



Folha de Dados

IDGED:

0279/09

LOTE:

02733

AUTOR:

TC/BR, TECNOLOGIA E CONSULTORIA BRASILEIRA S.A; SRH

TÍTULO:

PROGERIRH – PROJETO PILOTO

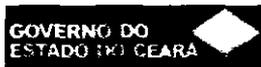
PROJETO DE GERENCIAMENTO E INTEGRAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

VOLUME 9 MANUAL TÉCNICO OPERATIVO DO PRODHAM

SUBTÍTULO:

PRODUTO FINAL

ABRIL / 2000



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

PROGERIRH - PROJETO PILOTO

PROJETO DE GERENCIAMENTO E INTEGRAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Lote: 02733 - Prop (X) Scan () Index ()
Projeto Nº 0279702
Volume 1
Qtd. A4 _____ Qtd. A3 _____
Qtd. A2 _____ Qtd. A1 _____
Qtd. A0 _____ Outros _____

MANUAL TÉCNICO OPERATIVO DO PRODHAM

Produto Final

FORTALEZA
ABRIL / 2000

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

**PROGERIRH – PROGRAMA DE GERENCIAMENTO E INTEGRAÇÃO
DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ**

MANUAL TÉCNICO OPERATIVO DO PRODHAM

ABRIL/2000



000003

PROGERIRH – PROJETO PILOTO

**PROGRAMA DE GERENCIAMENTO E INTEGRAÇÃO
DOS RECURSOS HÍDRICOS**

PLANO DE EDIÇÃO

- 1 **Relatório de Avaliação Ambiental Regional – RAA**
- 2 **Relatório de Avaliação Ambiental – Regras Ambientais para Construtoras**
3. **Estudos Econômicos**
4. **Estudos Econômicos – Anexos**
5. **Plano de Implementação do Programa – PIP**
- 6 **Plano de Implementação do Programa – PIP (Monitoramento Aquíferos Cariri e Litoral)**
- 7 **Proposta do Projeto Executivo para o PRODHAM/PROGERIRH**
- 8 **Plano de Ação para a implementação do PRODHAM/PROGERIRH**
9. **Manual Técnico Operativo do PRODHAM**
10. **PROGERIRH/PROJETO PILOTO – Manual Operativo**

000004

APRESENTAÇÃO

O poder político nunca conseguiu adequar, ao longo do tempo, regras programáticas que viessem minorar os efeitos das secas no Semi-árido brasileiro, não obstante ter dotado esta região de uma política de combate às estiagens. Isso deve-se ao fato dessa política ser calcada em modelos nacionais, nem sempre adequados e que pouco contemplavam o caráter peculiar do Nordeste. Os programas federais, induzidos pelas regiões mais poderosas, com concepções voltadas para a realidade do centro sul do país, foram introduzidos no Nordeste, ora pela dependência da região a verbas da União, ora pela falta de projetos estaduais mais consistentes e melhor direcionados para o semi-árido

O presente documento estabelece novos e avançados conceitos tecnológicos, inovadores índices de avaliação técnica, social, econômica, financeira e ambiental, consolidando modernos paradigmas de um amplo planejamento hídrico, visando romper antigos preconceitos, ultrapassados modelos, vícios e equívocos, que tanto integrador das políticas públicas de desenvolvimento do Semi-árido no plano legal, institucional, tecnológico e cultural

As idéias aqui apresentadas formulam a síntese de um projeto capaz de promover um novo patamar de vida para o povo cearense, menos vulnerável ao clima no plano econômico e mais sustentável ao nível do ambiente natural


Hyppólito Pereira de Mácêdo
Secretário dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará

GOVERNADOR DO ESTADO DO CEARÁ

Tasso Ribeiro Jereissati

SECRETÁRIO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Hypérides Pereira de Macedo

SUBSECRETÁRIO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Benedito Ferreira de Oliveira

COORDENADOR GERAL DOS PROJETOS ESPECIAIS

Francisco José Coelho Teixeira





556 18
T 249 P
2000
V.9 u 2

000007

COORDENAÇÃO DE PROGRAMAS ESPECIAIS

Gerência Geral Adjunta

Ramon Flávio Gomes Rodrigues

Gerência Financeira

Rosa Maria Chaves

Gerência de Monitoramento e Desenvolvimento Institucional

Francisco Hailton Araripe Rios

Gerência de Planejamento Técnico

Francisco de Assis Souza Filho

Gerência de Obras

Edson Fontes

Gerência de Aquisição

José William Pinto Diógenes

Gerência do PRODHAM

João Bosco de Oliveira

Gerência Administrativa

Ricardo Ponte Costa

000008

100000⁴

EQUIPE INTEGRANTE DA UPEP (*)

- **Coordenação**

- Fernando Irineu Pessoa (Coordenador da UPEP)

- **Pessoal Técnico**

- Emanuel Gonçalves de Melo – Consultor em Desenvolvimento Operacional
- Francisco Humberto de Queiroz Filho – Consultor em Sócio-Economia
- Renato Herz – Consultor em Ecologia e Estudos Ambientais
- Vicente de Paula Vieira – Consultor em Gestão de Recursos Hídricos
- Maria Gláucia de Carvalho Viana – Consultora em Desenvolvimento Institucional
- Fátima Catunda Rocha Moreira de Andrade – Consultora em Sócio-Economia
- Sila Xavier Gouveia – Consultor de Engenharia em Recursos Hídricos;
- Dorian Ponte Lima – Consultor de Engenharia em Recursos Hídricos;
- João Bosco de Oliveira – Consultor em Ecologia e Estudos Ambientais,
- João Bosco Fernandes Alcoforado – Assitente Financeiro
- Marcos Roberto Ferreira Costa - Assistente Administrativo

- **Pessoal de Apoio**

- Domício Mattos Burmann
- Aurélio Lima Vieira
- Albeniza Barbosa Cavalcante
- Luzia Karla Pinto Fernandes
- Maria Célia Silva Sales
- Maria Iracema de Alencar Céspedes
- Maria Iracilda Ribeiro Couto

(*) UNIDADE DE PREPARAÇÃO E EXECUÇÃO DO PROGERIRH

000009

APRESENTAÇÃO

O Nordeste brasileiro apresenta problemas críticos de escassez hídrica, com secas periódicas prolongadas e severas, causando enormes problemas de ordem econômica e social. O Estado do Ceará, por suas características próprias é particularmente penalizado pelas adversidades climáticas, pois além de possuir mais de 90 % de sua superfície territorial inserida na região semi-árida e não possuir nenhum rio perene, tem a maior parte de seu território assentado sobre a formações geológicas cristalinas, não sendo, por isso, rico em mananciais subterrâneos. Além disso, a deterioração da qualidade das águas em torno de importantes centros industriais e agrícolas, vem agravando o problema da disponibilidade de mananciais adequados.

No que se refere ao gerenciamento das necessidades, percebe-se que ainda é preciso quantificar com mais rigor as demandas requeridas e disciplinar mais racionalmente o uso da água, através da expedição de outorgas. Igualmente, necessita-se fomentar ainda mais a exigência da licença prévia para a construção de obras hídricas e exercer um maior controle sobre estas obras através da fiscalização e do uso do poder de polícia do Estado.

Embora o Ceará tenha sido o primeiro Estado no país a efetuar a cobrança pelo uso da água não tratada, existe a consciência de que ainda é necessário consolidar uma política de preços e tarifas voltadas a uma racionalização da utilização da água entre usos conflitantes. O Ceará iniciou em 1992, o processo de gestão das águas sob seu domínio, através do Plano Estadual de Recursos Hídricos, cujo enfoque foi a ampliação de ações não estruturais que resultassem em aumento da oferta d'água. Os planos de gerenciamento dos recursos hídricos de bacias hidrográficas, componentes do Plano Estadual, passaram a ter seu desenvolvimento efetivo a partir de 1996, contando atualmente, as suas principais bacias hidrográficas com Planos de Gerenciamento de seus recursos hídricos.

O processo de descentralização do modelo de gestão pública tem-se consolidado cada vez mais no setor dos recursos hídricos no Brasil. O Estado do Ceará, além de ter sido um dos primeiros estados do Nordeste a promulgar sua própria Lei Estadual

de Recursos Hídricos, e criar uma Secretaria Estadual de Recursos Hídricos, em 1987, tem demonstrado ao longo desta última década um comprometimento crescente com a gestão e o gerenciamento dos recursos hídricos do Estado, o que se traduz por uma Política Estadual de Recursos Hídricos, a qual, vem sendo implementada a partir de um detalhado Plano Estadual de Recursos Hídricos

Instrumento importante para estas ações, tem sido o **Programa de Desenvolvimento e Gestão de Recursos Hídricos – PROURB** - cujas intervenções no campo institucional criaram as condições para o estabelecimento de um arcabouço jurídico-legal e no campo físico a implantação de açudes e adutoras os quais possibilitaram a oferta de água em regiões carentes. Vale ressaltar o importante papel desempenhado pelo Banco Mundial em todo esse processo de transformações porque passa o setor de recursos hídricos do Estado

Com o **PROURB** praticamente concluído, o Governo do Estado do Ceará através do **PROGERIRH – Programa de Gerenciamento e Integração de Recursos Hídricos**, que também receberá financiamento do Banco Mundial, dá um novo e decisivo passo no sentido de reverter a crônica situação do abastecimento deficitário e irregular de grandes áreas do Estado.

Antecedendo o **PROGERIRH** propriamente dito, o projeto piloto, tem seus principais produtos agora editados. O Projeto Piloto se constitui num instrumento de preparação para este projeto, bem mais amplo e abrangente

O **PROGERIRH**, em consonância com a política hídrica do Estado, tem como objetivos principais

- ***Ampliar a oferta e a garantia de água para usos múltiplos e aumentar a eficiência da gestão do sistema integrado de Recursos hídricos***

O projeto deverá apoiar as realizações do Estado através de (i) melhoramentos no arcabouço institucional, legal, e administrativo-gerencial; (ii) implementação e recuperação de infra-estrutura hídrica existente, (iii) desenvolvimento e consolidação de sistemas sustentáveis de gerenciamento, operação e manutenção da infra-estrutura hídrica; e, (iv) integração das ações ambientais com a gestão dos recursos hídricos.

