



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

Práticas Inovadoras de Controle Edáfico e Hidroambiental para o Semiárido do Ceará

Volume 2



**PRÁTICAS INOVADORAS DE CONTROLE
EDÁFICO E HIDROAMBIENTAL PARA O
SEMIÁRIDO DO CEARÁ**

***Série: Tecnologias e Práticas Hidroambientais para
Convivência com o Semiárido***

Volume 1 - Bacias Hidrográficas: Aspectos Conceituais, Uso, Manejo e Planejamento

Volume 2 - Práticas Inovadoras de Controle Edáfico e Hidroambiental para o Semiárido do Ceará

Volume 2 - Innovative Edaphic and Hydroenvironmental Control Practices for Ceará Semiarid Region

Volume 3 - Avaliação Geoambiental de Práticas Conservacionistas Implantadas na Microbacia do Rio Cangati, Canindé-CE

Volume 3 - Geoenvironmental Evaluation of Conservational Practices Implemented in Cangati River Microbasin, Canindé - CE

Volume 4 - Manual Técnico-Operacional do Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental do Ceará (PRODHAM)

Volume 5 - Barragens Sucessivas de Contenção de Sedimentos e seus Impactos Hidroambientais na Microbacia do Rio Cangati, Canindé-CE

Volume 6 - Avaliação Socioeconômica dos Resultados e Impactos do Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental do Ceará (PRODHAM) e Sugestões de Políticas

Volume 6 - Socioeconomic Evaluation of Results and Impacts of Ceará Hydroenvironmental Development Project and Suggested Policies



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

PRÁTICAS INOVADORAS DE CONTROLE EDÁFICO E HIDROAMBIENTAL PARA O SEMIÁRIDO DO CEARÁ

Obra editada no âmbito do PRODHAM – Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental da Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará, integrante do PROGERIRH - Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará, apoiado pelo Banco Mundial por meio do Acordo de Empréstimo 4531-BR/BIRD.

Fortaleza
Secretaria dos Recursos Hídricos
2010

Governo do Estado do Ceará

Cid Ferreira Gomes
Governador

Secretário dos Recursos Hídricos (SRH)

César Augusto Pinheiro

Superintendente da SOHIDRA

Leão Humberto Montezuma Filho

Presidente do COGERH

Francisco José Coelho Teixeira

Coordenador Geral da UGPE (SRH)

Mônica Holanda Freitas

Coordenador do PRODHAM/SOHIDRA

Joaquim Favela Neto

**PRÁTICAS INOVADORAS DE CONTROLE EDÁFICO E
HIDROAMBIENTAL PARA O SEMIÁRIDO DO CEARÁ**

Secretários dos Recursos Hídricos – 1999-2009

Hypérides Pereira de Macêdo
Edinardo Ximenes Rodrigues
César Augusto Pinheiro

Coordenadores do PRODHAM – 1999-2009

João Bosco de Oliveira
Ricardo Lima de Medeiros Marques
Antônio José Câmara Fernandes
Joaquim Favela Neto

Elaboração

João Bosco de Oliveira

© 2010 Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará

Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei nº 9.610, de 19/02/1998. Nenhuma parte deste livro, sem autorização prévia por escrito da editora, poderá ser reproduzida ou transmitida sejam quais forem os meios empregados: eletrônicos, mecânicos, fotográficos, gravação ou quaisquer outros.

Coordenação Editorial: Francisco Mavignier Cavalcante França

Revisão Vernacular: Tania Maria Lacerda Maia

Normalização Bibliográfica: Paula Pinheiro da Nóbrega

Capa: Simone Ferla

Projeto Gráfico e Diagramação: Simone Ferla

Depósito legal junto à Biblioteca Nacional, conforme Decreto nº 1.823, de 20/12/1907.

Copyright © by Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará

Ficha Catalográfica

C387m

Ceará. Secretaria dos Recursos Hídricos.

Práticas Inovadoras de Controle Edáfico e Hidroambiental para o Semiárido do Ceará / elaboração, João Bosco de Oliveira. Fortaleza: Secretaria de Recursos Hídricos, 2010.

190p. : Il

1. Hidrografia. I. Oliveira, João Bosco de. II. Título

CDD: 551.46

Impresso no Brasil/Printed in Brazil

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

Centro Administrativo. Governador Virgílio Távora

Av. General Afonso Albuquerque Lima, S/N, Edifício SEINFRA/SRH
Bairro Cambéba, CEP 60.822-325, Fortaleza/Ce

Fone: (85) 3101.4012 | (85) 3101.3994 - Fax: (85) 3101.4049

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	11
1 – INTRODUÇÃO	14
2 – O PROBLEMA HIDROAMBIENTAL	18
3 – PRÁTICAS ALTERNATIVAS DE CONTROLE HIDROAMBIENTAL	26
3.1 - Barragens de Pedras	26
3.1.1 - Considerações gerais	26
3.1.2 - Finalidade	27
3.1.3 - Localização	28
3.1.4 - Amarração da estrutura	28
3.1.5 - Formato da estrutura	29
3.1.6 - Dimensões básicas das barragens de pedra	31
3.1.7 - Marcação das barragens de pedras	34
3.1.8 - Tempo de assoreamento e sedimentação	38
3.1.9 - Dimensionamento da equipe de campo e recomendações para a construção da obra	39
3.1.10 - Ferramentas necessárias à construção	40
3.2 - Barragens Subterrâneas	41
3.2.1 - Conceituação básica	41
3.2.2 - Critérios básicos para a locação de uma barragem subterrânea	50
3.2.4 - Construção de uma barragem subterrânea modelo “Costa & Melo”	63
3.2.5 - Acumulação de água e análise de custo de uma barragem subterrânea	73
3.2.6 - Vantagens das barragens subterrâneas sobre as superficiais	75
3.3 - Recuperação e Preservação da Vegetação Ciliar dos Cursos D’água	80
3.3.1 - Considerações gerais	80
3.3.2 - Principais essências florestais de recomposição da vegetação ciliar.	80
3.4 - Recuperação de Áreas Degradadas	91
3.4.1 - Considerações gerais	91
3.4.2 - Principais essências florestais para recuperação de áreas degradadas.	92
3.5 - Abastecimento Comunitário – (Poços e Cisterna)	101
3.6 - Adequação de Estradas Vicinais	101
3.6.1 - Considerações gerais	101
3.6.2 - Tecnologia disponível	102
3.6.3 - Implantação e execução	107
3.6.4 - Situações específicas e observações	108

4 – PRÁTICAS ALTERNATIVAS DE CONTROLE EDÁFICO	112
4.1 - Terraceamento	112
4.1.1 - Conceito	112
4.1.2 - Finalidade	114
4.1.3- Aplicabilidade	115
4.1.4- Comprimento e gradiente dos terraços	117
4.1.5- Espaçamento entre terraços	118
4.1.6 - Construção dos terraços	120
4.1.7 - Localização dos terraços no campo	121
4.2 – Canais Escoadouros	128
4.2.1 - Conceito	128
4.2.2 - Finalidade	128
4.2.3 - Aplicabilidade	128
4.2.4 - Determinação da vazão	129
4.2.5 - Forma do canal	129
4.2.6 - Vegetação	130
4.2.7 - Velocidade de projeto	131
4.2.8 - Capacidade do canal	131
4.3 - Cordões de Vegetação Permanente	132
4.3.1 - Conceito	132
4.3.2 - Finalidade	132
4.3.3 - Aplicabilidade	133
4.4 – Quebra-Ventos	133
4.4.1 - Conceito	133
4.4.2 - Finalidade	133
4.4.3 - Aplicabilidade	134
4.5 - Cordões de Pedra em Contorno	144
4.5.1 - Considerações gerais	144
4.5.2 - Finalidade	144
4.5.3 - Aplicabilidade e forma de construção	145
4.6 - Descompactação do Solo	149
4.6.1 - Considerações gerais	149
4.6.2 - Problemas provenientes da compactação dos solos	150
4.6.3 - Sintomas característicos de solos compactados e adensados	152
4.6.4 - Recomendação para atenuar os efeitos da compactação	153
4.7 – Cobertura Morta	155
4.7.1 - Considerações gerais	155
4.7.2 - Finalidade e aplicabilidade	155

4.8 - Cultivo em Sulcos em Nível – Sistema <i>Dry Farming</i>	159
4.8.1 - Considerações gerais	159
4.8.2 - Experiência em outras regiões semiáridas	159
4.9 - Matéria Orgânica: Esterco e Composto	166
4.9.1 - Estercos	166
4.9.1.1 - Composição química dos estercos	166
4.9.1.2 - Quantidade de esterco animal	169
4.9.1.3 - Esterqueira	171
4.9.1.4. Aplicação do esterco	176
4.9.2 - Composto	178
4.9.2.1 - Material inoculante	178
4.9.2.2 - Preparação do composto	179
4.9.2.3 - Composição do composto	181
4.10 - Manejo de Pastagem	181
4.10.1 - Número e tamanho dos pastos	182
4.10.2 - Forma e disposição do pasto	183
4.10.3 - Locação e proteção de corredores	185
4.10.4 - Distribuição de saleiros e bebedouros	185

REFERÊNCIAS

188

APRESENTAÇÃO

A trinomia água, solo e flora formam um conjugado perfeito na preservação da natureza. Entre os elementos componentes do ciclo natural, como o sol, o ar, os animais e outros, está o homem como Centro de um processo de preservação ou degradação da vida no planeta. A ação humana na Terra, determinada pela sua necessidade de associação, sobrevivência, racionalidade, sensibilidade, satisfação de progresso e outras manifestações do espírito humano, reflete direta e principalmente no equilíbrio hídrico. Isto explica que qualquer projeto sustentado de desenvolvimento dos recursos hídricos, não dispensa a preocupação básica com o controle ambiental.

O Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos (PROGERIRH), o maior e mais importante programa de oferta d'água do Estado, não poderia promover uma experiência nova e positiva no Ceará se, no âmbito de suas ações, não fosse contemplada uma atividade básica de preservação da natureza, como é o caso do Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental (PRODHAM). Este projeto, que tem como ponto central a conservação do solo, olha para o futuro buscando recuperar áreas degradadas, reduzindo a desertificação e colocando o homem no elevado nível de agente regenerador dos recursos naturais. Quem sabe se, neste final do século, esta atitude do homem não seja a sua mais nobre função na Terra?

Neste sentido, o projeto do governo marca um ponto na defesa do meio ambiente, não apenas no aspecto do zelo com a natureza, mas sobretudo na tentativa da sua recuperação, resgatando o ecossistema perdido no passado.

Hypérides Pereira de Macêdo

Ex-Secretário dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará

Introdução 1

1 – INTRODUÇÃO

A problemática ligada ao uso, manejo e conservação dos recursos naturais do Estado do Ceará impõe a necessidade de ação firme por parte do Governo Estadual e de toda a sociedade em busca do equacionamento das questões do semiárido cearense, no que concerne à degradação ambiental, ao uso inadequado do solo e à redução dos efeitos danosos da escassez d'água, provocada pelas secas periódicas.

No entanto, para levar a cabo uma tarefa de tal envergadura é fundamental a existência de um enfoque tecnológico capaz de suportar as necessidades das ações propostas.

A erosão hídrica do solo, como principal problema dos recursos naturais no Estado, necessita de ser compreendida como um fenômeno complexo, cujo processo inicia-se pela desagregação da estrutura do solo ao impacto direto das gotas de chuva, com posterior transporte e sedimentação. É importante entender o processo em toda sua extensão, para desenvolver estratégias capazes de atacar as causas e evitar concentrar esforços sobre efeitos ou partes menos importantes do problema.

O PRODHAM será executado inicialmente no Estado do Ceará, em quatro Microbacias Piloto, com uma superfície variando de 3.000 a 5.000ha por microbacias. O desenvolvimento desta ação, necessita sempre de um fluxo permanente e eficaz de informações entre as estruturas de coordenação e controle e a base executora.

Essas ações, compreendem, entre outras coisas, o planejamento das microbacias hidrográficas e das propriedades agrícolas nelas localizadas, a recomendação e assistência sobre as tecnologias, a organização dos produtores, etc.

O processo que compreende organizar um programa e executá-lo no campo, muitas vezes sofre desvios tecnológicos, quando um fluxo ágil

de informações não acontece. Nesse processo, o técnico de campo, muitas vezes isolado em pequenos municípios, com problemas de chegada de informações, tanto em termos de quantidade como de qualidades, mesmo que inconscientemente, começa a desviar-se das linhas tecnológicas básicas da ação organizada.

Em 1999 a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará disponibilizou o Manual Técnico-Operativo do PRODHAM, objeto deste livro, cujo o teor é uma coletânea de tecnologias que o técnico de campo poderá utilizar para atingir os objetivos e metas das ações propostas pelo programa.

Em síntese, o presente Manual Técnico busca os seguintes objetivos:

- Levar a todos os participantes, especialmente aos técnicos de campo, a estratégia técnica do PRODHAM;
- mostrar um rol de alternativas que podem ser recomendadas, no âmbito local e regional, dentro da estratégia técnica, sem, no entanto, se caracterizar como “pacotes tecnológicos”;
- servir como material básico nos diversos níveis de treinamento de pessoal envolvido e material de consulta diária dos técnicos de campo;
- tornar mais próxima a situação tecnológica projetada para o projeto e a situação real de sua execução de campo.

Em razão do dinamismo das atividades a serem executadas, o conhecimento tecnológico, a duração do projeto e outras contingências, este Manual Técnico está sendo elaborado com características gráficas que permitem sua avaliação periódica, podendo sofrer ajustes compatíveis com a própria dinâmica das ações desenvolvidas. O conteúdo da presente publicação, corresponde fielmente ao manual técnico-operacional do PRODHAM, disponibilizado em 1999.

O Problema Hidroambiental 2

2 – O PROBLEMA HIDROAMBIENTAL

De forma geral, podemos afirmar que a erosão hídrica e o desmatamento indiscriminado da cobertura vegetal são os principais problemas em recursos hidroambientais no Estado do Ceará. Como se trata de um Estado onde a economia é muito dependente do setor agrícola, o convívio com tais problemas significa aceitar o empobrecimento gradativo do solo a médio e longo prazo.

Na realidade, a erosão não é o único problema em recursos naturais, porém outros, apesar de muito importantes, não atingem o seu nível de magnitude, mesmo porque esses problemas, no todo ou parte, são efeitos decorrentes do processo erosivo.

Ao efetuar análise do diagrama a seguir, podemos compreender de que forma os problemas hidroambientais se interagem e muitas vezes passam a ser as causas dos outros.

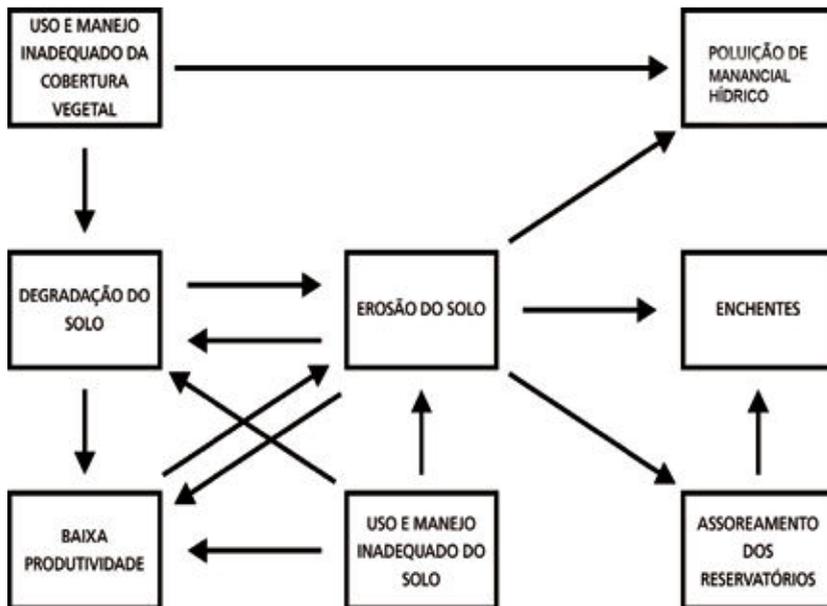


Figura 1 – Esquema de Interação dos Problemas Ambientais

Tomando-se como problema central a erosão do solo, tem-se como consequência os problemas ligados ao assoreamento e poluição de mananciais.

No entanto, a erosão é o resultado de vários outros fatores existentes, todos eles ligados ao uso e manejo inadequado dos recursos naturais. A baixa produtividade e a degradação do solo, da mesma forma, interferem sobre a erosão, à medida que afetam a produção vegetal, são também causados por ela, fechando um ciclo extremamente prejudicial à preservação ambiental e ao bem-estar social.

O Engenheiro Agrônomo Guimarães Duque, no seu trabalho “Solo e Água no Polígono das Secas” destaca que: “O sistema conduziu à erosão desenfreada, ao desnudamento da terra, rompendo o equilíbrio criado pela natureza entre o solo, a flora, a água, a fauna e a vida econômica do homem. A devastação da vegetação nativa pelo homem traz milhares de consequências prejudiciais quando não são usados métodos racionais de manter o jogo harmonioso das forças do clima, da terra, das plantas, das águas e dos animais.”

Além da vegetação, tipo de solo e topografia, a erosão é muito reforçada pela velocidade do vento, pela intensidade da chuva e pela temperatura ambiente que ressecam o solo. Estes três agentes climáticos, no semiárido, são muito desfavoráveis à manutenção do solo fértil.

O efeito dos elementos climáticos ao prejudicarem a conservação do solo por serem rasos e favorecerem a queda da folhagem da vegetação, possibilitam que o vento atinja a superfície do chão.

A terra nua no verão, a evaporação e o vento constante causam, nesta estação, a erosão eólica do solo. No inverno, o efeito danoso da enxurrada inicia-se com as primeiras chuvas, que encontra a vegetação seca e o solo quase nu. Efetivamente, os solos do semiárido estão submetidos aos desgastes durante os 12 meses do ano. Nas Figuras 1 e 2, podemos antever as causas da erosão e suas consequências, bem como o que se pode fazer para mitigar os efeitos da erosão.

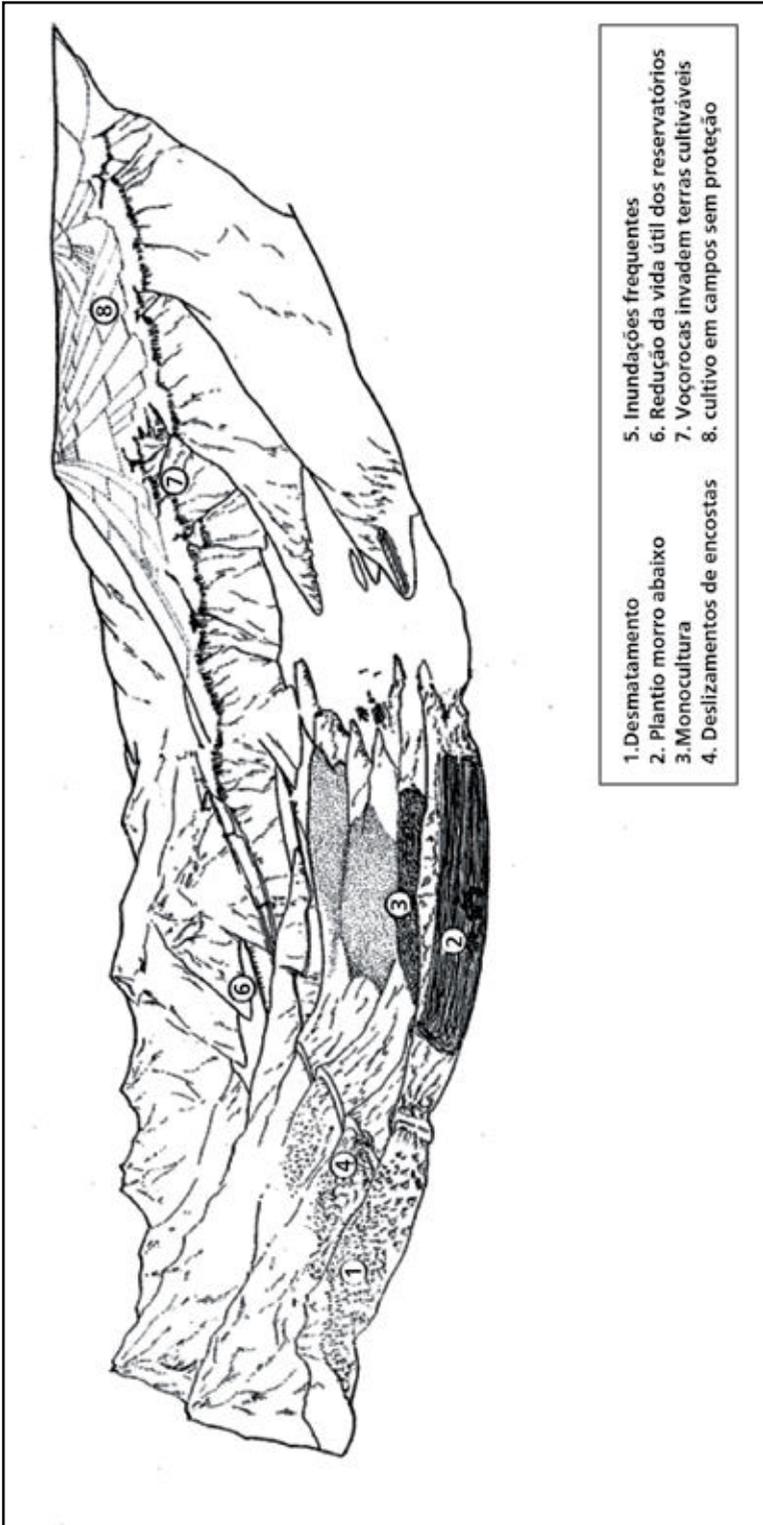


Figura 2 – Causas da Erosão e suas Consequências

Fonte: IAPAR (1998)

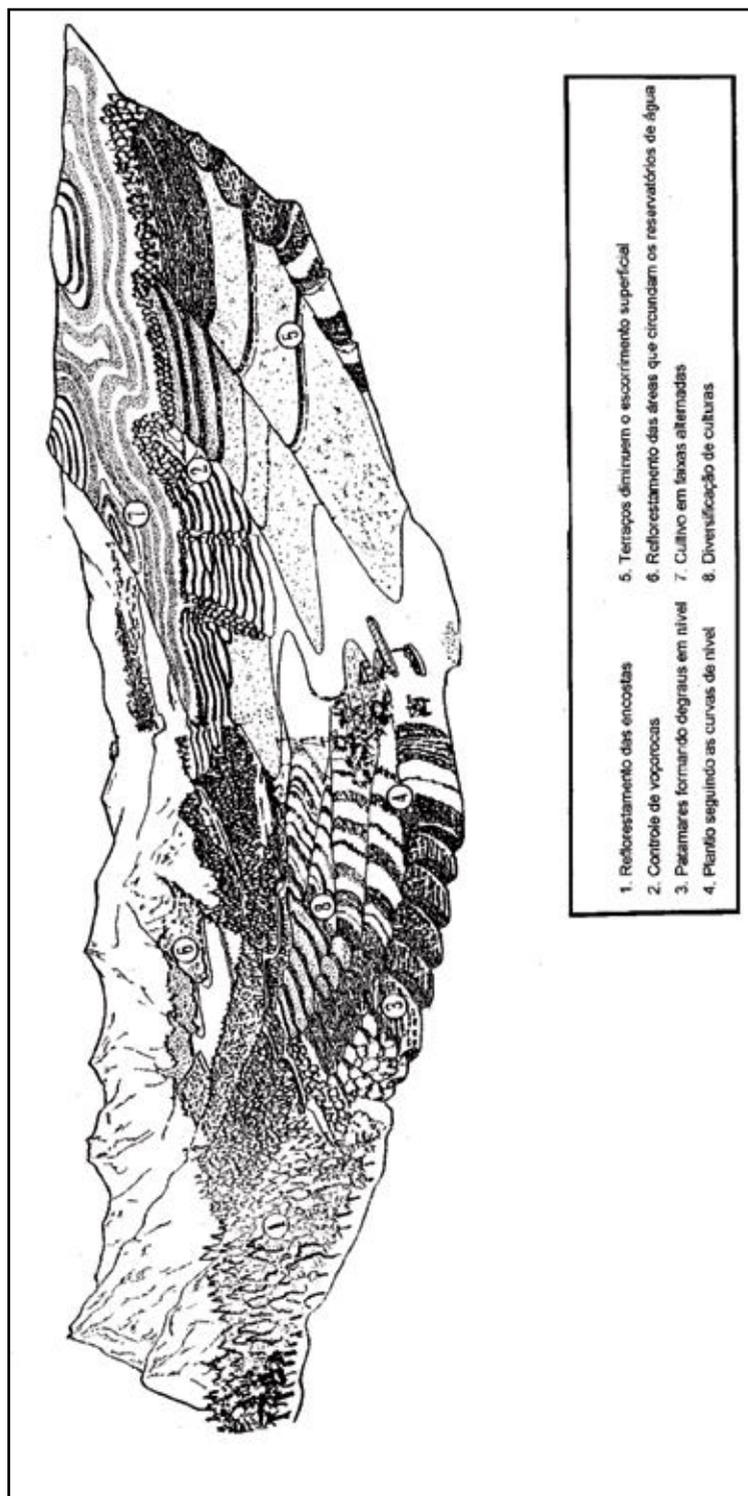


Figura 3 – Demonstração das Formas de se Evitar a Degradação do Solo
Fonte: IAPAR (1998).



Foto 1 – Impacto das Gotas de Chuvas sobre o Solo

Fonte: Naval Research Laboratory / USDA Soil Conservation Service – Mitchel, J. K.



Foto 2 – Impacto das Gotas de Chuvas sobre o Solo

Fonte: Naval Research Laboratory / USDA Soil Conservation Service – Mitchel, J. K.



Foto 3 – Impacto das Gotas de Chuvas sobre o Solo

Fonte: Naval Research Laboratory / USDA Soil Conservation Service – Mitchel, J. K.



Foto 4 – Impacto das Gotas de Chuvas sobre o Solo

Fonte: Naval Research Laboratory / USDA Soil Conservation Service – Mitchel, J. K.



Foto 5 – Erosão em Sulco como Consequência da Compactação do Solo
Fonte: Z. J. Mazuchowski e R. Lderpsch.

Práticas Alternativas de Controle Hidroambiental

3

3 – PRÁTICAS ALTERNATIVAS DE CONTROLE HIDROAMBIENTAL

3.1 - Barragens de Pedras

3.1.1 - Considerações gerais

As barragens de pedras, também denominadas de “barragens sucessivas”, são construídas em formato de arco romano deitadas com pedras soltas, arrumadas em “cunha” nos tributários (riachos), a partir da 5ª ordem de hierarquização dentro da Bacia Hidrográfica. Esta obra é fundamentada em experiência concreta vivenciada, já por vários anos, no Projeto Base Zero da Fazenda Caroá em Afogados da Ingazeira - Pernambuco (TBZs – Tecnologias Base Zero), liderado pelo engenheiro José Artur Padilha. O detalhe visual da barragem pode ser observado na Foto 6.



Foto 6 - Barragem de Pedra – Tecnologia Base Zero (TBZs)

Fonte: João Bosco de Oliveira.

Entretanto, para facilitar as tarefas, que essas simples e pequenas obras exigem, é recomendada a observância de alguns parâmetros construtivos que, embora não exijam exatidão milimétrica, ajudarão a encontrar a melhor maneira de proceder na execução das tarefas correspondentes.

3.1.2 - Finalidade

No que concerne ao aspecto hidroambiental, a grande importância desta obra (Barragem de Pedra) está na redução da magnitude dos danos, oriundos do manejo inadequado da aptidão agro-ecológica e das formas de uso do solo dentro das microbacias hidrográficas. Assim, é fundamental considerar uma demanda diferenciada por inovações tecnológicas, particularmente nas microbacias compostas por uma estrutura fundiária heterogênea e com áreas degradadas.

A introdução de uma cultura ecodesenvolvimentista e conservacionista é de fundamental importância, priorizando o aproveitamento e conservação dos recursos naturais, notadamente aqueles concernentes ao uso racional do solo e da água, dentro do semiárido cearense.

A implementação das barragens de pedra de forma sucessiva visa, entre outras finalidades:

- Promover o assoreamento/sedimentação gradativo dos leitos erodidos e rochosos dos riachos dentro das microbacias;
- promover a dessalinização e fertilização gradual do solo e a qualidade de água nos tributários das microbacias;
- proporcionar o ressurgimento quase espontâneo de diversas formas de vida vegetal e animal;
- promover a redução da pressão das formas de vida animal sobre as formas de vida vegetal, presente nas vertentes das microbacias hidrográficas, favorecidas pela nova disponibilidade mais acessível, mais farta e diversificada de alimentos no fundo do vale;
- proporcionar uma disponibilidade de água para o consumo animal, segundo uma distribuição temporal e espacial satisfatória, viabilizando o aproveitamento da produção vegetal da caatinga; e
- proporcionar, nos terraços sedimentados, formados no fundo dos vales

das microbacias hidrográficas, um substrato vegetal, que junto com a água disponível permitirá uma exploração pecuária diversificada.

3.1.3 - Localização

No conjunto das TBZs, a parte mais importante do processo de implantação das barragens é a correta condução do trinômio localização, amarração e marcação, antes de iniciar-se a construção da obra.

Em qualquer caso, a escolha dos locais adequados à construção das barragens de pedras deve atender a algumas exigências fundamentais. A mais fundamental de todas as exigências é que, nos pontos eleitos, para a localização das obras, existam, caso a caso, condições mínimas de amarração das estruturas às margens do curso d'água. Além disso, no local de cada obra, deve haver material adequado e em quantidade suficiente para atender às necessidades da construção.

Após a eleição do tributário (riacho) a ser trabalhado dentro da microbacia, a operação de construção deve ser executada sempre de jusante para montante (Figura 4) do fluxo d'água.

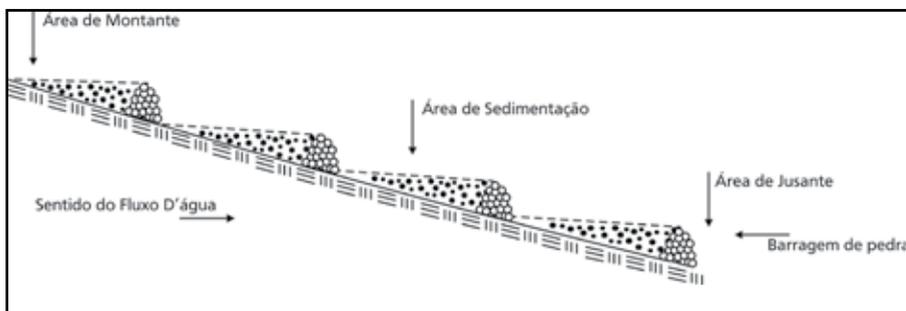


Figura 4 – Sequenciamento das Barragens de Pedras

Fonte: Padilha (1997).

3.1.4 - Amarração da estrutura

Para atender às necessidades de amarração estrutural, nas diferentes situações de execução da obra, devem ser eleitas as quatro maiores pedras, às margens do riacho a ser trabalhado, para que sirvam de pontos de ancoragem.

Esses pontos podem ser observados na Figura 5, representados pelos pontos “a”, “b”, “c” e “d”, com destaque para função dos pontos “a” e “b”.

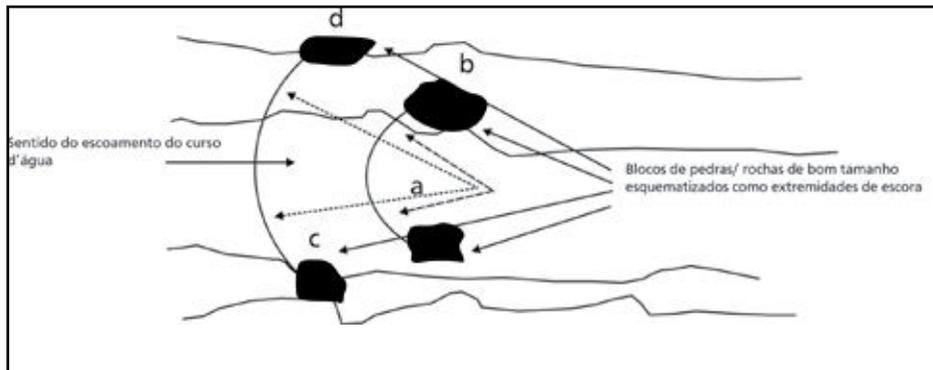


Figura 5 – Estrutura de Amarração das Pedras
 Fonte: Padilha (1997).

Caso não existam afloramento de pedras às margens dos riachos, a ancoragem deve ser feita artificialmente, por intermédio da implantação de blocos de pedra de sustentação.

3.1.5 - Formato da estrutura

a) Vista em planta baixa

A barragem de pedra, ou barramento sucessivo, é construído em formato de arco circular deitado, quando visto de cima. Na marcação da obra, deve-se configurar um arco com um ângulo de aproximadamente 120° no plano horizontal, ou seja, ter mais ou menos a terça parte de uma circunferência como mostra a Figura 6, guardando a semelhança de uma lua em quarto crescente.

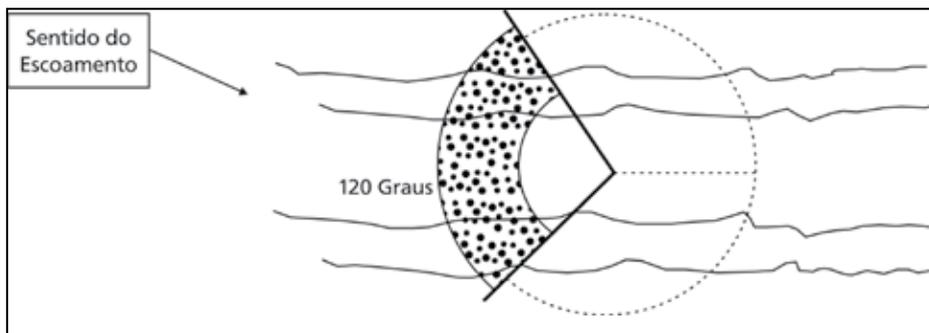


Figura 6 – Planta Baixa de uma Barragem Sucessiva de Pedra
 Fonte: Padilha (1997).

b) Vista da obra em seção transversal

A vista da seção transversal da parte do corpo principal do barramento, parte situada no interior da calha do riacho a ser barrado, na Figura 7, é mostrado que a seção transversal do corpo da obra é de configuração trapezoidal, tendo proporção dimensional padronizadas (h , b , b_1 e b_2).

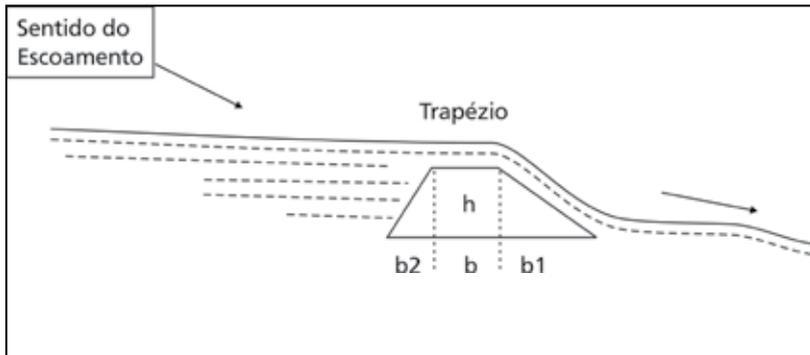


Figura 7 – Vista Transversal de uma Barragem de Pedra

Fonte: Padilha (1997).

c) Vista da obra em seção longitudinal

A Figura 8 mostra a seção longitudinal da parte do corpo principal do barramento, situada no interior da calha do riacho até suas ombreiras. A seção longitudinal, dessa parte do corpo da obra, tem um formato aproximado de uma sela com centro horizontal e tem proporção dimensional padronizadas (h e hr).

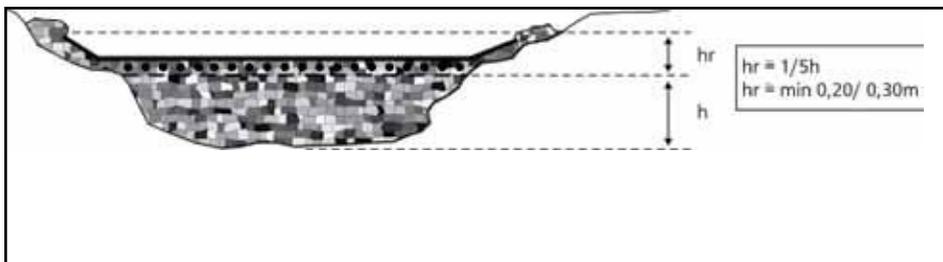


Figura 8 – Vista Longitudinal de uma Barragem de Pedra

Fonte: Padilha (1997).

3.1.6 - Dimensões básicas das barragens de pedra

a) Dimensões básicas da seção transversal do corpo da barragem de pedra

Os trapézios, resultantes de seções transversais do corpo principal das obras, cujos lados são os taludes dos barramentos, devem obedecer as seguintes proporções:

- **Talude de Jusante (TJ)** - ($b_1 = 1,5$ para $h = 1$) relação aproximada 1,5/1 entre a base e a altura do triângulo da seção transversal do talude, tangenciando na vertical por jusante, o arco da crista do barramento (Figura 9).

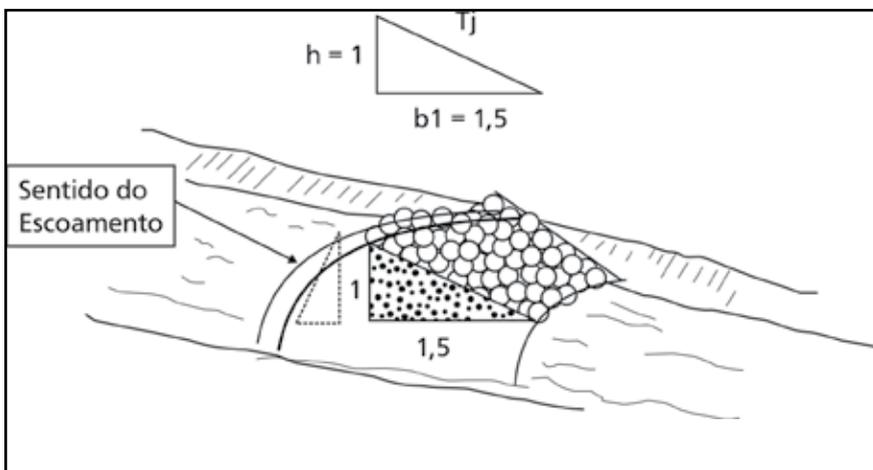


Figura 9 – Estrutura e Dimensões do Talude à Jusante de uma Barragem de Pedra
Fonte: Padilha (1997).

- **Talude de Montante (TM)** - ($b_2 = 0,5$ para $h = 1$) relação aproximada de 0,5/1 entre a base e a altura do triângulo transversal do talude, tangenciando na vertical por montante, o arco da crista do barramento (Figura 10).

