STRECK, E. V.; VIEIRA, L. de F. dos S. Degradação dos Solos no Rio Grande do Sul. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. do C. O. *Degradação dos solos no Brasil*. 1ª edição. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil Ltda., 2014, v. , p. 87-125.
- VERDUM, R.; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A. *Rio Grande do Sul - paisagens e territórios em transformação*. 2ª edição. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012. 355 p.
- VERDUM, R. Pesquisa para a recuperação de áreas degradadas através das técnicas de controle do escoamento superficial e de subsuperfície. *Relatório Técnico de Pesquisa – FAPERGS*. Departamento de Geografia, Instituto de Geociências da UFRGS. 1999.

VERDUM, R. *Approche Géographique des « déserts » dans les communes de São Francisco de Assis et Manuel Viana, État du Rio grande do Sul, Brésil*. Tese de Doutorado. Université de Toulouse Le Mirail. Toulouse. 1997.

VIEIRA, C. L.; VERDUM, R. *Arenização e erosão hídrica no sul do Brasil: diagnóstico e proposições - Análise ambiental integrada dos fatores condicionantes e propostas básicas para intervenções técnicas*. Saarbrücken: Novas Edições Acadêmicas, 2014. 202p.

VIEIRA, C. L. Emprego de técnicas mecânico-vegetativas em ravinamento no areal em São Francisco de Assis – Sudoeste do Rio Grande do Sul. *Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: PPG em Geografia (POSGEA) /IGEO/UFRGS. 2012. 164 p.*