- Promover o uso múltiplo eficiente e a gestão participativa dos recursos hídricos.

O projeto deverá dar suporte as ações de: (i) apoio à organização e ao fortalecimento de associações de usuários da água, (ii) apoio à implementação e difusão de tecnologias mais eficientes de manejo e uso da água, e (iii) educação, informação e treinamento de usuários,

- Promover a melhoria do uso do solo, através do manejo adequado de micro-bacias críticas.

O projeto deverá promover a recuperação hidroambiental de micro-bacias do estado através de ações que visam o aumento da cobertura do solo, controle do "run off", aumentando o tempo de permanência e conseqüentemente a infiltração da água no solo, melhoria da infra-estrutura local e dos meios de produção, e a validação de novas opções tecnológicas.

Para que estes objetivos sejam alcançados foram instituídos os seguintes componentes no desenvolvimento do **PROGERIRH**:

- Processo de Gestão dos Recursos Hídricos

Que tem como pontos principais

- Desenvolvimento Institucional

- Implementação e Fortalecimento dos Comitês de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas,
- Consolidação e Desenvolvimento do Sistema de Gerenciamento das Bacias
- Treinamento e Capacitação dos Agentes Envolvidos no Programa
- Apoio e Organização dos Usuários d'água

- Instrumentos de Gerenciamento

- Coordenação dos mecanismos de direito do uso da água
- Implementação da Política Tarifária para a Água Bruta

000012

- Proteção e Conservação Ambiental

- Implementação de medidas ambientais na zona Costeiras de Região Metropolitana de Fortaleza,
- Conservação e Preservação dos Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas

- Gerenciamento da Infraestrutura

- Operação Integrada da Infraestrutura Hidráulica
- Sistema de Suporte à Decisão para o Gerenciamento da Infraestrutura Hidráulica;
- Inspeção e Segurança de Barragens

- Desenvolvimento e Implantação dos Planos de Gerenciamento

- Implementação das ações de rotina, definidas nos Planos de Gerenciamento

- Infraestrutura de Informações de Recursos Hídricos

- Sistema de Informações Hídricas e Meteorológicas do Estado
- Monitoramento das Águas Superficiais e Subterrâneas.

- Programa de Desenvolvimento Hidroambiental das Bacias Hidrográficas (PRODHAM)

No ambiente de economia de baixa rentabilidade que atinge extensas áreas do Estado, é preciso criar, em bases científicas e tecnológicas, programas de recuperação dos recursos hidroambientais, principalmente para que o meio físico possa oferecer condições de uso do solo sem os limites atualmente impostos pela carência de água.

O PRODHAM utilizará um modelo de avaliação ambiental o qual integrará os indicadores sócio-econômicos ao arranjo geográfico das áreas de domínio das bacias hidrográficas que se adequem ao processo de recuperação e conservação ambiental

000013

- Obras

O programa proposto compreende a implementação de obras estratégicas de infraestrutura hídrica, (basicamente de armazenamento e adução de água), criteriosamente selecionadas, as quais irão aumentar a disponibilidade de água, minimizando os efeitos da má distribuição espacial das chuvas Com o aumento da garantia de sua oferta às populações carentes de todo o Estado. Isto contribuirá significativamente para a descentralização da economia estadual

O Componente Obras é formado por dois conjuntos de infraestruturas Os Açudes e Os Eixos de Integração. Com referência aos açudes foram selecionadas 20 (vinte) unidades as quais foram submetidas a critérios de hierarquização.

O segundo grupo de obras são os Eixos de Transposição. É prevista a ligação da bacia do Rio Jaguaribe com as bacias da Região Metropolitana, através de um Canal, o qual está previsto ser construído por etapas

000014

SUMÁRIO

PÁGINA

I – INTRODUÇÃO 14

II – O PROBLEMA HIDROAMBIENTAL 15

III – PRÁTICAS ALTERNATIVAS DE CONTROLE HIDROAMBIENTAL 22

1. BARRAGENS DE PEDRAS 22

1 1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	22
1 2	FINALIDADE	23
1 3	LOCALIZAÇÃO	24
1 4	AMARRAÇÃO DA ESTRUTURA	25
1 5	FORMATO DA ESTRUTURA	25
1 6	DIMENSÕES BÁSICAS DAS BARRAGENS DE PEDRA	28
1 7	MARCAÇÃO DAS BARRAGENS DE PEDRAS	31
1 8	TEMPO DE ASSOREAMENTO E SEDIMENTAÇÃO	36
1 9	DIMENSIONAMENTO DA EQUIPE DE CAMPO E RECOMENDAÇÕES PARA A CONSTRUÇÃO DA OBRA	38
1 10	FERRAMENTA NECESSÁRIAS À CONSTRUÇÃO	38

2. BARRAGENS SUBTERRÂNEAS 39

2 1	CONCEITUAÇÃO BÁSICA	39
2 2	CRITÉRIOS BÁSICOS PARA A LOCAÇÃO DE UMA BARRAGEM SUBTERRÂNEA	48
2 3	SISTEMÁTICA DA PESQUISA DE ÁREAS ALUVIAIS	55
2 4	CONSTRUÇÃO DE UMA BARRAGEM SUBTERRÂNEA MODELO "COSTA & MELO"	60
2 5	ACUMULAÇÃO DE ÁGUA E ANÁLISE DE CUSTO DE UMA BARRAGEM SUBTERRÂNEA	71
2 6	VANTAGENS DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS SOBRE AS SUPERFICIAIS	73

3. RECUPERAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA VEGETAÇÃO CILIAR DOS CURSOS D'ÁGUA 79

3 1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	79
3 2	PRINCIPAIS ESSÊNCIAS FLORESTAIS DE RECOMPOSIÇÃO DA VEGETAÇÃO CILIAR	79

4. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS 90

4 1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	90
4 2	PRINCIPAIS ESSÊNCIAS FLORESTAIS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	91

5. ABASTECIMENTO COMUNITÁRIO – (POÇOS E CISTERNA) 100

11

6.	ADEQUAÇÃO DE ESTRADAS VICINAIS	101
6 1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	101
6 2	TECNOLOGIA DISPONÍVEL	102
6 3	IMPLANTAÇÃO E EXECUÇÃO	107
6 4	SITUAÇÕES ESPECÍFICAS E OBSERVAÇÕES	108

IV – PRÁTICAS ALTERNATIVAS DE CONTROLE EDÁFICO 112

1.	TERRACEAMENTO (*)	112
1 1	CONCEITO	112
1 2	FINALIDADE	114
1 3	APLICABILIDADE	115
1 4	COMPRIMENTO E GRADIENTE DOS TERRAÇOS	117
1 5	ESPAÇAMENTO ENTRE TERRAÇOS	118
1 6	CONSTRUÇÃO DOS TERRAÇOS	121
1 7	LOCALIZAÇÃO DOS TERRAÇOS NO CAMPO	122

2.	CANAIS ESCOADOUROS	129
2 1	CONCEITO	129
2 2	FINALIDADE	130
2 3	APLICABILIDADE	130
2 4	DETERMINAÇÃO DA VAZÃO	130
2 5	FORMA DO CANAL	131
2 6	VEGETAÇÃO	131
2 7	VELOCIDADE DE PROJETO	133
2 8	CAPACIDADE DO CANAL	133

3.	CORDÕES DE VEGETAÇÃO PERMANENTE	134
3 1	CONCEITO	134
3 2	FINALIDADE	134
3 3	APLICABILIDADE	134

4.	QUEBRA VENTOS	135
4 1	CONCEITO	135
4 2	FINALIDADE	135
4 3	APLICABILIDADE	135

5 –	CORDÕES DE PEDRA EM CONTORNO	147
5 1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	147
5 2	FINALIDADE	147
5 3	APLICABILIDADE E FORMA DE CONSTRUÇÃO	148

6 – DESCOMPACTAÇÃO DO SOLO	154
6 1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	154
6 2 PROBLEMAS PROVINIENTES DA COMPACTAÇÃO DOS SOLOS	155
6 3 SINTOMAS CARACTERÍSTICOS DE SOLOS COMPACTADOS E ADENSADOS	156
6 4 RECOMENDAÇÃO PARA ATENUAR OS EFEITOS DA COMPACTAÇÃO	157
7 – COBERTURA MORTA	160
7 1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	160
7 2 FINALIDADE E APLICABILIDADE	160
8 – CULTIVO EM SULCOS EM NÍVEL – SISTEMA DRY-FARMING	164
8 1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	164
8 2 EXPERIÊNCIA EM OUTRAS REGIÕES SEMI-ÁRIDAS	165
8 3 MÉTODOS JÁ ADOTADOS NO NORDESTE	166
9 – MATÉRIA ORGÂNICA – ESTERCO E COMPOSTO	173
9 1 ESTERCOS	173
9 1 1 <i>Composição Química dos Esterços</i>	173
9 1 2 <i>Quantidade de Esterço Animal</i>	176
9 1 3 <i>Esterqueira</i>	178
9 1 4 <i>Aplicação do esterço</i>	183
9 2 COMPOSTO	185
9 2 1 <i>Material Inoculante</i>	185
9 2 2 <i>Preparação do Composto</i>	186
9 2 3 <i>Composição do Composto</i>	188
10 – MANEJO DE PASTAGEM	188
10 1 NÚMERO E TAMANHO DOS PASTOS	189
10 2 FORMA E DISPOSIÇÃO DO PASTO	190
10 3 LOCAÇÃO E PROTEÇÃO DE CORREDORES	192
10 4 DISTRIBUIÇÃO DE SALEIROS E BEBEDOUROS	192
11 – BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	193

000017

I - INTRODUÇÃO

000018

000018

I – 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 semi-árido cearense, no que concerne a degradação ambiental, o uso inadequado do solo e 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 em 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 5 000 ha 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