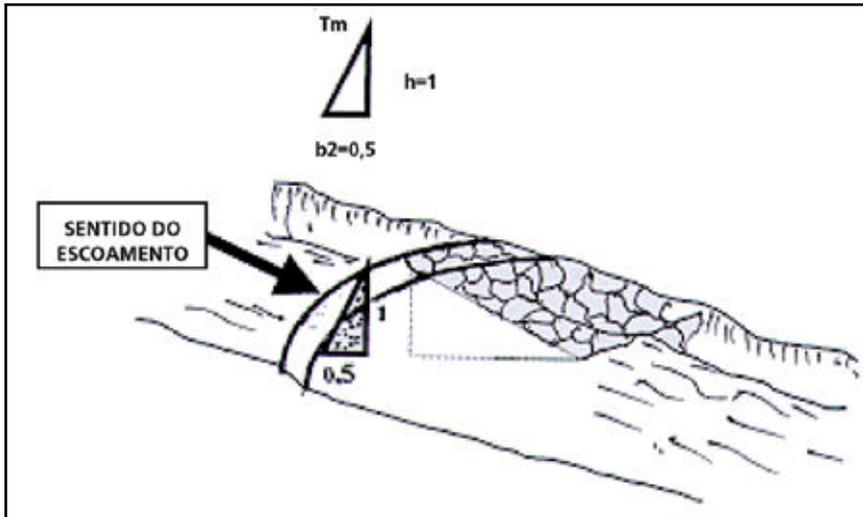


Figura 10 – Estrutura e Dimensões do Talude à Montante de uma Barragem de Pedra
Fonte: Padilha (1997)

b) Extensão da obra

A extensão do barramento (letra e da Figura 11) deve assegurar que os escoamentos, provocados pelas chuvas, ocorram principalmente sobre a crista das barragens. A extensão é tomada pelo comprimento médio do arco projetado (e), munido num mesmo corpo geometricamente contínuo a crista e as ombreiras. Assim, tal extensão equivale à soma dos comprimentos da crista nivelada e dos planos inclinados das ombreiras correspondentes.

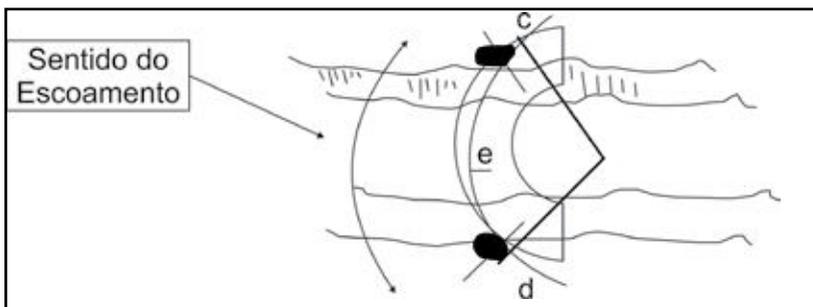


Figura 11 – Desenho Esquemático da Extensão do Arco do Barramento de uma Barragem de Pedra
Fonte: Padilha (1997).

De modo explicativo, para estabelecer o comprimento (e) do arco do barramento (Figura 11) é necessário que as ombreiras se estendam até às respectivas extremidades de escoamento, ou seja, até aos blocos de pedras (c)

e (d), visualizados nas figuras 4 e 10. Tais escoras serão materializadas por duas das quatro pedras/rochas, localizadas conforme foi exposto, e com finalidade que o nome escoras define. Elas serão o suporte estrutural do barramento e podem ser naturais do lugar ou ali colocadas para esta função.

c) Altura da crista e da ombreira da barragem de pedra

É sempre necessário o máximo de cuidado para que o enrocamento das ombreiras fiquem em níveis mais elevados do que a crista da obra, evitando-se assim a erosão nas margens do curso d'água, na junção da calha do riacho com o corpo principal da obra, objetivando evitar risco na integridade do barramento no futuro. Desta forma, obedecendo-se a esta recomendação, a Figura 12 indica uma cota máxima da crista de cada barramento, de 20 a 30 cm por cerca de $1/5$ da altura (h), sendo menor que a cota da ombreira mais baixa.

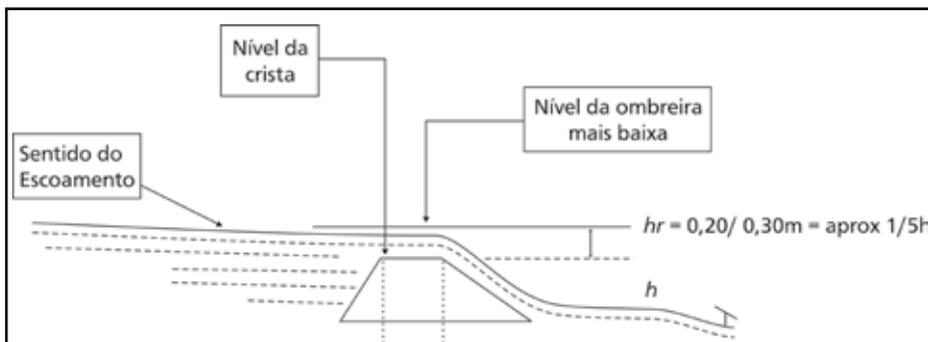


Figura 12 – Esquema Demonstrativo da Altura e das Ombreiras de uma Barragem de Pedra
Fonte: Padilha (1997).

d) Largura do coroamento das barragens de pedra

Para determinar a largura do coroamento, toma-se como referência a base menor (b) de um trapézio, conforme Figura 13. Recomenda-se, na construção, a extensão (e) máxima de ombreira a ombreira cerca de 30 m e altura máxima da crista até a base do barramento (h) até 2,5 m. A largura do coroamento deve variar entre 0,3 a 0,8 m. O coroamento (b) é aproximadamente três vezes menor que a altura (h), ou seja, $b \cong 1/3 h$.

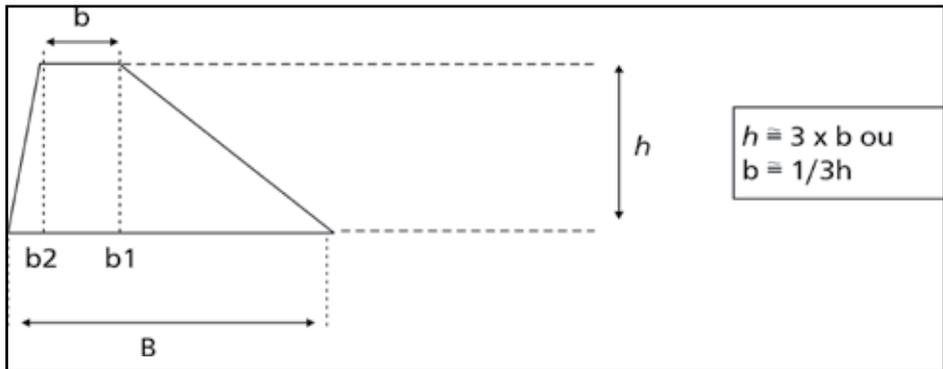


Figura 13 – Esquema Demonstrativo da Largura do Coroamento de uma Barragem de Pedra
 Fonte: Padilha (1997).

e) Largura da base (saia) da barragens de pedra

Para efetuar a determinação aproximada da base maior (B) do trapézio, saia da barragem (Figura 13), formando a seção transversal do corpo principal do barramento, sugere-se a seguinte fórmula:

$$B = 2 \times h \times b \quad \text{onde} \quad \begin{aligned} b_1 &= 1,5 h \\ b_2 &= 0,5 h \text{ ou} \\ &(1,5 + 0,5) h \end{aligned}$$

3.1.7 - Marcação das barragens de pedras

A marcação horizontal, ou definição dos 4 (quatro) arcos definidores da barragem de pedra, vista em planta baixa (Figura 14 e 15).

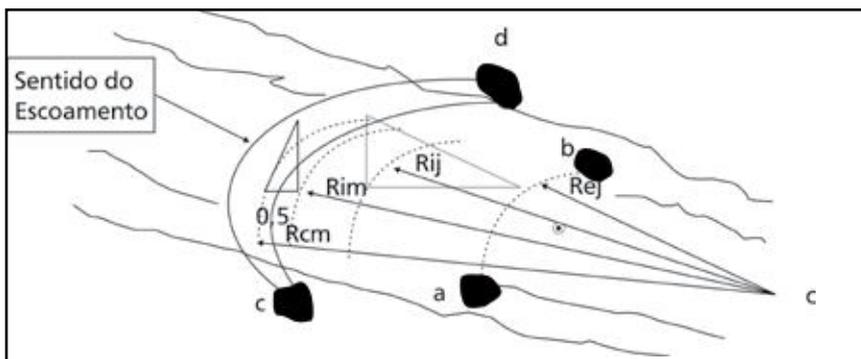


Figura 14 – Esquema Demonstrativo das Marcações de uma Barragem de Pedra
 Fonte: Padilha (1997).

Para a marcação dos 4 arcos concêntricos, que basearão horizontalmente a construção da barragem, é escolhido um centro (c) no eixo do riacho a ser barrado. Desta forma, com base nos raios Rej, Rij, Rim e Rem marcam-se os arcos com amplitude 120°, conforme Figura (15).

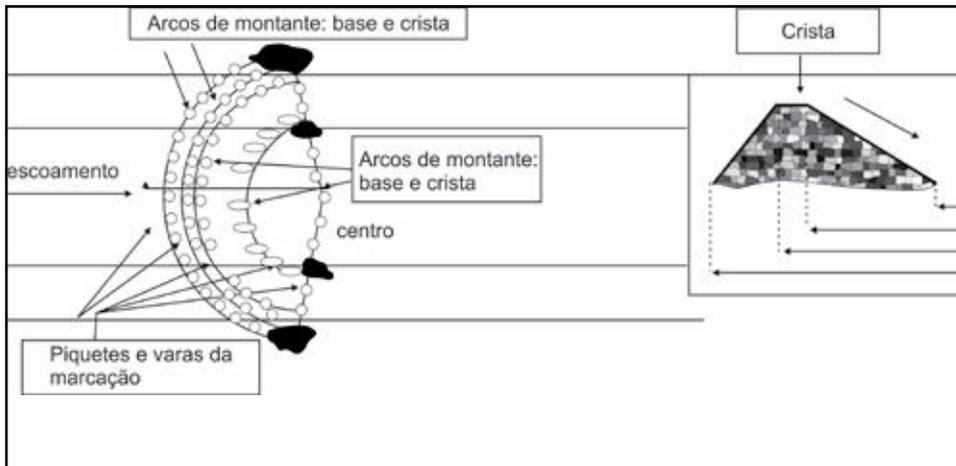


Figura 15 – Outro Ângulo do Esquema Demonstrativo das Marcações de uma Barragem de Pedra

Fonte: Padilha (1997).

Em seguida, será explicitado a posição dos arcos e como marcá-los, com base nos raios correspondentes.

a) Raio do arco de extremidade de jusante – Rej

O raio do arco de extremidade de jusante (Rej) deve ser marcado com centro em um ponto do eixo do riacho, de forma a gerar um arco, indo de uma lateral a outra do fundo do curso d'água até as maiores pedras de ancoragem da futura obra (bloco a e b da Figura 16), situadas natural ou artificialmente nas extremidades. Nas condições de campo, a marcação é feita com o concurso de duas varas de madeira, sendo que uma deve funcionar com o centro de outra móvel com o ponteiro riscador, unidas por um cordão ou fio de nylon, os quais, uma vez esticados, formarão o raio em questão.

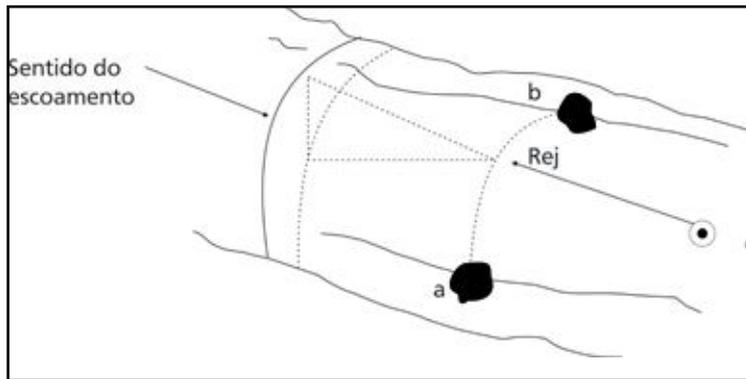


Figura 16 – Esquema do Raio do Arco da Extremidade de Jusante de uma Barragem de Pedra.

Fonte: Padilha (1997).

b) Raio do arco intermediário de jusante – Rij

O arco intermediário de jusante é o que unirá, pela face de jusante, às outras duas maiores pedras (c) e (d) formando a obra. Seu raio é igual ao raio de extremidade de jusante Rej mais 1,5 vezes a altura (h) da crista do barramento, ou seja (b_1),

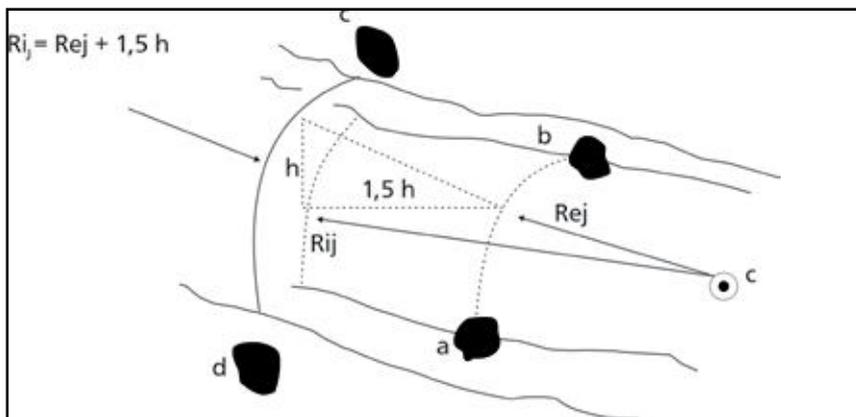


Figura 17 – Esquema do Raio do Arco Intermediário de Montante de uma Barragem de Pedra.

Fonte: Padilha (1997).

c) Raio do arco intermediário de montante – Rim

O arco intermediário de montante é o que unirá, pela fase de montante, às outras duas maiores pedras da obra (c) e (d), que serão, desta forma, ligadas

pelos dois arcos intermediário, o de montante e o de jusante. Seu raio é igual ao raio intermediário de jusante R_{ij} mais a largura (b) da base menor do trapézio, que forma a seção da barragem. É importante lembrar que o valor é de $1/3 h$.

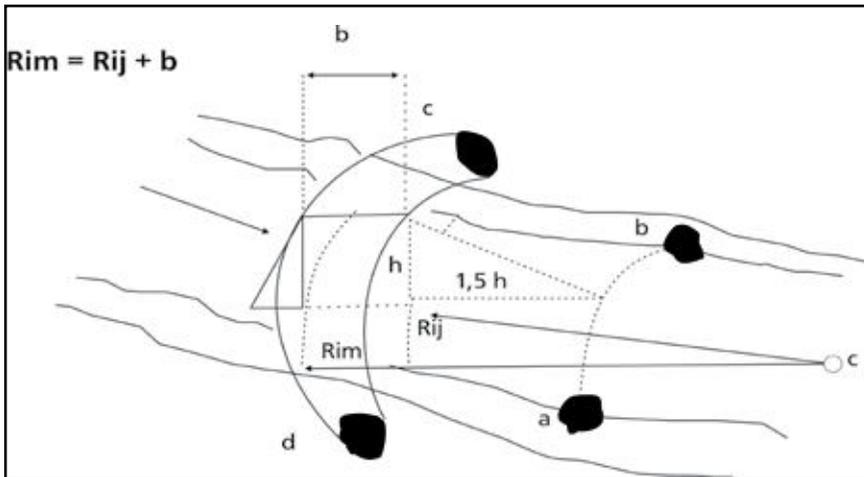


Figura 18 – Esquema do Raio do Arco Intermediário de Montante de uma Barragem de Pedra
 Fonte: Padilha (1997).

d) Raio do arco de extremidade de montante – Rem

O raio do arco de extremidade de montante é igual ao raio de extremidade de jusante Rej mais a largura (b) da base maior do trapézio, que forma a seção do barramento. O arco correspondente gerado define o contorno da base da barragem por montante (Figura 19).

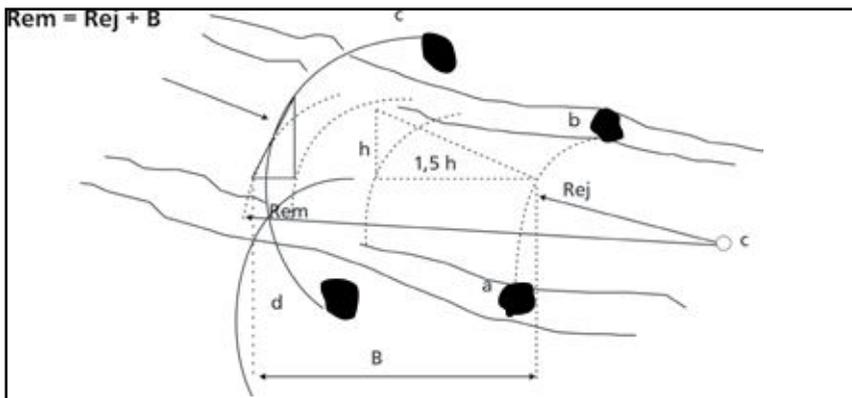


Figura 19 – Esquema do Raio do Arco da Extremidade de Montante de uma Bacia Hidrográfica
 Fonte: Padilha (1997).

e) Marcação vertical da crista e ombreiras da barragem de pedra

A determinação da altura da barragem de pedra deverá ser realizada com auxílio de nível de mangueira, ou outros instrumentos topográficos, para definição das dimensões verticais. É importante lembrar, que a altura da ombreira mais baixa definirá a altura da obra.

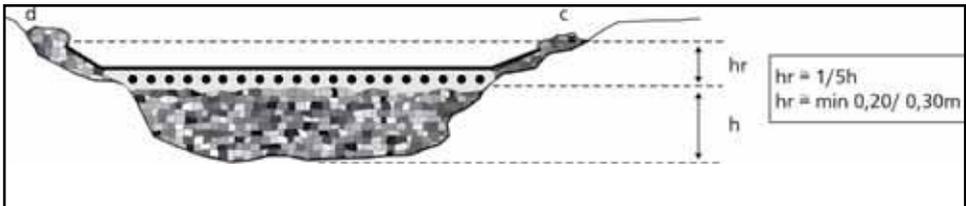


Figura 20 – Esquema de Marcação da Crista e Ombreira de uma Barragem de Pedra.
Fonte: Padilha (1997).

3.1.8 - Tempo de assoreamento e sedimentação

O tempo destinado para ocorrência do processo de sedimentação dependerá das condições de precipitação, ocorridas no local da obra, sobretudo no que concerne ao volume elevado e à frequência das chuvas. O ressurgimento da vegetação herbácea e arbórea dependerá da condição edafoclimática local, além da ação antrópica sobre a região.



Foto 7 - Efeito da Retenção de Sedimento e Ressurgimento da Vegetação Arbórea e Herbácea, após o Período de Inverno.
Fonte: João Bosco de Oliveira.



Foto 8 – Efeito da Retenção de Sedimento e Ressurgimento da Vegetação Arbórea e Herbácea após o Período de Inverno.

Fonte: João Bosco de Oliveira.

3.1.9 - Dimensionamento da equipe de campo e recomendações para a construção da obra

Na etapa de construção das barragens de pedras, após a sua locação, faz-se necessário o planejamento, no que concerne a utilização da mão de obra, observando os seguintes pontos:

- Antes de ser iniciada a obra, a equipe que vai construí-la deve ser organizada pertinentemente;
- em todas as obras, cada equipe se dividirá entre arrumadores dos blocos de pedras e as transportadoras;
- é necessário conhecer antecipadamente todos os meios que irão permitir a sua construção;
- por estimativa, são necessários entre 12 a 24 pessoas para cada obra;
- para cada barramento, o início da obra só deverá ocorrer, quando forem definidas as jazidas de pedra e as rochas supridoras da construção;

- é importante verificar se as estradas vicinais, paralelas e adjacentes ao curso d'água, já estão disponíveis antes do início da construção;
- explicar a todos os componentes da equipe no que se constituirão as diversas etapas do trabalho construtivo; e
- explicar quais os cuidados a serem tomados, visando a integridade física dos trabalhadores, o manejo dos materiais de construção e sua arrumação, o uso de ferramenta e utensílios, etc.

3.1.10 - Ferramentas necessárias à construção

No início da obra, informar a cada equipe da construção que, normalmente, instrumentos/materiais de marcação, ferramenta e utensílios a serem utilizados durante toda a execução, compreendem:

- Foices para corte de varas e estacas, utilizadas junto com pregos caibrais na confecção de “padiolas” ou “bangüês” ou, então isoladamente na marcação da obra;
- alavancas de ferro com diâmetro $\varnothing = 3$ cm, com 1,80 m de comprimento, na relação de 1 (uma) alavanca para cada 5 operários;
- um ou dois marrões de 5 kg para, em situações necessárias, serem fracionados para facilitar o transporte e manuseio;
- chibancas, pás, picaretas e enxadas;
- componentes auxiliares, tais como: mangueira de nível de cor transparente com 20 m e diâmetro \varnothing de 8 mm, um carretel de fio de *nylon*, do tipo usado pelos pedreiros com 50 m de comprimento, trena métrica de 2 m, um martelo para utilidade diversas;
- pares de luvas de couro para cada operário da obra; e
- quando as condições permitirem, utilizar carroças ou carretas, como equipamento auxiliar na operação de transporte de materiais.

3.2 - Barragens Subterrâneas

3.2.1 - Conceituação básica

a) O depósito aluvial

Os cursos de água - rios ou riachos - que escoam na região semiárida do Nordeste do Brasil - são quase todos, à exceção dos rios São Francisco e Parnaíba, de caráter temporário, também chamados de intermitentes, por secarem durante a maior parte do ano.

Logo após cessarem as chuvas, os rios ainda continuam a “correr” por algum tempo, alimentados por águas que escoam do terreno saturado em níveis mais elevados do que a calha principal, ou “calha viva” do rio. É o que os hidrólogos denominam de escoamento de base do rio, demorando alguns dias ou até meses para cessar totalmente o escoamento superficial.

Ao cessar completamente o escoamento de base do rio, a água continua a escoar subsuperficialmente, dentro do “pacote” de sedimentos detríticos - cascalho, areia, silte e argila - que no conjunto constitui o aluvião ou depósito aluvial. Esses sedimentos são originados pela sequência de processos que atuam na superfície da bacia hidrográfica, iniciando-se com a erosão que é o desgaste das rochas existentes, seguindo-se do transporte através das águas do rio e, finalmente, pela sedimentação ou deposição desse material no próprio leito, mais abaixo da fonte de erosão.

O depósito aluvial possui constituição, largura e espessura muito variáveis em função de vários fatores, tais como: constituição e resistência da rocha que é erodida; força viva do rio que, por sua vez, depende da inclinação do leito do rio e da largura do vale; volume de água escoado, que depende das taxas de precipitação pluviométrica; chuvas, que caem na bacia hidrográfica; condicionantes geoestruturais, como falhas, fraturas e dobras do embasamento rochoso, dentre outros fatores de menor importância, como a vegetação, a ação do homem, os ventos, a umidade relativa, etc.

Dessa maneira, o depósito aluvial é muito irregular, variando de composição, desde grosseiro, com seixos e areias grossas, até fino, com siltes e argilas; essas variações podem apresentar-se em camadas contínuas ou descontínuas, em forma de lentes, bolsões ou interdigitações, como mostra a Figura 21.

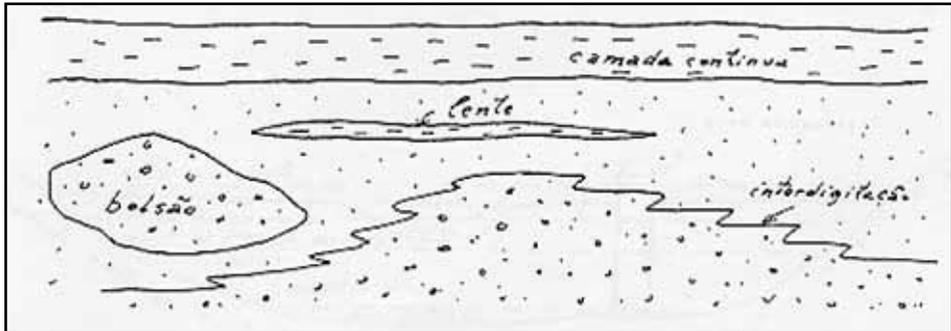


Figura 21 - Variações de Composição do Depósito Aluvial

Fonte: Costa Duarte (1998).

A situação mais frequente, todavia, é a de ocorrerem sedimentos mais grosseiros na parte mais profunda do depósito aluvial e mais fina na parte mais superior. Isso deve-se ao fato de que o vale, comumente, tem a forma de “V”, ficando a parte mais profunda com menor largura, o que proporciona maior velocidade do rio e, em consequência, deposição de material mais grosseiro; na medida que o vale vai assoreando, isto é, ficando cheio de sedimentos, a calha vai ficando mais aberta, o rio perde um pouco da sua velocidade e passa a depositar sedimentos mais finos.

O vale fluvial mais antigo, conhecido como paleo-vale, em geral, acha-se atualmente assoreado, desenvolvendo-se uma nova drenagem sobre o “pacote” de sedimentos e escavando o antigo depósito. Isso resulta na formação de um vale mais estreito, onde o rio corre no início e na fase final das “enchentes” anuais, denominado de calha viva, e de superfícies aplainadas lateralmente, em níveis topográficos um pouco mais elevados (em geral com 1 a 2m mais elevados), que são denominados de terraços fluviais ou terraços aluviais (Figura 22).

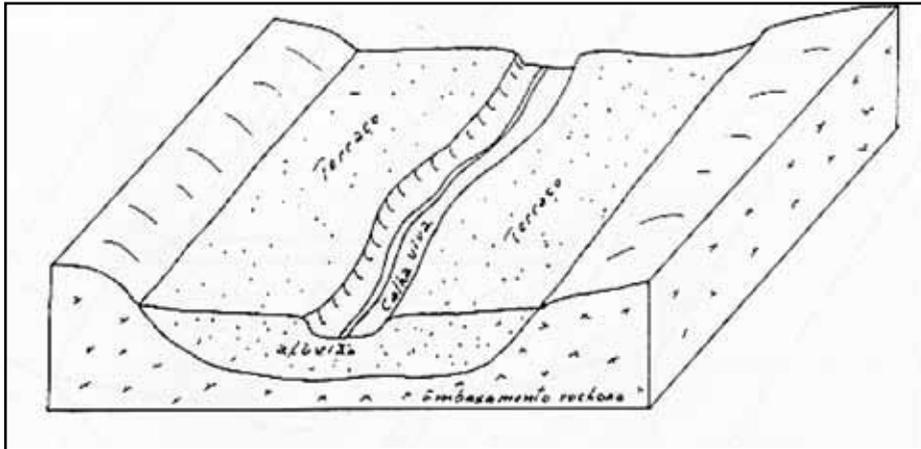


Figura 22 - Vale Fluvial Mostrando a Calha Viva e os Terraços
 Fonte: Costa Duarte (1998).

O escoamento subsuperficial, que ocorre no depósito aluvial quando o rio deixa de “correr” na superfície, faz com que esse depósito também conhecido como aquífero aluvial vá perdendo, gradativamente, as suas reservas hídricas acumuladas, podendo vir mesmo a secar totalmente, no final do período de estiagem (Figura 23). É comum a existência de poços amazonas (também chamados de cacimbões), construídos nesses depósitos aluviais, ficando completamente cheios logo após o período chuvoso e secarem completamente ao final do período de estiagem.

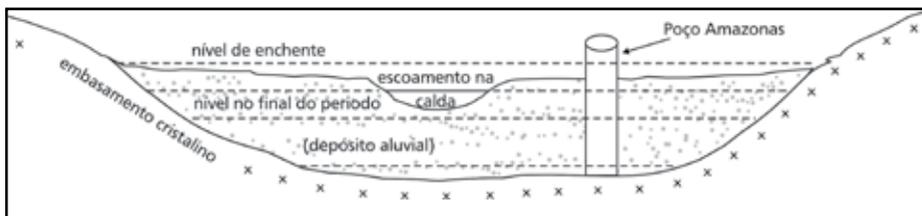


Figura 23 - Variação do Nível da Água entre os Períodos de Chuva e de Estiagem
 Fonte: Costa Duarte (1998).

b) A barragem subterrânea: o que é e para que serve

Conforme foi dito, a água contida no depósito aluvial tende a escoar completamente durante o período de estiagem, desperdiçando o aproveitamento desse precioso líquido para os diversos usos que dele se pretenda fazer.

O barramento subterrâneo consiste em construir um septo no depósito aluvial, com a finalidade de impedir que a água, nele acumulada, continue a escoar durante o período de estiagem. A partir do local do barramento para montante, isto é, no sentido do alto curso do riacho, a água irá ficar acumulada, enquanto para jusante, ou seja, no sentido do baixo curso do riacho o nível irá continuar baixando com o tempo. (Figura 24).

c) Tipos de barragem subterrânea

Várias são as modalidades construtivas de uma barragem subterrânea, podendo-se apresentar três modelos na ordem decrescente de complexidade e, em consequência, de custos construtivos e operacionais:

- Modelo da CPATSA
- Modelo de Costa & Melo
- Modelo da CAATINGA

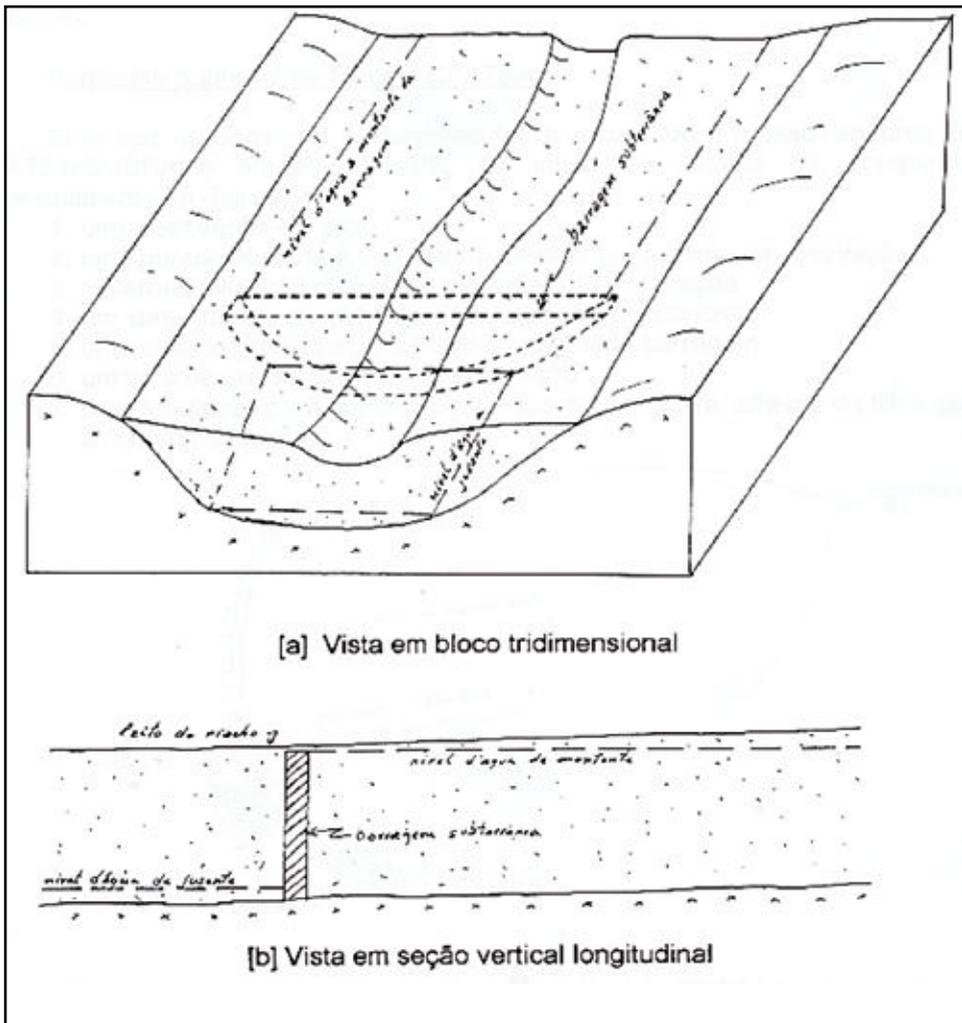


Figura 24 - Esquema de Funcionamento de uma Barragem Subterrânea
 Fonte: Costa Duarte (1998).

A seguir, serão descritos sumariamente os três tipos, devendo, no Capítulo 3, ser detalhado o modelo Costa & Melo, por ser considerado o mais adaptado à realidade da região semiárida nordestina, devido atender perfeitamente a finalidade a que se propõe e com custos construtivos e operacionais muito acessíveis.

Barragem subterrânea modelo CPATSA

Esse tipo de barragem subterrânea foi desenvolvido por pesquisadores

do CPATSA/EMBRAPA em Petrolina/PE, no início da década 80, constando essencialmente de (Figura 25):

- Uma escavação em arco;
- uma parede elevada (cerca de 1m de altura) à jusante da escavação;
- impermeabilização da parede elevada e da escavação;
- um sangradouro em cimento e alvenaria ou em concreto;
- uma cisterna coberta com telhado à jusante da barragem;
- um filtro de areia e carvão na escavação; e
- uma tubulação para condução da água da barragem, através do filtro, até a cisterna à jusante.

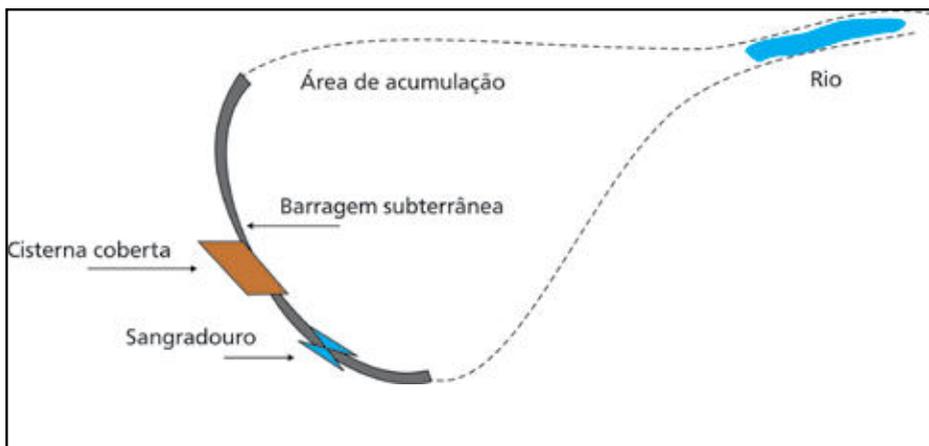


Figura 25 - Barragem Subterrânea Modelo CPATSA

Fonte: Costa Duarte (1998).

Barragem subterrânea Modelo Costa & Melo

Este modelo foi desenvolvido pelos pesquisadores da UFPE, Waldir D. Costa e Pedro G. de Melo, também no início da década 80, tendo sido posteriormente modificado, ampliado e adequado às condições locais pelo primeiro dos pesquisadores, constando essencialmente de (Figura 26):

- Escavação de uma trincheira retilínea perpendicular à direção de

escoamento do riacho;

- septo impermeável ao longo da trincheira;
- um ou mais poços amazonas, sendo um necessariamente colocado junto do septo impermeável e à montante deste;
- enrocamento de pedras arrumadas, sem rejunte, na superfície, junto ao septo impermeável e à jusante deste; e
- Um ou mais piezômetros ao longo da “bacia hidráulica” da barragem.

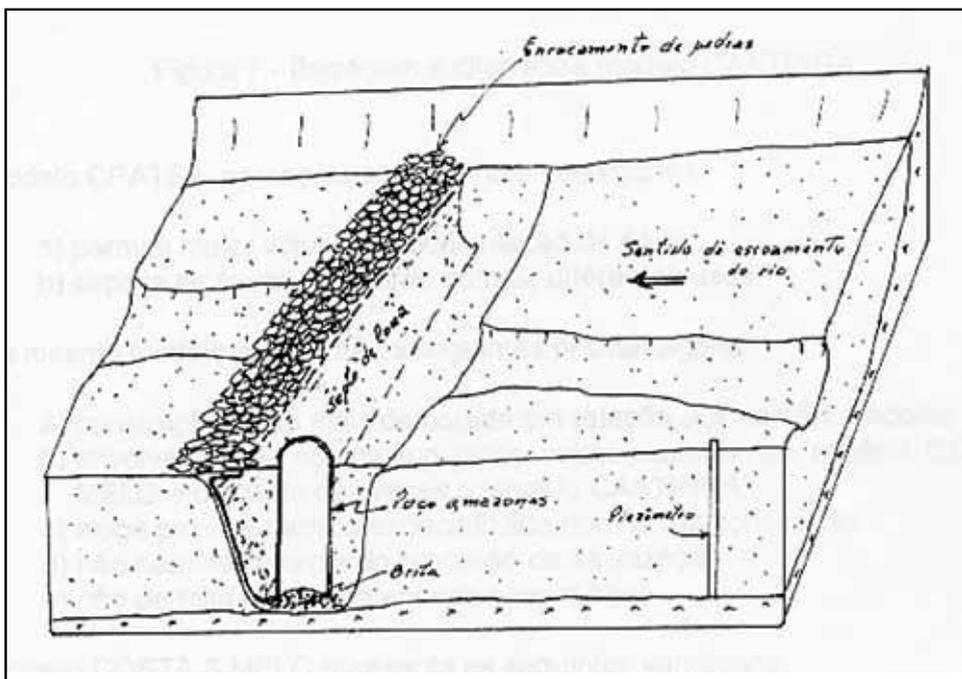


Figura 26 - Barragem Subterrânea Modelo Costa & Melo
Fonte: Costa Duarte (1998).

Barragem subterrânea modelo CAATINGA

Este modelo foi desenvolvido por uma ONG, denominada de CAATINGA, que vem atuando na região oriental do Estado de Pernambuco e construindo algumas obras hídricas rudimentares para os agricultores daquela região. O modelo consta basicamente de (Figura 27):

- Escavação de uma trincheira linear, em geral, de modo manual;

- preenchimento da trincheira com o mesmo material retirado, submetido a uma compactação feita por animais; e
- enrocamento de pedras arrumadas, sem rejunte, sobre a barragem.

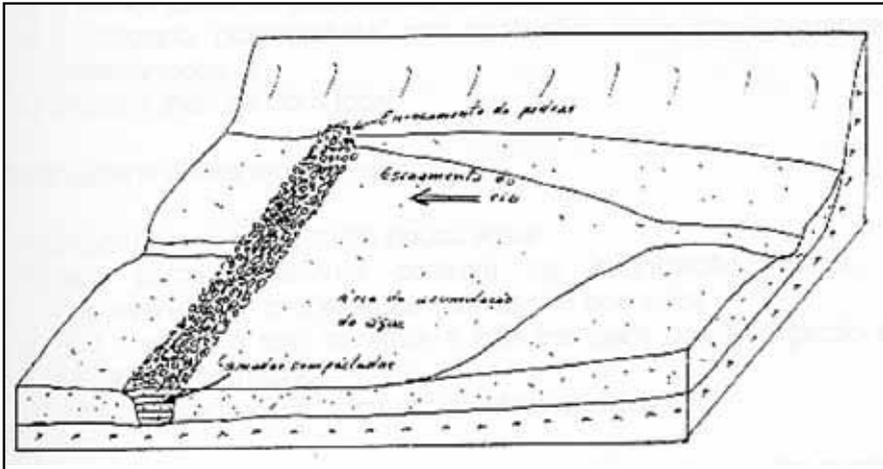


Figura 27 - Barragem Subterrânea Modelo CAATINGA

Fonte: Costa Duarte (1998).