000019
14



II – O PROBLEMA HIDROAMBIENTAL

000020

01 11

quantidade como de qualidades, mesmo que inconscientemente, começa a desviar-se das linhas tecnológicas básicas da ação organizada

O Manual Técnico Operativo do PRODHAM, 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, a nível local e regional, dentro da estratégia técnica, sem, no entanto, caracterizarem-se 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

Pelo o 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

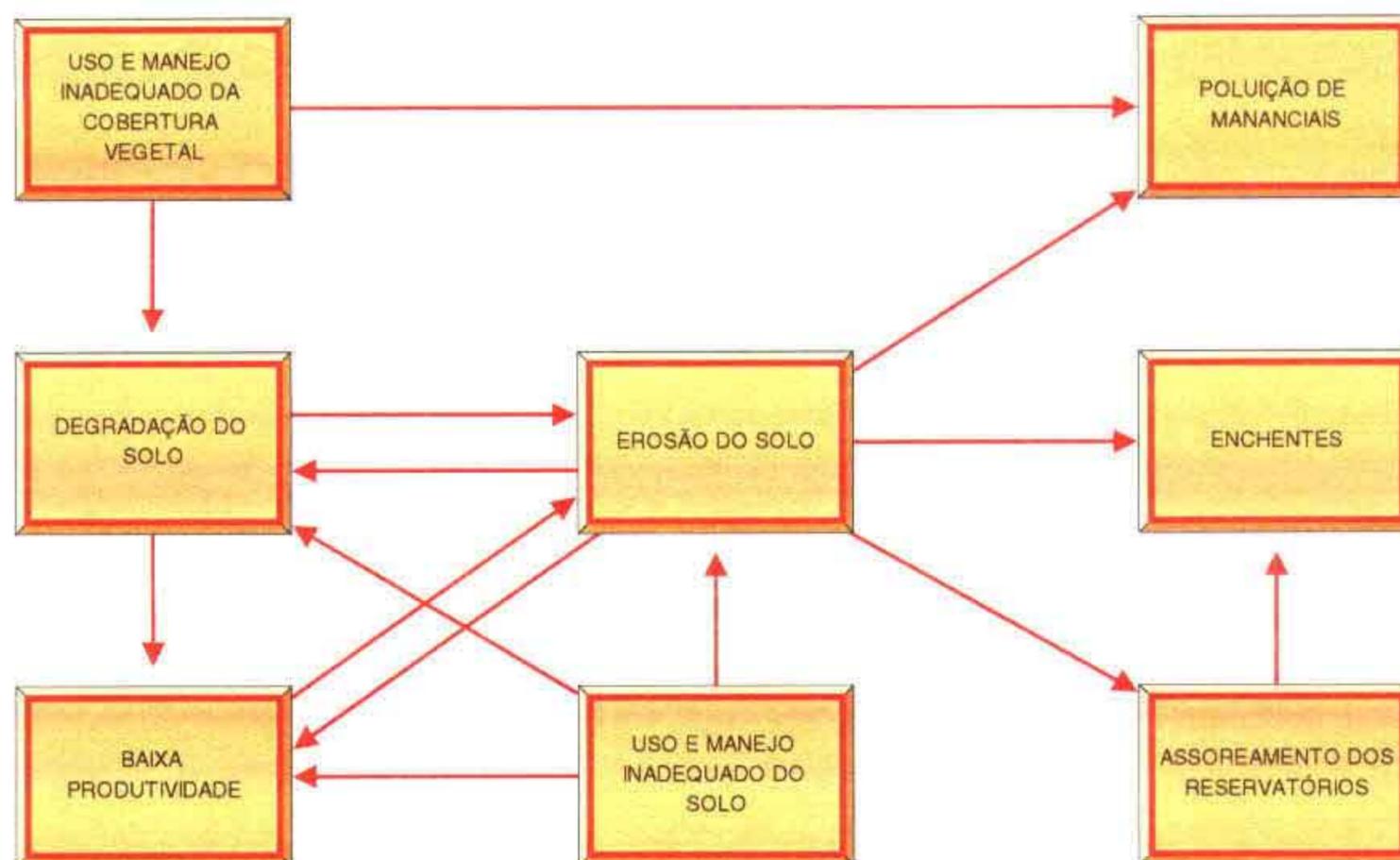
II – O PROBLEMA HIDROAMBIENTAL

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.

000021

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.



Tomando-se como problema central a erosão do solo, tem-se como consequência os problemas ligados aos 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 Eng.º Agr. 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 a temperatura ambiente ressecando o solo. Estes três agentes climáticos, no semi-árido, são muito desfavoráveis à manutenção do solo fértil.

Os elementos climáticos além de serem desfavoráveis à conservação do solo, há ainda a circunstância de serem rasos os solos da região, da vegetação perder folhagem no verão possibilitando o vento atingir a superfície do chão.

A terra nua no verão, a evaporação, o vento constante, causam, nesta estação, a erosão eólica do solo. No inverno, o efeito danoso da enxurrada que se inicia com as primeiras chuvas, que encontra a vegetação seca, solo quase nu. Efetivamente os solos do semi-árido estão submetidos aos desgastes durante 12 meses cada 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.

000023

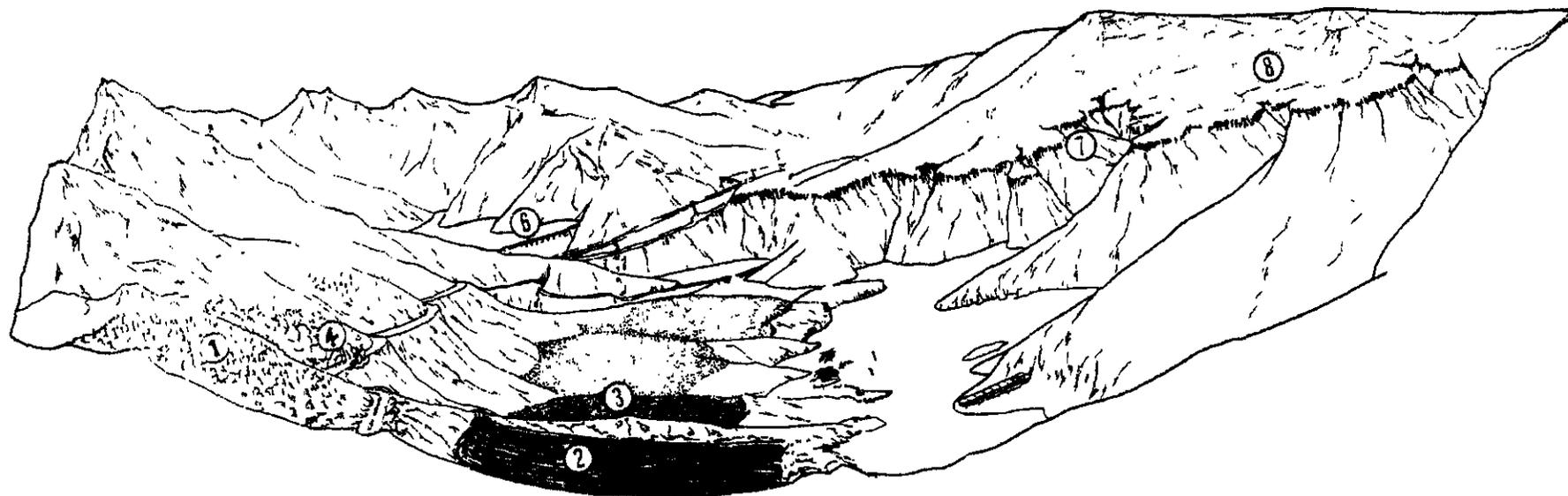


FIGURA 1 - CAUSAS DA EROSÃO E SUAS CONSEQUÊNCIAS:

- | | |
|-----------------------------|--|
| 1 Desmatamento | 5 Inundações frequentes |
| 2 Planta morro abaixo | 6 Redução da vida útil dos reservatórios |
| 3 Monocultura | 7 Voçorocas invadem terras cultiváveis |
| 4 Deslizamentos de encostas | 8 Cultivo em campos sem proteção |

000024



FIGURA 2 – O QUE SE PODE FAZER

- | | |
|---------------------------------------|---|
| 1 Reforestamento das encostas | 5 Terraços diminuem o escoamento superficial |
| 2 Controle de voçorocas | 6 Reforestamento das áreas que circundam os reservatórios de água |
| 3 Patamares formando degraus em nível | 7 Cultivo em faixas alternadas |
| 4 Planta seguindo as curvas de nível | 8 Diversificação de culturas |

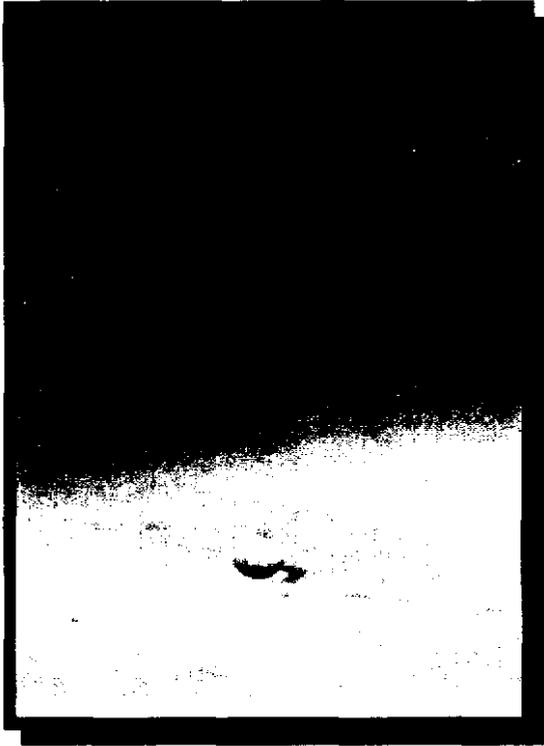
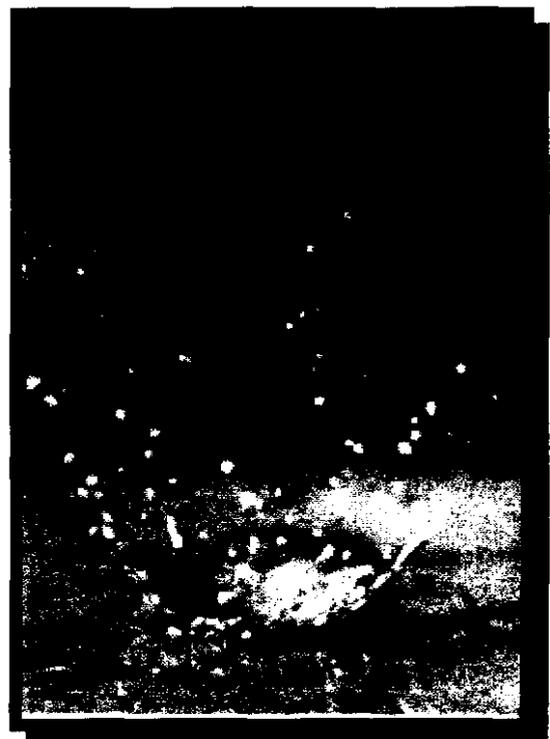


FOTO – Impacto das gotas de chuvas sobre o solo



000026

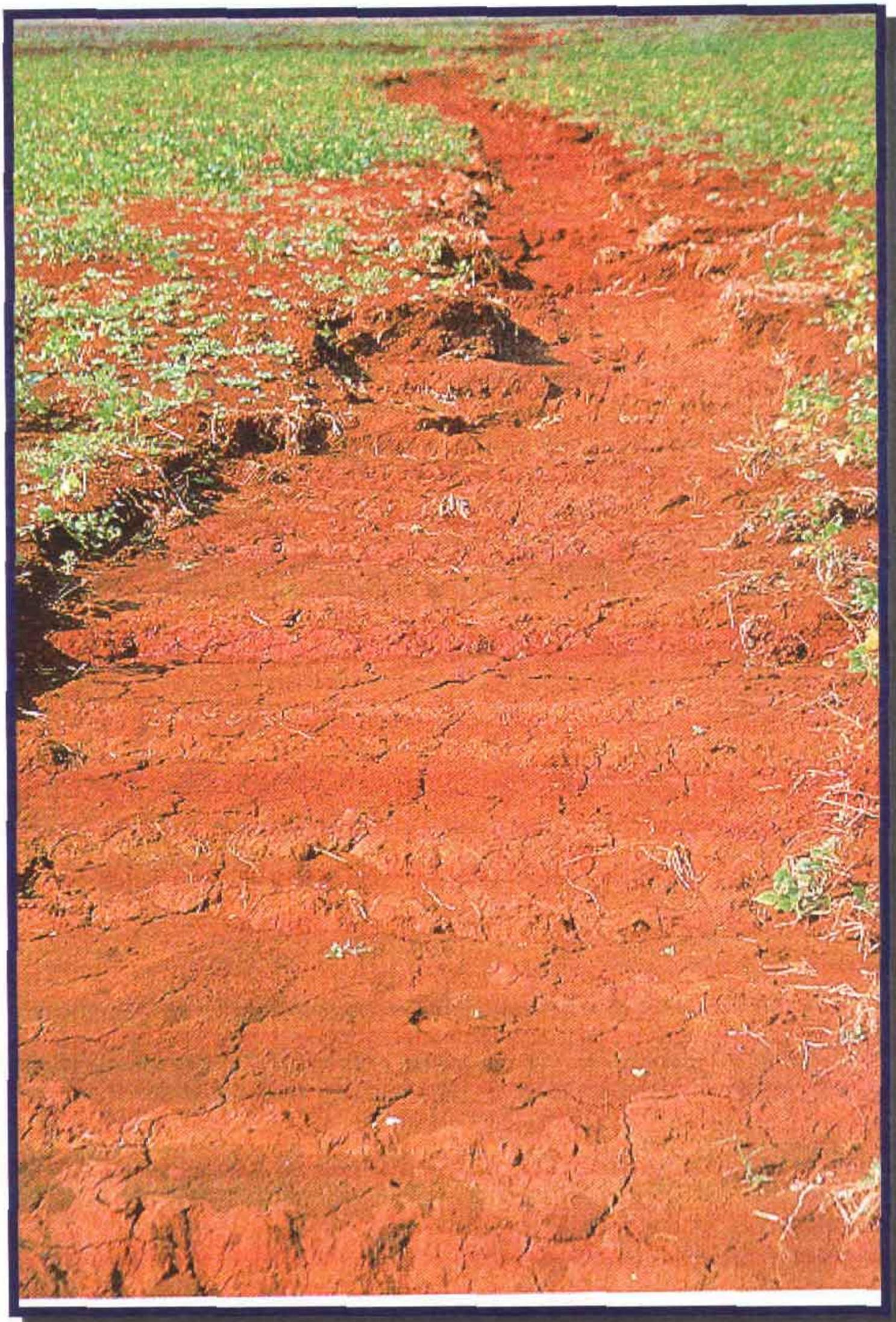


FOTO: Erosão em sulco em consequência da compactação do solo

000027

**III – PRÁTICAS ALTERNATIVAS DE
CONTROLE HIDROAMBIENTAL**

000028

00 021

III – PRÁTICAS ALTERNATIVAS DE CONTROLE HIDROAMBIENTAL

1. BARRAGENS DE PEDRAS

1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

As Barragens de Pedras, também denominadas de “Barragens Sucessivas”, são construídas em formato de arco romano deitados 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). O detalhe visual da barragem pode ser observado na Foto 1.



FOTO 1 - Barragem de pedra – Tecnologia base zero - TBZ_s

000029

22

000029

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

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 um estrutura fundiárias 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 os que concerne ao uso racional do solo e da água dentro do semi-árido 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,

000030



- Proporcionar uma disponibilidade de água para o consumo animal segundo uma distribuição temporal e espacial satisfatória, viabilizando o aproveitamento da produção vegetal da caatinga;
- 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.

1.3 LOCALIZAÇÃO

No conjunto das TBZs, a parte mais importante do processo de implantação das barragens é a correta condução do trinômio executivo 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 devem atender à 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 disto, 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 3), do fluxo d'água

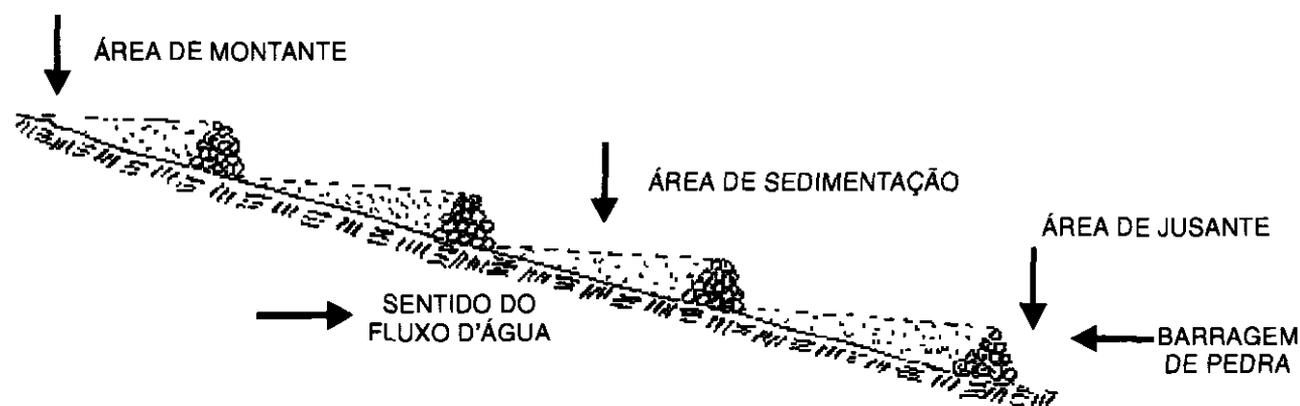
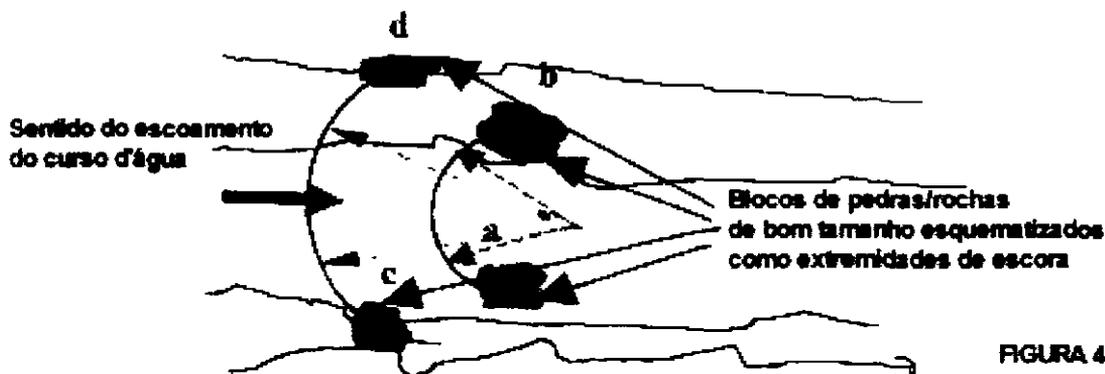


FIGURA 3 - SEQUENCIAMENTO DAS BARRAGENS DE PEDRAS

000031

1.4. AMARRAÇÃO DA ESTRUTURA

Para atender às necessidades de amarração estrutural, nas diferentes situações de execução da obra devem ser eleitos as quatro maiores pedras, às margens do riacho a ser trabalhado para que sirvam de pontos de ancoragem. Estes pontos podem ser observados na Figura 4 representados pelos pontos "a", "b", "c" e "d", com destaque para função dos pontos "a" e "b"



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

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 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 5, guardando a semelhança à de uma lua em quarto crescente