O modelo CPATSA apresenta as seguintes vantagens:

- Permite maior volume de acumulação de água; e
- separa as águas de acordo com os diferentes usos

Esse mesmo modelo apresenta as seguintes desvantagens:

- Construção muito mais demorada, em relação aos demais modelos;
- envolve custos, no mínimo, cinco vezes superior ao modelo Costa & Melo e cerca de dez vezes o modelo CAATINGA;
- exige pessoal técnico especializado para a sua construção;
- não permite controle do processo de salinização; e
- não permite monitoramento do nível d'água.

O Modelo Costa & Melo apresenta as seguintes vantagens:

- Rapidez de execução (um a dois dias, se mecanizada);
- baixos custos (da ordem de R\$ 1.500,00, a preços de 1998);
- pode ser executada com mão-de-obra da própria propriedade rural;
- apresenta condições de controle do processo de salinização;
- permite o monitoramento do nível da água ao longo do ano; e
- pode ser utilizada para múltiplos usos da água.

As desvantagens desse modelo são:

- Custo maior em relação a barragem modelo CAATINGA; e
- não pode ser utilizado em qualquer situação, dependendo da existência de condições naturais específicas.

O modelo CAATINGA apresenta as seguintes vantagens:

- Menor custo em relação aos demais modelos;
- é utilizado praticamente sem restrição, face aos pequenos volumes armazenados; e
- utiliza a mão-de-obra local

As desvantagens desse modelo são:

- Acumula, em geral, muita pouca água;
- não permite nenhum controle de salinização, sendo altamente susceptíveis ao processo de salinização dos solos;
- não permite o uso da água, a não ser para a subirrigação, na própria calha-viva do riacho; e
- não permite o monitoramento do nível da água.

Levando-se em consideração os “prós” e “contras” de cada um dos

modelos acima descritos, pode-se concluir que o modelo mais adequado para utilização na região semiárida nordestina é o modelo Costa & Melo, que será descrito com mais detalhes no item 3.2 do Capítulo 3.

3.2.2 - Critérios básicos para a locação de uma barragem subterrânea

a) Aspectos sociais e demanda

A primeira condição estabelecida é a da importância que a obra irá desempenhar, pois um investimento público numa obra que não desperte interesse da comunidade local não faz qualquer sentido.

É necessário verificar qual a demanda hídrica que a obra vai atender, que uso ou usos se espera da água a ser acumulada, quantas pessoas serão beneficiadas e se há um real interesse na sua construção e o comprometimento do proprietário do terreno a conservá-la e explorar o máximo da sua disponibilidade, principalmente através do plantio de culturas adequadas.

Considerando ainda que se trata de um investimento público em terreno particular, o proprietário terá que se comprometer por meio de um “termo de serventia pública” a permitir o uso da água contida no poço amazonas (cacimbão), a ser construído junto à barragem subterrânea, por qualquer pessoa da comunidade, devendo para tal, permitir o livre acesso ao poço. Apenas a área superficial, onde deverá ser realizado o plantio de culturas, será de uso exclusivo do proprietário do terreno.

b) Qualidade da água

A água não deve possuir salinidade elevada, pois tenderia a aumentar a concentração de sais e prejudicar o solo e as culturas nele implantadas. O ideal seria coletar uma amostra de água numa cacimba existente e medir a sua condutividade elétrica, com um condutivímetro portátil. Na inexistência de um condutivímetro, pode-se experimentar (sem ingerir) um pouco de água para verificar o seu sabor ao paladar (doce, salgada, salobra, amarga, etc.).

Se não existir água no leito, em escavação ou em cacimba, deve-se consultar os moradores da região sobre a condição de uso da água, quando o riacho está “correndo”; se o homem aceita bem aquela água, ou em caso negativo, se os animais bebem da mesma.

Um outro elemento a observar é a existência de crostas de sal no depósito aluvial ou, ainda, a presença de determinadas gramíneas (para quem as conhece) que são típicas de água salgada.

c) Espessura do depósito aluvial

Considerando que a evaporação alcança até 0,5m de profundidade, o depósito aluvial deve possuir, na “calha viva” do curso (rio ou riacho), pelo menos, 1,5m de espessura, para justificar a implantação de uma barragem subterrânea (Figura 28).

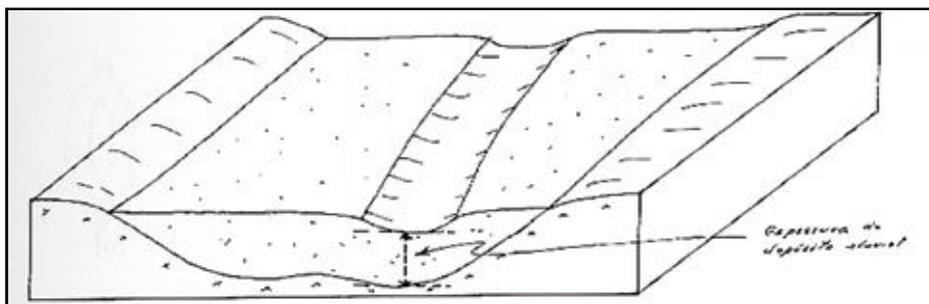


Figura 28 - Espessura do Aluvião [Vista em Bloco Tridimensional]

Fonte: Costa Duarte (1998).

Para se detectar a espessura do depósito, deve-se efetuar três sondagens, sendo uma na “calha viva” e as outras duas, dispostas uma para cada lado, à distância aproximadamente equidistante entre a “calha viva” e as margens do depósito aluvial (Figura 29). Eventualmente, poderá vir a ser necessária a perfuração de mais um ou dois furos.

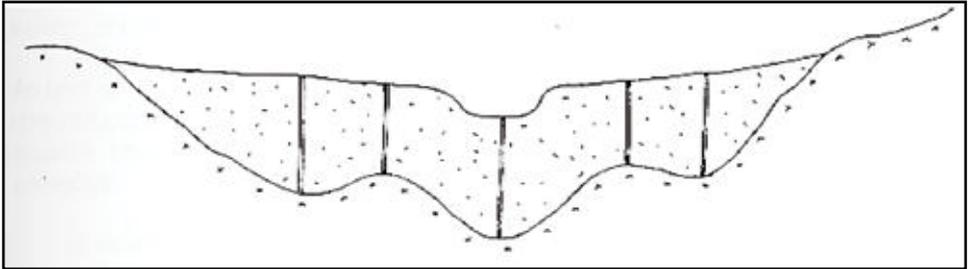


Figura 29 - Disposição dos Furos [Vista em Seção Vertical]

Fonte: Costa Duarte (1998).

d) Constituição granulométrica do aluvião

O aluvião deverá ser de constituição predominantemente arenosa, podendo conter alguma mistura com material fino (silte ou argila); porém deve haver nas amostras retiradas das sondagens, uma predominância de areias sobre as frações mais finas.

O trado, que irá efetuar as sondagens, possui uma peça com alças abertas, apropriadas para furar e retirar amostras de material siltico-argiloso (Figura 30); uma outra peça em forma de caneco com lâminas cortantes na extremidade, apropriada para furar e amostras em areias e, finalmente, uma peça helicoidal, que não retira amostras, servindo apenas para detectar a espessura do depósito, sendo utilizada quando se atinge o nível d'água não sendo mais possível a retirada de material para amostrar.

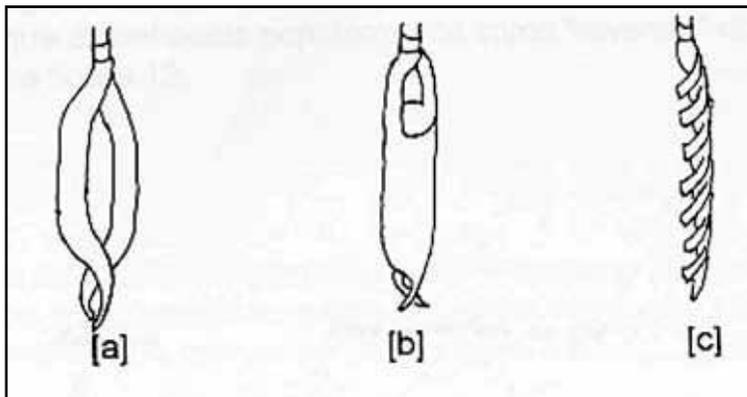


Figura 30 – Tipos de Trado

Fonte: Costa Duarte (1998).

e) Presença de água

Se a pesquisa de áreas for efetuada durante ou logo após o período chuvoso, é comum encontrar-se o nível da água no depósito aluvial muito próximo da superfície ou mesmo aflorante. Essa não é, portanto, uma boa época para pesquisar o local a construir uma barragem subterrânea e sim o período correspondente ao final de uma estiagem, ou seja, próximo ao início de um novo período chuvoso.

Ao final do período de estiagem, o depósito aluvial deve encontrar-se seco ou com uma reduzida espessura saturada de água. Se isso não ocorrer, a localidade não é propícia para o barramento, pois deve estar acontecendo uma das seguintes situações:

- Existência de “soleiras” que são ondulações do leito rochoso ou presença de intrusões rochosas de maior resistência à erosão; nesse caso, a soleira já constitui um barramento natural que provoca a existência perene de um nível d’água elevado à montante, como se observa na Figura 31.

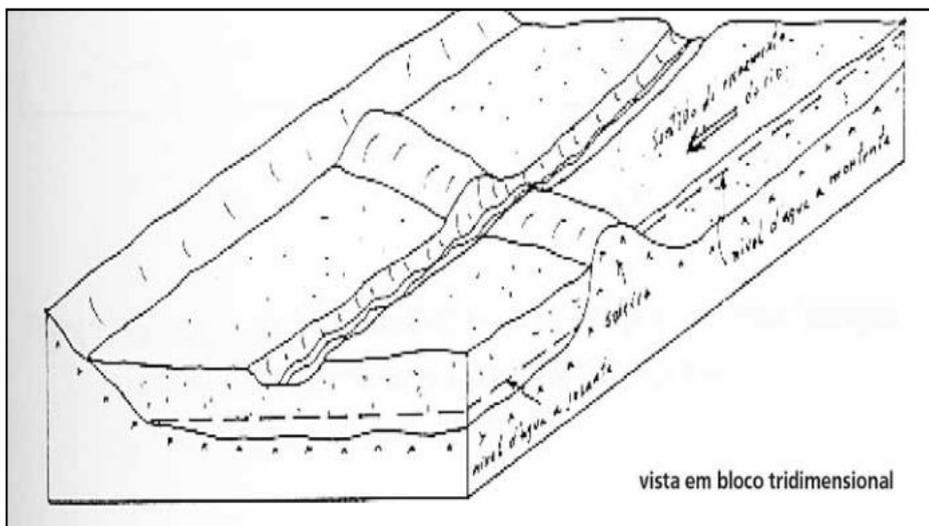


Figura 31 - Formação de uma Barragem Natural por “Soleira”

Fonte: Costa Duarte (1998).

- Existência de um barramento superficial (barragem, açude, etc.), ou uma lagoa natural, que proporciona, mesmo além do limite de acumulação da água na superfície, uma extensa área de aluviões saturados à montante, que é conhecida popularmente como “reversa” do açude, como é mostrado na Figura 32.

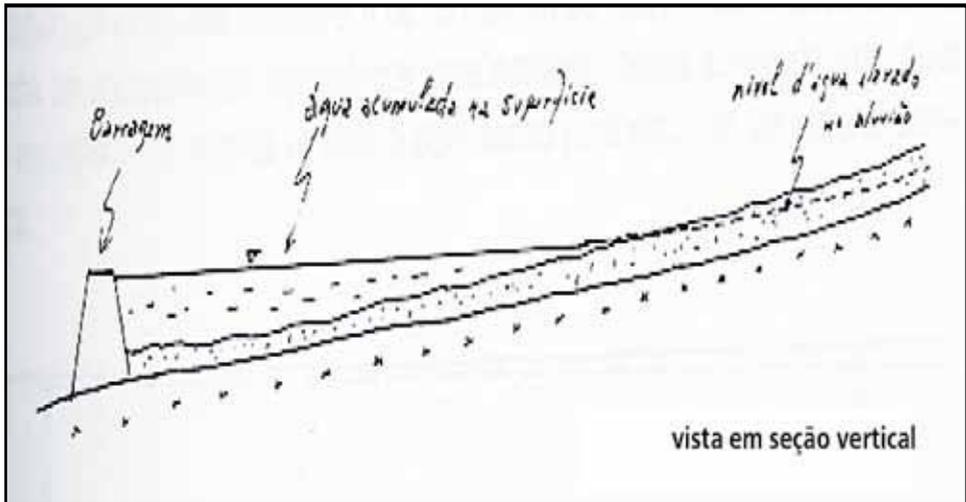


Figura 32 - Saturação dos Aluviões à Montante de um Açude

Fonte: Costa Duarte (1998).

f) Relação entre a “calha viva” e os “terraços”

A situação ideal para o barramento subterrâneo é quando a “calha viva” não é muito profunda em relação aos “terraços” (Figura 33); em caso contrário, fica com reduzida espessura na porção mais baixa do vale, sendo a acumulação de água muito reduzida.

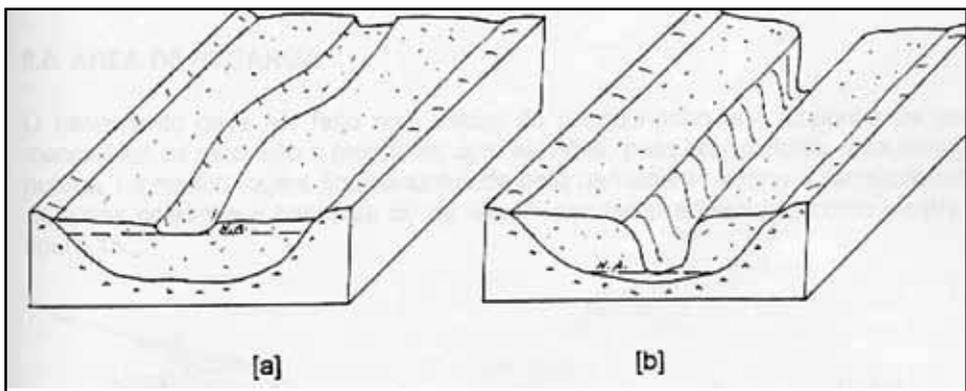


Figura 33 - Situação da “Calha Viva” do Riacho em Relação aos seus “Terraços” : em (a) é Favorável ao Barramento e em (b) é Desfavorável [Vistas em Blocos Tridimensionais]
Fonte: Costa Duarte (1998).

g) Inclinação (declividade) do terreno

O curso d'água, onde poderá ser implantada uma barragem subterrânea, deve possuir longitudinalmente (ao longo do curso) uma inclinação (ou declividade) a mais suave possível a fim de permitir que a água armazenada se estenda a uma maior distância. Se o relevo é fortemente inclinado, situação predominante nas “cabeceiras” dos riachos, a água irá se acumular numa área muito reduzida.

O ângulo de inclinação desejável é de no máximo 20°, porém, como dificilmente se dispõe de equipamentos topográficos para avaliação dessa inclinação - um nível por exemplo - recomenda-se usar o bom senso para escolher um terreno semiplano.

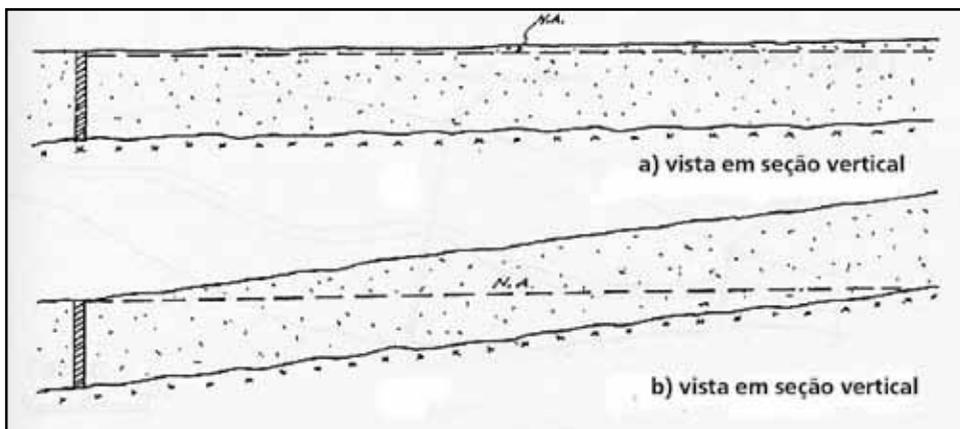


Figura 34 - Inclinação do Leito Aluvial

Fonte: Costa Duarte (1998).

h) Área de recarga

O barramento deve ser feito num trecho do rio ou riacho que disponha de pelo menos 1 km de extensão à montante, com aluviões, para proporcionar uma recarga natural, na medida que a água acumulada pelo barramento venha a ser explorada. As áreas próximas à nascente do rio devem ser sempre evitadas, como mostra a Figura 35.

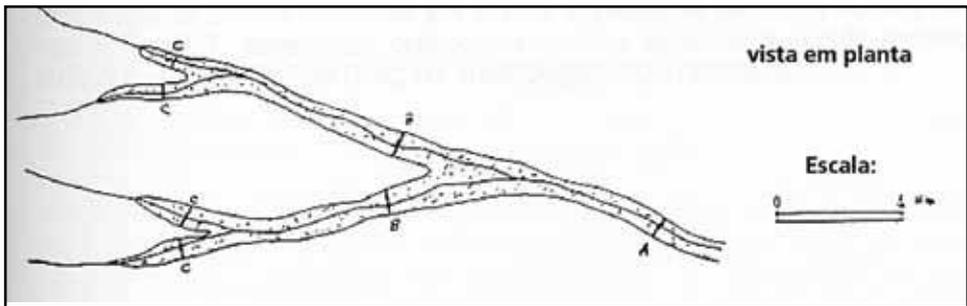


Figura 35 - Locais Adequados e Inadequados para uma Barragem Subterrânea
 Fonte: Costa Duarte (1998).

No exemplo acima, o local mais favorável seria em A e, em segunda opção, os locais em B; enquanto isso, os locais marcados por C são totalmente desfavoráveis.

i) Estreitamento do depósito aluvial

A área a acumular deve ser a mais larga possível, porém o local a ser barrado deve ser estreito, para diminuir os custos com a escavação e com a lona ou outro material impermeabilizante que venha a ser colocado (argila compactada, por exemplo). Além do mais, um barramento efetuado dentro da área de maior largura do depósito aluvial irá desperdiçar a área que ficar à jusante, que poderia ser aproveitada como reservatório.

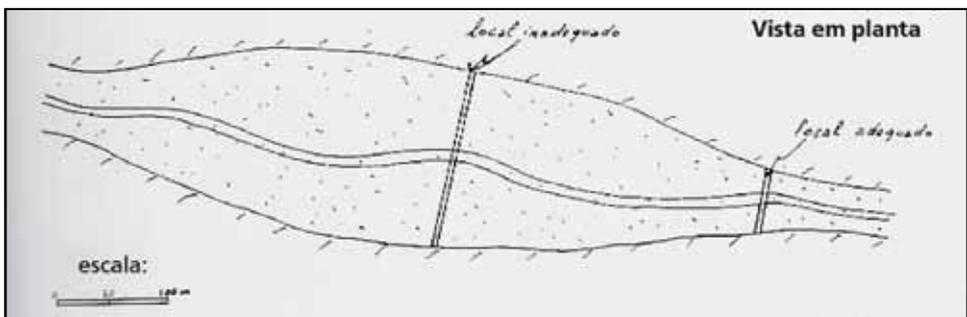


Figura 36 - Localização do Eixo Barrável no Depósito Aluvial
 Fonte: Costa Duarte (1998).

3.2.3 - Sistemática da pesquisa de áreas aluviais

Apesar de simples, os estudos para localização e dimensionamento de uma barragem subterrânea não devem ser prescindidos, sob pena de malogro no resultado esperado.

As atividades envolvidas no estudo, na ordem cronológica de execução, são descritas a seguir:

a) Levantamento de dados

Essa atividade inicial prevê a escolha das comunidades mais carentes para atendimento hídrico, a partir de intervenções de baixo custo e que não impliquem em acumulação de grandes volumes de água e elevados custos. Se o uso da água armazenada for também para a irrigação, devem ser observadas as condições de instalação de culturas irrigadas.

Os elementos a serem levantados nessa etapa são os dados demográficos mais atuais, sobretudo de demanda hídrica, relatórios socioeconômicos da região, relatórios hidrogeológicos, mapas topográficos e geológicos, e, sobretudo, de aerofotos.

b) Fotointerpretação e análise de cartas topográficas

A fotointerpretação geológica constitui uma atividade importante na pesquisa desses mananciais aluviais, pois permite detectar a existência dos depósitos aluviais, definir a sua geometria, delimitar e dimensionar a sua área, estabelecer as relações morfológicas entre a calha viva e os terraços aluviais, escolher os locais mais estreitos para a localização do eixo barrável, com diminuição dos custos construtivos, e, ainda, complementar as informações sobre as condições de atendimento à população circunvizinha.

A conjugação da fotointerpretação com a análise cartográfica permite definir as dimensões superficiais do depósito aluvial, bem como o dimensionamento da bacia hidrográfica, elementos de grande importância

para os cálculos de reserva e recursos exploráveis a serem efetuados no final do estudo.

c) Reconhecimento de campo

A visita de reconhecimento do local é imprescindível, pois muitos dos elementos do estudo não podem ser observados na fotointerpretação.

A morfologia do depósito aluvial, sobretudo a relação entre a calha menor ou calha viva e a calha maior, bem como os terraços aluviais que podem estar integrados ao depósito aluvial ou constituírem terraços suspensos, são aspectos de fundamental importância e que muitas vezes chegam a inviabilizar a construção da barragem.

Outro elemento fundamental do estudo é a qualidade da água, devendo, nessa visita, ser efetuada uma medição expedita da condutividade elétrica, por meio de um condutivímetro portátil.

Por outro lado, pode existir um depósito de boas características de potencialidade e qualidade da água, porém com o nível da água já bem próximo à superfície ou mesmo aflorante, decorrente da existência de barramentos naturais (soleiras do embasamento cristalino) ao longo do vale. Nesses casos, o barramento subterrâneo se torna desnecessário, devendo apenas ser recomendada a construção de poços rasos ou amazonas, tecnicamente bem construídos.

Além dos elementos de análise de campo acima descritos, a visita permite ainda obter informações de grande interesse para a orientação do estudo, tais como:

- Situação atual do abastecimento: se existe ou não sistema de abastecimento público e em caso negativo, como o mesmo é procedido;
- como os mananciais são utilizados atualmente: açude, barreiro, poço, cacimba, carro-pipa, lombo de animais;

- qual o sistema de escoamento superficial: durante quantos meses ocorre escoamento superficial, quais os meses de chuva, etc.; e
- inventário sumário de todos os poços, fontes e açudes existentes e locação precisa nos mapas.

d) Sondagens com ou sem geofísica

As sondagens destinam-se a esclarecer a geometria e a natureza granulométrica dos aluviões. As amostras coletadas em cada furo são classificadas pelo geólogo, devendo os furos ir até o embasamento rochoso, anotando-se ainda a profundidade em que se atingiu (quando ocorrer) o nível d'água. Assim, as sondagens têm como finalidades a identificação da composição granulométrica do depósito aluvial, a sua espessura e a profundidade do nível d'água ou zona de saturação do depósito aluvial.

A detecção da profundidade do embasamento e conseqüentemente a espessura do depósito aluvial pode ser efetuada de maneira mais precisa, por intermédio de métodos geofísicos (sísmico ou eletrorresistividade), desde que se efetue paralelamente uma ou duas sondagens de aferição.

Em função das sondagens, é posicionado o local do eixo barrável, levando-se em conta a seção de menor largura e de menor profundidade e também o local onde perfurar um poço para ensaio.

e) Perfuração de poços e ensaios de bombeamento

Uma vez concluído pela análise das sondagens a viabilidade técnica da construção da barragem, deverá ser perfurado um poço com piezômetro, a fim de ser efetuado um ensaio de bombeamento e avaliar as características hidrodinâmicas do aquífero aluvial.

O poço tubular deverá ser construído com as seguintes características:

- Profundidade: até o embasamento rochoso;

- diâmetro de perfuração: 10”;
- revestimento: tubos em PVC com 4” de diâmetro;
- filtros: tipo PVC, abertura de 1 mm, e extensão de 1,0 a 2,0m; e
- pré-filtro: cascalho natural, selecionado, de 2,0 a 4,0mm.

O poço piezômetro, situado a 5m de distância do poço produtor, deverá ter:

- Profundidade: igual ao produtor;
- diâmetro de perfuração: 4”;
- diâmetro de revestimento: 2”;
- material de revestimento: tubos de plástico, ranhurado na mesma posição dos filtros do poço produtor.

Após a perfuração dos poços, deverá ser procedido um ensaio de bombeamento por um período de 24h, por 12 horas de recuperação, interpretados os valores de rebaixamento versus tempo e calculados os parâmetros hidrodinâmicos do aquífero aluvial.

A partir do conhecimento dos parâmetros hidrodinâmicos -- coeficiente de transmissividade e de porosidade eficaz (ou específica) -- serão avaliadas as reservas permanentes, as reservas reguladoras e os recursos disponíveis para exploração. Também deverão ser definidas a vazão de exploração, o regime de bombeamento, as interferências entre poços e a evolução dos rebaixamentos com o tempo.

Muitas vezes, não se tem condições de efetuar um teste de bombeamento por inexistir nível d'água no depósito aluvial, por ocasião do estudo. Nesse caso, ao invés de se efetuar um poço tubular para ensaio de bombeamento, pode-se realizar um poço para ensaio da condutividade hidráulica do aquífero aluvial e, nesse caso, prescinde-se do poço piezômetro. O poço para ensaio poderá ser

revestido em 2" de diâmetro.

O ensaio de condutividade hidráulica, mais conhecido nos meios geotécnicos como ensaio de permeabilidade, pode ser efetuado por distintos métodos, sendo os mais comuns:

- Ensaio de infiltração com nível d'água constante;
- ensaio de infiltração com nível d'água variável; e
- ensaio de *Slug Test*.

Convém assinalar que a avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos do aquífero aluvial pode ser prescindível, desde que não se torne imperiosa a avaliação dos volumes a serem disponibilizados, por exemplo, quando se pretende apenas implantar uma obra singela, para fixação do homem no campo, mediante oferta de condições para subirrigação de uma pequena área de culturas de subsistência.

A avaliação da disponibilidade potencial do depósito aluvial, em função de um barramento, somente se fará necessária quando se pretender implantar um sistema de abastecimento público para uma comunidade.

f) Coleta d'água e análise físico-química

Durante o ensaio de bombeamento, preferencialmente próximo ao seu término, deverá ser coletada uma amostra de 2 litros de água para realização de análise físico-química completa. O resultado da análise permitirá caracterizar hidroquimicamente a água do depósito aluvial, classificando-a quanto à potabilidade e uso para irrigação.

No caso de não ter sido necessário realizar um ensaio de bombeamento, a coleta de água poderá ser efetuada num cacimbão, existente na área aluvial, ou numa escavação, executada na ocasião com a finalidade específica de coleta d'água.

Da água coletada, pode-se efetuar uma análise físico-química ou, ainda, no caso de se ter uma certa urgência na definição do local para execução imediata da barragem, pode-se simplesmente avaliar a condutividade elétrica da água, a partir de um condutivímetro portátil.

g) Projeto da Barragem e Obras Complementares

Uma vez conhecidos os parâmetros dimensionais para construção da barragem subterrânea, pode-se efetuar o seu projeto construtivo, conforme elementos descritos no capítulo que se segue, definindo-se:

- Extensão do eixo barrável;
- profundidade média provável da trincheira a ser aberta;
- largura da trincheira;
- tipo de septo recomendado;
- tipo de poço amazonas;
- número de poços necessários, em função da extensão da área aluvial a ser aproveitada com o barramento; e
- número e localização dos piezômetros

h) Relatório final conclusivo

De posse de todos esses elementos, poderá ser elaborado o relatório final conclusivo, contendo os projetos de barramento e obras complementares.

Recomenda-se, como imprescindível ao controle da exploração do aquífero aluvial, que sejam efetuadas medições periódicas (mensais) do nível da água e da sua qualidade química.

3.2.4 - Construção de uma barragem subterrânea modelo "Costa & Melo"

a) Abertura da trincheira ou vala

Uma vez escolhida a melhor seção para barramento do depósito aluvial, levando-se em conta os critérios abordados no capítulo 2.2, principalmente os itens (a) e (i), procede-se a abertura da trincheira tomando-se por base os seguintes princípios:

- A trincheira deve ter a direção perpendicular ao curso do rio ou riacho;
- a trincheira deve ser reta, a fim de economizar na escavação e na lona a introduzir posteriormente;
- a escavação deve prosseguir até atingir o embasamento rochoso, incluindo o seu manto de alteração, que também deve ser removido, a fim de impedir a percolação através desse material;
- material retirado da escavação deve ser acumulado sempre do lado de montante da trincheira ou nas suas laterais, nunca no lado de jusante, para não atrapalhar o movimento de colocação da lona e do poço amazonas na etapa seguinte.

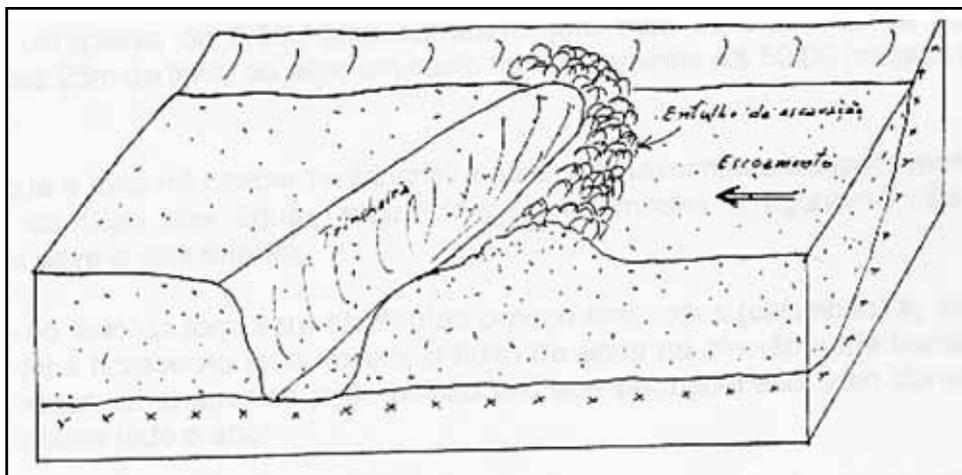


Figura 37 – Abertura da Trincheira

Fonte: Costa Duarte (1998).

A escavação da trincheira ou vala pode ser efetuada de duas maneiras: mecanizada ou manual. Se mecanizada, pode ser aberta com um trator de esteira ou com uma retroescavadeira, sendo esta última mais indicada quando a espessura do aluvião é maior do que 3m ou quando o nível da água está elevado.

Se existir uma espessura saturada de água de até 2m, pode-se efetuar a escavação utilizando-se simultaneamente de uma bomba para esgotamento do nível da água; para espessuras saturadas superiores a 2m, não deve ser efetuada a escavação, podendo-se esperar para um período de final de estiagem prolongada; caso já se esteja nesse período e a água ainda se encontre ocupando grande espessura de aluviões é porque trata-se de uma situação caracterizada no item (e) do capítulo 3.2.

A escavação manual deve ser feita por uma equipe de, pelo menos, dez homens em duplas; em cada dupla, um homem efetua a escavação com picareta, enxada e pá, enquanto o outro enche o carrinho de mão e transporta a carga para fora da trincheira. Estima-se que cada dupla processe a escavação e remoção, em média, de 2 m³ de terra por dia.

b) Colocação do septo impermeável

O septo impermeável pode ser de vários tipos, tais como:

- lona plástica;
- argila compactada;
- alvenaria em pedra ou em tijolo; e
- estacas justapostas.

A lona plástica constitui o método mais rápido e mais barato de construção, pois em pouco mais de uma hora será concluída a operação; o custo de um metro linear de lona plástica de 200 micras (a mais resistente), com 6m de largura, custa em torno de R\$ 2,00 (dois reais); como em geral a espessura média do pacote aluvial não ultrapassa de 2,5m, uma barragem, com 50m de

extensão de eixo, requer apenas 25m de lona, ou seja, um custo total de apenas R\$ 50,00 (cinquenta reais, a preços de 1998).

A posição que a lona irá ocupar na trincheira será invariavelmente no lado oposto ao sentido do fluxo das águas superficiais, como mostra a Figura 38. Essa exigência se deve a dois fatores:

- Ao lado da lona será construído o poço amazonas (cacimbão), se a lona ficasse no lado oposto, o fluxo da água no aluvião seria barrado antes de chegar ao poço amazonas, que permaneceria seco durante quase todo o ano;
- a trincheira se constituirá num dreno para captação da água superficial por possuir uma maior permeabilidade face a remoção do terreno; se a lona ficasse no lado oposto, perderia-se esse fator favorável à infiltração da água na barragem subterrânea.

A colocação da lona não exige que seja feito de uma peça inteiriça ao longo de todo o eixo barrável; podem ser cortados pedaços de lona, com maior largura para colocação na parte mais profunda da trincheira e, lateralmente, na medida que vai ficando mais rasa a trincheira, os pedaços justapostos terão menor largura.

A justaposição dos “pedaços” de lona pode ser feita apenas com a superposição de cerca de 0,30m de uma sobre a outra nas suas extremidades, pois uma rigorosa estanqueidade é desnecessária nesse tipo de barramento, face o lento movimento que comanda o fluxo das águas subterrâneas.

Antes de colocar a lona, devem ser cortadas, com um facão, as pontas das raízes que aparecem ao longo da parede da trincheira, para evitar que as mesmas venham a provocar grandes furos na lona, logo na sua colocação. No futuro, é possível que algumas dessas raízes venham a perfurar a lona, porém, como já mencionado, esses pequenos furos não irão comprometer a retenção da água em larga escala.

A extremidade superior da lona deve ser presa com pedras ou montículos de areia na borda superior da trincheira, assim como a extremidade inferior da lona, na base da parede da trincheira.

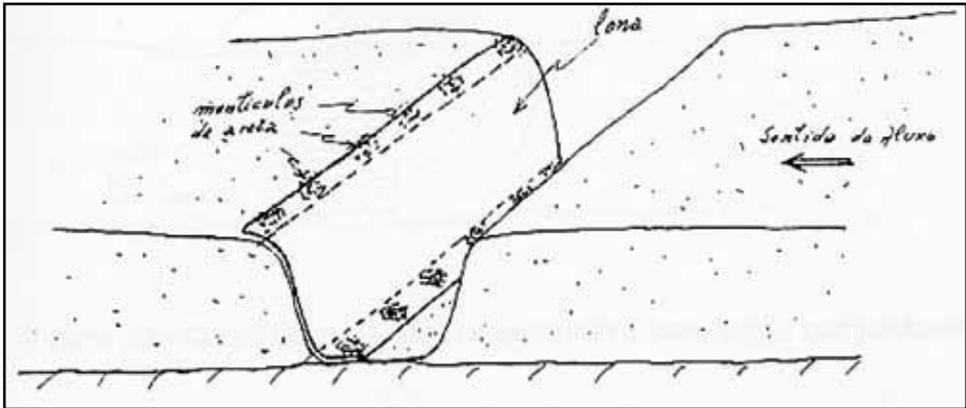


Figura 38 - Colocação da Lona Revestindo a Parede da Trincheira
Fonte: Costa Duarte (1998).

O septo de argila compactada é construído a partir da colocação de camadas de argila justapostas, com altura de 0,20m cada uma, tendo-se o cuidado de efetuar uma compactação após a colocação de cada camada (Ver Figura 39). A compactação pode ser feita mecanicamente com um rolo compressor ou do tipo “pé de carneiro” ou por meio de animais - jumentos, cavalos ou bois - que transitem continuamente sobre a camada, sob a condução de pessoas ou, ainda, com batedores utilizados pelo homem.

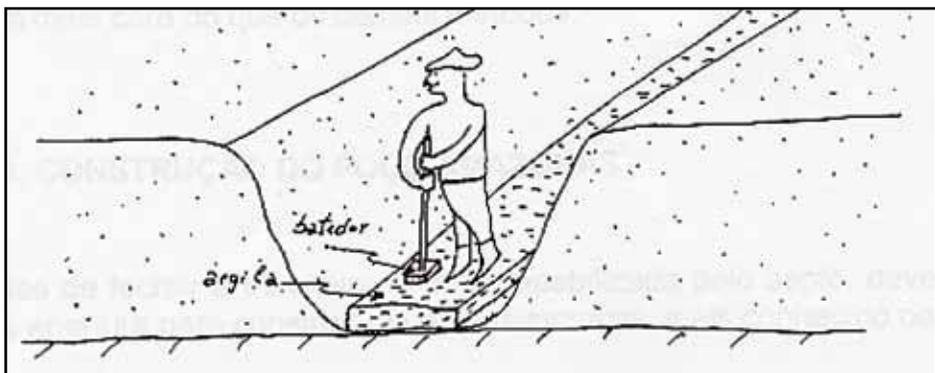


Figura 39 - Compactação de cada Camada de Argila
Fonte: Costa Duarte (1998).

A largura do septo de argila não precisa ser superior a 1,0m, devendo o espaço aberto entre o septo e a parede da trincheira ser preenchido, na medida em que o septo vai subindo em altura, com o material retirado na escavação da trincheira (Ver Figura 40).

A construção do septo em alvenaria de pedra ou de tijolo em nada difere da construção da base de um muro, uma vez procedida a escavação, pelo mesmo processo já descrito.

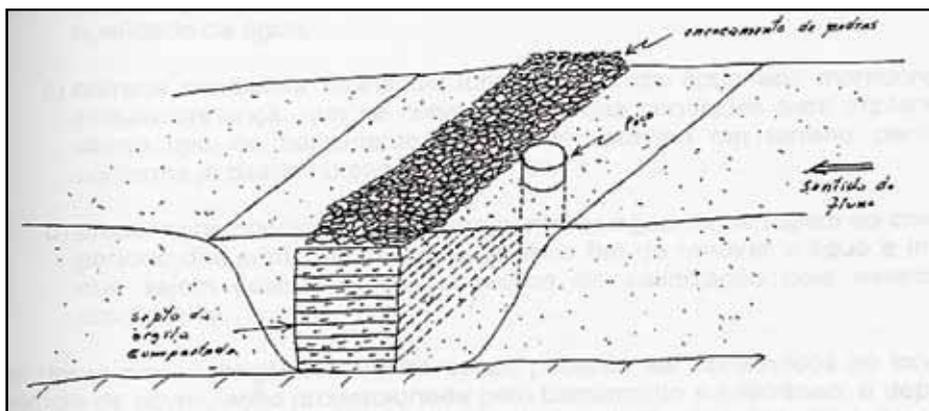


Figura 40 - Construção do Septo Impermeável com Argila Compactada
Fonte: Costa Duarte (1998).