000032

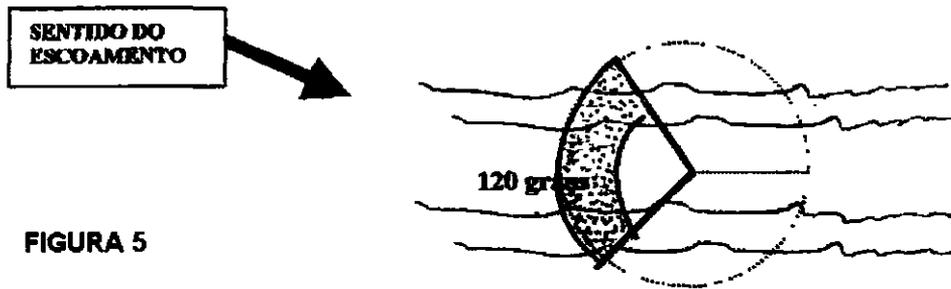


FIGURA 5

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. A Figura 6 mostra que a seção transversal do corpo da obra é de configuração trapezoidal e tendo proporção dimensional padronizadas. (h , b , b_1 e b_2)

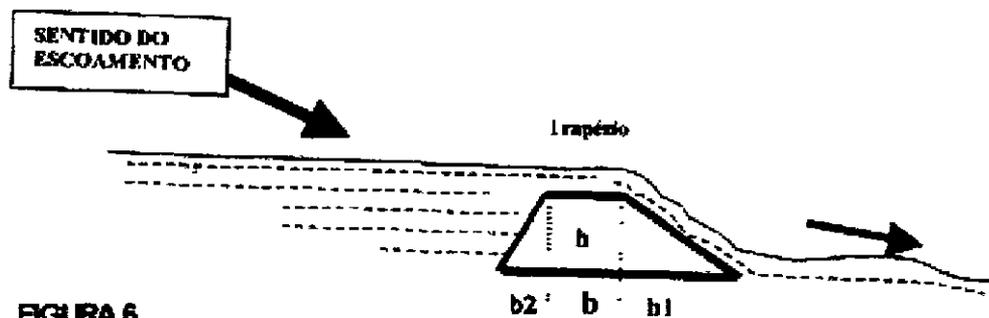


FIGURA 6

c) Vista da Obra em Seção Longitudinal

A Figura 7 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 h_r).

000033

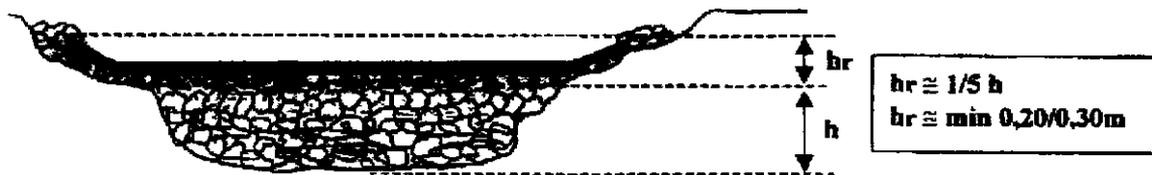


FIGURA 7

000034

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 8)

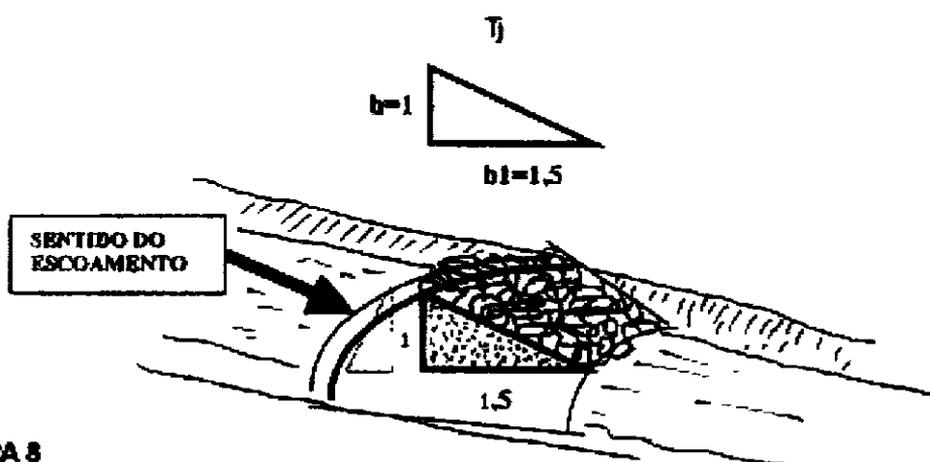


FIGURA 8

- **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 9)

000035

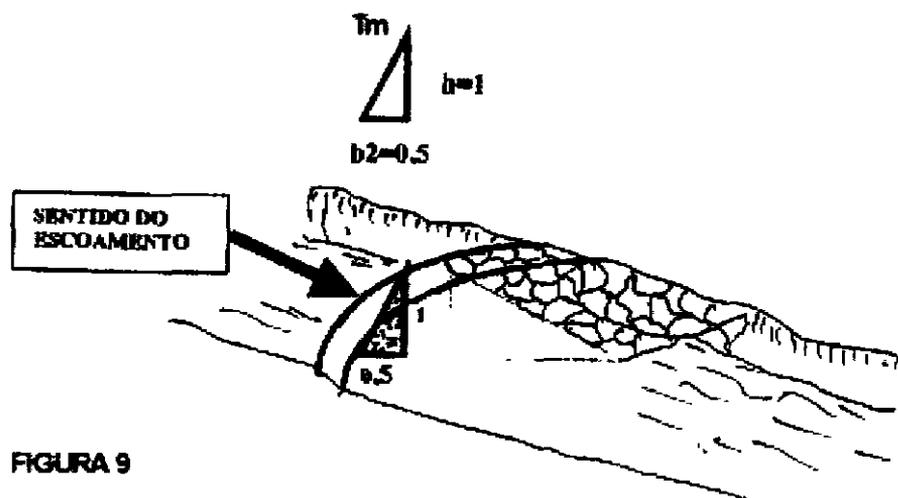


FIGURA 9

b) Extensão da Obra

A extensão do barramento (letra e da Figura 10) 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 eqüivale à soma dos comprimentos da crista nivelada e dos planos inclinados das ombreiras correspondentes

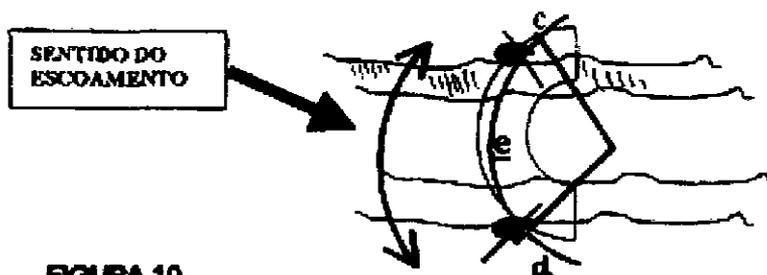


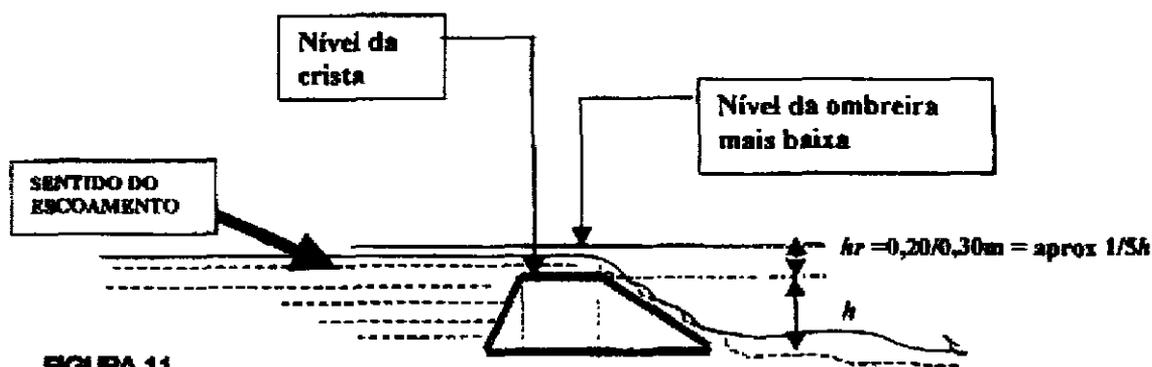
FIGURA 10

De modo explicativo, para estabelecer o comprimento (e) do arco do barramento (Figura 10), é necessário que as ombreiras se estendam até as respectivas extremidades de escoramento, 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

000036

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 que 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 11, 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.



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 12. 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, $b \cong 1/3 h$.

000037

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 (14)

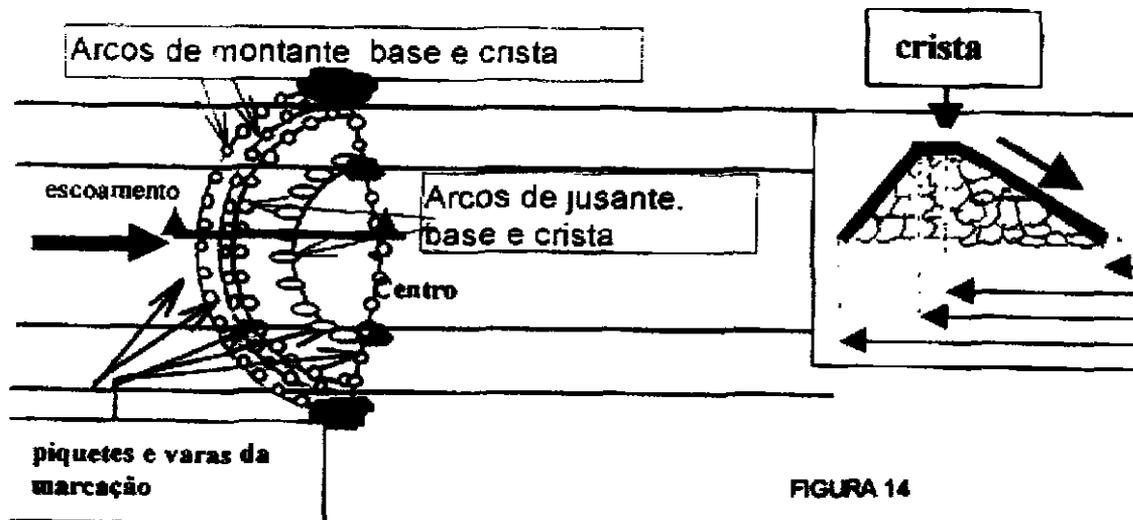


FIGURA 14

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 que, 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 15), 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 esticadas formarão o raio em questão.

000039

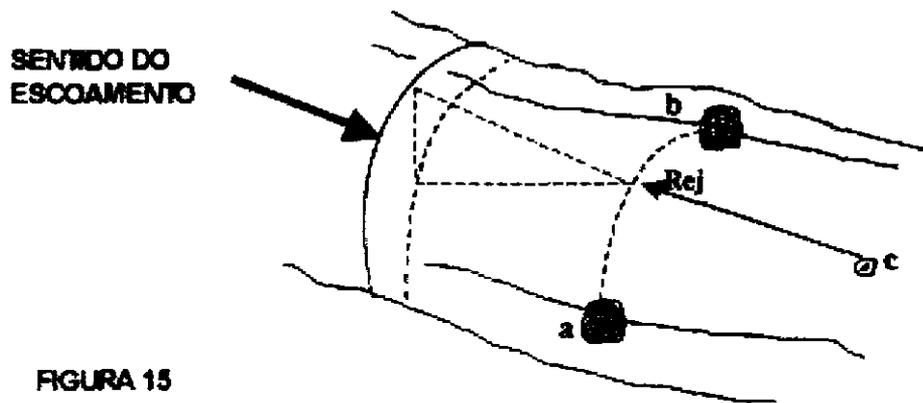


FIGURA 15

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 Re_j mais 1,5 vezes a altura (h) da crista do barramento, ou seja (b_1), (Figura 16)

$$R_{i_j} = Re_j + 1,5 h$$

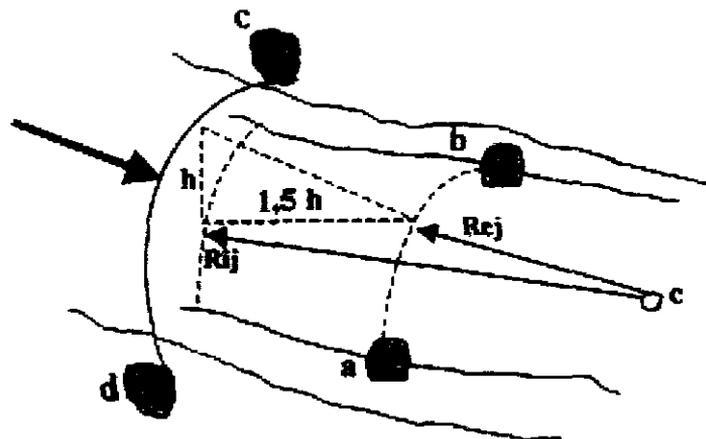


FIGURA 16

c) Raio do Arco Intermediário de Montante – Rim

O arco intermediário de montante é o que unirá, pela fase de montante, as 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

000040

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 $1/3 h$.

$$R_{im} = R_{ij} + b$$

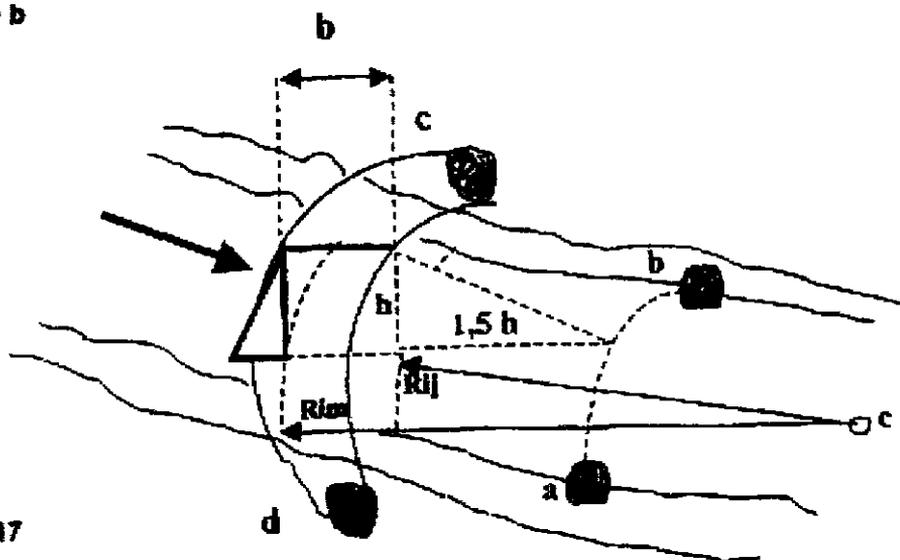


FIGURA 17

000041

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 18)

$$\text{Rem} = \text{Rej} + B$$

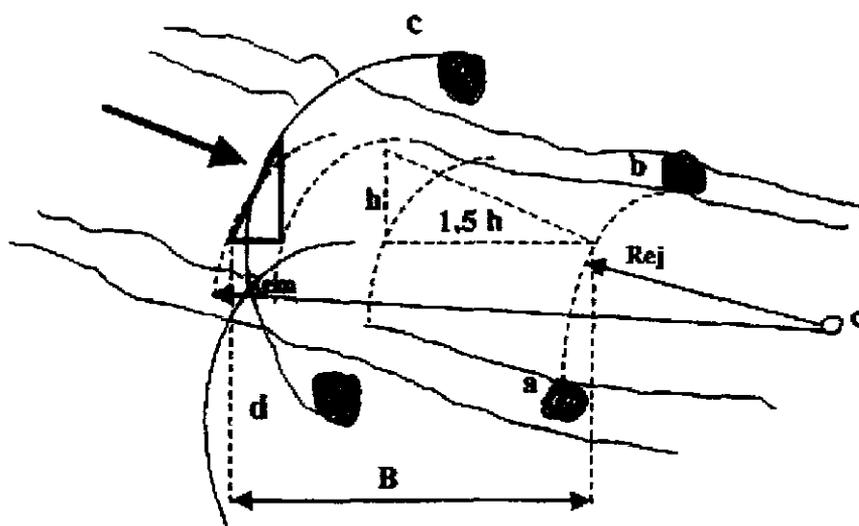


FIGURA 18

e) Marcação Vertical da Crista e Ombreiras da Barragem de Pedra

A determinação da altura da barragem de pedra, deverá ser determinado com auxílio de nível de mangueira ou outros instrumentos topográfico para definição das dimensões verticais. É importante lembrar, que a altura da ombreira mais baixa definirá a altura da obra. (Figura 19)

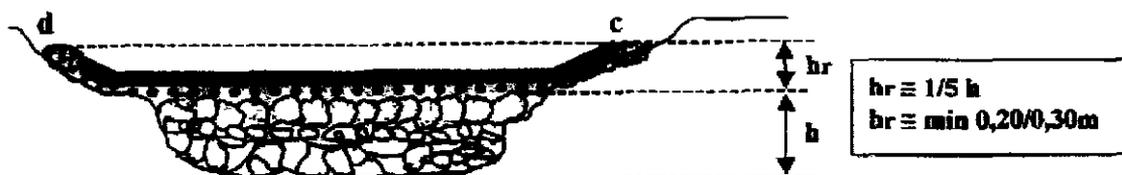


FIGURA 19

000042

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 a frequência das chuvas. O ressurgimento da vegetação herbácea e arbórea dependerá da condição edafoclimática local, além da ação antrópica sobre a região, (foto 2 e 3)

000043



FOTO 2 e 3 – Efeito da retenção de sedimento e ressurgimento da vegetação arbórea e herbácea após o período de inverno



000044

000044

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, se faz 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,
- Estimativamente são necessários entre 12 a 24 pessoas para cada obra,
- Para cada barramento, o início da obra só deverá ocorrer, quando for definida as jazidas de pedra, 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,
- 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

1 10 FERRAMENTA NECESSÁRIAS À CONSTRUÇÃO

No início da obra informar a cada equipe da construção, que normalmente instrumentos / materiais de marcação, ferramenta e utensílio que serão utilizados durante toda a execução, compreende

000045

- Usar foices para corte de varas e estacas utilizadas junto com pregos calbrais na confecção de "padiolas" ou "banguês" ou então isoladamente na marcação da obra,
- Utilizar alavancas de ferro com diâmetro $\varnothing = 3$ cm com 1,80 m de comprimento, na relação de 1 (uma) alavanca para cada 5 operários;
- Usar um ou dois marrões de 5 kg para nas situações que necessitarão ser fracionados para facilitar o transporte e manuseio,
- Utilizar algumas chibancas, pás, picaretas e enxadas,
- Usar alguns 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,
- Utilizar tantos pares de luvas de couro quantas sejam os operários da obra Dadas as circunstâncias de trabalho, elas são indispensáveis;
- Quando as condições permitem, utilizar carroças ou carretas como equipamento auxiliar na operação de transporte de materiais.