Quanto à implantação de estacas justapostas para constituir um septo impermeável, é uma técnica mais trabalhosa, pois requer em primeiro lugar a existência de madeiras especiais, que resistam a água sem apodrecerem; em segundo lugar, necessita de um “bate estacas” para fincar essas estacas uma ao lado da outra; por último, requer ainda uma serra para cortar os excessos da prancha, quando as mesmas já têm atingido o embasamento rochoso. Apesar disso, essa técnica é talvez a melhor que se poderia empregar para a construção de barramentos em lugares com nível d’água elevado. Face a inexistência de barramentos executados com essa metodologia, desconhece-se com certa precisão os custos da sua implantação, podendo-se adiantar, entretanto, que é bem mais caro do que os demais métodos.

c) Construção do poço amazonas

Antes de fechar a trincheira já impermeabilizada pelo septo, deve-se aproveitar a sua abertura para construir um poço amazonas, mais conhecido como cacimbão.

A construção do poço amazonas, junto e à montante do septo impermeável e na porção mais profunda da trincheira, é uma condição imprescindível, pelas seguintes razões:

- Por ser localizado na parte mais profunda da barragem subterrânea, permitirá um melhor aproveitamento da camada saturada de água para captação por bombeamento ou mesmo manualmente;
- permite um contínuo monitoramento da evolução do nível da água, dentro da barragem subterrânea ao longo do período de estiagem, bem como da qualidade da água;
- oferece condições fáceis de fornecimento da água aos moradores da circunvizinhança, que se constitui uma das condições para implantação desse tipo de barramento, pelo poder público em terreno particular, conforme já citado no capítulo anterior; e
- proporciona condições de esgotamento da água da barragem, ao chegar o período das primeiras chuvas anuais, renovando a água e impedindo que sejam desenvolvidos processos de salinização pela evaporação progressiva.

Além desse poço “obrigatório”, outros poços poderão ser construídos ao longo da superfície de acumulação proporcionada pelo barramento subterrâneo, a depender da extensão da área e volumes acumulados; novos poços facilitarão uma melhor distribuição dos pontos d’água para aproveitamentos diversos.

A sua construção pode ser de várias maneiras, mas duas delas se destacam por serem mais comumente empregadas: a de tubulões ou anéis semi-porosos pré-moldados, e a de alvenaria em tijolos.

A construção do poço amazonas, independente do tipo, deve ser na porção mais profunda da trincheira, a fim de que possa ser captada uma maior

espessura saturada de água, bem como proporcionar um total esvaziamento do poço quando se fizer necessário (Figura 41).

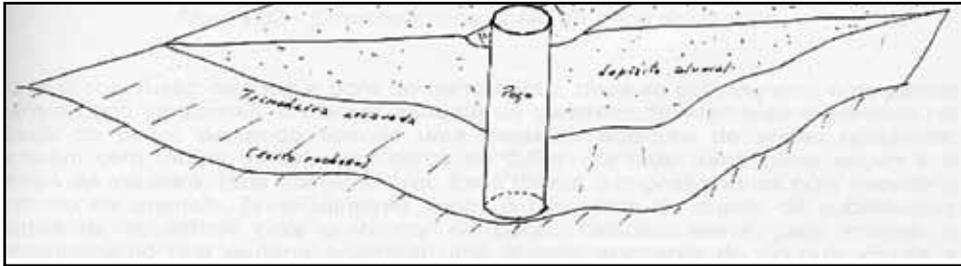


Figura 41 - Posição do Poço Amazonas dentro da Trincheira

Fonte: Costa Duarte (1998).

O primeiro tipo de poço é mais fácil de construir pela rapidez com que é executado. Consiste em superpor anéis, de preferência nas dimensões de 1,0m a 1,2m de diâmetro e altura de 0,5m, para facilitar o carregamento e colocação dos mesmos um sobre o outro.

É recomendável que, antes de por o primeiro anel, seja colocada uma camada de cerca de 0,20m de altura e área de 1,5m x 1,5m, de cascalho ou brita no fundo da trincheira, sobre a qual ficará montado o poço. As finalidades dessa camada de material grosseiro são duas: proporcionar maior permeabilidade para entrada de água pelo fundo do poço e impedir a entrada de material fino de baixo para cima, provocando assoreamento do poço.

Uma vez colocada a camada de cascalho ou brita, será posto o primeiro anel tendo-se o cuidado de efetuar um bom nivelamento com nível de bolha sobre régua, a fim de que o mesmo fique com total verticalidade. Atestada a verticalidade do primeiro anel, os demais serão facilmente colocados um sobre o outro, devendo-se recolocar em volta do anel, uma parte do material retirado na escavação da trincheira para facilitar o acesso, na medida que o poço vai subindo. O último anel deverá ficar com cerca de 0,4m acima da superfície do terreno, podendo chegar até o máximo de 0,80m no caso de o anel não ser na dimensão de 0,5m de altura (é mais comum encontrar-se anéis com 1,0m de altura) (Figura 42).

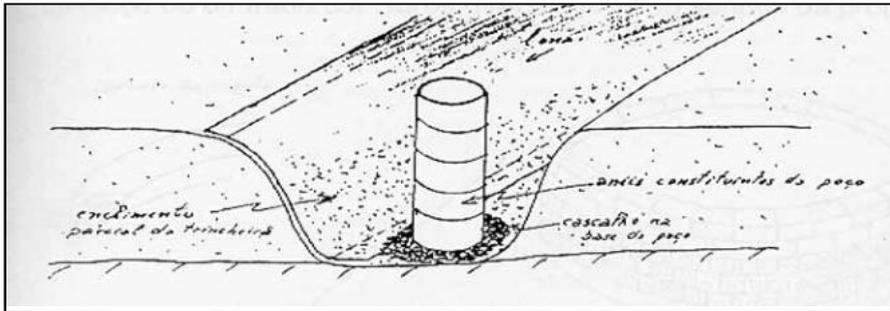


Figura 42 - Colocação dos Anéis do Poço Amazonas
 Fonte: Costa Duarte (1998).

Após a conclusão de toda a obra do barramento, deve-se providenciar uma tampa para o poço amazonas, preferencialmente de concreto, devidamente cimentada na “boca do poço”, deixando apenas uma pequena abertura de seção quadrada, também com tampa móvel, com cerca de 0,5m de lado; uma outra opção é a tampa de madeira, toda ela removível. Essa tampa é imprescindível pois impede a entrada de animais, principalmente sapos e rãs, além da queda de outras substâncias da superfície para o interior do poço. Também serve para impedir o assoreamento acarretado por uma grande enchente do rio que viesse a cobrir o poço.

A construção do poço amazonas de alvenaria e tijolo é uma obra mais demorada, podendo ser executada quando a barragem é feita manualmente, pois, nesse caso, a demora na abertura da vala pode corresponder à da construção do poço, desde que se faça inicialmente a escavação do local presumivelmente mais profundo (após sondagens a trado terem sido executadas). Assim, enquanto se constrói o poço amazonas na zona central da barragem, a equipe de escavadores continua a escavar o restante da trincheira, nos dois sentidos das margens do riacho.

Duas maneiras podem ser empregadas na construção do poço amazonas de alvenaria de tijolo:

- 1ª) Prepara-se na superfície do terreno, no local onde irá ser construído o poço, numa superfície aplainada, uma sapata de concreto com seção triangular, como mostrado na Figura 43, com diâmetro em torno de

2,0m; sobre essa sapata, inicia-se a construção da parede de tijolos, de preferência dos perfurados, ficando os furos direcionados para o interior do poço; após a construção das três primeiras fiadas de tijolos, com uma altura total de cerca de 0,5m, reveste-se externamente os tijolos com uma tela de nylon fina para evitar a entrada de sedimentos pelos orifícios dos tijolos, para o interior do poço. Inicia-se então a escavação dentro do poço, jogando-se para fora o material retirado e, na medida que a escavação vai prosseguindo, o poço vai afundando devido ao seu próprio peso; deve-se ter o cuidado de fazer a escavação uniforme ao longo de toda a parede do poço, a fim de que ele desça igualmente, sem tombar para um lado. Nas fiadas acima das três primeiras, não será necessário colocar tijolos com furos para o interior do poço, podendo ser usado ou tijolo maciço ou o furado, com os furos direcionados no sentido da própria parede.

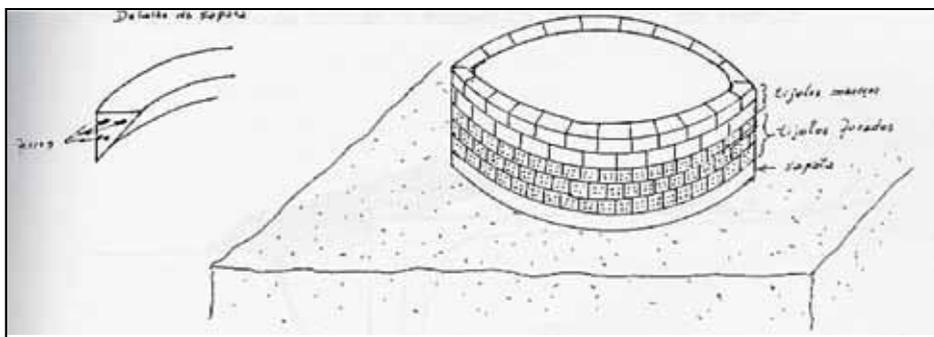


Figura 43 - Construção de Poço Amazonas com Tijolos

Fonte: Costa Duarte (1998).

2ª) Efetua-se primeiro a escavação em diâmetro maior do que o do poço a construir e, ao chegar ao fundo, prepara-se uma base aplainada sobre a qual se constrói a parede do poço. A parede do poço pode ser construída sobre uma sapata, que não precisará ser de base triangular, por não exercer a finalidade cortante que a anterior possuía. A disposição dos tijolos, quanto aos furos, pode ser a mesma do caso anterior.

d) Enchimento da trincheira

Uma vez concluídos o septo impermeável e o poço Amazonas, pode-se encher totalmente a trincheira com o material dela retirado. O seu enchimento pode ser mecanizado ou manual, dependendo do processo utilizando para a sua escavação.

e) Enrocamento de pedras

Estando a superfície do terreno já completamente aplainada, após o enchimento da trincheira, coloca-se um enrocamento de pedras arrumadas, sem rejuntamento de qualquer natureza.

As pedras são de tamanho variável entre 0,3 e 0,5m, podendo ser arredondadas, semiarredondadas ou mesmo angulosas, dependendo de serem originárias de leitos fluviais (em geral semi-arredondadas), quebradas em pedreiras ou de afloramentos rochosos da localidade.

O enrocamento deve possuir uma altura de no máximo 0,5m, pois a sua finalidade não é de barrar inteiramente o curso d'água e sim proporcionar uma retenção parcial de suas águas, a fim de facilitar a infiltração para o subsolo à montante do barramento. Além disso, irá acumular uma lâmina d'água durante alguns dias, o que permitirá a plantação de culturas de alagadiços, como arroz, por exemplo.

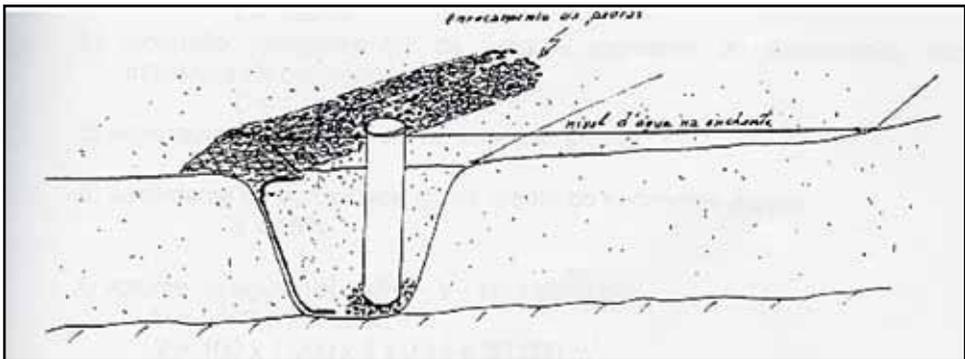


Figura 44 - Enrocamento de Pedras na Superfície

Fonte: Costa Duarte (1998)

Considerando a finalidade de proporcionar uma maior infiltração de água, esse enrocamento não pode ficar situado à montante da barragem subterrânea, mas sim à sua jusante, como mostrado na Figura 44.

f) Piezômetros

Para se avaliar bem a distância alcançada pela água represada e

acompanhar a evolução do rebaixamento do nível, é aconselhável a construção de um a dois piezômetros à montante da barragem subterrânea, dispostos a distâncias variáveis em função da capacidade de acumulação da barragem. De um modo geral, pode-se admitir que os dois piezômetros fiquem distanciados a 100m, um do outro, e o primeiro diste também de 100m do local do barramento.

A construção desses piezômetros é muito simples, podendo ser efetuado um furo a trado, com diâmetro de 3“, e colocado um tubo de plástico PVC de 2” de diâmetro, ranhurado no primeiro metro inferior. Na superfície, deixa-se passar cerca de 0,3m, corta-se e coloca-se uma tampa de plástico de vedação, para evitar que crianças venham a colocar pedrinhas dentro do poço.

3.2.5 - Acumulação de água e análise de custo de uma barragem subterrânea

Para que se tenha uma idéia aproximada sobre a disponibilidade de água, proporcionada por uma barragem subterrânea e do custo da água resultante dessa intervenção, será a seguir apresentado um cálculo hipotético de uma barragem, em função das características do depósito aluvial de uma dada região.

Suponha-se que um vale fluvial apresente, em determinada localidade, as seguintes características, identificadas por um estudo conforme especificado:

- Largura média do depósito aluvial no trecho alcançado pelo barramento: $L = 100 \text{ m}$;
- extensão (comprimento) da área a montante do barramento, sob influência da barragem: $C = 1 \text{ km}$;
- espessura saturada média do depósito aluvial: $E = 2 \text{ m}$; e
- coeficiente de porosidade eficaz médio do sedimento aluvial: $X = 15\%$.

O volume de água disponível - V - será dado por:

$$V = L \times C \times E \times X, \text{ ou:}$$

$$V = 100 \times 1.000 \times 2 \times 0,15 = 30.000 \text{ m}^3$$

Considerando um consumo médio de água na base de 60 l/hab/dia na zona rural, esse volume daria para abastecer 200 famílias durante um ano ou, ainda, irrigar 5 ha durante 8 meses (considerando 4 meses chuvosos).

O custo para um barramento desse é variável em função da largura do vale no local barrável e da espessura do depósito, além do tipo de septo a empregar.

Supondo um eixo barrável de 50m de extensão, com uma profundidade média de 2,0m, com septo de lona plástica e construindo-se o poço amazonas com anéis porosos pré-fabricados, a variável fica apenas por conta do processo ser manual ou mecanizado. Segue-se um orçamento para a construção desse barramento, incluindo até mesmo o custo da pesquisa para escolha do melhor local (orçamento a preços de 1998, com R\$ 1,00 = US\$ 1.15).

- PESQUISA PARA ESCOLHA DO LOCAL

Percentual do salário mensal de um técnico (5%)	R\$	100,00
Despesas de transporte e alimentação	R\$	100,00
	R\$	200,00

- CONSTRUÇÃO COM ESCAVAÇÃO MANUAL

(Trincheira com extensão média de 50m, profundidade média da calha de 2,0m e largura da calha de 1,0m)

Escavação de 100m ³ a R\$ 7,00	R\$	700,00
Enchimento da vala: 100 m ³ a RS 3,00	R\$	300,00
Lona plástica de 200 micras com 6m de largura: (25m a R\$ 2,00)	R\$	50,00
Poço amazonas: 6 anéis de 1,20m de diâmetro	R\$	210,00
Cascalho para base do poço: 1 m ³	R\$	40,00

Pedras para enrocamento	R\$	100,00
Transporte de materiais para a obra (em média)	R\$	100,00
	RS	1.500,00

- CONSTRUÇÃO COM ESCAVACÃO MECANIZADA

(Trincheira com mesma extensão e profundidade, porém com largura em torno de 2,0m)

Escavação de 200 m ³ : 15h de trator a RS 35,00	R\$	525,00
Enchimento de 200 m ³ : 5 h de trator a RS 35,00	R\$	175,00
c + d + e + f + g (idênticas ao item 2)	R\$	500,00
	R\$	1.200,00

Assim, o preço de uma barragem de porte médio irá variar entre R\$ 1.400,00 e R\$ 1.700,00, já incluindo o poço amazonas. Esses preços poderão variar desde R\$ 1.000,00, para pequenas barragens, até RS 3.000,00 para maiores barramentos, quando inclusive se tornar necessário bombeamento para rebaixamento de nível da água.

Considerando uma barragem de médio porte, como a acima exemplificada, com um armazenamento de 60.000 m³ ao preço médio de R\$ 1.500,00, resulta no custo do m³ de apenas R\$ 0,05 (cinco centavos).

3.2.6 - Vantagens das Barragens Subterrâneas sobre as Superficiais

Dentre as inúmeras vantagens para outros tipos de intervenções, especialmente para as barragens superficiais, quando a demanda exigida é compatível com o volume de água passível de ser acumulada nesse depósito, podem ser citadas as seguintes:

- Não há perdas de áreas superficiais por inundação, podendo ser utilizada a própria calha umidificada para plantio, o que implica numa subirrigação;
- há maior proteção da água contra a poluição bacteriana superficial, pois a água fica armazenada na subsuperfície;
- apresenta menor perda por evaporação, pois não existindo “espelho d’água”, a insolação quase não atua (apenas na franja capilar);
- as perdas por infiltração em fraturas do embasamento são muito reduzidas, pois além das diferenças de carga hidráulica à montante da barragem serem muito menor do que nos grandes volumes de água armazenados na superfície, o fluxo através do meio poroso é muito lento, obedecendo a Lei de Darcy;
- representa maior facilidade de construção, pois, sendo o septo encaixado no depósito aluvial, não exige grande espessura de parede e nem ombreiras laterais no vale;
- pelo mesmo motivo, apresenta grande estabilidade da parede (septo) contra a erosão e nenhum risco de desmoronamento;
- apresenta grande economicidade na construção, pois constitui uma obra de pequeno porte, em geral de dimensões muito reduzidas, comparadas com aquelas de barramentos superficiais;
- são de rápida construção, podendo ser executadas em um ou dois dias, quando a operação é mecanizada, ao contrário das superficiais que requerem vários dias, até anos para a sua construção;
- podem ser construídas inteiramente com mão-de-obra localizada, gerando empregos para a população beneficiada;
- dispensa onerosos esquemas de tratamento, manutenção, operação, consumo de energia elétrica e outros gastos comuns nos barramentos superficiais.



Foto 9 –Aspecto da Vala de uma Barragem Subterrânea Vendo-se, ao Centro, a Fundação do Poço Amazonas

Fonte: João Bosco de Oliveira.



Foto 10 – Disposição da Lona de uma Barragem Subterrânea

Fonte: João Bosco de Oliveira.



Foto 11 – Etapas de Conclusão da Barragem Subterrânea
Fonte: João Bosco de Oliveira.



Foto 12 – Etapas de Conclusão da Barragem Subterrânea
Fonte: João Bosco de Oliveira.



Foto 13 –Aproveitamento da Barragem Subterrânea com Capineira
Fonte: João Bosco de Oliveira.



Foto 14 –Aproveitamento da Barragem Subterrânea com Capineira
Fonte: João Bosco de Oliveira.

3.3 - Recuperação e Preservação da Vegetação Ciliar dos Cursos D'água

3.3.1 - Considerações gerais

Esta prática, dentro da visão do PRODHAM, é de fundamental importância, tendo em vista as peculiaridade do uso do solo às margens dos cursos d'água, dentro do semiárido cearense. A pressão sobre essas áreas são decorrentes da elevada densidade demográfica *in situ* e o baixo nível tecnológico adotado pelo agricultor, por meio do método de cultivo degradador.

Nesse contexto, a recuperação e a preservação da vegetação ciliar constitui uma prática de caráter hidroambiental de extrema importância, do ponto de vista de retenção de água, redução da erosão hídrica e redutora dos níveis de assoreamento dos tributários, dentro de cada bacia hidrográfica.

É importante destacar que o escoamento fluvial faz parte integrante do ciclo hidrológico e a sua alimentação se processa através das águas superficiais e das subterrâneas. Por conseguinte, a cobertura vegetal torna-se necessária para a manutenção do processo geomorfológico da bacia hidrográfica.

Finalmente, é importante lembrar que a proporção de águas superficiais para subterrâneas, que alimentam o curso d'água, varia muito com o clima, tipo de solo, tipo de rocha, declividade e cobertura vegetal.

3.3.2 - Principais essências florestais de recomposição da vegetação ciliar.

Entre as principais essências florestais que poderão recompor a faixa de vegetação ciliar destacamos:

a) Carnaúba

- Nome Vulgar – Carnaúbeira
- Nome Científico – *Copernicia Prunífera* (Arr.)

- Família – Palmacea
- Programação – Sementes
- Uso

A carnaúba destaca-se, na região semiárida, como uma espécie vegetal de múltiplos usos dentre os quais destacamos:

- O caule ministra madeira para construção civil e marcenaria, quer inteiro, quer dividido em caibros, barrotes, ripas, calhas e mourões. Até há pouco, era de carnaúba o madeirame da maioria das cobertas. Quase todos os casos compreendidos na sua área de endemismo, até mesmo os edifícios públicos tem, do caule da carnaúba, o travejamento dos tetos e dos soalhos, quando com mais de um piso.
- O grande produto obtido da carnaúba é a cera que reveste as células epidérmicas das folhas, principalmente da página inferior sob a forma de partículas brancas, pulverulentas, de aroma característico. Foi realmente a cera, pela importância comercial adquirida neste século, que elevou a carnaúba à categoria de planta extrativa, por excelência, nos vales cearenses. Aplicada, de início, na fabricação de velas, posteriormente, já em nossos dias, surgiram para a cera diversas aplicações industriais, com amplas repercussões econômicas e sociais.
- No período de grande seca, aproveitava-se o “palmito da carnaúba cuandu” na alimentação humana e animal, pela obtenção de uma fécula amilácea de coloração amarelada com 8,5% de água, 89,84% de amido, 0,75% de sais inorgânico e 0,91% de celulose. Ultimamente, o aproveitamento da folha de carnaúba tem alcançado expressivo valor econômico no artesanato da folha, por meio da confecção de vários utensílios de uso pessoal e decorativo.

b) Juazeiro

- Nome Vulgar – Juazeiro
- Nome Científico – *Zizyphus Joazeiro* (Mart.)

- Família – Ronácea
- Programação – Sementes
- Uso

O Juazeiro é uma planta arbórea típica do sertão. Prefere os solos aluviais argilosos, mas cresce por toda a parte, inclusive nos tabuleiros mais áridos e pedregosos, onde adquire feição quase arbustiva. Conserva-se sempre verde, nunca se despe de toda folhagem, que renova no mês de outubro, mesmo nas rigorosas secas, graças ao amplo e profundo sistema radicular, capaz de coletar a escassa umidade existente no subsolo.

Além da sombra que oferece, mitigando a insolação, suas folhas e ramos constituem um dos mais valiosos recursos alimentares para o gado, nos períodos secos.

Segundo Pompeu Sobrinho (1918 apud BRAGA, 1953), a composição química da folhagem é a seguinte:

- Matéria orgânica total – 59,10%
- Substância azotada – 10,20%
- Substância gordurosa – 1,06 %
- Extrativo não azotado – 29,60 %
- Celulose – 16,20 %

Segundo Kellner e Woff (1948 apud BRAGA, 1953) a folhagem apresenta a seguinte composição:

- Unidades nutritivas – 56,10
- Valor nutritivo em amido – 57,70%
- Valor nutritivo em calorías – 231,2

- Relação nutritiva – 1:4,71
- c) Oiticica
- Nome Vulgar – Oiticica
 - Nome Científico – *Licania rígida* (Benth)
 - Família – Rosacea
 - Propagação – Sementes e mudas
 - Uso

A Oiticica é uma árvore de grande porte, cresce nos aluviões profundos dos rios e riachos, formando longos e estreitas alamedas à margem dos barrancos ou dispersa dentro das várzeas. Esta feição florística, foi intensamente depredada pela ação do homem, com o desmatamento das áreas ribeirinhas.

A madeira da oiticica é de coloração branca, de fibras interlaçadas, muito resistente ao esmagamento, usa-se na confecção de rodas de carro de boi e pilões.

Em época de grande secas, quando o pasto desaparece por completo, o gado aproveita as folha mais tenras.

O seu valor econômico, entretanto, advém das sementes ricas em óleo (60%), próprio para tintas e vernizes de alto teor secativo.

d) Marizeira (Umari)

- Nome Vulgar – Marizeira ou Umari
- Nome Científico – *Geoffraea spinosa* (Jacq.)
- Família – Leguminosas Papilionóideas
- Propagação – Sementes

- Uso

Árvore de grande porte, frondosa, desenvolve-se em todas as várzeas. Também conhecida como “árvore que verte água”, dado o fato de esta planta verter água pelos brotos, no princípio da estação chuvosa. Para os sertanejos, o fato é considerado como excelente sinal de chuva abundante.

Os frutos, embora um pouco amargos, comem-se cozidos ou em forma de mingaus, nos períodos secos e mesmo nos tempos normais. Desses frutos, retira uma massa (mesocarpo), tida como expectorante e vermífugo.

As folhas constituem substancial ração para o gado e o chá das mesmas, misturadas com os brotos, passa por emenagogo e antidiarreico.

e) Canafístula

- Nome Vulgar – Canafístula
- Nome Científico – *Cassia Fístula* (Linn.)
- Família – Leguminosas Casalpinóideas
- Propagação – Sementes
- Uso

Árvore de grande porte, fruto em vargem. A polpa da semente tem poder laxativo e purgativo.

A folhagem conserva-se verde por todo o verão, mesmo em período de secas prolongadas, e a rama é bastante utilizada na alimentação animal.

f) Ingazeira

- Nome Vulgar – Ingazeira
- Nome Científico – *Inga bahiensis*
- Família – Leguminosas Mimosóideas

- Propagação – Sementes e mudas
- Uso

Em geral, são árvores de porte pouco elevado, bem esgalhadas, fruto em vargens longas e retas, contendo semente de polpa doce e comestível.

Fornecem madeira de coloração branca ou avermelhada, utilizada para lenha, caixotaria e confecção de cangalhas. Encontra-se nos sítios úmidos do litoral, nas serras frescas e no sertão, restritas as várzeas ou acompanhando a margem dos rios.

g) Mutamba

- Nome Vulgar – Mutamba
- Nome Científico – *Guazuma ulmifolia* (Lam.)
- Família – Esterculiaceas
- Propagação – Sementes e estacas
- Uso

Árvore de porte mediano, de ramagem densa e larga. A madeira, de coloração branco rosada, presta-se para obras internas, carpintaria, tornoaria e caixotaria. Os frutos e as folhas novas servem para alimentação do gado. A casca produz fibras resistentes para cordoaria e tecidos.

Na medicina doméstica, a entrecasca é usada como adstringente antiblenorrágico, expectorante e na obtenção de loções, para impedir a queda do cabelo e destruir as afecções parasitárias do couro cabeludo.

h) Mulungu

- Nome Vulgar – Mulungu
- Nome Científico – *Erythrina velutina* (Willd)

- Família – Leguminosas Papilionóideas
- Propagação – Sementes
- Uso

Árvore de porte alto, tronco e ramos com pouca espinho. A madeira é leve, de coloração branca e porosa e quase não tem aplicação.

Quanto ao aproveitamento na medicina caseira, a infusão da casca constitui um poderoso calmante e peitoral, também utilizado para apressar a maturação dos abscessos das gengivas.

No reflorestamento ciliar, além de ser usado para proteção das margens dos rios, poderá ser empregado, com espécies frutícolas arbóreas, para o fornecimento de frutos comestíveis, associado a outras espécie de interesse econômico e ambiental.

Dentre as espécie frutícolas destacamos:

a) Caju

- Nome Vulgar – Cajueiro
- Nome Científico – *Anacardium Occidentale* (Linn.)
- Família – Anacardiáceas
- Propagação – Sementes
- Uso

O pedúnculo floral hiperatrofiado (pseudo fruto), o caju propriamente dito, apresenta uso múltiplo, variando desde do consumo “in natura” até a sua industrialização, na forma de suco, doce, bebidas diversas etc.

A castanha, fruto verdadeiro, apresenta expressivo valor comercial e industrial.

b) Ata

- Nome Vulgar – Pinha, fruta do conde, ata
- Nome Científico – *Annona squamosa* (Linn.)
- Família – Anonáceas
- Propagação – Sementes
- Uso

O fruto é verdadeiramente estimado pela delicadeza, sabor e perfume de sua polpa, dividida em bagos com semente. As folhas, em infusão, são estomacais e, contusas, empregadas em sinapismos nas dores de cabeça e neuralgias, reduzidas a pó tem ação de inseticidas.

Segundo Braga (1953), a composição química do fruto maduro é composta por: água 62,90%, cinzas 1,00%, celulose 12,00%, resina 0,30% matéria azotada 2,80%, fécula 1,73%, pentaglicose 0,80%, ácido tartárico 0,37% e glicose 11,70%.

c) Manga

- Nome Vulgar – Mangueira
- Nome Científico – *Mangifera indica* (Linn)
- Família – Anacardiáceas
- Propagação – Sementes e Mudas
- Uso

A mangueira é uma árvore de relativa facilidade de implantação nas áreas ribeirinhas sem uso da irrigação.

Do ponto de vista medicinal, o uso da manga é recomendado no tratamento das bronquites crônicas e outras afecções do peito, contra a disenteria, hemorragias intestinais e catarro da bexiga, graças à presença da terebintina e

outros principais constituintes da fruta. Ainda é diurética e estimulante láctea.

d) Umbu

- Nome Vulgar – Umbu ou Imbu
- Nome Científico – *Spondias tuberosa* (Arr. Cam.)
- Família – Anacardiáceas
- Propagação – Sementes e estacas
- Uso

Árvore de porte baixo, tronco atrofiado e retorcido. A frutificação que se verifica no início das chuvas é abundante, com produtividade superior 300 kg/pé/ano. Os frutos produzem sucos adocicado e polpas, ricos em vitamina C, encerrando 33,3 mg/cc de ácido ascórbico. No momento, a Embrapa vem desenvolvendo projeto de pesquisa para melhoramento e reprodução da espécie.

O umbuzeiro armazena, em xilopódio ou “batata”, nas raízes, regular quantidade de água, mucilagens, amido e glicose para época de seca. Nos períodos de fome aguda, os habitantes dos sertões aproveitam a “batata” para matar a sede e a fome.

e) Cajá

- Nome Vulgar – Cajazeira ou Caja
- Nome Científico – *Spondias Lutea* (Linn.)
- Família – Anacardiáceas
- Propagação – Sementes ou estacas
- Uso

Árvore de porte alto e ereta, atingindo mais de 20m altura, revestida de casca cinzenta, rugosa, saliente e fendida.

O fruto é comestível e presta-se à confecção de geleias e compotas, mas o seu grande valor está como refrigerante de sabor excelente.

A casca, “caracas” na denominação popular, presta-se para à modelagem e à xilogravura. Usa-se a infusão da casca em gargarejos e as sementes contusas, nas retenções de urina e catarros de bexiga. Cria-se, na extremidade de suas raízes, um tubérculo que outrora, por ocasião das grandes secas, era colhido para o fabrico de farinha.



Foto 15 – Aspectos da Vegetação Ciliar do Rio Cangati, Canindé, CE.
Fonte: João Bosco de Oliveira.



Foto 16 – Aspectos da Vegetação Ciliar dos Cursos D' água
Fonte: João Bosco de Oliveira.



Foto 17 –Vegetação Ciliar de Carnaubeiras
Fonte: www.digitalmemory.com.br/piaui/piaui.html

f) Tamarindo

- Nome Vulgar – Tamarindo ou Tamarino
- Nome Científico – *Tamarindus indica* (Linn)
- Família – Leguminosas Cesalpinióideas
- Propagação – Sementes
- Uso

A madeira do tamarindo presta-se para a confecção de móveis e carvão, além de ter qualidades ornamentais.

A polpa encerra 11,32% de ácidos (tartárico, cítrico, málico) e 21,32% de açúcares. É consumido “in natura” nas formas de sorvetes, refrescos e doces. Bastante utilizado face a suas propriedades refrigerantes e laxante, sendo aconselhado na prisão de ventre e hemorróidas. Suas folhas podem ser usado como forrageira.

3.4 - Recuperação de Áreas Degradadas

3.4.1 - Considerações gerais

Esta prática destina-se a áreas que sofreram processo de erosão de severa, em que parte do horizonte superficial do solo foi erodido. Sua recuperação será efetuada pela combinação de práticas edáficas e de reflorestamento conservacionista.

Por reflorestamento conservacionista entende-se o reflorestamento cujo objetivo básico é a obtenção de benefícios indiretos, decorrentes da presença da cobertura vegetal.

Dentre os valores indiretos podem ser citados o melhoramento do clima local, a proteção à fauna, prevenção da erosão e à regularização do ciclo hidrológico, bem como a manutenção da qualidade da água.

A melhoria das condições do solo, pela presença da cobertura vegetal, é bastante conhecida e envolve melhora das qualidades físicas e químicas. Aumenta a atividade da fauna, do solo, os teores de matéria orgânica, a capacidade de armazenamento d'água e a aeração.

3.4.2 - Principais essências florestais para recuperação de áreas degradadas.

Entre as principais essências florestais que poderão ser utilizados na recuperação de áreas degradadas, destacamos:

a) Sabiá

- Nome Vulgar – Sabiá
- Nome Científico – *Mimosa Caesalpiniaefolia* (Benth.)
- Família – Leguminosas minosóideas
- Propagação – Por sementes e estaquia
- Uso

Na alimentação animal – as folhas e frutos maduros ou secos são forragens de alto valor nutritivo para caprinos, ovinos e bovinos.

Na produção de madeira – a planta é excelente para a produção de estacas, mourões, linha, forquilhas e esteios. É muito resistente a umidade e em função de sua elevada densidade, serve para fabricação de carvão com elevado calor específico.

b) Mororó

- Nome Vulgar – Mororó
- Nome Científico – *Bauhinia Forficata* (Link.)
- Família – Leguminosas Cesalpincárdeas

- Propagação – Sementes
- Uso

Na alimentação animal – as folhas e as ramos são forragens para caprinos, ovinos e bovinos.

Na produção de madeira – o caule é utilizado como estaca e linha de boa qualidade.

No uso medicinal – a casca é utilizada como adstringentes e peitoral.

c) Aroeira

- Nome Vulgar – Aroeira
- Nome Científico – *Astronium urundeuva* (Engl.)
- Família – Anacardiáceas
- Propagação – Sementes
- Uso

Na produção de madeira – árvore de cerne roxo-escuro, duro, usada na construção civil, para vigamento, postes mourões dormentes, obras hidráulicas, quase imputrescível ao contato com o solo.

No uso medicinal – as cascas tem ação balsâmica e hemotástica, usadas contra as doenças das vias respiratórias do aparelho urinário, nas hemoptises e metrorragias.

No uso industrial – dado o elevado teor de tanino, na casca, é utilizada na indústria de curtume.

d) Catingueira

- Nome Vulgar – Catingueira verdadeira

- Nome Científico – *Caesalpinia pyramidalis* (Tul)
- Família – Leguminosas Cesalpinódeas
- Propagação – Sementes
- Uso

Na alimentação animal – as folhas verdes ou fenadas servem de forragem para os animais, suas vargens devem ser utilizadas com cuidado, dado o fato das vargens ter as pontas muito finas, que podem furar o intestino dos animais provocando morte.

Como planta medicinal – as folhas, flores e cascas são usadas para tratar doenças catarrais, diarréias e disenterias.

Na produção de madeira – é usada para lenha, estacas, mourões e na fabricação de carvão.

e) Algaroba

- Nome Vulgar – Algaroba
- Nome Científico – *Prosopis juliflora* (DC)
- Família – Leguminosas mimosóideas
- Propagação – Sementes
- Uso

A árvore adulta produz, em média por pé, cerca de 20 kg de frutas, com a seguinte composição: unidade 17,02%, proteína bruta 12,93%, extrato etéreo 4,06%, extrato nitrogenados 41,16%, fibra bruta 19,08% e resíduo mineral 3,75%.

Na alimentação animal – além da folhagem, o fruto é alimento nutritivo para o rebanho bovino, ovino e caprino, inclusive para o homem, no período

de escassez de alimento.

Na produção de madeira – a algaroba apresenta cerne pesado, compacto, servindo para construção de móveis dormentes, estacas, lenha e carvão.

f) Leucena

- Nome Vulgar – Leucena
- Nome Científico – *Leucena leucocephala* (S.P)
- Família – Leguminosas mimosóideas
- Propagação – Sementes
- Uso

Na alimentação animal – excelente essência forrageira com alto teor protéico, destinado à alimentação do rebanho bovino, ovinos e caprinos.

A leucena pode ser consorciada com culturas de subsistência, para a formação de banco de proteína, reduzindo desta forma o seu custo de implantação.

g) Angico

- Nome Vulgar – Angico
- Nome Científico – *Piptadenia macrocarpa* (Benth)
- Família – Leguminosas mimosóideas
- Propagação – Sementes
- Uso

Na produção de madeira – o angico fornece madeira para tabuados, vigamentos, tacos e trabalhos de marcenaria. Ótimo para confecção de móveis finos, lenha e carvão. A casca, pelo tanino que encerra (32%), é indispensável à

indústria de curtume.

Como planta medicinal – as cascas em infusão, xarope, maceração e tintura são hemostáticas depurativas adstringentes e peitorais.

h) Favela

- Nome Vulgar – Faveleira ou Favela
- Nome Científico – *Cnidoscolus phyllacanthus* (Pax & K. Hoffm)
- Família – Euforbiaceas
- Propagação – Sementes e estacas
- Uso

Na alimentação animal – as folhas, quando maduras, e as cascas verdes são forragem para bovinos, caprinos, ovinos e suínos.

Na produção da madeira – tem madeira leve e branca, usada para fazer tamancos, além de servir para tábuas de portas e caixotes.



Foto 18 – Aspectos de Degradação do Solo

Fonte: João Bosco de Oliveira.



Foto 19 – Aspectos de Degradação do Solo
Fonte: João Bosco de Oliveira.



Foto 20 – Detalhe do Cultivo em Linha (2,5m X 2,5m) do Sabiazal, Observando-se a Cobertura da Folhagem Fenada Naturalmente: Recuperação das Áreas Degradadas
Fonte: José Armando Diógenes.