2. BARRAGENS SUBTERRÂNEAS

2.1 CONCEITUAÇÃO BÁSICA (*)

a) O Depósito Aluvial

Os cursos de água - rios ou riachos - que escoam na região semi-árida do nordeste do Brasil são quase todos, à exceção do 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

(*) Recomendações Técnicas do

Prof. Dr. Waldir Duarte da Costa

Universidade Federal de Pernambuco

000046

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 sub-superficialmente, 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 geo-estruturais 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 se apresentar em camadas contínuas ou descontínuas, em forma de lentes, bolsões ou interdigitações, como mostra a Figura 20

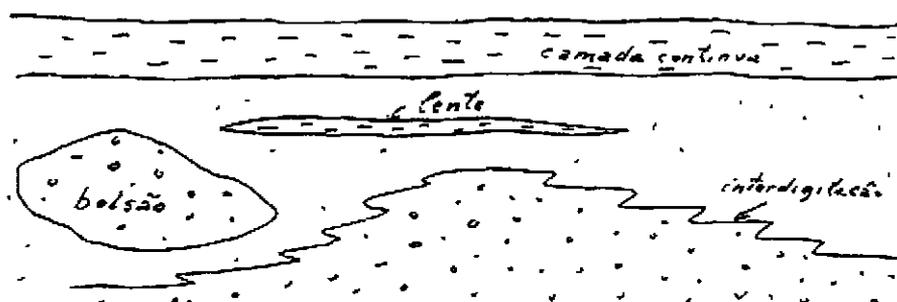


Figura 20 - Variações de composição do depósito aluvial

000047

A situação mais freqüente, todavia, é a de ocorrerem sedimentos mais grosseiros na parte mais profunda do depósito aluvial e mais fina na parte mais superior. Isso se deve 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, em consequência, 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 21)

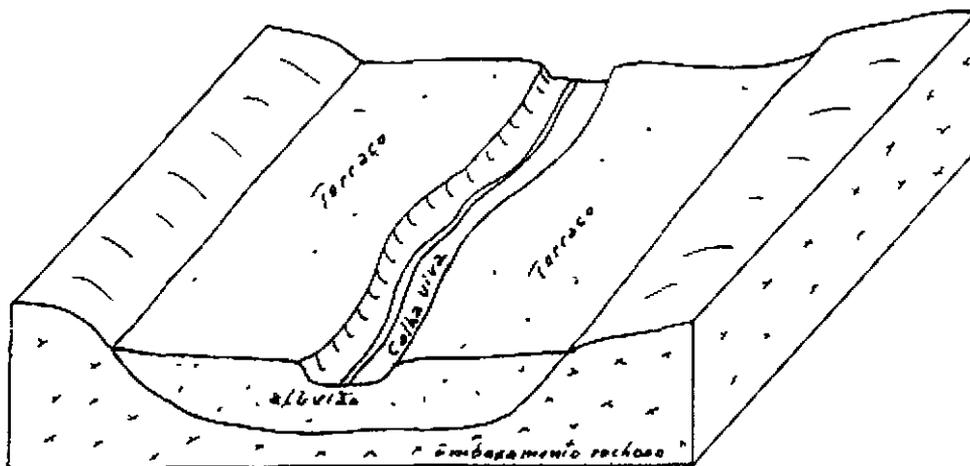
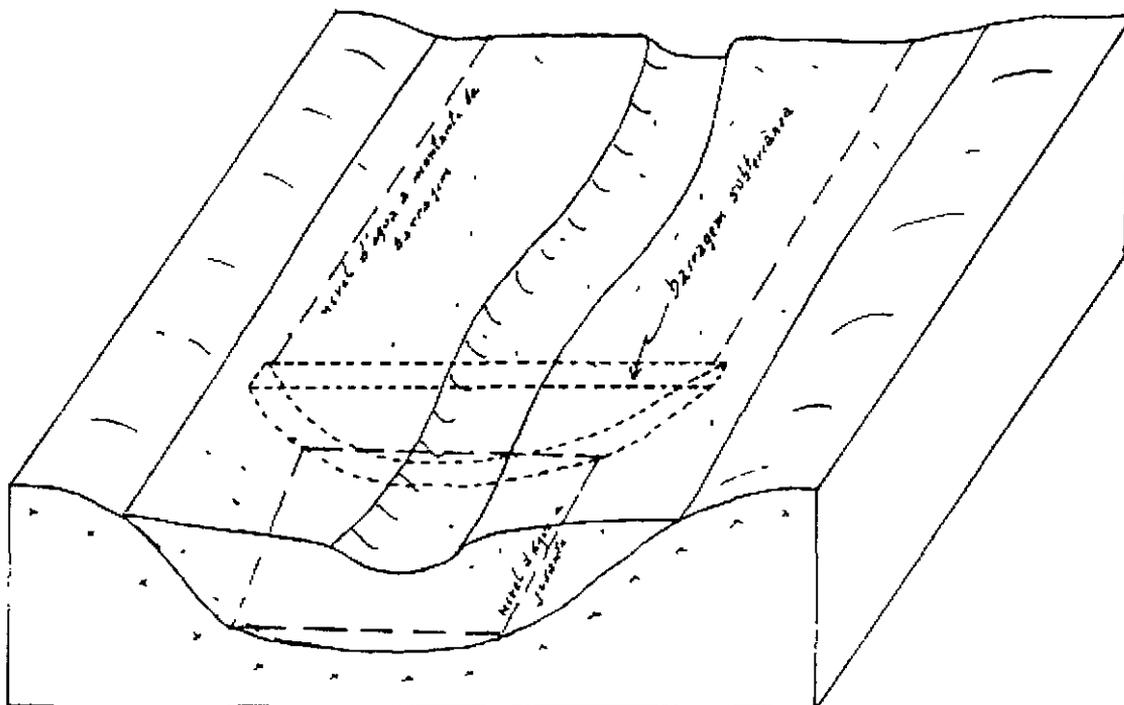


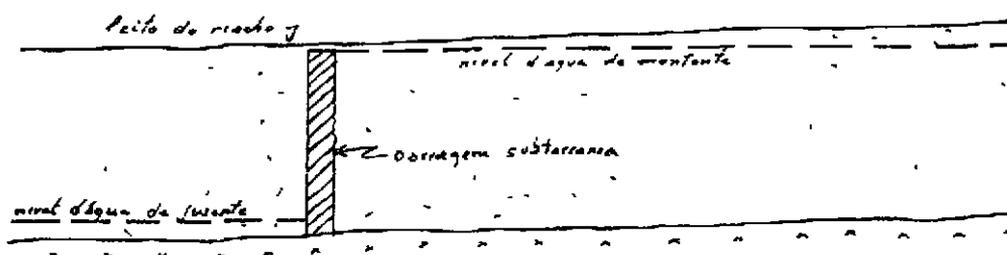
Figura 21 - Vale fluvial mostrando a calha viva e os terraços

000048

O escoamento sub-superficial 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 22) É comum a existência de poços amazonas (também chamados de cacimbões) construídos



[a] Vista em bloco tridimensional



[b] Vista em seção vertical longitudinal

Figura 23 - Esquema de funcionamento de uma barragem subterrânea

A seguir serão descritos sumariamente os três tipos, devendo no capítulo III ser detalhado o modelo COSTA & MELO por ser considerado o mais adaptado à realidade da região semi-árida nordestina devido a atender perfeitamente a finalidade a que se propõe e com custos construtivos e operacionais muito acessíveis

000050

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 24):

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

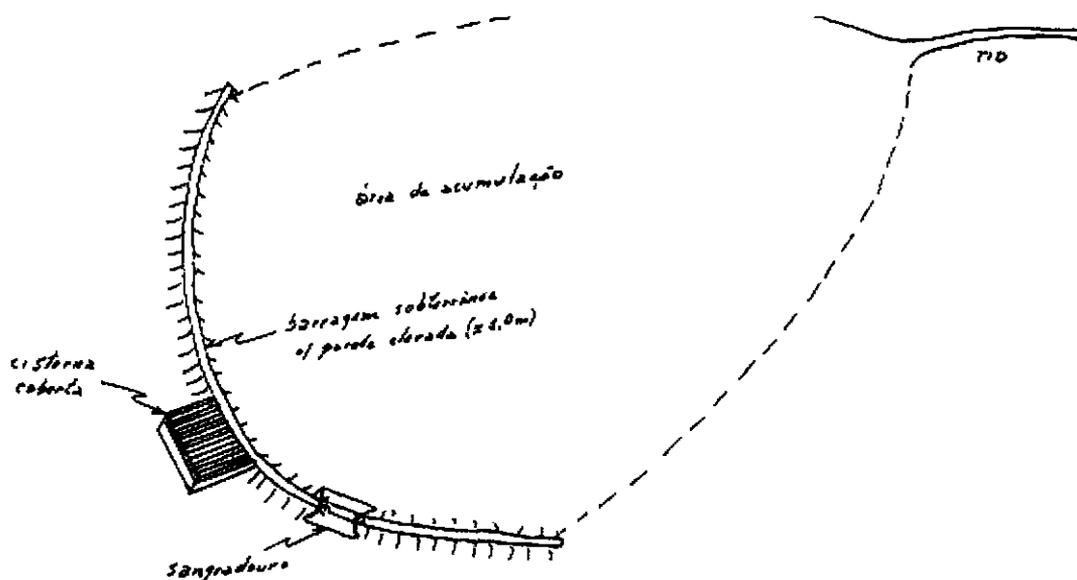


Figura 24 - Barragem Subterrânea Modelo CPATSA

Barragem Subterrânea Modelo COSTA & MELO

Esse modelo foi desenvolvido pelos pesquisadores da UFPE, Waldir D Costa e Pedro G de Melo (já falecido), também no início da década 80, tendo sido

000051

posteriormente modificado, ampliado e adequado às condições locais pelo primeiro dos pesquisadores, constando essencialmente de (Figura 25)

- Escavação de uma trincheira retilínea perpendicular a 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 a montante deste
- Enrocamento de pedras arrumadas, sem rejunte, na superfície, junto ao septo impermeável e a jusante deste
- Um ou mais piezômetros ao longo da "bacia hidráulica" da barragem