Foto 21 – Catingueira

Fonte: www.aprendendo.wordpress.com/2006/05/11/catingueira/

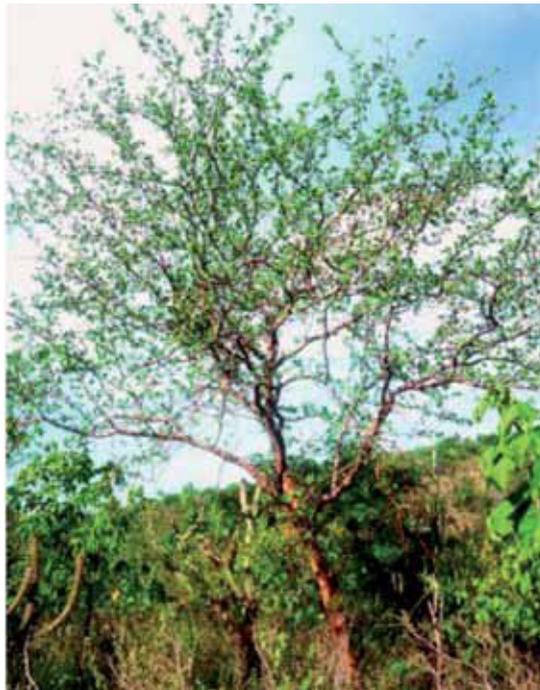


Foto 22 – Faveleira

Fonte: www.cnip.org.br



Foto: 23 - Umbuzeiro

Fonte: www.3.bp.blogspot.com/.../m2Cx CpjWx1c/s320/icf5S.JPG
- EMBRAPA Semiárido



Foto 24 - Juazeiro

Fonte: www.focadoemvoce.com/caatinga/fotos/juazeiro.jpg



Foto 25 - Mororó
Fonte: João Bosco de Oliveira



Foto 26 - Sabiá
Fonte: João Bosco de Oliveira

As sementes, como demonstram os estudos do S.A.I./MA, dando à favela uma posição de destaque como produtora de óleo alimentício e de farinha, são ricas em sais minerais e principalmente proteínas, conforme análise:

i) Óleo

- Óleo extraído das amêndoas 51,9%
- Índice de saponificação 192,6
- Índice de acidez 0,76
- Acidez ácido oleico 0,38
- Densidade 15°C 0,92
- Índice de refração 1,47

j) Torta

- Umidade 2,98%
- Matérias minerais 8,32%

- CaO 0,68%
- P₂ O₅ 4,28%
- Proteínas 66,31%
- Glicose 3,58%

3.5 - Abastecimento Comunitário – (Poços e Cisterna)

Um dos mais sérios problemas ambientais do meio rural, refere-se à poluição dos mananciais de superfície, provocado pelo uso inadequado da água destinada ao abastecimento humano e animal.

O controle da poluição e contaminação das águas é fundamental para a manutenção de uma boa qualidade de vida e deve estar integrado às ações de um correto manejo das microbacias hidrográficas.

A perfuração de poços profundos, associados à construção de cisternas e poços amazonas, apresenta-se como alternativas de abastecimento d'água para o consumo humano e animal, nas áreas de domínio das bacias hidrográficas.

A carência no abastecimento de água, aumenta de magnitude nos meses secos (verão) e nos anos de baixa precipitação pluviométrica. No caso de poços profundos, na região cristalina do semiárido, o uso de dessanilizadores torna-se vital, diante do fato de a qualidade da água, na região semiárida cearense, ser oriunda de uma formação geológica cristalina, com vazões reduzidas e elevada salinidade.

3.6 - Adequação de Estradas Vicinais

3.6.1 - Considerações gerais

Ao buscar-se o manejo Integrado do solo e da água, não se pode prescindir de medidas complementares das estradas, situadas dentro da microbacia hidrográfica. A inadequação das estradas, não integrada ao correto sistema de

manejo de solos, faz com que inúmeros problemas ocorram, agravando a erosão nas áreas de exploração agropecuária, bem como dificultando a manutenção e acelerando a degradação dessas.

A manutenção de estradas, mal locadas e mal construídas, é de alto custo e difícil execução, onerando as prefeituras municipais. Ao mesmo tempo, uma vez resolvido o problema da água das lavouras, que é jogada nas estradas, torna-se necessário solucionar o problema representado pela água captada pelas estradas e que adentram pelas áreas de agropecuária, acelerando a erosão e, até mesmo, impossibilitando a instalação de práticas conservacionistas.

Assim sendo, a adequação de estradas, de modo integrada às práticas de manejo de solos, propicia um melhor controle da erosão, bem como reduz drasticamente as necessidades e custos de manutenção, o que representa substancial economia ao município e ao produtor rural.

As obras de adequação de estradas compreendem, basicamente, a realocação de trechos críticos, a correção do leito de rolagem, o revestimento primário de trechos críticos, a construção de caixas de infiltração e a construção de lombadas para integração ao sistema de terraceamento e às caixas de infiltração.

3.6.2 - Tecnologia disponível

O trabalho em estradas, de maneira integrada com as demais práticas de manejo de solo, deve levar em consideração alguns princípios básicos, citados abaixo:

- A água das áreas de agropecuária não deve chegar às estradas; e
- a água, captada pelo leito da estrada, deve ser bem distribuída nas áreas de agropecuária, de modo a não causarem erosão.

Para tanto, se deve implantar, simultaneamente, o sistema de conservação de solos e a adequação das estradas. Sempre que possível, recomenda-se trabalhar

a adequação das estradas no seu traçado (leito) original, sem relocação de traçado. Esta relocação é recomendada quando não se pode solucionar algum problema sério apenas com as práticas de adequação. As principais situações, em que a relocação de trechos de leito de estrada pode ser necessária, são:

- Quando a pendente for excessivamente longa e provocar exclusivo acúmulo d'água, pode-se relocar o traçado, para redução do comprimento de rampa, observando o limite de inclinação admissível para o tipo de tráfego da área;
- quando o custo de adequação do leito original for mais caro que relocar o leito em novo traçado; e
- quando não for possível, no feito original, solucionar algum problema técnico de entrada d'água na propriedade ou na própria estrada.

Quando se torna necessário relocar o traçado da estrada, uma vez demarcado esse traçado, todas as demais ações são iguais às de adequação de estradas no leito original, sendo, portanto, neste trabalho, descrito apenas as diversas formas e ações de adequação de estradas.

O leito abandonado face à realocação, deverá ser recuperado para o sistema produtivo (lavouras, criações, reflorestamento) ou preservacionista.

Definições e parâmetros técnicos das obras a realizar

Lombadas

São barreiras mecânicas, construídas ao longo das pendentes das estradas, destinadas a interceptar o escoamento de águas pluviais da estrada e conduzi-las aos terraços ou às caixas de retenção.

- Parâmetros :
 - Espaçamento: o mesmo do terracamento
- Dimensões médias:

- Comprimento: Igual a largura da estrada + ligação à caixa de refiltração ou terraço
- Largura: 3 a 6 metros
- Altura final (compactada): 0,3 a 0,5m

Caixas de retenção

São escavações no solo, normalmente construídas em solos arenosos, ao longo das pendentes, destinadas a receber as águas pluviais interceptadas pelas lombadas, obrigando-as a se infiltrarem no solo. Nas estradas do arenito, nem sempre é possível usar a lombada como um prolongamento do terraço, pois o leito pode ser profundo demais ou devido à cobertura permanente.

- Parâmetros
 - As caixas de retenção devem ser calculadas em função da área de captação e da precipitação pluviométrica (média das máximas para determinado tempo de recorrência).
 - Dimensões médias (comprimento x largura x altura): De 2 x 3 x 2m a 3 X 3 x 2m (de 12 a 18 m³).

Observação: uma de cada lado da estrada.

Correções do leito

São serviços de corte e movimentação de terra, realizados por motoniveladora, pá carregadeira ou trator de esteira, com a finalidade de aterrar sulcos e voçorocas laterais à estrada (Figura 45) e/ou suavizar taludes laterais, com largura variável entre 3,50 m a 6,00 m, além de abaulamento e compactação do leito das estradas.

- **Suavização dos taludes:** no basalto (culturas anuais), deixar inclinação de talude, tal que permita mecanização e propicie um desvio não muito acentuado do terraço na sua junção com a lombada (Figura 46);

No arenito, deve-se considerar a erosão no talude, suavizando-se o máximo possível (função da exploração e do desnível do barranco), cuidando-se ainda da implantação de grama e arborização.

- **Revestimento:** consiste na deposição de pedras (cascalho) sobre o leito corrigido, ao longo das pendentes mais críticas, compactando-se logo a seguir.

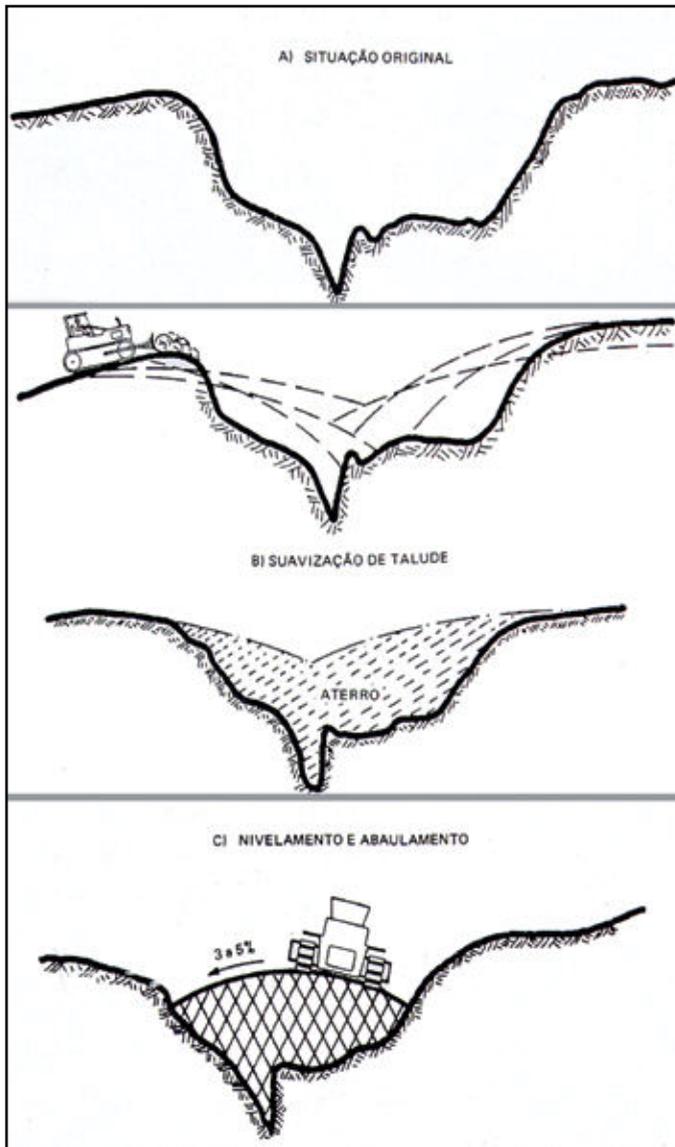


Figura 45 – Correção de Leito de Estrada pelo Aterramento de Sulcos e Voçorocas Laterais à Estrada
 Fonte: IAPAR (1998).

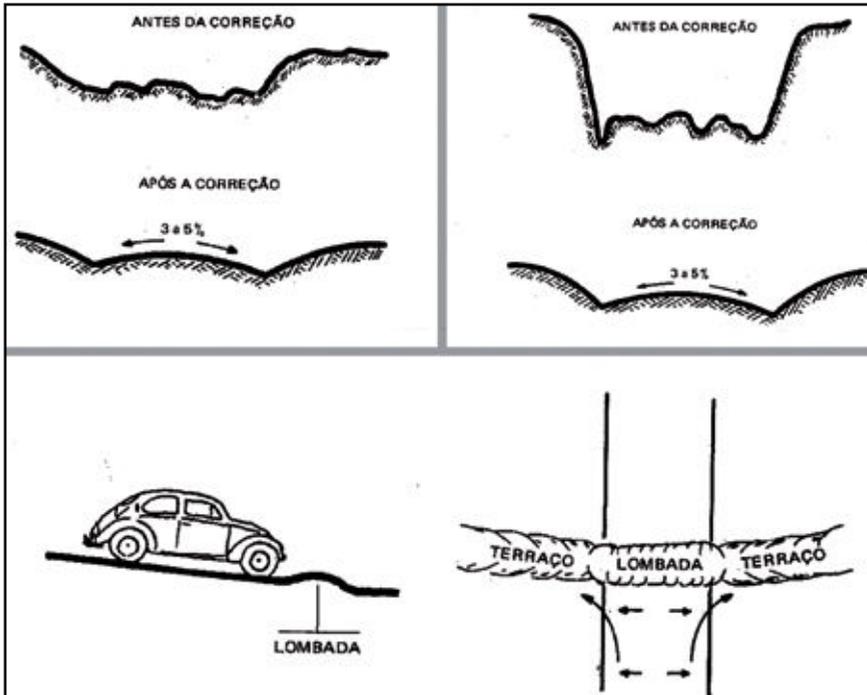


Figura 46 - Correção de Leito de Estrada pela Suavização de Taludes
Fonte: IAPAR (1998).

3.6.3 - Implantação e Execução

Como descrição geral do trabalho de readequação de estradas e carreadores, pode-se colocá-la como sendo ações de corte e aterro destinadas a regularizar o leito de estrada e elevar o nível da pista de rolamento

Ações de corte e aterro destinadas a regularizar o leito de estrada e elevar o nível da pista de rolamento ao mais próximo possível do nível do terreno, obtendo terra, para isso, pelo desbarrancamento (suavização) dos taludes laterais. O leito da estrada é abaulado para condução d'água da chuva pelas laterais, a qual é conduzida para caixas de infiltração ou terraços, por meio de lombadas construídas ao longo da estrada. Para tal, segue-se as seguintes etapas principais:

a) Levantamento/Planejamento

- Levantar problemas e pontos críticos
- Propor soluções adequadas
- Dimensionar as obras por tipo de operação
 - Medidas
 - Volumes
 - Cronograma
- Selecionar os equipamentos necessários

b) Execução

- Locar as obras necessárias
 - cortes
 - aterros
 - caixas
 - alinhamento do leito

c) Complementação

- Gramar taludes e arborização; e
- implantação de terraço ou cordão de proteção à montante da estrada ou trecho de estrada locado em nível, associado à vegetação permanente de gramíneas.

d) Manutenção

- Até a consolidação do talude e a sua completa cobertura pela grama, manter a limpeza periódica das caixas de infiltração.
- Após a primeira chuva, realizar renivelamento da estrada e reforma da lombada, devido à formação de trilhos no solo, ainda não bem compactados.

3.6.4 - Situações Específicas e Observações

a) Existência de voçorocas nas laterais da estrada

- Deve-se garantir que as entradas de água na estrada estejam isoladas e controladas antes do início das obras de adequação.
- Aterra-se a voçoroca com a terra retirada para suavização do talude, procedendo-se a melhor compactação possível. Após, executa-se o nivelamento, abaulamento, integração com terraços ou caixas e revestimento primário de trechos críticos.

b) Vegetação existente nos taludes antes da suavização

- A vegetação existente nos barrancos das estradas (napier, colônia, capoeira, etc) deve ser eliminada, não podendo ser incorporada ao leito da estrada.

c) Taludes no arenito

- Torna-se indispensável gramar os taludes no arenito, para evitar assoreamento das caixas de infiltração. Pode ser utilizado grama seda, estrela africana etc.

d) Água advinda de núcleos urbanos

- Em virtude da complexidade da questão, torna-se necessário acionar os órgãos que atuam na questão das periurbanas, realizando-se projeto integrado e específico para a questão.

e) Água advinda de estradas estaduais ou federais

- Torna-se necessário um levantamento da situação, para discussão com o Departamento de Edificações e Rodovias do Estado do Ceará (DER) ou Departamento Nacional de Estradas e Rodagem (DNER), visando projeto específico.

f) Estrados locados em nível

- Normalmente, em fundos de vale ou meia encosta, devem receber a proteção de um terraço ou cordão vegetado à montante de seu leito, de modo a evitar-se a deposição de solo erodido no leito da estrada.
- Neste caso o terraço, ou outra forma de controle ao escoamento superficial que for implantado à jusante do leito, deverá estar num espaçamento menor que o recomendado pela tabela, para compensar a superfície selada da estrada.

g) Readequação de bueiros, pontilhões e manilhamento

- Quando necessário, deve ser previamente ajustado com as prefeituras municipais a participação na execução e custos das obras.

h) Negociações

- É imprescindível a negociação prévia com os produtores, prefeituras ou órgãos responsáveis, para deixar clara a participação e preservar a responsabilidade de cada um. Na suavização dos taludes ou na retificação do traçado da estrada, há, muitas vezes, a necessidade de se eliminar ruas de plantio e/ou espécies florestais, retirar cercas, deslocar postes de energia elétrica ou telefone, construir ou reconstruir/deslocar pontilhões, bueiros etc. Tudo isso deve estar previamente ajustado, antes do início dos trabalhos, estando todas as partes envolvidas devidamente acordadas.

Tabela 1 – Gastos de Horas – Máquinas e de Combustível no Trabalho de Readequação de Estradas

OPERAÇÃO	EQUIPAMENTO	VOLUME DE REFERÊNCIA	RENDIMENTO	N.º DE HORAS	GASTOS DE COMBUSTÍVEL	OBSERVAÇÃO
Suavização talude	FIAT A8 7 8	-	120 A3/H	-	-	-
Corte e amontoa	CAT 04	600 m ³ /km	-	20h	400 l	Cascalho
Transporte	Caminhão Ford Basculante	600 m ³ /km	-	24h	320 l	Cascalho
Espalhamento	Motoniveladora	600 m ³ /km	-	30h	300 l	Cascalho
Compactação	Rolo compressor	600 m ³ /km	10 h/km	10h	200l	Cascalho
Levantamento de leito	CAT 06	600 m ³ /km	-	34h	680 l	-
Abaulamento	Motoniveladora	600 m ³ /km	-	10h	300 l	-
Construção de caixas	Pá carregadeira	-	90 m ³ /km	-	18 l/h	Média de 20 minutos por caixa
Construção de lombadas	Komatsu D50	-	1,5 h/l lombada 20 lombada/km	-	20 l/h	-

Fonte: IAPAR (1998).

OBS: LARGURA MÉDIA DA ESTRADA: 6,5m.

Práticas Alternativas de Controle Edáfico 4

4 – PRÁTICAS ALTERNATIVAS DE CONTROLE EDÁFICO

4.1 - Terraceamento¹

4.1.1 - Conceito

Terraços são estruturas conservacionistas que constam de um camalhão (ou dique), um canal ou um conjunto de camalhão e canal, construídos cortando o declive do terreno e espaçados convenientemente.

Diferentes tipos de terraços têm sido desenvolvidos. Para efeito de classificação podem ser agrupados de acordo com:

a) O método de descarga da enxurrada

- **Terraços de retenção:** são terraços construídos com o canal em nível e as extremidades bloqueadas, de tal maneira que a água de enxurrada é retida no canal até infiltrar-se no perfil do solo. Este é indicado para solos profundos e permeáveis e boa condutividade hidráulica.
- **Terraços de drenagem:** são terraços construídos com o canal em pequeno declive, de tal maneira que a água que alcança o canal é conduzida para fora da área protegida. Deve ser dirigida, quando possível, para os talveges protegidos.
- **Terraços mistos:** são terraços construídos com o canal em pequeno declive e com uma zona de acúmulo de enxurrada, onde um tubo de tomada de água ligada a um dreno subterrâneo, vagarosamente, elimina o excesso da enxurrada que não consegue infiltrar-se no solo.

b) A seção transversal

- **Terraço de base larga:** são terraços em que tanto o canal como o camalhão permitem a mecanização (Figura 47). A largura da faixa de movimentação de terra para este tipo de terraço é de seis a doze metros.
- **Terraços de base média:** apresentam uma faixa de movimentação de

¹ - Recomendações Técnicas do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo da EMBRAPA.

terra de três a seis metros, não podendo, pois, ser trabalhados pelo maquinário agrícola moderno.

- **Terraços de base estreita (cordões em cortorno):** terraços em que as dimensões e a declividade do canal e dos lados do camalhão são tais, que não permitem a mecanização. Os taludes do camalhão são geralmente construídos com declive de 2:1 ou mais e, normalmente, mantidos gramados para maior estabilidade. A largura da faixa de movimentação de terra é de dois a três metros. (Figura 48).
- **Terraços com o talude posterior do dique íngreme:** terraços passíveis de serem cultivados com maquinário agrícola no canal e no talude anterior do camalhão, mas que não podem ser cultivados no talude posterior, devido serem construídos com um declive de 2:1 ou mais. Normalmente, o talude posterior do dique é mantido gramado para maior estabilidade. (Figura 49).
- **Terraço tipo Zingg:** são terraços construídos com canal largo e plano. Tanto o canal como os taludes do dique devem ser suficientemente largos para possibilitar a mecanização do terreno. (Figura 50).
- **Terraços em patamar:** são terraços que constam de patamares e taludes. (Figura 51). Os patamares são construídos cortando a linha de maior declive e com declividade contrária à do terreno. Os taludes são bastante íngremes (geralmente 1:1) e são normalmente mantidos vegetados. A largura do patamar deve ser escolhida de acordo com o tipo de cultura e manejo.

c) O alinhamento

- **Terraços paralelos:** são terraços construídos com espaçamento constante em todo o comprimento ou, em condições de relevo irregular, em secções paralelas e com diferentes espaçamentos.
- **Terraços não paralelos:** são terraços construídos com espaçamento variável.

4.1.2 - Finalidade

Os terraços são quase sempre utilizados com a finalidade de reduzir a erosão. Isto é possível porque a divisão da pendente, em segmentos relativamente curtos, evita que o escoamento superficial alcance velocidades erosivas.

Praticamente todos os tipos de terraços descritos anteriormente exercem uma ação efetiva no controle da erosão. Quando adequadamente planejados e construídos, os terraços podem ainda atender a outros fins, como por exemplo:

- a) Aumentar a capacidade de retenção de água pelo solo para o uso das culturas. São particularmente eficientes para isto, os terraços de retenção mistos e tipo Zingg. Nesses tipos de terraços, a água da enxurrada permanece no canal até que, total ou parcialmente, infiltre-se no perfil do solo.
- b) Reduzir o teor de sedimento na enxurrada. Reduzindo a velocidade do escoamento superficial, os terraços contribuem, também, para que a quantidade de partículas de solo transportada seja substancialmente reduzida, já que a capacidade de transporte de sedimento é proporcional a quarta potência da velocidade da enxurrada. Todos os tipos de terraço são capazes de, significativamente, reduzir os níveis de concentração de material sólido na enxurrada.
- c) Reduzir o pico de descarga de cursos d'água. Os terraços que propiciam maior infiltração de água no solo (terraço de retenção, terraço em patamar e terraço tipo Zingg) são bastante eficientes na redução do pico de descarga de pequenas bacias hidrográficas. Isso é de grande importância, pois auxilia no controle do risco de inundação de áreas mais baixas.
- d) Melhorar a topografia e a mecanização das áreas agrícolas. Muitas terras, sob uso intensivo e sujeitas à ação erosiva das águas, apresentam sulcos que tendem a evoluir, formando voçorocas, que, por sua vez, reduzem a área agricultável e afetam sensivelmente o rendimento das máquinas agrícolas. O terraceamento, quando bem planejado, evita a formação dos sulcos de erosão. Quando feitos paralelos, os terraços proporcionam ainda condições favoráveis para mecanização das lavouras, uma vez que as linhas mortas são reduzidas a um mínimo.

4.1.3- Aplicabilidade

Por ser uma prática que necessita de investimentos, o terraceamento é usado, apenas, quando não se consegue o controle desejado da erosão com a adoção de outras práticas mais simples de conservação do solo. São, pois, particularmente úteis em locais onde é comum a ocorrência de chuvas, cuja intensidade e volume superam a capacidade de armazenamento de água do solo, e onde outras práticas conservacionistas, tais como plantio em nível, uso de cobertura do solo, etc, são insuficientes para controlar a enxurrada.

Deve-se proceder a uma análise criteriosa dos vários tipos de terraços existentes e verificar qual o que mais se aplica às condições locais, antes do início da construção. As condições de precipitação, solo, topografia e as culturas, a serem cultivadas no terreno a ser terraceado, são fatores de grande relevância nesta análise.

Os terraços de retenção e tipo Zingg devem ser usados em locais de precipitação baixa a moderada e de solos permeáveis. As culturas plantadas no canal destes terraços devem ser tolerantes ao período esperado de inundação, que corresponde ao tempo necessário para que a água infiltre-se no solo.

Em áreas onde o solo não é capaz de absorver a água da enxurrada, suficientemente rápido, devem-se utilizar os terraços mistos, por meio dos quais se consegue a vazão desejada.

Quando as condições de precipitação e drenagem forem tais que a enxurrada exceda a capacidade de infiltração e armazenamento de água do solo, devem ser utilizados os terraços de drenagem.

Na escolha da forma da secção transversal do terraço, o relevo é o fator de maior importância a ser considerado. Na Tabela 2, relacionam-se as classes de declive mais recomendadas para cada tipo de terraço.

Deve-se lembrar, ainda, que, nos terraços de base estreita, não é possível o uso de maquinário agrícola. Por isso, os terraços de base estreita têm sido

usados principalmente em áreas com culturas perenes, onde o tráfego de máquinas agrícolas não é intenso.

Tabela 2 – Tipos de Terraços Indicados em Função do Declive do Terreno

Declive	Tipo de terraço indicado em função do declive do terreno
2 - 8%	Terraço de base larga
8 - 12%	Terraço com lado posterior do dique íngreme e terraço de base média
12 - 18%	Terraço de base estreita
18 - 50%	Terraço em patamar

Fonte: SNLCS/Embrapa.

Os terraços com o talude posterior do dique íngreme, possibilitam o cultivo tanto no canal, como no talude anterior do camalhão. O talude posterior, por ser íngreme, é normalmente mantido vegetado.

O terraço de base larga pode ser cultivado tanto no canal como no camalhão.

Terraços em patamar representam uma prática de alto custo de construção e que, conseqüentemente, só devem ser usados em terras de alto valor e com culturas de grande retorno. A largura dos patamares deve ser determinada em função das necessidades das culturas, implementos a serem usados e profundidade do solo.

A intensidade de utilização de maquinário agrícola é um fator que deve ser considerado para uma escolha mais conveniente do alinhamento entre os terraços. Muitos são os agricultores que evitam terracear suas terras, devido as dificuldades de mecanização. De maneira geral, os terraços devem ser paralelos sempre que possível, principalmente em áreas plantadas com culturas anuais. Para a construção de terraços paralelos, há necessidade de uma movimentação de terra mais intensa, não só do canal para o camalhão, mas também de áreas de corte para as de aterro. Normalmente, para a construção destes terraços, faz-se necessário, ainda, um detalhado estudo da área, para o qual são necessários mapas planialtimétricos, balanço de corte e aterro, layout, etc.

4.1.4- Comprimento e gradiente dos terraços

Para os terraços em nível não há limite teórico do comprimento dos terraços, principalmente quando as extremidades destes forem bloqueadas. Entretanto, como raramente se consegue manter o canal com zero de gradiente, recomenda-se construir “travesseiros” a intervalos de aproximadamente 100 metros ou bloqueios de terra, para evitar que a água escorra no canal por grandes extensões.

O declive máximo, nos terraços em gradiente, é função do comprimento. Deve-se evitar construir terraços em gradiente com comprimentos superiores a 450-500 metros. Com isto, procura-se evitar que a água atinja velocidades erosivas no canal do terraço. A Tabela 3 indica os declives máximos permissíveis para terraços com gradiente variável. Deve-se notar que, nas partes mais elevadas dos terraços, são aceitáveis declives maiores que diminuem à medida que o comprimento do terraço vai aumentando. Isto é muito importante, principalmente na construção de terraços paralelos, em que, pela variação do gradiente, pode-se muitas vezes melhorar o alinhamento entre estes. Os declives mínimos permissíveis não devem ser inferiores a 0,2%, já que na prática, fatalmente, ocorrerá abaciamento de água quando o declive no canal for inferior a este valor.

Tabela 3 - Gradientes Máximos para Diferentes Secções de um Terraço de Base Larga.

Distância do ponto mais alto do terraço (metros)	Gradiente máximo %
0-15	2,4
15-30	2,0
30-45	1,6
45-60	1,2
60-75	1,0
75-90	0,8
90-105	0,7
105-135	0,6
135-165	0,5
165-360	0,4
360-480	0,3

Fonte: SNLCS/Embrapa.

4.1.5- Espaçamento entre terraços

O espaçamento criterioso de terraços é de fundamental importância num esquema de proteção de declives. Espaçamentos subdimensionados acarretam custos desnecessariamente altos de construção, enquanto que os superdimensionamentos podem causar o fracasso dos terraços, em consequência da incapacidade de retenção da enxurrada originada à montante. Terraços com espaçamentos muito largos têm, ainda, um efeito limitado no controle da erosão, e o canal é rapidamente obstruído por sedimentos, o que fatalmente leva à ruptura do camalhão.

Portanto, a seleção do espaçamento entre terraços deve ser tal, que o canal possa dar vazão ao escoamento superficial, originado acima, ou armazená-lo e ainda evitar a ocorrência de erosão. Desta forma, pode-se afirmar que o espaçamento é função dos fatores que afetam a resposta do solo à precipitação, tais como susceptibilidade à erosão, declive e tipo de cultura, além das características das chuvas da região e das dimensões do canal do terraço. Varias fórmulas empíricas têm sido apresentadas, relacionando um ou mais

$$EV = \left(2 + \frac{S}{X}\right) \cdot 0,30$$

dos fatores considerados acima com o espaçamento entre terraços. No Brasil, tem sido mais usada a fórmula de Benthley, que dá o espaçamento vertical de terraços:

onde:

EV = espaçamento vertical em metros

S = declividade

X = fator que depende da natureza do solo, da sua resistência à erosão, do tipo de prática conservacionista e do tipo de cultura; pode variar de 1,5 a 6,0.

$$EH = \frac{EV}{S} .100$$

O espaçamento vertical nada mais é que a diferença de nível entre dois terraços consecutivos (Figura 52) Para se transformar EV em espaçamento horizontal (distância entre dois terraços), basta fazer:

Na Tabela IV, são apresentados os valores de (x), conforme recomendação da SNLCS/Embrapa/Rio de Janeiro. Estes valores têm sido usados amplamente, para dimensionamento de terraços, pelos técnicos da Embrapa (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores de "X" para Serem Usados na Fórmula de Bentley

PRATICAS DE CONTROLE DA EROÇÃO								Fórmula de Bentley EV = (2 + D/x).0,305 valores de "x"
TERRAÇOS				CORDÃO EM CONTORNO		FAIXA DE RETENÇÃO		
Culturas permanentes		Culturas anuais		Culturas permanentes	Culturas anuais	Culturas anuais		
	C/grad	Nível	C/grad.	Nível	C/grad.	Nível	Nível	
Resist. do solo à erosão	alta						Alta	1,5
	média						Média	2,0
	baixa	Alta					Baixa	2,5
		Média						3,0
		Baixa	alta					3,5
			média		Alta			4,0
			baixa	Alta	média			4,5
				média	baixa	alta		5,0
				Baixa		média		5,5
						baixa		6,0

OBS.: ALTA - Solos de textura argilosa MÉDIA - Solos de textura média BAIXA - Solos de textura arenosa
Fonte: SNLCS/Embrapa.

4.1.6 - Construção dos terraços

Antes de iniciar-se a construção propriamente dita, deve-se proceder à marcação detalhada do terreno, para que o serviço de movimento de terra seja facilitado e feito conforme os planos.

Para os terraços não paralelos, que acompanham aproximadamente as curvas de nível, as estacas colocadas na locação dos terraços são geralmente suficientes. As estacas indicam o ponto mais baixo do canal, (Figura 53).

Para os terraços paralelos, em que geralmente há necessidade de cortes e aterros, a terra deve ser movida lateral e longitudinalmente. Nesse caso, a profundidade do corte a ser feita em cada estaca deve ser marcada na própria estaca. Nos lugares onde serão feitos os cortes mais profundos, é recomendável colocar estacas adicionais, afastadas da estaca indicadora do canal. Nessas estacas, deve ser marcada a diferença de nível entre a superfície do solo e o fundo do canal do terraço (Figura 54).

Uma grande variedade de equipamentos podem ser usados para construção de terraços, desde simples instrumentos manuais, como enxadas e enxadões, até pesados “scrapers”. Na construção de terraços em que há necessidade de transportar terra a distâncias razoáveis (mais de 80 metros), torna-se necessário o uso de implementos próprios para movimentação de terra, como *scrapers*. *Bulldozers* não devem ser usados quando o deslocamento de terra excede 80 metros. Quando apenas o movimento lateral de terra for suficiente (do canal para o camalhão) podem-se usar arados, plainas, draga em “V”, pá de cavalo, além de *bulldozers*, motoniveladoras, etc.

A terra necessária para a construção do camalhão pode provir do terreno localizado abaixo, acima ou dos dois lados do terraço (Figura 55). Quando a área de empréstimo está localizada acima do camalhão, o terraço recebe a denominação de terraço tipo Nichols, e quando dos dois lados, terraço tipo Mangun. Nos terraços paralelos, onde geralmente ocorrem secções com cortes e aterros, muitas vezes, um mesmo terraço pode ter áreas de empréstimo localizadas abaixo, acima ou dos dois lados do camalhão.

4.1.7 - Localização dos terraços no campo

Preliminarmente, deve-se estudar detalhadamente a localização dos terraços em relação a carreadores, estradas, canais escoadouros e outras características da área, para evitar que problemas futuros, principalmente relacionados com a mecanização, possam surgir. É particularmente importante que nesta fase esteja bem definido o plano de drenagem superficial (canais escoadouros, etc.) para a fazenda toda, a fim de evitar que a água despejada pelos terraços cause danos às áreas não protegidas. A seguir, são descritos alguns passos que poderão auxiliar na locação de terraços não paralelos e de terraços paralelos no campo.

a) Terraços não paralelos

1. Localizar o ponto mais alto da área a ser terraceada. Um nível deve ser utilizado para localizar este ponto, já que muitas vezes não é possível encontrar a maior cota do terreno a olho nu.
2. Determinar a declividade do terreno acima do primeiro terraço. Medir esta declividade, a partir do ponto mais alto até 30 m abaixo.
3. Usar a declividade máxima (s) encontrada e os gráficos 1 e 2, selecionando o Espaçamento Vertical (EV) ou horizontal adequado.
4. Colocar a primeira estaca do terraço superior. Essa estaca é, geralmente, localizada abaixo do ponto mais alto do terreno, distando dele o mesmo espaçamento determinado anteriormente.
5. Estaqueiar o terraço. As estacas são colocadas a intervalos de 30 metros, em terrenos com relevo uniforme e com declives de até 5%. Intervalos de 15 metros devem ser usados para terrenos com declives superiores a 5% ou com relevo irregular. Para terraços em níveis, as estacas devem ser colocadas todas na mesma elevação da primeira. No caso de terraços em gradiente, as leituras do nível devem aumentar à medida que as estacas vão se aproximando do ponto de descarga, num valor igual a:

$$\Delta H = i \cdot \Delta x$$

onde:

ΔH = Aumento da leitura no nível entre duas estacas consecutivas.

i = Gradiente do terraço.

Δx = Espaçamento entre estacas.

6. Verificar a localização do primeiro terraço. Devido às variações de topografia, nota-se em alguns terrenos que a localização do terraço, da maneira acima indicada, não obedecerá ao espaçamento recomendado, ao longo do terraço. Dessa forma, é importante a verificação e a localização do terraço superior, antes de prosseguir com o estaqueamento dos demais terraços. Para fazer isto, deve-se medir a declividade do terreno acima do terraço em diferentes pontos e calcular os espaçamentos, usando os gráficos 1 e 2. Medir o espaçamento horizontal ou vertical entre os terraços nestes pontos e comparar com os espaçamentos recomendados.
7. Se necessário, mudar a localização do terraço para obter o espaçamento desejado. Em alguns casos, o terraço pode ser deslocado para baixo para se obter um espaçamento melhor, muito embora isto possa resultar em espaçamentos maiores que o recomendado em outros locais. De maneira geral, um espaçamento maior em certas secções de um terraço é permissível quando a área envolvida não for muito grande, a topografia for tal que a enxurrada espalhe-se ao invés de se concentrar e, ainda, quando o espaçamento mais aberto estiver perto da parte mais alta do terraço (começo do terraço).
8. Medir o declive da área de drenagem do segundo terraço. Um número adequado de determinações da declividade deve ser feito para se determinar o declive médio da área de contribuição para o segundo terraço. Se o terraço for curto e o relevo uniforme, uma leitura será suficiente. Se, entretanto, o terreno for irregular e o terraço longo, diversas determinações de declive serão necessárias para se determinar o declive médio.

9. Com base no declive médio, deve-se encontrar o espaçamento usando os gráficos 1 e 2.
10. Localizar a primeira estaca, no segundo terraço, com o e espaçamento encontrado acima. Se o segundo terraço tem o mesmo comprimento e o mesmo gradiente que o primeiro, o espaçamento vertical entre os dois terraços será o mesmo ao longo destes. Nesse caso, a primeira estaca pode ser localizada em qualquer ponto do terraço. Entretanto, se o segundo terraço tiver comprimento diferente do primeiro, deve-se usar o bom senso para localizar o primeiro ponto, no segundo terraço, para que o espaçamento desejado entre eles seja obtido.
11. Estaqueiar o terraço inteiro.
12. Os demais terraços são locados da mesma maneira que o segundo

b) Terraços paralelos

1. Sistematizar o terreno antes de construir os terraços. Se a superfície do terreno é irregular e acidentada, a localização dos terraços será sensivelmente melhorada se as depressões do terreno forem preenchidas com terra das elevações. Isto fará, também,, com que seja reduzida a concentração de enxurrada entre terraços, além de tornar mais fácil o cultivo da terra após a construção. O montante de movimentação da terra anterior à construção do terraço depende da profundidade do solo e da quantidade de dinheiro que pode ser gasto nesta operação. Em solos rasos, geralmente pouca sistematização pode ser feita, uma vez que se poderá usar boa parte da camada arável para preencher as depressões do terreno. Nesses solos, pode ser mais desejável fazer cortes mais profundos no canal do terraço e usar este subsolo para encher as depressões entre os terraços.
2. Usar o bom senso ao selecionar o número e a localização de pontos de descarga (canais escoadouros ou drenos subterrâneos). Sempre que se for implantar um sistema de terraços, deve-se proceder a um estudo criterioso do número e da localização dos escoadouros a serem empregados. De maneira geral, quanto maior o número de pontos de descarga, mais fácil será fazer os terraços paralelos.

Deve ser lembrado, entretanto, que quando canais vegetados ou drenos subterrâneos adicionais são utilizados, o custo resultante do sistema de terraços aumenta sensivelmente. Além disto, o emprego exagerado de canais escoadouros retira de produção áreas de terra consideráveis.

3. Planejar a localização das cercas e dos drenos superficiais ou subsuperficiais para facilitar a mecanização da área terraceada. Terraços são mais facilmente mecanizáveis se formam ângulo reto com as cercas e os drenos. Em alguns casos, os terraços podem ser feitos paralelos às cercas, o que elimina as linhas mortas.
4. Para reduzir a curvatura dos terraços e melhorar o paralelismo entre eles, pode-se variar a localização das secções para cima ou para baixo. Mudanças na localização de terraços em gradiente podem ser feitas variando a profundidade de corte no canal, variando a declividade do canal ao longo do terraço ou combinando-se estas duas formas.

Em geral, variar a profundidade do corte é mais efetivo na mudança de secções curtas do terraço, com objetivo de reduzir o grau de curvatura. Variar a declividade, ao longo do terraço, é um método usado para mudar secções mais compridas de terraços e para melhorar o paralelismo. Quando se usa este recurso, deve ser observado, entretanto, os limites de gradiente apresentados na Tabela 3.

Quando é necessário variar a profundidade do corte, a terra removida das secções de corte mais profundo é depositada nas áreas de menor corte, para manter a secção transversal ao longo do terraço. A profundidade de corte permissível é função do tipo de solo, do tipo de equipamento usado na construção dos terraços e da disponibilidade de recursos financeiros.

A redução da curvatura e da área com linhas mortas é função da topografia, do tipo de solo e do tipo de equipamento usado na construção dos terraços. Os melhores alinhamentos podem ser obtidos em áreas com topografia relativamente uniforme, declives moderados e solos profundos e

permeáveis. Entretanto, sempre é possível melhorar um pouco o alinhamento em qualquer área. Normalmente, as culturas anuais, plantadas em linha, são as que mais necessitam de terraços paralelos para que a mecanização, normalmente intensiva, não seja prejudicada.

Sempre que possível, espaçamento uniforme, entre terraços, deve ser obtido variando-se o declive do canal, já que assim não haverá custos adicionais na sua construção. Quando a profundidade de corte é variada, o custo de construção aumenta, devido ao movimento adicional de terra.



Foto 27 – Sistema de Terraceamento, Aratuba-CE.
Fonte: João Bosco de Oliveira.



Foto 28 – Sistema de Terraceamento
Fonte: João Bosco de Oliveira.



Foto 29 – Plaina Terracedora
Fonte: Gastão Silveira.

O bom planejamento dos terraços é de fundamental importância. O tempo gasto com esta atividade é geralmente recompensado pela redução no custo de construção.

É recomendável usar um mapa topográfico com curvas de nível de 1,5m ou de espaçamento igual ao espaçamento vertical dos terraços, quando este for inferior a 1,5m. Com o mapa topográfico, existe a vantagem de ter-se uma idéia precisa do sistema completo de terraços, além do que os ajustamentos na localização são muito mais fáceis e rápidos, do que seria os do estaqueamento dos terraços no campo. Com o mapa topográfico, pode-se fazer, ainda, diferentes tentativas de localização do sistema como um todo. O que, quase sempre, resultam em terraços melhores planejados.

De posse do mapa topográfico, o seguinte procedimento é recomendável:

1. Planejar a melhor localização no mapa. A declividade em diferentes partes do terreno deve ser medida e o espaçamento, entre os terraços, determinado. Selecionar os terraços mestres e então localizar os outros, tão paralelos quanto possível a estes, observando-se sempre os limites permissíveis de profundidade de corte e de declive.
2. Transferir os terraços do mapa para o campo. Após os terraços paralelos terem sido planejados no mapa, um deles deve ser estaqueado na mesma posição relativa àquela ocupada no mapa. Para tal, devem ser estabelecidos os pontos de referência no campo e no mapa. As estacas, nos terraços paralelos, em que há uma variação apreciável na profundidade de corte, devem ter aproximadamente quinze metros de intervalo.
3. Estaquear os outros terraços, de tal forma que sejam paralelos ao primeiro.

4.2 – Canais Escoadouros

4.2.1 - Conceito

Canais escoadouros são canais de drenagem superficial, geralmente estabilizados por vegetação, e construídos com formas e declives convenientes.

4.2.2 - Finalidade

Os canais escoadouros são utilizados para conduzir fluxos concentrados de água de enxurrada, com a finalidade de evitar a erosão em sulcos e formação de voçorocas.

4.2.3 - Aplicabilidade

Os canais escoadouros devem ser construídos e mantidos sempre que formas concentradas de escoamento superficial favorecem a formação de sulcos profundos de erosão. São particularmente úteis na condução da água descarregada por terraços. Não devem ser usados, entretanto, como canais de fluxo contínuo, onde a presença contínua da água pode afetar o desenvolvimento da vegetação, provocando assim a instabilização do canal.

Algumas vezes, é possível a utilização de áreas vegetadas permanentemente (pastagens, bosques, etc.) como canais escoadouros. Quando não é possível, entretanto, faz-se necessário projetá-los e construí-los. Para tal, devem ser considerados:

- Vazão a ser transportada;
- forma do canal;
- vegetação a ser usada;
- velocidade de projeto; e
- capacidade do canal.

4.2.4 - Determinação da vazão

A determinação da vazão deve ser baseada na enxurrada estimada da área de contribuição do canal. Como, normalmente, não se dispõem de medições diretas da enxurrada, usam-se fórmulas consagradas, que relacionam escoamento superficial e chuva. Uma das mais utilizadas é a fórmula racional:

$$\text{Onde: } Q = \frac{CIA}{360}$$

Q = Pico de descarga em m³/s

C = Coeficiente de enxurrada

I = Intensidade da chuva para período de retorno de projeto e para um tempo de duração igual ao tempo de concentração da área de contribuição, em mm/h.

A = Área de contribuição em ha.

4.2.5 - Forma do canal

A forma da secção transversal dos canais escoadouros pode ser triangular, trapezoidal ou parabólica. Os canais naturais ou os trapezoidais e triangulares, depois de algum tempo, tendem a tornar-se parabólicos.

Os canais trapezoidais exigem menos escavação que os parabólicos, para uma mesma capacidade. Além disto, esta forma de secção causa menor concentração de fluxo no canal, devendo, por essa razão, ser usada nas condições de declive mais acentuado. A secção triangular é a que provoca maior concentração de fluxo e, por isto mesmo, a que deve ser usada em declives mais amenos.

As características geométricas das três formas de secção transversal são apresentadas na Figura 56, juntamente com as fórmulas necessárias para computar as características hidráulicas.

4.2.6 - Vegetação

A vegetação, a ser usada no canal, deve ser capaz de suportar as variações de temperatura do local, suportar períodos longos de seca e não ser afetada por submersões periódicas. Deve, ainda, oferecer uma perfeita cobertura do terreno. Seu sistema radicular deve causar forte agregação do solo e ser capaz de dar firmeza às plantas para resistir ao arrasto da enxurrada. Não deve, ainda, se constituir em pragas de lavoura (invasoras). Várias espécies têm sido recomendadas para revestimento de canais escoadouros, tais como: grama-batatais (*Paspalum notatum*), capim-kikuiu (*Pennisetum clandestinum*), capim-de-rhodes (*Chloris gayana*), kudzu comum (*Pueraria thumbergiana*), etc.

Assim, pouco se tem pesquisado em relação às melhores espécies vegetais para esse fim. Da mesma forma, o coeficiente de rugosidade, que é altamente dependente da espécie e da altura da vegetação, não foi ainda avaliado para as condições brasileiras. O valor sugerido (0,04) refere-se à condição pessimista.

Para o estabelecimento da vegetação no canal escoadouro, deve-se corrigir e adubar o solo para que a cobertura vegetal ocorra no menor espaço de tempo possível. A semeadura pode ser feita a lanço ou em linhas perpendiculares ao declive. Quando possível, deve-se utilizar mudas para propagação. Deve-se usar ainda cobertura morta, tal como palha de arroz, de trigo, etc., que podem auxiliar na formação da vegetação. Esta cobertura morta serve como barreira para retardar a velocidade da enxurrada, diminuindo assim o risco de que as sementes ou mudas sejam arrancadas, além de diminuir a taxa de evaporação do solo, conseguindo-se, assim, conservar a umidade para melhor germinação.

A Tabela 5 apresenta as dimensões de canais escoadouros parabólicos para algumas velocidades de descarga. Os valores da primeira coluna (s) são as declividades do terreno em %; os da segunda, as velocidades (v) consideradas em m/s e os da terceira, as profundidades máximas do canal em centímetros. A primeira linha do quadro mostra as vazões em m³/s. No corpo da tabela,

são apresentados os valores das larguras máximas do canal. Para outras formas de secção transversal (triangular ou trapezoidal), o dimensionamento do canal pode ser feito pelo método das tentativas. Nesse caso, deve-se atribuir valores às dimensões do canal, até que se encontre valores que satisfaçam simultaneamente

a:

$$A = \frac{Q}{V}$$

e

$$R = \frac{v^{3/2}}{S^{1/2}}$$

onde os valores de Q e V são pré-estabelecidos (vazão e velocidade de projeto respectivamente).

4.2.7 - Velocidade de projeto

As velocidades permissíveis são influenciadas pelo tipo de vegetação usada, pelo declive e pela susceptibilidade do solo à erosão. Assim sendo, para as gramas são permitidas as maiores velocidades e para os capins que entouceiram, as menores. Para solos resistentes à erosão, os canais plantados com gramas podem transportar enxurradas a velocidades de 2-2,5 m/s, enquanto que para os capins, que formam touceiras, estas não devem exceder 1,2 m/s. Para solos que se erodem facilmente, a velocidade permissível deve ser de 1,3 a 2 m/s, dependendo da cobertura vegetal. Deve-se procurar evitar a utilização de capins que entouceiram para revestimento de canais em solos altamente susceptíveis à erosão, principalmente quando o declive for superior a 5%. Entretanto, quando a vegetação do canal não está ainda completamente formada, a enxurrada não deve exceder 1,5 m/s. Nessas condições, o canal deve ser projetado para conduzir enxurrada a velocidades de 0,90 m/s, dependendo da resistência do solo à erosão e das características da vegetação.

4.2.8 - Capacidade do canal

O canal escoadouro deve ser projetado para conduzir a enxurrada a velocidades iguais ou inferiores à velocidade permitida. O cálculo da velocidade no canal pode ser feito usando-se a fórmula de Manning:

$$V = \frac{R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{\gamma}$$

Onde:

V = Velocidade média em metros por segundo.

γ = Coeficiente de rugosidade do canal (aproximadamente 0,04)

R = Raio hidráulico do canal.

S = Declive do terreno em metros por metro.

As dimensões do canal devem ser selecionadas de tal maneira que a vazão de projeto (Q) possa ocorrer a velocidades inferiores à velocidade do projeto. Para tal, a fórmula de Manning deve ser resolvida seguindo-se o método das tentativas.

Deve ser ressaltado que, embora de grande importância no controle da erosão, os canais vegetados têm sido pouco estudados.

4.3 - Cordões de Vegetação Permanente

4.3.1 - Conceito

Cordões de vegetação permanente são faixas em contorno, intercaladas à cultura principal e mantidas com plantas perenes que desenvolvem uma densa vegetação.

4.3.2 - Finalidade

Os cordões de vegetação permanente são utilizados com a finalidade de reduzir a velocidade de escoamento superficial. Desta forma obtém-se uma redução do poder desagregador e da capacidade de transporte da enxurrada.

4.3.3 - Aplicabilidade

Os cordões de vegetação podem ser utilizados para culturas anuais e perenes. De certa maneira, os cordões de vegetação representam uma alternativa para lavradores que não dispõem de recursos para construção de terraços. Embora esta prática retire de produção as faixas de terra onde são formados os cordões de vegetação (2 a 3m), dispensa a utilização de maquinaria e pessoal necessários à construção dos terraços. Pelo fato de não ser necessária qualquer movimentação de solo, esta prática pode ser utilizada em qualquer tipo de solo que tenha profundidade suficiente para o desenvolvimento das culturas mantidas nas faixas. Tem sido verificado que, para declive de até 10%, as faixas de vegetação permanente apresentam grande eficiência. Para determinação do espaçamento entre as faixas, podem ser utilizados os gráficos 1 e 2.

Nos cordões de vegetação permanente, devem ser usadas plantas de ciclo longo, grande densidade de raízes e desenvolvimento rápido da parte, aérea. A leucena, a erva-cidreira e o capim-elefante, são gramíneas com estas características e têm sido usadas com sucesso na formação de cordões de vegetação permanente.

4.4 – Quebra-Ventos

4.4.1 - Conceito

Quebra-ventos são barreiras de árvores e arbustos para proteger solos e culturas dos efeitos danosos dos ventos.

4.4.2 - Finalidade

Os quebra-ventos têm por função reduzir a velocidade dos ventos. Como consequência, reduzem também a erosão eólica e conservam a umidade do solo pela diminuição da evapotranspiração. Em locais onde é comum a ocorrência de ventos frios durante o inverno, os quebra-ventos podem ser benéficos ainda para atenuar as quedas de temperatura em casas de fazenda, estábulos, galinheiros, pocilgas, etc..

4.4.3 - Aplicabilidade

O uso de quebra-ventos deve ser considerado quando a erosão causada pelo vento se constituir num sério problema, e quando outras práticas se revelarem pouco efetivas. O plantio das árvores e arbustos do quebra-vento é de maneira geral caro e o período de formação muito longo. Além disso, os quebra-ventos ocupam áreas de terra que poderiam ser usadas para produção agrícola.

Na formação de quebra-ventos, devem ser conhecidos os seguintes fatores:

- Altura;
- porosidade;
- comprimento; e
- localização em relação à direção do vento.

A importância da altura do quebra-vento e do ângulo que este forma com a normal, a direção predominante dos ventos pode ser verificada através da fórmula abaixo (WODDRUFF & ZINGG, 1952).

$$d = 365,5 \frac{h}{v} \cos \Theta$$

d = distância de proteção oferecida pelo quebra

h = altura do quebra-vento

v = velocidade do vento a 15 m de altura

θ = ângulo formado entre a direção dos ventos e a normal ao quebra-vento.

Nota-se, pois, que quando os ventos são paralelos ao quebra-vento, obtém-se uma proteção mínima, e quando perpendiculares uma proteção máxima. É assim de fundamental importância que se identifique qual a direção

dos ventos dominantes no local onde se pretende usá-los. A fórmula acima indica que a distância entre quebra-ventos deve ser proporcional à altura do quebra-vento. Entretanto, na prática, o espaçamento entre quebra-ventos costuma ser igual a dez vezes a sua altura.

A porosidade dos quebra-ventos é um dos fatores mais importantes a influir na capacidade dos ventos de reduzir a velocidade e a capacidade de transportar partículas. Estudos conduzidos em outros países, indicam ser de 40% a porosidade mais indicada para quebra-ventos. Desde que menores áreas são requeridas para plantar quebra-ventos porosos do que para não porosos, esta informação é de grande valia.

A distribuição da porosidade na altura do quebra-vento é ainda muito debatida. Parece, entretanto, ser mais recomendável porosidade uniforme do topo das árvores ao solo. Para tal, é necessário, às vezes, plantar árvores e arbustos de diferentes tamanhos.

Sendo a área protegida pelo quebra-vento aproximadamente triangular, constituindo a linha das árvores a base do triângulo, essa área será tanto maior quanto for o seu comprimento.

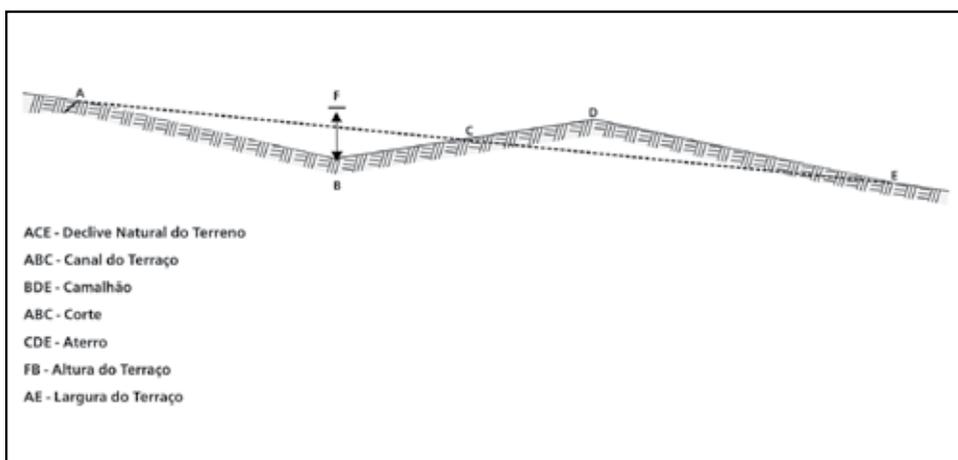


Figura 47 – Perfil Típico de Terraço de Base Larga

Fonte: SNLCS/EMBRAPA

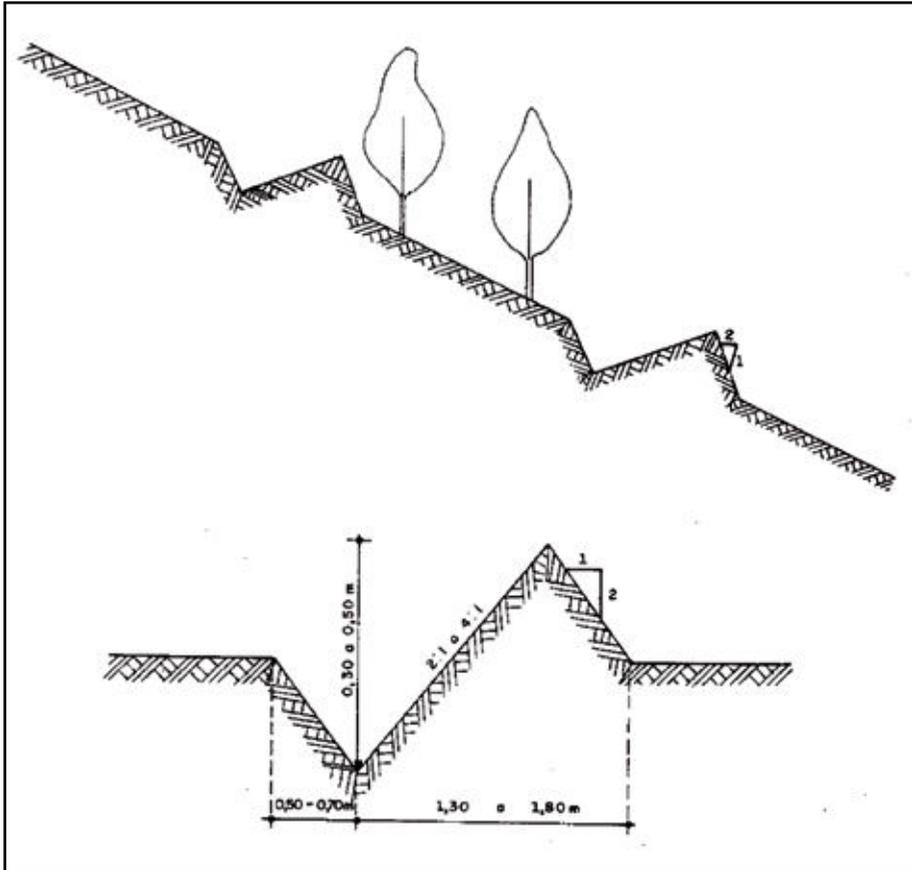


Figura 48 – Terraço de Base Estreita

Fonte : SNCLS / Embrapa.

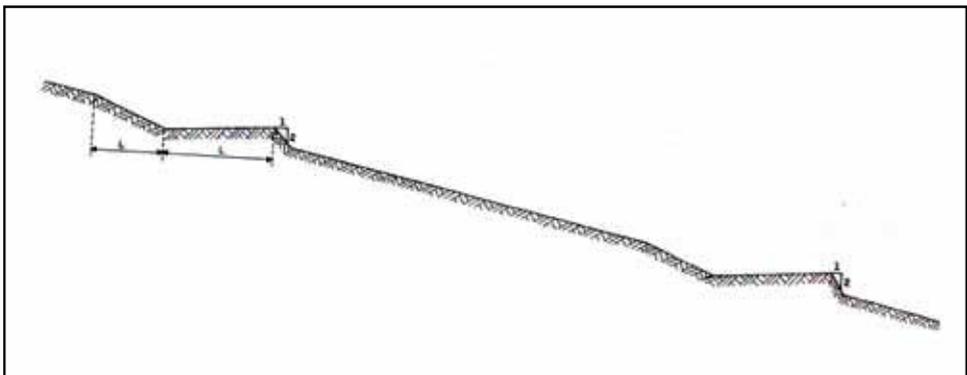


Figura 49 – Terraços Construídos com o Talude Posterior do Dique Íngreme

Fonte: SNCLS/EMRAPA

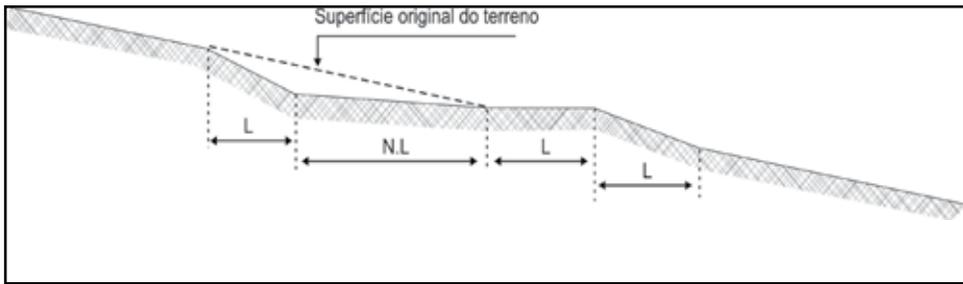


Figura 50 – Terraços Tipo Zingg
Fonte: SNCLS/Embrapa.

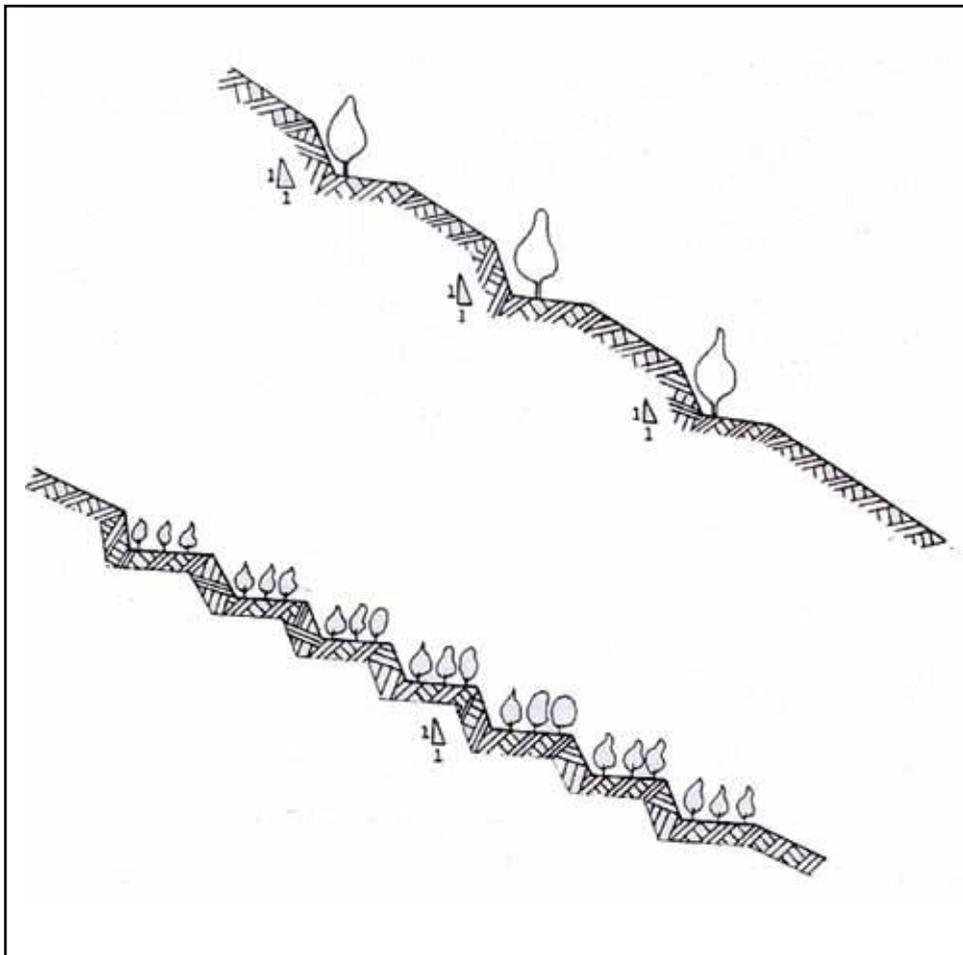


Figura 51 – Terraços em Patamar
Fonte: SNCLS/EMBRAPA

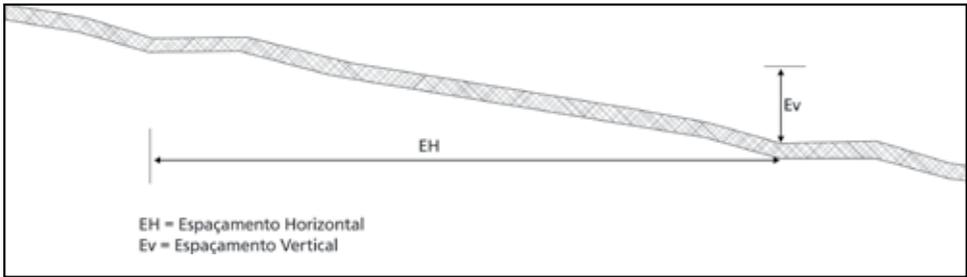


Figura 52 – Espaçamento Horizontal e Vertical entre dois Terraços Consecutivos
Fonte: SNCLS/Embrapa

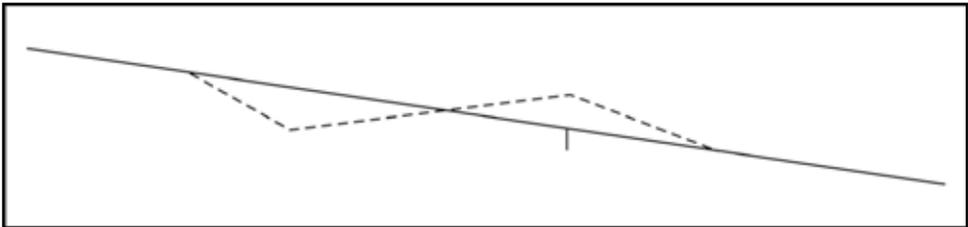


Figura 53 – A estaca indica o fundo do canal
Fonte: SNCLS/Embrapa.

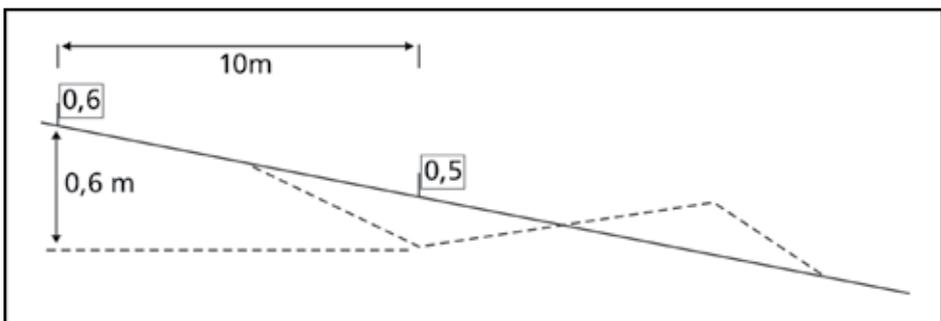


Figura 54 – Estaqueamento em Locais de Cortes mais Profundos
Fonte: SNCLS/Embrapa.

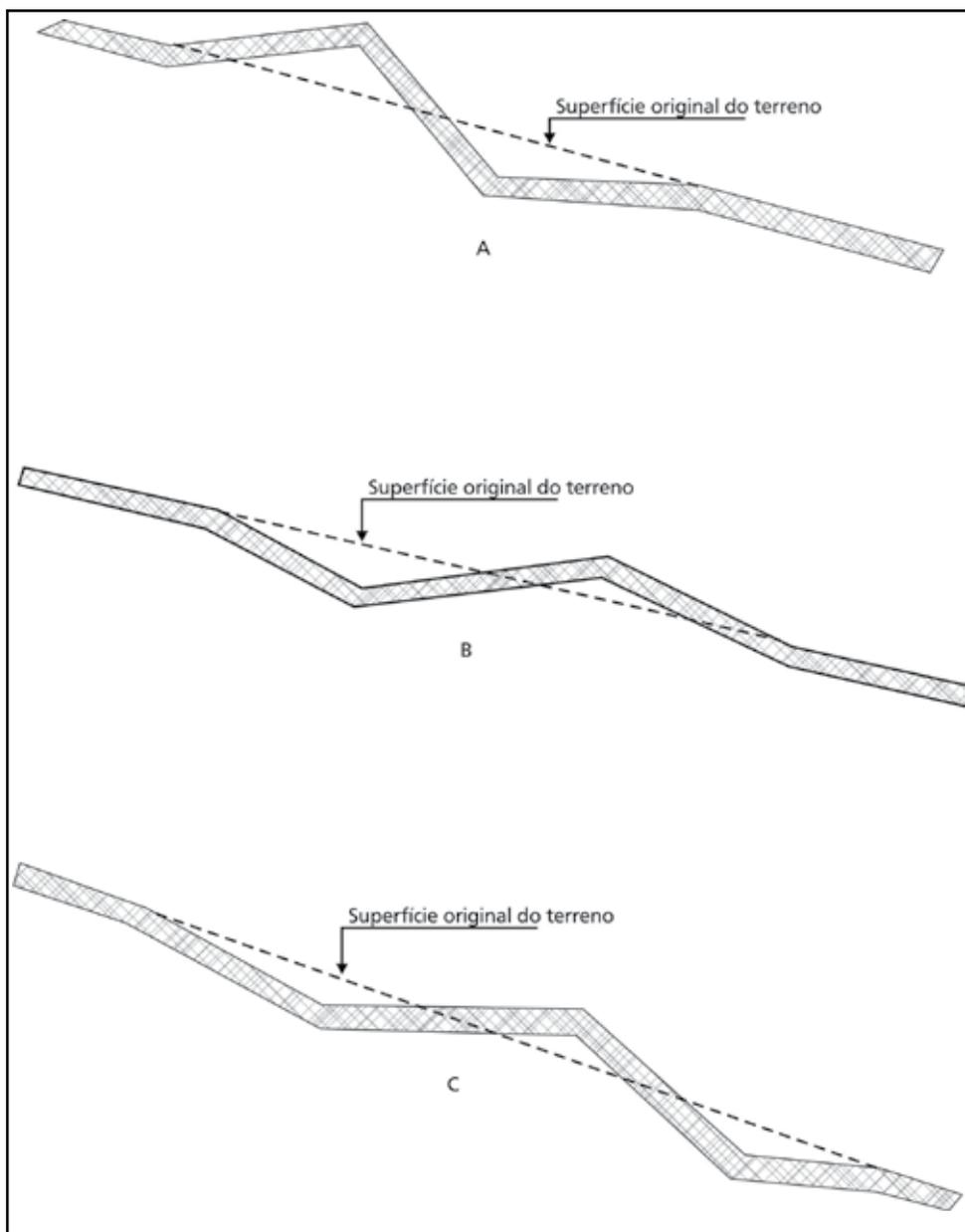


Figura 55 – Áreas de Empréstimo Localizadas Abaixo (A), Acima (B) e de Ambos os Lados do Camalhão (C).
Fonte: SNCLS/Embrapa.

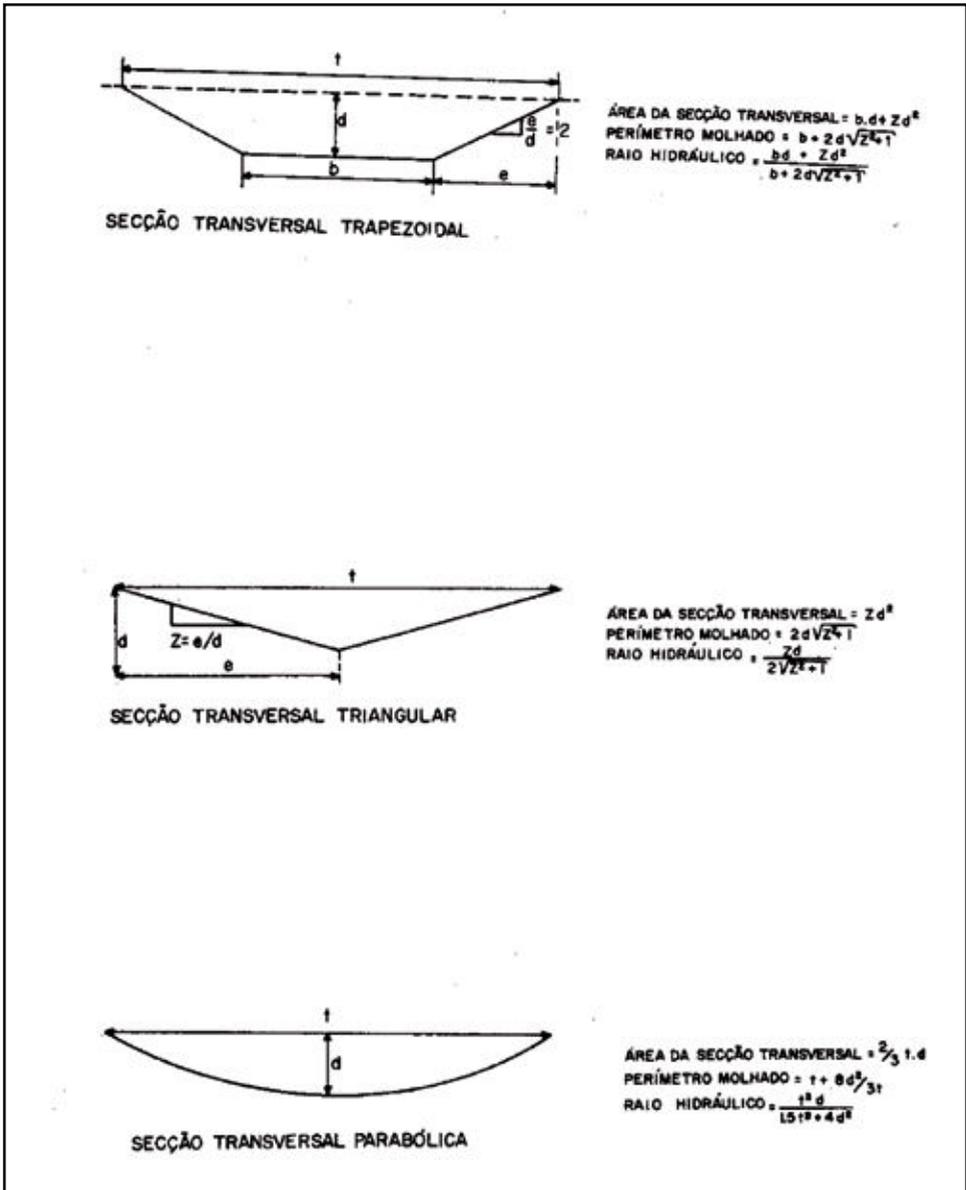


Figura 56 – Seções Trapezoidal, Triangular e Parabólica de Canais Escadouros.
 Fonte: SNCLS/Embrapa.

Tabela 5 - Dimensões dos Canais Escodouros Parabólicos

V	d	VAZÃO Q (m³/s)	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0							
0,6	30	2,0	3,3	4,1	5,1	5,9	6,7	7,5	8,4	10,0	11,7	13,3	15,0	16,7	18,3	20,0	21,7	23,3	25,0	29,2																											
0,5	0,9	5,5								3,0	3,6	4,2	4,8	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,5	9,1	10,6	12,1	13,6	15,2	16,7	18,2	19,7	21,2	22,7	24,2	25,8	27,3															
1,2	88																				5,9	6,6	7,4	8,1	8,8	9,6	10,3	11,0	11,8	12,5	13,2	14,0	14,7	15,4	16,2	16,9	17,6	18,4	19,1								
1	0,9	33							4,5	5,1	6,1	7,1	8,1	9,1	10,1	11,1	12,1	13,1	14,1	15,2	17,7	20,2	22,7	25,3	27,8																						
1,2	50									5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,7	10,0	11,2	12,5	13,7	15,0	16,2	17,5	18,7	20,0	21,2	22,5	23,7	25,0	26,2																	
1,5	70																				5,7	6,4	7,1	7,9	8,6	9,3	10,0	10,7	11,4	12,1	12,9	13,6	14,3	15,0	15,7	16,4	17,1	17,9	18,6								
0,9	19		4,4	5,3	6,1	7,0	7,9	8,8	10,5	12,3	14,0	15,8	18,5	19,3	21,1	22,8	24,6	26,3																													
2	1,2	30							3,3	3,7	4,2	5,0	5,3	6,7	7,5	8,3	9,2	10,0	10,8	11,7	12,5	14,6	16,7	18,7	20,8	22,9	25,0	27,1																			
1,5	42															4,8	5,2	6,7	7,1	8,3	9,5	10,7	11,9	13,1	14,3	15,5	16,7	17,9	19,0	20,2	21,4	22,6	23,8	25,0	26,2												
0,9	14	3,6	4,8	5,6	7,1	8,3	9,5	10,7	11,9	14,3	16,7	19,0	21,4	23,8	26,2																																
3	1,2	22							3,4	4,0	4,5	5,1	5,7	6,8	8,0	9,1	10,2	11,4	12,5	13,6	14,8	15,9	17,0	19,9	22,7	25,6																					
1,5	30															4,0	4,7	5,3	6,0	6,7	7,3	8,0	8,7	9,3	10,0	11,7	13,3	15,0	16,7	18,3	20,0	21,7	23,3	25,0	26,7												
0,9	11	4,5	6,1	7,6	9,1	10,6	12,1	13,6	15,2	18,2	21,2	24,2	27,3																																		
4	1,2	18	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9	5,6	6,2	6,9	8,3	9,7	11,1	12,5	13,9	15,3	16,7	18,1	19,4	20,8	24,3	27,8																									
1,5	25															3,2	3,6	4,0	4,8	5,6	6,4	7,2	8,0	8,8	9,6	10,4	11,2	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	26,0												
0,9	10	5,0	6,7	8,3	10,0	11,7	13,3	15,0	16,7	20,0	23,3	26,7	30,0																																		
5	1,2	15	2,5	3,3	4,2	5,0	5,8	6,7	7,5	8,3	10,0	11,7	13,3	15,0	16,7	18,3	20,0	21,7	23,3	25,0	29,2																										
1,5	21															3,8	4,3	4,8	5,7	6,7	7,6	8,6	9,5	10,5	11,4	12,4	13,3	14,3	16,7	19,0	21,4	23,8	26,2														
0,9	9	5,6	7,4	9,3	11,1	13,0	14,8	16,7	18,5	22,2	25,9	29,6																																			
6	1,2	13	2,9	3,8	4,8	5,7	6,7	7,7	8,6	9,6	11,5	13,4	15,4	17,3	19,2	21,1	23,1	25,0	26,9																												
1,5	18															3,3	3,9	4,4	5,0	5,6	6,7	7,8	8,9	10,0	11,1	12,2	13,3	14,4	15,6	16,7	19,4	22,2	25,0	27,8													
0,9	7	7,1	9,5	11,9	14,3	16,7	19,0	21,4	23,8	28,6																																					
8	1,2	10	3,8	5,0	6,3	7,5	8,8	10,0	11,3	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5																															
1,5	15															2,6	3,3	4,0	4,6	5,3	6,0	6,6	8,0	9,3	10,6	12,0	13,3	14,6	16,0	17,3	18,7	20,0	23,3	26,6													
0,9	6	5,6	7,4	9,3	11,1	13,0	14,8	16,7	18,5	22,2	25,9	29,6																																			
10	1,2	9	4,2	5,6	6,9	8,3	9,7	11,1	12,5	13,9	16,7	19,4	22,2	25,0	27,8																																
1,5	12	2,5	3,4	4,2	5,0	5,0	6,7	7,5	8,4	10,0	11,7	13,3	15,0	16,7	18,3	20,0	21,7	23,3	25,0	29,2																											
0,9	5	10,0	13,3	16,7	20,0	23,3	26,7																																								
12	1,2	8	4,7	6,2	7,8	9,4	10,9	12,5	14,0	15,6	18,7	21,9	25,0	28,1																																	
1,5	11	6,1	8,1	10,2	12,2	14,3	16,3	18,4	20,4	24,5	28,6																																				

S = Declive do Canal V = Velocidade de Descarga d = Profundidade Máxima do Canal

Obs.: N.os Constantes do Corpo do Quadro representam a Largura Máxima do Cana

Fonte: SNLCS/Embrapa

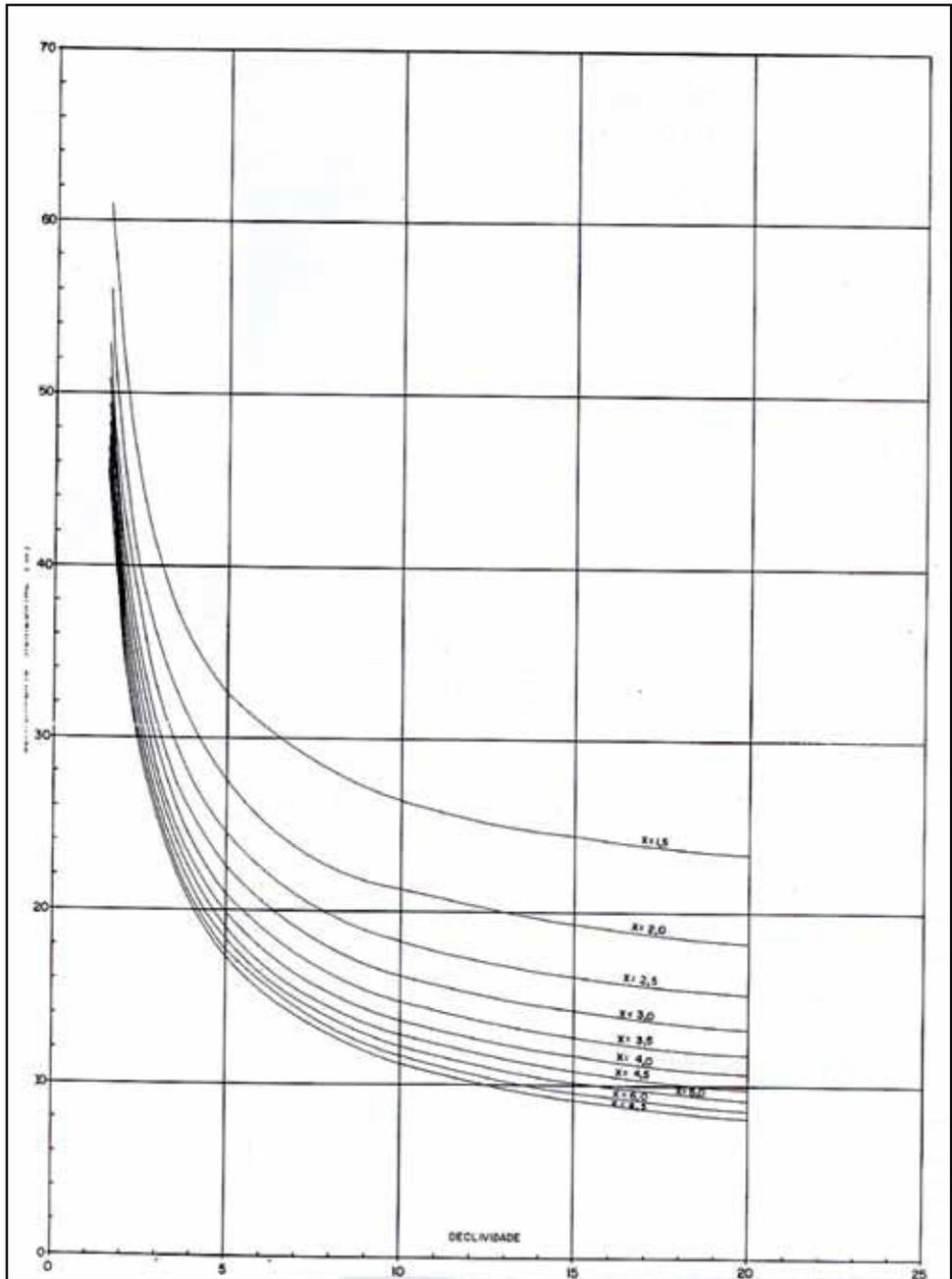


Gráfico 1 – Solução Gráfica da Fórmula de Bentley para Espaçamentos Horizontais de Terraços
 Fonte: SNCLS/Embrapa.

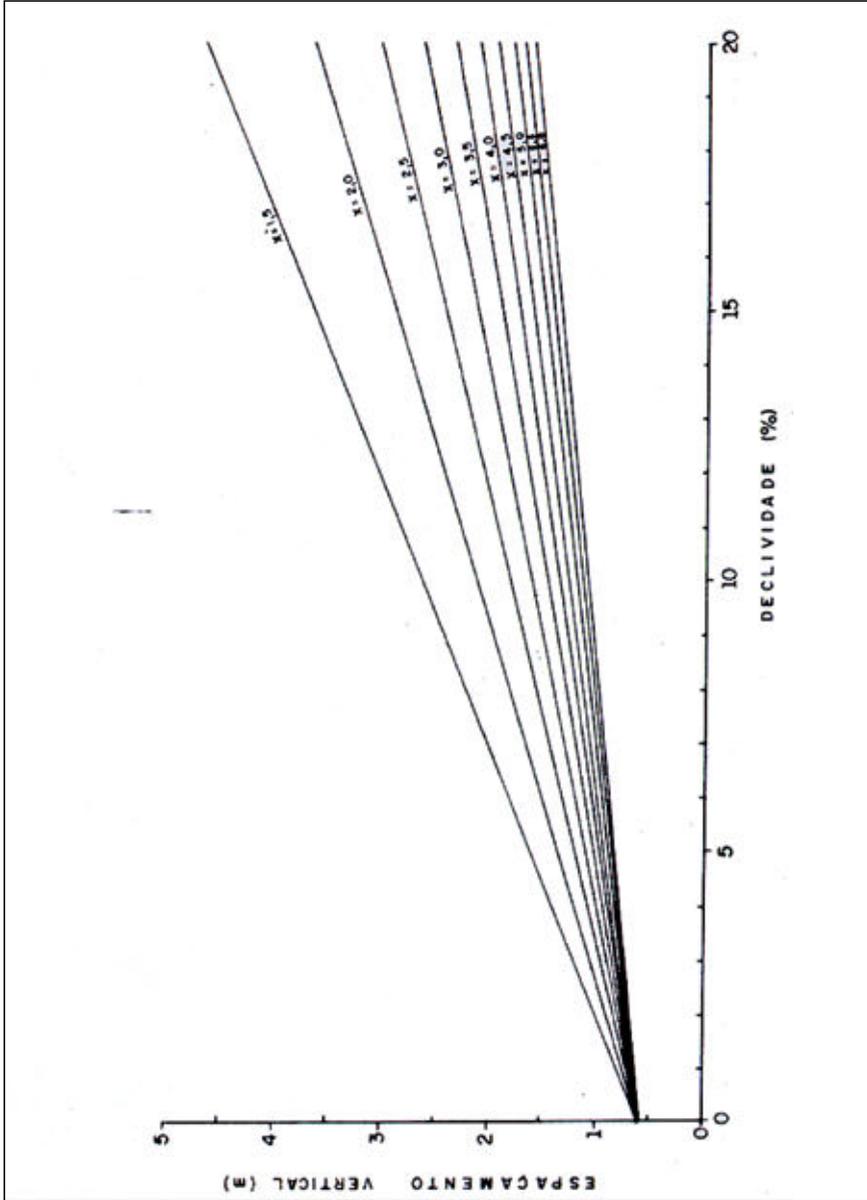


Gráfico 2 - Solução Gráfica da Fórmula de Bentley para Espaços Verticais de Terraços
Fonte: SNCLS/Embrapa.

4.5 - Cordões de Pedra em Contorno

4.5.1 - Considerações gerais

No Estado do Ceará, o problema de uso e manejo dos solos é grave, principalmente na zona semiárida cearense. Os solos são, em sua maioria, rasos e com baixíssima capacidade de retenção de água. Essa característica é agravada pelo regime de chuvas: precipitações muito intensas, após longos períodos secos, encontra a superfície do solo desnudo, sem cobertura vegetal e compactado, deduzindo sua capacidade de retenção de água.

Em face de suas características de moderada a alta erodibilidade, pequena profundidade efetiva, presença de pedregosidade, altas taxas de desmatamento e uso predatório em agricultura de subsistência, os solos com pavimentação superficial litólica (bruno não cálcico, podzólico vermelho amarelo e cascalhento e solos litólicos) requerem um criterioso manejo e maior atenção ao aspecto conservacionista (MARGOLIS et al., 1985), do que a usualmente dispensada no Estado do Ceará. Estudos preliminares desenvolvidos por Silva e Paiva (1985) em Quixadá-Ce, anunciavam que os Cordões de Pedra em Contorno constituiriam promissora técnica antierosiva, a partir de observações de redução do assoreamento em reservatórios de água, alertando para os benefícios que os sedimentos retidos por essa prática poderiam proporcionar, em curto prazo, melhorando as propriedades dos solos rasos e litólicos.

4.5.2 - Finalidade

Os Cordões de Pedra em Contorno segmentam o comprimento dos declives, fazem diminuir o volume e a velocidade das enxurradas, forçam a deposição de sedimentos nas áreas onde são construídos e formam patamares naturais. Em consequência, provocam aumento na profundidade efetiva do solo e diminuem os desgastes provocados pela exportação de sedimentos, nutrientes e matéria orgânica, melhorando a condição de infiltração e o armazenamento de água para as plantas. Considerando que o conhecimento dessas técnicas conservacionistas e sua aplicação no campo influenciam no aumento da produtividade do solo.

Esta prática conservacionista, dentre outras finalidade, tem como objetivos:

- Reduzir a massa de sedimentos, por meio do controle da erosão proporcionado pelos cordões de pedra em contorno;
- modificar o microrelevo, entre a faixa de solo compreendida entre dois cordões de pedras sucessivas, como também aumentar a profundidade do solo;
- melhorar as condições físico-químicas do solo, onde essa técnica conservacionista foi aplicada.

4.5.3 - Aplicabilidade e forma de construção

Nas unidades de solos que apresentam pedregosidade superficial (bruno não cálcico e podzólico vermelho amarelo cascalhento) os cordões de pedra em contorno devem ser adotados, priorizando as áreas críticas da propriedade. Essa prática é adequada às pequenas propriedades e depende fundamentalmente da mão-de-obra disponível (Figura 57).

A eficiência dos cordões de pedra em contorno, como prática conservacionista, é claramente evidenciada por meio da retenção de sedimentos, podendo alcançar valores da ordem de 60 t/ha/ano de material retido.

Quanto à profundidade efetiva, verifica-se um aumento ao longo do tempo da deposição de sedimentos, ocorrendo uma progressiva formação natural de patamares.

Em função da massa de sedimentos retida pelo o cordão de pedra em contorno na área de deposição, verifica-se uma sensível melhoria, em todas as propriedades físicas e químicas, em relação a área de remoção, sobretudo no que se refere aos teores de matéria orgânica, teor de argila, água disponível, N, Ca, Mg, K e P, acompanhadas de uma diminuição nos teores de Al.

O espaçamento entre os cordões de pedra em contorno deverá obedecer aos dados contidos na Tabela 6, semelhante ao espaçamento usado nos terraços.

Tabela 6 – Espaçamento Utilizado para Terraços e Cordões de Pedra em Nível

DECLIVIDADE %	SOLO ARENOSO ESPAÇAMENTO (m)		SOLO ARGILOSO ESPAÇAMENTO (m)		SOLO SILTOSO ESPAÇAMENTO (m)	
	VERTICAL	HORIZONTAL	VERTICAL	HORIZONTAL	VERTICAL	HORIZONTAL
1	0,38	37,75	0,43	43,10	0,55	54,75
2	0,56	28,20	0,64	32,20	0,82	40,95
3	0,71	23,20	0,82	27,20	1,04	34,55
4	0,84	21,10	0,96	24,10	1,22	30,60
5	0,96	19,20	1,10	21,95	1,39	27,85
6	1,07	17,80	1,22	20,30	1,55	25,80
7	1,17	16,65	1,33	19,05	1,69	24,20
8	1,26	15,75	1,44	18,00	1,83	22,85
9	1,35	15,00	1,54	17,15	1,96	21,75
10	1,43	14,35	1,64	16,40	2,08	20,80
12	1,6	13,30	1,82	15,20	2,32	19,30
14	1,74	12,45	1,99	14,20	2,53	18,05
16	1,89	11,80	2,15	13,45	2,74	17,10
18	2,02	11,20	2,30	12,80	2,92	16,25
20	2,14	10,70	2,45	12,25	3,11	15,55

Fonte: SNLCS/Embrapa.

No processo construtivo dos cordões de pedra em contorno, deve ser seguida as seguintes etapas:

- Determinação da declividade da área a ser trabalhada para escolha do espaçamento horizontal ou vertical, segundo a textura do solo. (Tabela 6);
- localização no campo das curvas de nível de acordo com o espaçamento determinado;
- construção dos cordões de pedras, seguindo as curvas de nível locadas no campo;
- as pedras deverão ser transportadas para a formação dos cordões de pedras, com auxílio de padiola ou “pá de cavalo”.

A construção é feita, normalmente, aproveitando as pedras que afloram no próprio terreno. Os cordões de pedras é uma espécie de taipa construída sempre em nível. O preparo do solo e a natureza encarregam-se de nivelar a área entre os cordões de pedras.



Foto 30 – Cordões de Pedra em Contorno
Fonte: João Bosco de Oliveira.



Foto 31 – Cordões de Pedra em Contorno
Fonte: João Bosco de Oliveira.

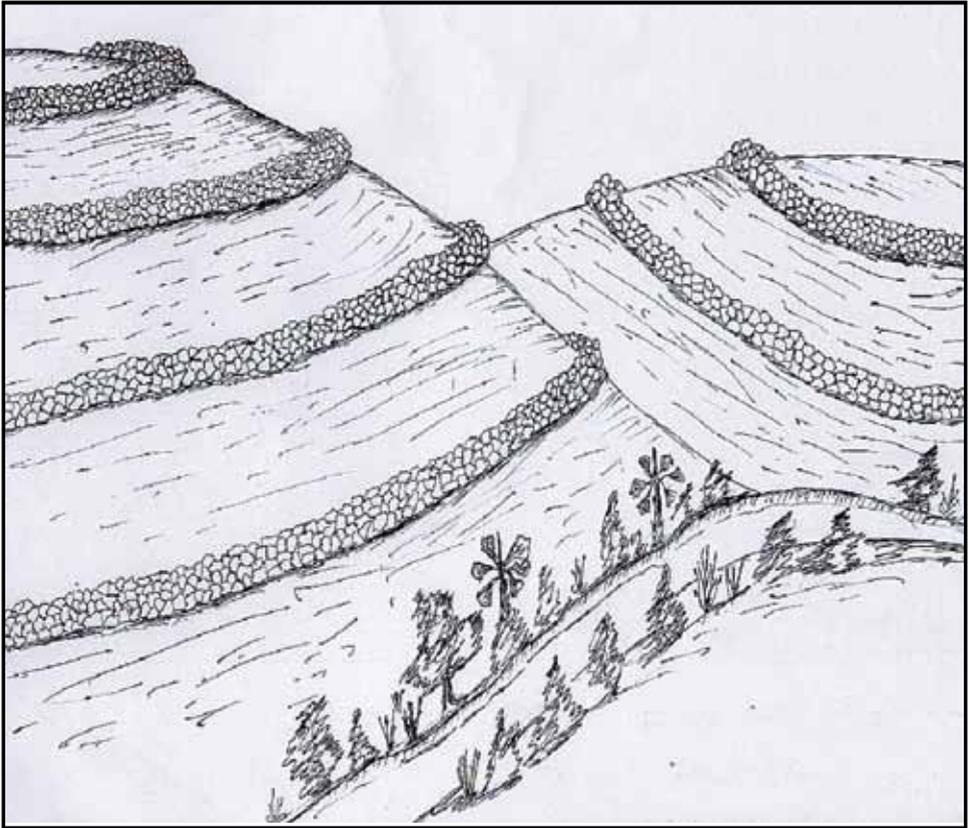


Figura 57 – Cordões de Pedra em Contorno
Fonte: João Bosco de Oliveira.

4.6 - Descompactação do Solo

4.6.1 - Considerações gerais

O processo de compactação do solo envolve aspectos que se relacionam com a física, química e propriedades biológicas, como também com os fatores ambientais, tais como o clima, tratamentos agronômicos do solo, principalmente o manejo e o tipo de culturas.

O processo de compactação é basicamente a mudança de volume de uma massa de solo. É uma alteração na densidade aparente do solo.

- Solo minerais – varia de 1,1 a 1,6 g/cm³;
- Solos orgânicos – varia de 0,6 a 0,8 g/cm³.

Para entender o processo da compactação, é preciso ter em mente que o solo é formado por três fases:

- Fase sólida – composta de material mineral e orgânico;
- Fase líquida – representada pela água;
- Fase gasosa – constituída pelo ar.

No processo, embora essas três fases mantenham certo equilíbrio, em determinado solo, ocorrem algumas variações temporárias, devido a fatores como a chuva, a seca, a movimentação de máquinas e super pastoreio sobre o terreno.

Um solo é considerado ideal quando mantém um equilíbrio entre as fases sólida, líquida e gasosa, ou seja:

- Contendo cerca de 50% de sólidos (material mineral e orgânico);
- contendo cerca de 20% de poros grandes que abrigam o ar do solo;
- contendo cerca de 30% de poros pequenos que retêm a solução ou água do solo.

Quando o solo é sujeito à compactação, ocorre uma deformação, com uma movimentação das partículas sólidas e da fase líquida, levando a uma diminuição no seu volume. Esse rearranjo, ou movimentação das partículas, depende das características de cada solo e ocorre de maneira que as fases sólida e líquida tomam parte do espaço destinado à fase gasosa. Tratando-se de solos argilosos, constituídos de partículas menores, com uma porosidade total maior, o efeito da pressão é mais severo, dando origem a maiores problemas de compactação do que nos solos arenosos. Quando uma carga ou pressão é aplicada sobre solos argilosos, as partículas finas de argila rolam para os espaços deixados pelas partículas grosseiras, como areias, causando uma diminuição no seu volume, com consequente aumento da densidade aparente, característica da compactação. Esse efeito nocivo é mais grave quando a pressão é exercida sobre solos úmidos.

A compactação do solo, portanto, afeta diretamente a sua porosidade, isto é, os espaços vazios entre as partículas sólidas. Estes espaços estão, normalmente, cheios de ar e água. Quando o solo é compactado, os poros diminuem de tamanho, podendo, em condições extremas, chegar a desaparecer.

4.6.2 - Problemas provenientes da compactação dos solos

A movimentação de máquinas agrícolas e super pastoreio sobre as áreas cultivadas é o fator mais importante na compactação do solo. A pressão exercida sobre a superfície do terreno, pelo peso das máquinas, e a alta densidade de animais em regime de pastoreio dão origem a uma força externa provocando uma reorganização das partículas do solo que passam a ocupar menor volume, esta é a característica do fenômeno da compactação.

O grau ou intensidade da compactação depende de uma série de fatores, tais como:

- tipo de solo;
- umidade atual do solo;

- peso das máquinas e equipamentos;
- número de vezes que a maquinaria se desloca em uma mesma área;
- número de animais em pastoreio por unidade de área.

É importante considerar que o peso das máquinas atinge o solo pelas rodas, portanto, conforme a largura do sistema de rodagem, esta pressão poderá ser concentrada numa pequena faixa ou ser diluída numa faixa mais larga.

O tráfego de máquinas agrícolas e super pastoreio têm sido responsável por sérias modificações no solo, influenciando no comportamento solo-ar-água, com efeitos perniciosos no crescimento das plantas.

Nos solos que sofreram compactação, ocorrem uma série de modificações físicas que influem diretamente nas plantas, por meio do sistema radicular. A compressão do solo se dá graças a uma redução no tamanho dos poros, ou seja, o espaço entre as partículas sólidas, ocupado por ar e solução química.

A redução ou estrangulamento dos espaços porosos dificulta o crescimento das raízes que têm dificuldade em dilatar o poro. Nestas condições, é comum observar raízes tortas, crescendo horizontalmente, ao invés de se desenvolver em profundidade. Essa é uma das causas do tombamento de plantas herbáceas, e mesmo de árvores grandes como a Algaroba e Leucena, quando o obstáculo ocorre com relação à raiz principal. Se o problema de compactação também afetar as raízes laterais, encontram-se plantas com raízes pequenas e bem engrossadas.

Além de afetar a infiltração normal da água em profundidade, pelo perfil do solo, e conseqüentemente aumentar a erosão, intensificando o escorrimento da água sobre o terreno, a compactação de certas camadas do solo age desfavoravelmente no crescimento das raízes.

4.6.3 - Sintomas característicos de solos compactados e adensados

Os solos com problemas de compactação ou de horizonte adensado apresentam sintomas visuais que podem ser detectados diretamente através do próprio solo ou, indiretamente, através das plantas cultivadas.

Dos sintomas observados diretamente nos solos:

- formação de crostas;
- trincas nos sulcos de rodagem dos tratores;
- zonas endurecidas abaixo da superfície;
- poças de água;
- erosão pluvial excessiva;
- necessidade de maior potência nas máquinas de cultivo; e
- presença de resíduos vegetais parcialmente decompostos muito após sua incorporação.

Nas plantas, pode-se confirmar a existência de problemas de compactação ou camadas adensadas nos solos, por meio:

- do baixo índice e emergência das plantas (germinação);
- da grande variação no tamanho das plantas;
- das folhas amareladas;
- do sistema radicular raso; e
- das raízes tortas.

Não é difícil reconhecer, no campo, os sintomas de compactação dos solos. Estes sinais aparecem tanto no próprio solo como nas plantas que se desenvolvem sobre ele.

As plantas sofrem ao desenvolverem-se nos solos compactados, principalmente pela má circulação do ar e da água e pela dificuldade física na penetração vertical das raízes.

4.6.4 - Recomendação para atenuar os efeitos da compactação

O bom manejo do solo tem como objetivo não só manter uma alto nível de fertilidade do solo, atenuando os efeitos da erosão, mas procurar diminuir, ao máximo, a compactação, por meio do bom uso de equipamentos e rotação de pastagens.

Para o uso adequado do solo, objetivando a redução dos efeitos danosos da compactação, deve-se adotar as seguintes medidas de forma preventiva:

- utilizar tratores com maior largura de rodagem;
- conduzir o trator com velocidade mais alta possível, para diminuir o tempo de compressão do terreno;
- usar implementos bem dimensionados que não exijam grande esforço de tração, possibilitando o uso de tratores menores e de menor peso;
- evitar trafegar pelos solos agrícolas quando estão molhados. Os solos secos são mais resistentes à compactação;
- usar a prática de subsolagem quando a camada de solo adensada for superior a 30 cm;
- usar a prática de escarificação quando a camada adensada for inferior a 30 cm;
- nas áreas de pastagem, realizar o bom rodízio de pastoreio, com carga controlada de animais por unidade de área;
- adicionar matéria orgânica ao solo ou efetuar a prática de cobertura morta com restos vegetais.



Foto 32- Escarificador para descompactação superficial
Fonte: João Bosco de Oliveira



Foto 33 - Subsolador para Descompactação Profunda
Fonte: Gastão Silveira

4.7 – Cobertura Morta

4.7.1 - Considerações gerais

O plantio com o mínimo de revolvimento do solo é uma técnica utilizada, desde os primórdios da civilização, para a produção de alimentos. A terra não era revolvida, as plantas nasciam entre a cobertura morta, resultante da decomposição de galhos, folhas e outros resíduos vegetais. Na agricultura moderna, esse método de cultivo começou a ser utilizado para combater a erosão e recuperar solos exauridos e degradados fisicamente.

O princípio básico deste método é a manutenção, sobre o solo, dos restos culturais, que formam uma camada protetora na superfície – a cobertura morta.

A cobertura morta é, sem dúvida, fundamental por vários motivos, dentre eles destacamos:

- contribui para manutenção da umidade do solo, impedindo o ressecamento da terra pelo sol;
- diminui as oscilações de temperatura na superfície, proporcionando uma média térmica adequada para o desenvolvimento da vida microbiana;
- permite a multiplicação da micro, meso e macrovida, pela decomposição da matéria orgânica;
- protege o solo contra ação das chuvas, que provocam desestruturação;
- diminui a concorrência das ervas daninhas.

4.7.2 - Finalidade e aplicabilidade

A cobertura morta exerce influência marcante nas características físicas, químicas e biológicas do solo. A superfície do solo protegida pelo *mulch*, não sofrerá o impacto direto das gotas de chuva e a consequente desagregação. Com isso, ocorrerá:

- redução do selamento superficial, onde a ação da chuva, em áreas desprotegidas, irá desagregar as partículas obstruindo os poros;
- elevação das taxas de infiltração e uma conseqüente diminuição do escoamento superficial *run off*.

Tanto a qualidade quanto a quantidade dos resíduos vegetais exercem influência na infiltração. A densa e espessa cobertura morta, promovida por restos vegetais, proporcionam as maiores taxas de infiltração da água no solo.

Os efeitos, sobre as propriedades do solo, dependerão do material utilizado (resíduos, folhas, etc), quantidade, manejo do material e composição do material (nutrientes e relação Carbono/Nitrogênio – C/N), bem como das condições específicas do solo e do clima (Tabela 7).

Tabela 7 – Composição Química de Alguns Resíduos Utilizados como a Cobertura Morta (Mulch), segundo Kiehl, 1984.

MATERIAL (Resíduos Vegetais)	RELAÇÃO C/N (*)	N (%)	P ₂ O ₅	K ₂ O
Capim Colômbio	27,00	1,87	0,53	-
Capim Elefante	69,35	0,67	0,11	-
Palha de Milho	112,00	0,48	0,35	1,64
Sabugo de Milho	72,72	4,66	0,25	-
Palha de Arroz	53,24	0,77	0,34	-
Casca de Arroz	39,00	0,78	0,58	0,49
Serragem de Madeira	865,00	0,06	0,01	0,01
Bagaço de Cana	22,00	1,49	0,28	0,99
Bagaça de Carnaúba	31,00	1,65	0,18	1,89

(*) C/N – Relação Carbono Nitrogênio
Fonte: Keihl (1985).

A ocorrência de camadas, compactadas por “pé de grade” ou “pé-de-arado”, poderá praticamente anular o efeito da cobertura morta, quanto ao aspecto de infiltração de água no solo, ou seja, apenas o *mulch* não será suficiente

para promover aumento nas taxas de infiltração de água.

O *mulch* apresenta uma elevada capacidade de manutenção da umidade do solo, reduzindo as perdas por evaporação, inclusive a evaporação ocasionada pelos efeitos do vento que ocorre nas áreas descobertas.

A temperatura do solo, bastante elevada ou muito baixa (oscilação térmica), causa sérios danos ao desenvolvimento das culturas. Uma das formas de evitar esse problema é utilizar a cobertura morta, empregando resíduos vegetais. Com o uso desses materiais, ocorrerá o impedimento da elevação de temperatura na camada arável, devido a pouca exposição e consequente diminuição na taxa de decomposição da matéria orgânica do solo.

Esse aspecto é importante em função dos efeitos marcantes que a temperatura do solo exerce na atividade biológica, germinação de sementes, crescimento radicular e absorção de íons.



Foto 34 – Cobertura Morta (Mulch) em Lavoura de Feijão

Fonte: R. Derpseh.



Foto 35 – Cobertura Morta (Mulch) em Cultivo de Hortaliça

Fonte: João Bosco de Oliveira.

A cobertura morta, afeta a disponibilidade de nutrientes quer pelas modificações físicas do solo, como o balanço de água no solo, quer por meio da decomposição dos resíduos no solo, em que os nutrientes imobilizados serão gradativamente mineralizados e colocados à disposição das plantas. Esse tempo de decomposição dependerá das condições climáticas, solo e relação C/N do material. Os resíduos da superfície decompõem-se mais lentamente, em relação quando são incorporados pelo preparo do solo. Assim, os nutrientes reciclados, no caso de plantas usadas como cobertura morta, serão colocados na superfície do solo para posterior aproveitamento pelas culturas.

Portanto, um solo protegido com *mulch* incorrerá num maior armazenamento de água, maior controle de plantas invasoras, além de conservar o solo e aumentar o rendimento das lavouras. É, pois, uma prática fundamental a ser considerada na maioria dos sistemas de manejo de solo do semiárido.

4.8 - Cultivo em Sulcos em Nível – Sistema *Dry Farming*

4.8.1 - Considerações gerais

O sistema de cultivo em sulcos em nível, também denominados lavoura seca, *dry farming* ou cultura de secano, é um conjunto de práticas que visa a economia d'água nas áreas onde o equilíbrio hídrico é decisivo para o êxito das atividades agrícolas.

Um dos princípios importantes da lavoura seca – segundo Pimentel Gomes (1945) - é facilitar a penetração da água do solo, reduzindo a porcentagem da água, perdida por escoamento superficial, e aproveitando melhor a pluviosidade.

Nas condições de nossas regiões semiáridas, onde quase sempre é grande a porcentagem de *run off*, só a aplicação deste princípio traz resultados muito favoráveis à agricultura. Afirma, ainda, Pimentel Gomes (1945) que “diminuir a porcentagem da água evaporada e aproveitar a água infiltrada constituem princípios básicos da lavoura seca”.

O pesquisador Sternberg (1951) defende esse processo, para a agricultura nordestina, afirmando: “Sem pretender de modo algum excluir ou menosprezar as soluções hidráulicas e de reflorestamento, desejamos focalizar uma terceira solução para o melhor aproveitamento das águas pluviais, solução esta que, embora de eficiência comprovada, tem sido negligenciada entre nós. É todavia ela que, a nosso ver, deve ser o eixo de qualquer programa que tenha como objetivo prevenir os efeitos das secas e valorizar a região semiárida. Referimo-nos ao conjunto de práticas agrícolas que podem ser reunidas sob o título de agricultura conservacionista, que tem como objetivo a conservação do solo e da água”.

4.8.2 - Experiência em outras regiões semiáridas

Os pesquisadores americanos Burnett & Fisher (1954), nos USA, realizando trabalho com a cultura do algodão, durante um período de 25

anos, na Estação experimental de Spur, no Texas, concluíram que existe uma correlação positiva entre a umidade do solo e a produção desta cultura.

Esses mesmos autores, analisando experimentos de 25 anos de duração, demonstram também que o cultivo do algodão, em sulcos em nível (*contour rows*), aumentava a produção em cerca de 60%, quando comparado com plantio convencional.

Os sulcos de retenção em nível também são usados nas regiões seca de Portugal e Espanha, segundo Mela Mela (1966), diferenciando-se do processo americano pelo uso de um pequeno dique dentro dos sulcos (Figura 57), visando permitir maior uniformização na infiltração da água acumulada.

Na Índia, precisamente na Estação Experimental de *dry farming* (*Dry Farming Research Station*) em Sharlapur, definiu-se um processo de lavoura seca denominado *Maharashtra*, capaz de aumentar a produtividade de “rabi” em cerca de duas e meia vezes, quando comparado com o processo agrícola tradicional (DONAHUE, 1962).

No Nordeste, nas décadas de 1940 a 1950, os pesquisadores Pimentel Gomes e Guimarães Duque, dentre outros, defendiam e davam os primeiros passos na aplicação dos processos e métodos de *dry farming* (lavoura seca).

4.8.3 - Métodos já adotados no nordeste do Brasil

O Instituto Nordestino de Fomento ao Algodão e Oleaginosa (INFAOL) em 1973, com base em experiências anteriores, passou a adotar o método lavoura seca, em que a maior infiltração da umidade no solo, por meio de sulcos de retenção e a minimização da evaporação pelos quebra-ventos de vegetação nativa. O INFAOL, preferencialmente, utilizou o método Guimarães Duque.

- MÉTODO GUIMARÃES DUQUE

Este método consiste em efetuar, na área em que se deseja conservar, “sulcos em nível” de acordo com o espaçamento da cultura a ser plantada,

associado a um sistema de quebra-ventos, utilizando-se a própria vegetação nativa existente, antes do desmatamento. Os sulcos poderão ser abertos com auxílio de arados de disco ou sulcadores de três linhas.

A finalidade dos sulcos, é obrigar a água penetrar no solo, o que significa uma economia de água. Essa penetração da água, mais rapidamente e em maior quantidade no solo, resulta em umidade mais duradoura para lavoura.

No caso de solos argilosos, o sulcamento em nível poderá se precedido de uma escarificação ou subsolagem, dependendo da profundidade da camada adensada.

Este método poderá ser associado ao sistema de terraços ou cordões de pedra em nível, proporcionando um maior controle à erosão hídrica.

O plantio da lavoura poderá ser efetuado no bordo do sulco construído, em espaçamento regular entre plantas, no lado de jusante do referido sulco (Figura 58).

- MÉTODO DE CAPTAÇÃO *IN SITU*²

O sistema de captação de água de chuva *in situ* consiste na modificação da superfície do solo, de maneira que o terreno, entre as fileiras de cultivo, sirva de área de captação. Esta área apresenta uma inclinação que intensificará a produção de escoamento, ao mesmo tempo em que o conduz para a porção de solo explorada pelo sistema radicular da cultura. A Figura 59 apresenta um esquema do sistema.

O CPATSA vem avaliando técnica e economicamente, as seguintes técnicas de captação de água de chuva *in situ*:

Tc₁ – sulcos e camalhões (ICRISAT-ÍNDIA)

Tc₂ – sulcos modificados (CP-MÉXICO)

2 - Recomendações Técnicas do Centro de Pesquisa Agropecuário dos Trópicos Semi-árido – CPATSA/Embrapa

Tc₃ – sulcos modificados (Guimarães Duque-Brasil)

A capacidade de retenção de umidade do solo é fator extremamente importante para o sucesso desta tecnologia, pois de nada vale produzir-se um excedente de água, se este não é absorvido pelo solo. Portanto, textura, estrutura e porosidade do solo e profundidade alcançada pelo sistema radicular são características indispensáveis no planejamento deste sistema.

Por outro lado, a adição de alguns produtos, na área explorada pelo sistema radicular, tais como: adubo verde, esterco, resíduos de culturas, compostos e vermiculita, pode ser feita com a finalidade de melhorar a capacidade de retenção de umidade do solo.

O CPATSA desenvolveu um equipamento simples, de tração animal, destinado ao preparo de solo para a captação de água de chuva “in situ”. Convém salientar que estes sulcos e camalhões modificados são feitos em curvas de nível com o mínimo possível de declividade.

Embrapa (1982 apud SHAANAN et al., 1979) e Embrapa (1982 apud Evenari et al., 1974) apontam a captação *in situ* como o mais viável dos sistemas de aproveitamento do escoamento superficial, pelas seguintes razões:

1. a produção do escoamento superficial por unidade de área é inversamente proporcional ao tamanho da área. Nas condições do deserto de Negev, a captação *in situ* pode produzir de 10 a 30 vezes mais escoamento, por unidade de área, do que bacias hidrográficas de vários hectares; e
2. não requer intensivo planejamento de engenharia e sua construção não necessita de equipamentos pesados.

Anaya et al. (1976) desenvolveram uma fórmula para o cálculo do espaçamento entre fileiras para a captação de água de chuva *in situ*:

$$Ac = Es + \frac{1}{C} \left(\frac{Uc - P}{P} \times Es \right)$$

Onde:

Ac = Espaçamento entre fileiras para a captação

Es = Espaçamento tradicionalmente utilizado pelo produtor

C = Coeficiente de escoamento

Uc = Uso consuntivo da cultura, durante o ciclo (mm)

P = Precipitação durante o ciclo da cultura, a 50% de probabilidade (mm)

Sistema SAES-CV com captação de água de chuva *in situ*

A captação de água *in situ* pode contribuir em muito para a diminuição do número de irrigações de salvação, a ser dado com o sistema SAES, visto haver uma maior disponibilidade de água para as plantas. A área de plantio (A_p) do sistema SAES é preparada em sulcos e camalhões, por meio do multicultor CPATSA. Os camalhões têm superfície plana de 1,20m de largura e são limitados, lateralmente, por sulcos 0,20m de profundidade e 0,30m de largura, sendo o espaçamento entre sulcos de 1,50m, cuja finalidade é a aplicação de água aos cultivos alimentares, durante as irrigações de salvação. (EMBRAPA, 1982 apud ARAGÃO, 1980).

O arranjo dos consórcios, segundo Embrapa (1982 apud SANTOS et al.,1981), deve ser feito de forma que as mesmas culturas sejam colocadas nas bordas do mesmo sulco, conforme Figura 61. O sistema de sulcos, modificados para a captação de água de chuva *in situ*, consiste de sulcos, igualmente espaçados, sendo que, entre sulcos consecutivos, existem dois planos inclinados, onde o primeiro é formado pela borda do próprio sulco, com uma altura de 0,20m a 0,30m, e o segundo, que é mais extenso, une a parte mais alta do primeiro plano ao fundo do segundo sulco. Neste sistema, têm-se elementos básicos, a saber: o plano mais externo, que serve de área de captação, o plano menor, que serve de área de plantio, enquanto os sulcos propriamente ditos servem como área de armazenamento. Por conseguinte, neste sistema, como só há possibilidade para colocação de apenas uma fileira de plantas para cada sulco, a densidade de

plântio deve ser modificada, e/ou a área de plântio aumentada, visto haver uma maior disponibilidade de água para irrigar.

A associação do sistema SAES-CV com a captação *in situ* é extremamente importante para regiões de baixa precipitação.



Foto 36 - Preparo do Solo para o Sistema *Dry Farming*
Fonte: Francisco Holanda

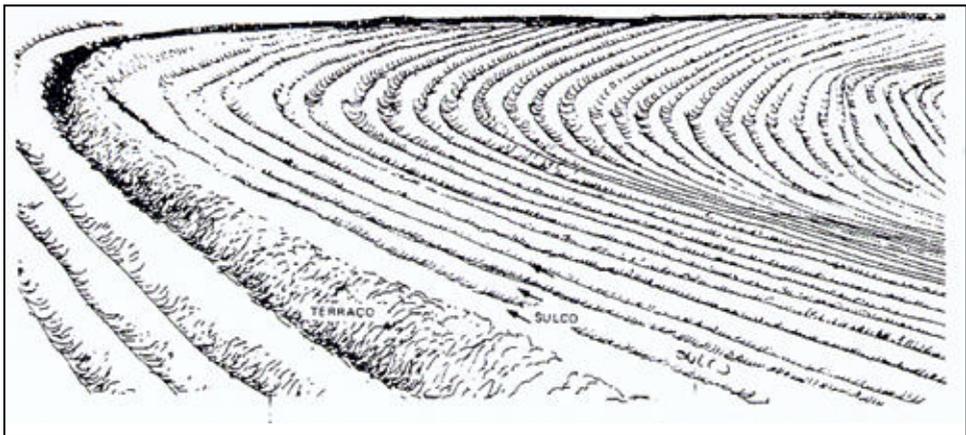


Figura 58 – Esquema do Preparo do Solo para o Sistema *Dry Farming*
Fonte: Embrater.

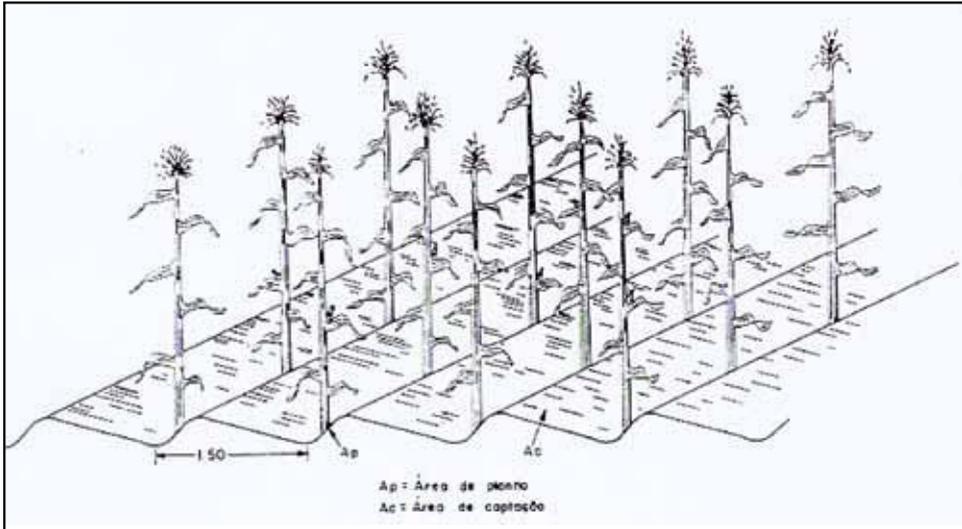


Figura 59 – Esquema do Sistema de Captação de Água da Chuva *in situ*.
Fonte: CPTSA / Embrapa

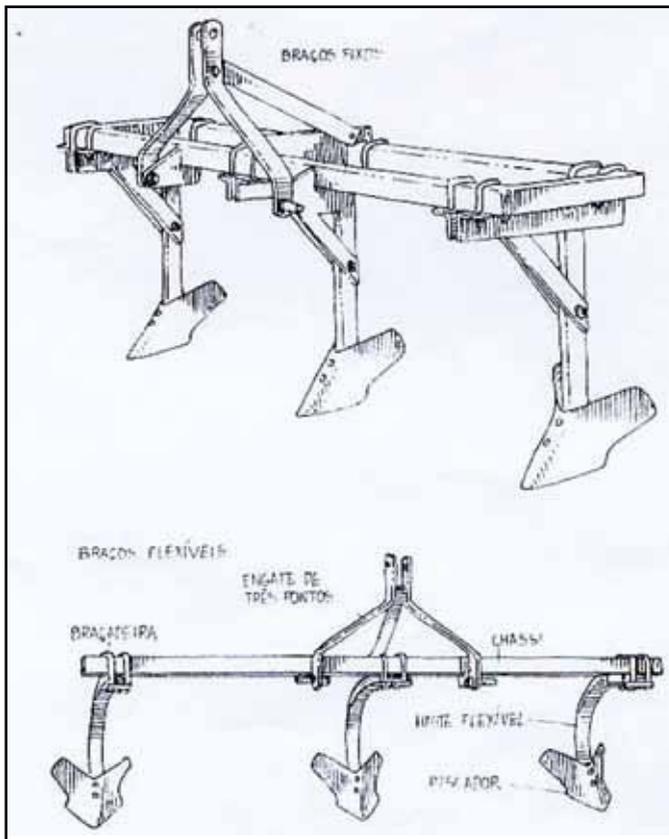


Figura 60 - Equipamento Utilizado no Sistema *Dry Farming*
Fonte: Gastão Silveira.

4.9 - Matéria Orgânica: Esterco e Composto

4.9.1 - Estercos

Os estercos são constituídos por fezes e urina dos animais, misturados com palhas, restos culturais ou outro material usado como cama.

Muitos séculos antes do estabelecimento da ciência agrícola, os lavradores já empregavam os estrumes na fertilização de seus solos. O valor desse adubo era tão conhecido que os agricultores criavam gado exclusivamente destinado à produção de esterco. Sem qualquer outra utilidade, os animais da propriedade agrícola eram considerados como “mal necessário”.

4.9.1.1 - Composição química dos estercos

A composição química dos estercos é bastante variável. Os principais fatores que nela influem são:

- espécie animal;
- idade dos animais;
- alimentação;
- regime; e
- natureza dos materiais usados nas camas.

a) **Variação com a espécie animal.** Os excrementos dos equinos e ovinos contêm menos água do que os dos bovinos e suínos. São, por esse motivo, bastantes consistentes e permeáveis ao ar, fermentam com pronunciado aumento na temperatura, e são de difícil conservação, por isso são denominados de excrementos quentes.

A Tabela 8 mostra a composição média dos excrementos sólidos e líquidos dos diversos animais.

Os estrumes de bovinos e suínos são aquosos e de mais difícil fermentação. Conservam, por isso, melhor os seus nutrientes. São denominados excrementos frios.

Tabela 8 – Porcentagem da Composição dos Excrementos Sólidos e Líquidos de Animais

COMPONENTES	EQUINOS		BOVINOS		OVINOS		SUÍNOS	
	SÓLIDO	LÍQUIDO	SÓLIDO	LÍQUIDO	SÓLIDO	LÍQUIDO	SÓLIDO	LÍQUIDO
Água	75,0	90,0	83,2	93,0	65,5	87,0	81	97
Matéria orgânica	21,0	7,0	14,0	3,2	31,4	8,0	12	21
Cinzas	3,2	3,0	2,0	3,0	3,1	4,5	4	1,2
Nitrogênio	0,44	1,5	0,3	0,6	0,6	1,9	0,6	0,4
Fósforo	0,35	0,9	0,17	-	0,3	-	0,3	0,1
Potássio	0,15	1,6	0,1	1,3	0,15	2,3	0,3	0,8
Cálcio	0,14	0,45	0,1	0,1	-	-	-	-

Fonte: Kiehl (1985).

A quantidade de excrementos produzidos pelos animais diariamente varia com a idade, alimentação etc. A Tabela 9 indica as quantidades diárias de excrementos sólidos e líquidos, produzidos por diferentes animais, por cada 1000 kg de peso vivo.

Tabela 9 – Excrementos Produzidos por 1000 kg de Peso Vivo em Quilogramas por Dia

ANIMAL	SÓLIDO	LÍQUIDO	TOTAL
Vaca	25	10	35
Cavalo	20	5	25
Suíno	24	17	41
Ovinos	11	6	17
Aves	-	-	12

Fonte: Kiehl (1985)

b) Variação com o regime. Animais que se encontram em regime de engorda, estábulos ou semiestábulos, produzem esterco mais ricos em nutrientes do que aqueles em regime de trabalho: neste caso, os esterco são pobres porque os animais gastam a sua energia para suplementar na produção de força.

c) Variação com a natureza das camas. Os materiais utilizados nas camas dos animais são, em geral, constituídos por folhas, capins, restos de cultura, **serragem de madeira**, terra vegetal etc. A propriedade absorvente desses materiais, assim como a facilidade com que se decompõem, influi bastante na riqueza dos esterco produzidos.

Quanto maior for o poder absorvente do material da cama, tanto maior será o seu valor fertilizante. Quanto mais fácil a sua decomposição, mais rico o esterco obtido, porque gasta menos energia nesse processo.

d) Variação com a idade dos animais. O animal, em suas diferentes idades, não fornece excrementos de composição constante. Quando novo, sua capacidade digestiva é maior do que quando adulto ou velho. O animal novo retira dos alimentos maior quantidade de nutrientes, principalmente fósforo, utilizados na formação do seu esqueleto, e nitrogênio, para formação dos músculos. Nessas condições, o animal fornece um excremento com menor valor fertilizante. A composição média de bovinos, em crescimento e em fase adulta, é a seguinte:

Tabela 10 – Percentual de Nutrientes no esterco, segundo a Idade do animal

PORCENTAGEM DE NUTRIENTES			
	NITROGÊNIO	FÓSFORO	POTÁSSIO
Animal novo	0,41	0,13	0,54
Animal adulto	0,98	0,44	0,65

Fonte: Kiehl (1985).

e) Variação com a alimentação. Quanto mais abundante e rica for a ração consumida pelos animais, maior será o valor fertilizante do esterco por eles produzido. Assim, as leguminosas e tortas oleaginosas fornecem um esterco mais rico em nitrogênio e fósforo do que as gramíneas (milho, palhas, de cereais, capins diversos). As plantas tuberosas, como batata e mandioca, fornecem esterco mais ricos em potássio. Na Tabela 11, são apresentados os dados de um experimento com vacas leiteiras de 550 kg, produzindo 6 litros de leite diários e submetidas a dois tratamentos com 12 kg de feno e 12 litros de água e outro com 70 kg de beterraba.

Tabela 11 – Influência da Alimentação na Composição de Excremento de Vacas

NUTRIENTES EM QUILOGRAMAS						
RAÇÃO	EXCREMENTO	NITROGÊNIO	FÓSFORO	POTÁSSIO	ÁGUA KG	QUANT. Kg
70 Kg de beterraba	Sólido	0,33	0,24	0,14	83,0	19,0
	Líquido	0,12	0,01	0,59	97,4	40,0
12 Kg de feno e 12 litros de água	Sólido	0,34	0,16	0,23	79,7	22,0
	Líquido	1,54	-	1,69	92,6	6,2

Fonte: Kiehl (1985).

4.9.1.2 - Quantidade de esterco animal

A quantidade de esterco, produzido anualmente, varia principalmente com a espécie animal, a idade e o regime alimentar.

As quantidades médias para os diversos animais são:

Tabela 12 – Quantidade de Esterco Produzido, Anualmente, Segundo a Característica do Animal

ANIMAL	QUANTIDADE kg	VOLUME m ³ (500 kg de esterco)
Boi de engorda (600 kg)	25.300	42,8
Vaca estabulada (400 kg)	11.400	19,3
Cavalo (500 kg)	12.200	17,3
Boi de trabalho (600 kg)	9.400	15,9
Porco (100 kg)	1.100	1,8
Carneiro (40 kg)	550	0,9

Fonte: Kiehl (1985).

Alguns dos critérios mais usados para calcular a quantidade de esterco produzido anualmente pelos animais são:

- Certos técnicos estabelecem uma produção média diária de 7 kg para cada 100 kg de peso vivo do animal. Assim, uma vaca de 400 kg produz diariamente 28 kg de excrementos, ou seja, 10.200 kg por ano.
- Outro critério é considerar as quantidades de excremento que os animais produzem como sendo cerca de 25 vezes o seu peso, por ano. Assim, a mesma vaca do exemplo anterior produzirá, anualmente, 10.000 kg;
- A quantidade de esterco, produzido diariamente, pode ser obtida multiplicando-se por dois a soma dos pesos da ração sem água e de cama. Assim, um cavalo, consumindo diariamente 13 kg de feno, sendo sua cama composta de 3 kg de palha, produzirá diariamente:

$$(13 + 3) \times 2 = 32 \text{ kg de esterco ou, anualmente, } 11.680 \text{ kg.}$$

- Somam-se os pesos da forragem e da cama, calculados no estado seco, e multiplica-se essa soma pelos seguintes coeficientes:

Cavalo de trabalho	1,3
Boi de trabalho	1,5
Vaca leiteira	2,3
Porco adulto	2,5
Carneiro	1,2

O resultado é obtido em quilos de esterco produzidos diariamente.

- Soma-se a metade da matéria seca da ração com $\frac{1}{4}$ da matéria seca da cama e multiplica-se o resultado por índices de acordo com a espécie animal. As fórmulas são:

$$\text{Bovinos} \quad \left(\frac{M.S.}{2} + \frac{M.S.}{4}\right) \times 4$$

$$\text{Equinos e ovinos} \quad \left(\frac{M.S.}{2} + \frac{M.S.}{4}\right) \times 3$$

$$\text{Suínos} \quad \left(\frac{M.S.}{2} + \frac{M.S.}{2}\right) \times 3,7$$

Exemplo: Suponhamos uma vaca pesando 500 kg, recebendo uma ração contendo 12,5 kg de matéria seca, e a cama constituída de 4 kg de capim contendo 932 gramas em peso seco (matéria seca). Aplicando a fórmula, temos:

$$\begin{aligned} \left(\frac{M.S.}{2} + \frac{M.S.}{4}\right) \times 4 &= \left(\frac{12,5}{2} + \frac{0,932}{4}\right) \times 4 \\ &= 25.932 \text{ kg de esterco, ou seja, } 9465 \text{ kg por ano.} \end{aligned}$$

O peso de metro cúbico de esterco pode ser calculado tomando-se como base as seguintes médias:

Esterco fresco	500 kg
Esterco bem curtido	800 kg

4.9.1.3 - Esterqueira

A Esterqueira é o depósito de esterco, ou seja, o local onde ele vai sofrer transformações até atingir o ponto em que deve ser incorporado ao solo.

Por maiores que sejam os cuidados que os esterços recebem, estão sempre sujeitos a perdas de nutrientes, principalmente de nitrogênio, que, devido à sua transformação da forma orgânica para a amoniacal, perde-se parcialmente para a atmosfera, sob a forma de gás amônia (NH_3).

Essas perdas, entretanto, podem ser bastante diminuídas, ou quase anuladas, se o agricultor dedicar certos cuidados ao esterco durante a sua fermentação, isto é, sua decomposição através de certos microrganismos.

a) Construção da esterqueira - A esterqueira deve ser de preferência coberta, para evitar que o calor e as chuvas prejudiquem o processo de decomposição, produzindo perdas de nutrientes. Sua plataforma deve ter uma inclinação de mais ou menos 2% e conter um rego de 5 X 10cm, na parte mais baixa, ligado diretamente a um poço de 2 metros de profundidade e 1,5 a 2 metros de diâmetro, destinado a permitir o fácil escoamento dos líquidos que encharcam o esterco. Esses líquidos são muito ricos em fósforo e potássio. Cercando a plataforma deve haver um muro de 1m de altura, para sustentar as primeiras camadas de esterco. Tanto a plataforma como o poço devem ser impermeáveis, o que se consegue com massa de cimento e uma camada de betume.

Para evitar o acesso das águas de chuva, é aconselhável a construção de uma canaleta, ao redor da esterqueira. As dimensões desta vão depender do volume de esterco produzido anualmente.

Cálculo:

$$S = \frac{Pt}{PdxA}$$

onde S é = área da esterqueira em metros quadrados, P_t = peso total de esterco a ser armazenado, P_d = peso de um metro cúbico de esterco e A = altura da massa, que não deve ser superior a 3 metros.

Exemplo: Suponhamos que, uma propriedade agrícola possua 10 vacas de 500 kg, em média, cada uma, um touro reprodutor de 800 kg e 20 carneiros de 30 kg, em média.

A quantidade de esterco produzido anualmente por esses animais, aplicando o critério n.º 2, no qual a quantidade de esterco anual equivale a 25 vezes o seu peso, teremos:

$$10 \text{ vacas} \quad 500 \times 10 \times 25 = 125.000$$

$$1 \text{ touro} \quad 800 \times 1 \times 25 = 20.000$$

$$20 \text{ carneiro} \quad 30 \times 20 \times 25 = \underline{15.000}$$

$$\text{TOTAL} \quad \quad \quad \mathbf{160.000 \text{ kg}}$$

Considerando a condição do esterco, ou seja, semicurtido, pesando, portanto, cerca de 700 kg por metro cúbico, e altura da massa igual a 2,50 metros, teremos:

$$S = \frac{P_t}{P_d \times A} = \frac{160.000}{700 \times 2,5} = 91,4 \text{ m}^2 = \text{área da esterqueira}$$

b) Preparo do esterco - Desde o estábulo, o esterco vem sofrendo reações químicas diversas que são influenciadas pela abundância de dejeções, pela temperatura e pela quantidade e qualidade dos materiais que constituem as camas.

Na massa de esterco, ocorre uma fermentação aeróbica, ou seja, que necessita de aeração, processando-se nas camadas superiores, gerando temperaturas que alcançam, por vezes, 70 a 80 graus centígrados (°C). Dessa fermentação, resulta a formação de gás carbônico (CO_2) e gás amônia (NH_3),

substâncias essencialmente voláteis que se desprendem para a atmosfera quando não se conservam na massa de esterco.

Nas camadas inferiores, onde falta oxigênio (aeração), produz-se a fermentação anaeróbia que, ao contrário daquela, processa-se na ausência de ar. Nessas camadas, a temperatura é cerca de 25 a 35°C, havendo pequena formação de gás amônia (NH_3). É esta a fermentação útil do esterco, porque o coloca em condições de ser incorporado ao solo sem grandes perdas de nitrogênio, tornando-o um produto rico e eficiente. Duas precauções principais permitem obter essa condição:

- 1ª) regularizar a fermentação, para reduzir ao mínimo as perdas de nitrogênio gasoso; e
- 2ª) empregar substâncias que absorvam esse gás, retendo-o na massa de esterco.

A compressão da massa e a sua irrigação são os processos utilizados na obtenção dessas condições.

Recolhido dos currais e estábulos, o esterco deve ser imediatamente depositado na esterqueira em forma de monte, tendo-se o cuidado de comprimí-lo e sempre irrigá-lo com o próprio líquido do poço. Agindo dessa maneira, a fermentação se processa com regularidade, colocando o esterco em estado de franca decomposição.

A compressão da massa não deve ser nem muito forte nem muito fraca, mas, regular. Comprimindo-se fortemente o esterco, a fermentação torna-se muito rápida e enérgica, aumentando as perdas de nitrogênio, ao contrário, comprimindo-o levemente, a fermentação se desenvolve lentamente e o curtimento não fica perfeito.

A irrigação, que facilita e estabelece a regularidade na fermentação, deve ser efetuada sempre que necessário, de modo a manter a massa sempre úmida, sem entretanto, deixá-la encharcada.

A falta de irrigação provoca o secamento do esterco, redundando em perdas de nitrogênio por volatilização, além de facilitar a proliferação de fungos que consomem também o nitrogênio gasoso.

A irrigação do esterco apresenta as seguintes vantagens:

- proporciona condições para combinação do gás carbônico com o amoníaco, formando o carbonato de amônio, que se dissolve no próprio líquido, sendo uniformemente distribuído em toda a massa;
- facilita a compressão, tão necessária a um bom processo de fermentação do esterco;
- conserva constante a temperatura da camada superior do monte, controlando a fermentação aeróbica.

Quando a esterqueira não possui poço anexo, pode-se utilizar água comum para irrigação.

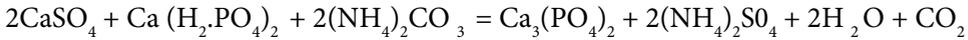
A altura do monte não deve ultrapassar dois metros.

Os líquidos da esterqueira, coletados no poço (nitreira), fermentam facilmente e com rapidez, desprendendo nitrogênio gasoso para a atmosfera. Para reduzir as perdas desse gás, o agricultor poderá prover o poço de uma tampa de madeira, evitando o contato da atmosfera interna com a externa.

Alguns autores aconselham também o emprego de substâncias que impedem a volatilização do nitrogênio. Entre essas, colocam-se os ácidos sulfúrico e clorídrico misturados em proporções iguais e diluídos com água. Para cada litro da mistura desses ácidos, acrescentar 10 litros de água. Por ocasião da diluição, tomar a precaução de juntar a água aos ácidos em pequenas porções, pois, ao estabelecer contato, a temperatura da mistura se eleva. Portanto, nunca se deve adicionar os ácidos à água.

De tempo em tempo, derramar essa mistura no poço. Quando se usa bomba para retirar o líquido (purina) isso não é recomendável.

Do mesmo modo, recomenda-se juntar gesso ou superfosfato simples à massa de esterco em fermentação, na proporção de 50 kg por tonelada de material. Dá-se a seguinte reação:



Assim, o nitrogênio torna-se estável, não sujeito às perdas citadas.

Processo Krantz - Um agrônomo alemão, Krantz, demonstrou que a transformação do nitrogênio, para a forma na qual ele é perdido, é devido ao trabalho de certos microrganismos, que não resistem a temperaturas elevadas, superiores a 60°C.

Baseado nesse fato, Krantz propôs o seguinte processo:

- coloca-se o esterco na esterqueira, em camada, sem comprimi-lo;
- decorridos dois dias, as fermentações microbianas fazem subir a temperatura da massa acima de 60°C. Nessa temperatura, os microrganismos aeróbicos morrem e a fermentação das camadas superiores cessam. Comprime-se a massa enérgica e diariamente, durante três dias, mais ou menos, sem irrigá-la. Pela compressão, o ar é expulso, sendo que os microrganismos aeróbicos restantes morrem por falta de aeração;
- coloca-se nova camada de esterco em cima da primeira, procedendo-se da mesma forma como foi explicado.

Novas camadas são depositadas no monte, do mesmo modo que a primeira. Quando a massa atinge uma altura de 2,5 a 3,0 metros e está bem comprimida, cobre-se com terra de curral.

Experiências executadas na Europa mostram a superioridade desse processo sobre outros, produzindo esterco de alta qualidade, capaz de promover maiores rendimentos agrícolas.

Decorridos dois a três meses, a fermentação termina e o esterco está bem curtido, pronto para ser incorporado ao solo. O seu curtimento é fácil de ser reconhecido pela cor escura que apresenta e pela homogeneidade e consistência de sua massa que se torna pastosa.

4.9.1.4. Aplicação do esterco

No descarregamento da esterqueira para utilização do esterco, como as diferentes camadas não apresentam o mesmo grau de curtimento, é aconselhável fazer o corte da massa em seções verticais com 50 a 80 centímetros de espessura. A composição química dessas camadas é bastante variável, como se pode observar pelos dados abaixo:

Tabela 13 – Composição Química do Esterco por Camada

COMPOSIÇÃO DO ESTERCO NAS CAMADAS			
	INFERIOR	MÉDIA	SUPERIOR
Água	75,9	79,3	75,8
Nitrogênio (N)	0,58	0,63	0,56
Fósforo (P_2O_5)	0,37	0,54	0,46
Potássio (K_2O)	0,59	0,71	0,77
Cálcio (CaO)	0,40	0,63	0,69
Magnésio (MgO)	0,17	0,15	0,15

Fonte: Kiehl (1985).

A quantidade de esterco a empregar, por hectare, é bastante variável. Alguns dos fatores, que entram em jogo na determinação dessa quantidade, são: cultura a ser feita, tipo de solo e conteúdo de matéria orgânica do solo. De maneira geral, a adubação com esterco, conforme a quantidade empregada, pode ser classificada em kg/ha:

Adubação forte 60.000

Adubação regular 40.000

Adubação fraca 20.000

Na prática, o esterco pode ser colocado em montes espaçados de sete metros um do outro. A quantidade de cada monte é calculada da seguinte maneira:

Suponhamos que a quantidade a aplicar é de 40.000 quilos por hectare. A área ocupada por cada monte é de: $7 \times 7 = 49$ metros quadrados. Um hectare, que possui 10.000 m^2 terá $10.000 / 49 = 204$ montes. Dividindo 40.000 kg de esterco pelos 204 montes, cada monte terá 191 quilos ou, aproximadamente, 240 litros.

O esterco, uma vez espalhado sobre a superfície do solo, deve ser imediatamente incorporado com arado para reduzir ao mínimo as perdas de suas qualidades. Sua aplicação, quando bem curtido, deve ser realizada com um mês de antecedência ao plantio. Se estiver meio curtidão, com dois meses de antecedência.

Quando o espaçamento da cultura é grande, pode-se aplicá-lo somente no sulco de plantio, misturando bem com a terra, para fazer economia de esterco.

No caso das culturas perenes, o esterco deve ser distribuído ao redor das plantas, em faixas, e depois incorporado. Outro método é incorporá-lo em cova de 15-20 cm de profundidade, abrangendo $1/4$ da planta. Nesse caso, a aplicação seguinte seria realizada em local diferente, de modo que, após quatro aplicações, toda a volta da planta teria recebido esterco. Quando o terreno tem bastante declividade, o esterco pode ser aplicado somente na parte superior, para melhor aproveitamento.

Sobre os seus efeitos benéficos, em vários capítulos, ressaltamos a importância da matéria orgânica. Além desta, cada 10 toneladas de esterco, aplicados por hectare, levam ao solo as seguintes quantidades médias de nutrientes:

60 kg de nitrogênio (N)

50 kg de fósforo (P_2O_5)

70 kg de potássio (K_2O)

60 kg de cálcio (CaO)

15 kg de magnésio (MgO)

Esterco de galinha. É o mais rico dos esterco, porém de preço elevado. A sua composição média é 2 % N, 2 % P_2O_5 - e 1 % K_2O .

4.9.2 - Composto

Composto é uma mistura feita de restos ou resíduos orgânicos, de qualquer espécie, com materiais minerais como cinzas, que se empregam como adubo orgânico. Assim, inclui cinzas de toda natureza, folhas caídas, mato capinado, lama de tanques, lixo, restos de cozinha, palha de milho e café, ossos, sangue, serragem, restos de animais etc.

O valor do composto, para melhorar a produtividade dos solos, tem sido reconhecido por muitas gerações. Sabe-se que aplicações de composto no solo melhora suas condições físicas, incluindo a capacidade de armazenamento de água e o suprimento de grandes quantidades de nutrientes para as plantas.

4.9.2.1 - Material inoculante

Na produção do composto, há necessidade de adicionar um fornecedor de microrganismos responsáveis pela decomposição do material, como na produção de esterco. Vários materiais inoculantes são empregados na produção de composto, sendo os mais importantes os seguintes:

a) Mistura inoculante. Na literatura, encontramos a seguinte mistura recomendada na preparação de composto:

25-30 litros de excremento fresco de animais;

30-36 litros de excremento em fermentação;

5-6 litros de cinza de madeira; e

5-6 litros de terra de curral, terra urinosa.

b) Excremento fresco. É bastante empregado como fonte de fornecimento de microrganismos para decomposição do material de fabricação do composto;

c) Inoculante artificial. Trata-se de um fermento bacteriano que contém uma variada flora bacteriana capaz de promover a fermentação do material. O inoculante vem em forma concentrada, consistindo seu uso em diluição na água e aplicação sobre o material a ser fermentado. No mercado brasileiro, existe um deles com o nome de “húmus solo”, cuja eficiência desconhecemos.

4.9.2.2 - Preparação do composto

O local para a produção de composto pode ser como para o esterco. O processo consiste em:

- espalhar o material (palha, folha, capim, cinza etc.) misturado e acomodado, por meio de pisoteio, sem comprimi-lo, de modo a formar uma camada de mais ou menos 25 centímetros;
- molhar de tal modo que o material da parte inferior fique umedecido, sem que haja excesso de água, a ponto de esta correr pelo chão;
- espalhar, sobre este material, uma camada de excremento, mais ou menos fresco, de quatro dedos de altura. Caso esteja um pouco seco, molhar até que a água atinja a parte inferior da camada de esterco; e
- colocar nova camada de material, repelindo as operações iniciais, e assim sucessivamente, até que o monte atinja uma altura máxima de 2 metros. A última camada deve ser do material (restos) de preparo do composto.

Irrigação. A irrigação do monte é um fator importante para o sucesso no preparo do composto. É preciso que haja abundância de água, sem excesso, isto é, o material do monte deve ser mantido úmido e nunca encharcado. Um processo prático para reconhecer se o material deve ser molhado ou acha-se em

bom estado de umidade, consiste em tomar uma pequena amostra, de vários pontos do monte, e espremê-la em uma das mãos; se houver umidade suficiente, a água aparecerá entre os dedos, caso contrário, estará seca. Em geral, duas vezes por semana é suficiente.

Arejamento. Os microrganismos, conforme dissemos, necessitam de ar para realizar o seu trabalho. Por esse motivo, o material não deve ser comprimido nos montes. Além disso, cada 4 a 5 semanas, deve-se revirá-lo todo para fornecer ar aos microrganismos. Além dessa finalidade, o reviramento uniformiza a massa em fermentação.

O reviramento consiste em desmanchar o monte, de tal modo que o material colocado na parte superior seja misturado com o de meio e com o da parte inferior, uniformizando, assim, todo o material.

Temperatura. Como se sabe, todas as vezes que se reúne, em um monte, material da natureza desse que se utiliza no preparo do composto, o monte esquenta. Seu aquecimento é sinal de que os microrganismos estão trabalhando.

Quando a temperatura do monte estiver elevada, 50 a 60°C, deve-se dar toda a atenção para não faltar água. Se a temperatura atingir 70 a 75°C, é conveniente apertar um pouco o monte para diminuir o aquecimento.

A temperatura do monte pode ser tomada duas vezes por semana, por meio de um termômetro graduado de 0 a 100° C, adaptado em cano de 1/4 de polegada. À extremidade do cano onde se assenta o bulbo do termômetro, é adaptada uma ponteira de metal. A temperatura deve ser tomada em três pontos diferentes no monte.

Quando não se possui um termômetro, usa-se mergulhar, no monte, um cano de ferro e, depois de 5 a 10 minutos, retirá-lo rapidamente e segurá-lo com a mão na parte aquecida. Se não suporte o calor do cano, a temperatura deve estar próxima a 70°C, caso contrário, isto é, se o calor for suportável, a temperatura estará abaixo de 70°C.

A temperatura elevar-se-á a partir do terceiro dia, permanecendo durante mais ou menos 10 dias, para, em seguida, cair lentamente. Após cada reviramento, o material volta a se revoltar. No fim da fermentação, o monte deve estar frio.

Após três a quatro meses de fermentação, o composto já está em condições de ser aplicado ao solo.

4.9.2.3 - Composição do composto

Em vista da diversidade do material usado na sua preparação, a formação do composto é muito variável. A análise de um composto revelou os seguintes teores de nutrientes:

Nitrogênio (N)	0,82%
Fósforo (P_2O_5)	2,20%
Potássio (K_2O)	0,13%

Aplicação - A aplicação do composto é como a do esterco, podendo obedecer às normas estabelecidas na sua utilização.

4.10 - Manejo de Pastagem

A pastagem é considerada um importante componente de conservação dos solos, de vez que por promover uma boa cobertura impede a desagregação do mesmo, reduzindo os riscos de erosão. No entanto, para que se complete, enquanto opção adequada para ocupação dos solos, a pastagem necessita ser manejada de forma a minimizar o escoamento superficial da água, fator que é decisivo para agravar a erosão dos solos.

O manejo físico de pastagens deve ser considerado com uma série de procedimentos, que visam assegurar condições para que os rebanhos utilizem-se do recurso forrageiro disponível. De um lado, permite a divisão dos rebanhos em categorias, estabelecendo-se condições diferenciadas de manejo animal; de

outro lado possibilita o ajuste no manejo da forrageira, respeitando as suas características fisiológicas, permitindo um melhor controle sobre o tempo de uso e descanso do pasto e a sua uniformidade e intensidade de utilização e separação entre as diferentes espécies. Para tanto, é necessário um conjunto de instalações que permita a sua consecução, como cercas, curral, corredores, bebedouros, saleiros, comedouros etc.

A divisão fundiária implantada no Estado, as características dos solos e a forma como as propriedades foram colonizadas, conduziram à exploração das pastagens a um modelo que não permite um adequado programa de manejo de pastagens. Predomina a divisão da propriedade em poucos pastos, relativamente grandes, divididos no sentido paralelo à pendente do terreno, com a disposição d'água através de vertentes naturais, no fundo dos pastos.

Nesse sistema, o gado é forçado a caminhar diariamente no sentido da pendente, com reflexos negativos no aproveitamento do pasto e no desempenho do animal, provocando ainda a abertura de sulcos que cortam os terraços, canalizam água e acabam por ocasionar a formação de voçorocas.

Qualquer tentativa que vise o restabelecimento de adequados procedimentos de manejo de pastagens, deverá passar pelo isolamento do, aguados naturais, bem como a disposição da água, nas cotas mais altas da propriedade que, possibilite a sua redistribuição, como importante componente de manejo.

4.10.1 - Número e tamanho dos pastos

O número de pastos de uma determinada propriedade será função do período de descanso (PD) em dias e do período de ocupação (PO), que pode ser obtido pela seguinte equação:

$$\text{Número de pastos} = \frac{PD}{PO} + 1$$

Ex. Para uma determinada categoria de rebanho, digamos bois de engorda, em que se deseja um descanso de 42 dias e uma ocupação de 7 dias para cada pasto, o número de pastos será:

$$N = \frac{42}{7} + 1 = 7$$

O número total de pastos de propriedade será a somatória dos pastos destinados a cada categoria de rebanho.

O tamanho do pasto será função da área disponível dividida pelo número de pastos.

O número e, conseqüentemente, o tamanho do pasto é importante para permitir uma melhor utilização do mesmo. Pastos relativamente muito grandes, além de ocasionar zonas de super e de subpastejo, acabam por permitir o fluxo do gado no sentido da pendente, acarretando uma menor retenção d'água no solo.

4.10.2 - Forma e disposição do pasto

A forma do pasto deverá ser preferentemente retangular, com o seu eixo maior perpendicular à pendente, permitindo que os animais caminhem principalmente em nível, protegendo, dessa forma, os terraços e evitando a canalização d'água. Para propriedades de topografia suave, a forma quadrada pode ser utilizada, desde que os pastos não sejam excessivamente grandes.



Foto 37 – Manejo de Pastagem em Sistema Rotativo (Voisin)
Fonte: www.ircolac.com/Irco/FOTOS%20IRCO-VOISIN.htm



Foto 38 – Manejo de Pastagem em Sistema Rotativo (Voisin)
Fonte: www.e-fazendas.com.br/site2/detalhe.asp?refer...

4.10.3 - Locação e proteção de corredores

Os corredores são importantes para o fluxo dos animais entre os pastos e para o curral, porém, normalmente são agravadores ou causadores da erosão. Normalmente dispostos paralelos à pendente, contínuos, estreitos, desnudos e sem contenção d'água. Para seu melhor aproveitamento, como componente de manejo, deve ser alocado, quando possível, em nível ou então descontínuo e parcialmente em nível. Deve ser vegetado, de preferência por gramínea rasteira, agressiva e tolerante ao pisoteio intenso, como grama jesuíta, *Brachiaria humidicola* ou estrela africana. Sendo vegetado por pastagem, deverão ser mais largos, pois não ocasionarão diminuição da área de pasto. Deverão ainda receber levantes para contenção d'água, que devem ser ligados aos terraços quando houver.

4.10.4 - Distribuição de saleiros e bebedouros

Essas estruturas são muito importante para o manejo da pastagem pois são diariamente visitados. Como tal, devem estar dispostos e permitir que o fluxo contínuo do gado se estabeleça de forma a permitir um bom aproveitamento do pasto e o caminhamento, o mais em nível possível. Assim, podem estar cada um numa extremidade, no nível, evitando-se a sua alocação nos cantos dos pastos.

Referências

REFERÊNCIAS

- ANAYA, G.M., J. TOVAR, S. y A. MACÍAS L. 1976. **Métodos de captación de lluvia para zonas agrícolas con temporal deficiente**. Chapingo-México: Colégio de Postgraduados, 1976.
- BRAGA, R. **Plantas do Nordeste especialmente do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1953. 525 p.
- BURNETT, E.; FISHER, C. E. Correlation of soil moisture and cotton yields. **Soil Sei. Soc. Proc.**, 1954, 127/129.
- COSTA DUARTE, W. **Manual de barragens subterrâneas**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1998. 50 p.
- DONAHUE, R. R. et al. **Soils: an introduction to soils and plant growth**. New Jersey-USA: Prentice Hall, 1962.
- DUQUE, G. J. **Solo e água no Polígono das Secas** 4ª Ed. Fortaleza: UFC, 1973. 221p.
- EMBRAPA **Utilização e conservação de recursos hídricos em áreas rurais dos tópicos semi-árido do Brasil**. [S.l.]: CPATSA, 1982. 127 p.
- EMBRAPA. **Práticas de conservação do solo**. (Mircelândia, n. 3). [S.l.]: SNLCS, 1981.165 p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 1981. 107 p.
- GUERRA. P. B. **A Civilização da seca, o nordeste é uma história mal contada**. Fortaleza: DNOCS, 1981. 324 p.
- IAPAR. **Manual técnico de conservação de solo**. Londrina: IAPAR, 1994. 305 p.
- INFAOL. **A lavoura seca e sua importância para o desenvolvimento agrícola**

de regiões semi-árido. Recife: Infaol, 1973. 20 p.

JORGE, J. A . **Física e manejo dos solos tropicais.** São Paulo: ICEA, 1986. 327 p.

KIEHL, E. J. **Fertilização orgânica.** São Paulo CERES, 1985. 489 p.

MAGALHÃES, P. S. **Manejo do solo e seus efeitos na compactação.** In: CICLO DE ESTUDOS SOBRE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA, 4., 1990, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba. Fundação CARGILL, 1990. 265 p.

MARGOLIS, E.; SILVA, A. B. da; REIS, O. V. dos. Controle da erosão com diferentes práticas conservacionistas num solo litólico de Caruaru (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p.161-164, 1985b.

MELA MELA, P. **Manual de edafologia.** Barcelona: Salvat, 1966. 480 p.

MELA MELA, P. **Tratado de edafologia y sua distintas aplicaciones.** Madrid: Dossat, 1954, 571 p.

MELLA, S. C. **Manejo físico de pastagem.** In: - **Manual técnico de conservação de solo.** Londrina: IAPAR, 1994. 305 p.

MERTEN, G. H. & FERNANDES, F. F. Manejo de solos de baixa aptidão. In: Darolt, M. R. (Org.). **Plantio Direto: pequena propriedade sustentável.** Londrina, IAPAR, 1998. (IAPAR, Circular, 101). 255p.

OLIVEIRA, J. B. **Informações sobre conservação do Solo.** Fortaleza: Ematerce, 1977. 70 p.

OLIVEIRA, J. B. **Plano de Ação para Implementação do PRODHAM/PROGERIRH.** Fortaleza: SRH, 1999. 55 p.

OLIVEIRA, J. B.; MENEZES, F. **Programa de Obras Hidroambientais Permanente:** POHP. Fortaleza: SRH, 1997. 12 p.

- PADILHA, A. J. **Tecnologia base zero: TBZs**. Recife: Sistema Técnico Racionais, 1997. 51 p.
- PARCHEN. C. A . et al. **Adequação de estradas: Paraná Rural**. Londrina: IAPAR, 1994. 301 p.
- PIMENTEL G., F. **A lavoura seca**. Rio de Janeiro: Ed. Técnica, 1945. 173 p.
- PIMENTEL, G. F. **A lavoura seca**. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro; jul./set.1951.
- SILVA, J. R. C. & PAIVA, J. B. **Retenção de sedimentos por cordões de pedra em contorno em uma encosta de solo litólico**. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 9:77-80, 1985.
- SILVA, J. R., PAIVA, L. **Eficiência de cordões de pedra em contorno**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 1997.
- STERNBERG, Hilgard O'Reilly (1951). **Aspectos da seca de 1951 no Ceará**. Revista Brasileira de Geografia, v. XIII, n. 3.
- VERLENCIA, F. COELHO S. F. **Fertilidade do solo**. São Paulo: ICEA, 1978. 373 p.
- WOODRUFF, N. P., and ZINGG, D. A. W. **Wind-tunnel studies of fundamental problems related to windbreaks**. USDA. SCSTP-112, 1952.