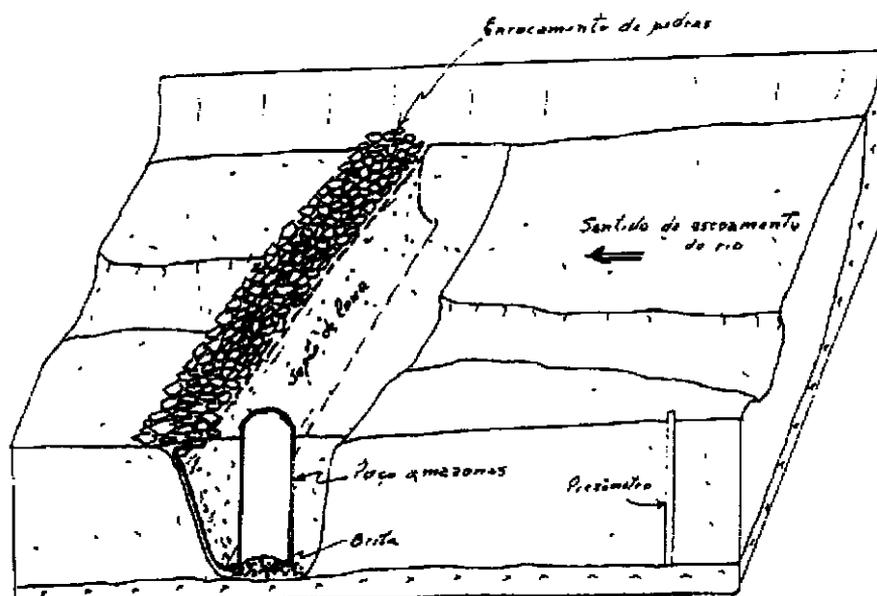


Figura 25: Barragem subterrânea modelo COSTA & MELO

Barragem Subterrânea Modelo CAATINGA

Esse 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 26)

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

000052
45

- Preenchimento da trincheira com o mesmo material retirado, submetido a uma compactação feita por animais,
- Enrocamento de pedras arrumadas, sem rejunte, sobre a barragem

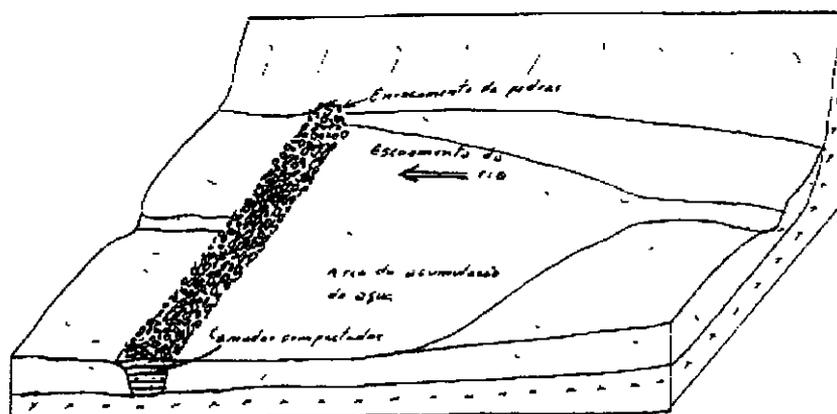


Figura 26 - Barragem subterrânea modelo CAATINGA

O modelo CPATSA apresenta as seguintes vantagens

- Permite maior volume de acumulação de água
- 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
- 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)
- Pode ser executada com mão-de-obra da própria propriedade rural

000053

- Apresenta condições de controle do processo de salinização
- Permite o monitoramento do nível da água ao longo do ano
- Pode ser utilizada para múltiplos usos da água

As desvantagens desse modelo são

- Custo maior em relação a barragem modelo CAATINGA
- 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
- Utiliza a mão-de-obra local

As desvantagens desse modelo são

- Acumula, em geral, muito 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 sub-irrigação na própria calha-viva do riacho
- 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 semi-árida nordestina é o modelo COSTA & MELO, que será descrito com mais detalhes no capítulo III

000054

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, comprometendo-se o 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 através 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 plantada, 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

000055

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 27)

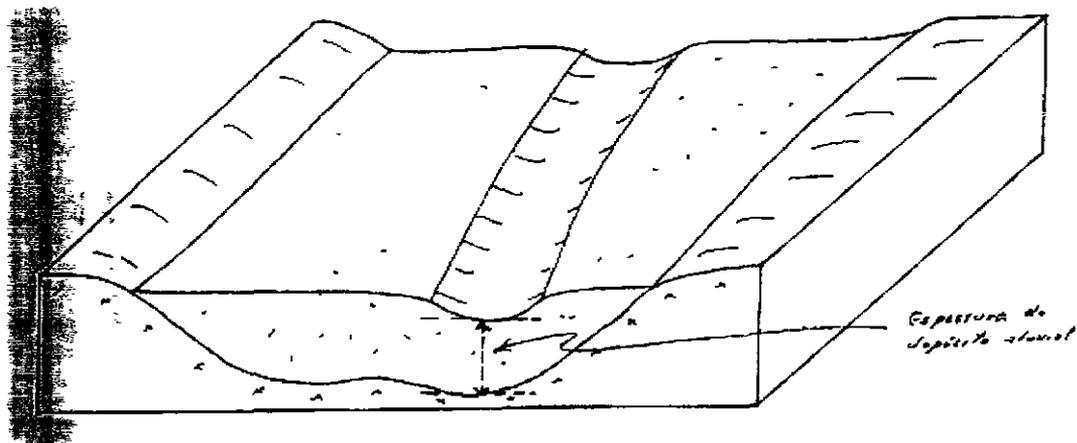


Figura 27 - Espessura do aluvião
[vista em bloco tridimensional]

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 28) Eventualmente, poderá vir a ser necessária a perfuração de mais um ou dois furos

000056

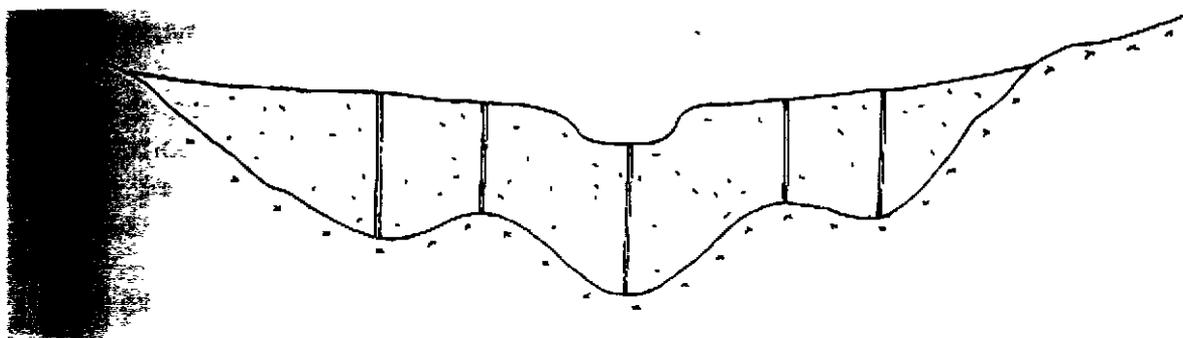


Figura 28 - Disposição dos furos

[vista em seção vertical]

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 29 a); uma outra peça em forma de caneco com lâminas cortantes na extremidade, apropriada para furar e amostras em areias (Figura 29 b) e, finalmente, uma peça helicoidal (Figura 29.c) 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

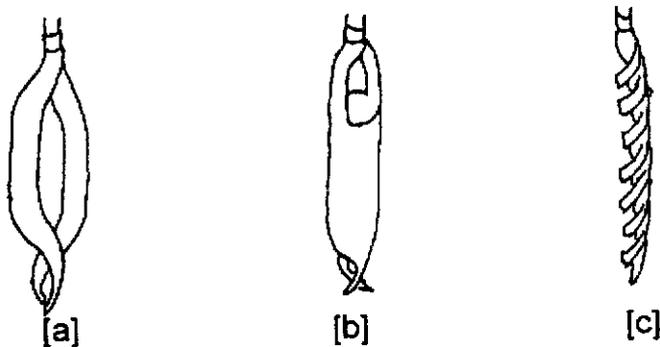


Figura 29 - Tipos de trado

000057

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 a montante, como se observa na Figura 30

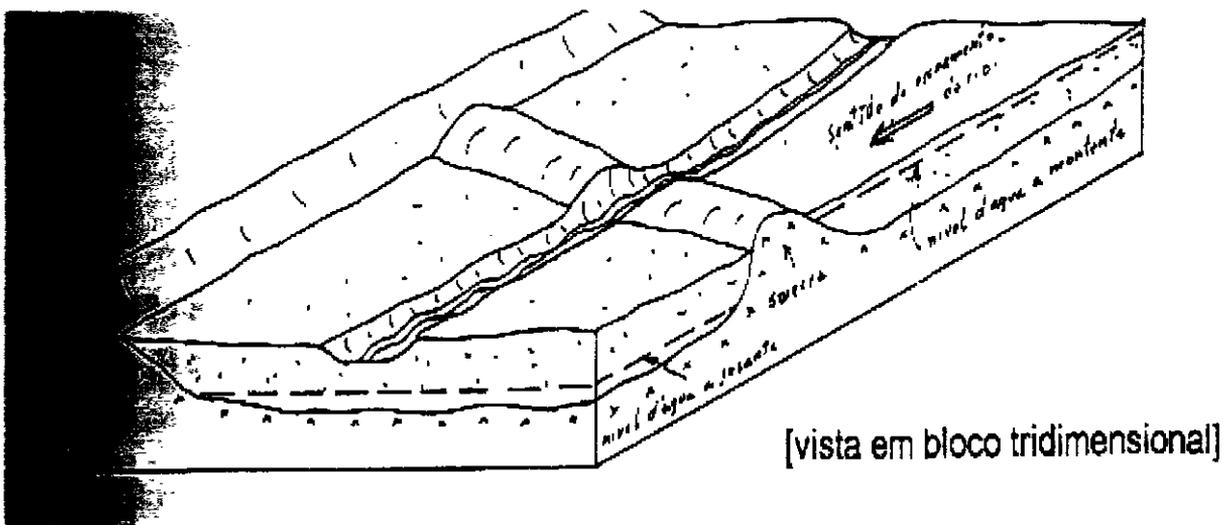


Figura 30 - Formação de uma barragem natural por "soleira"

000058

- 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 31

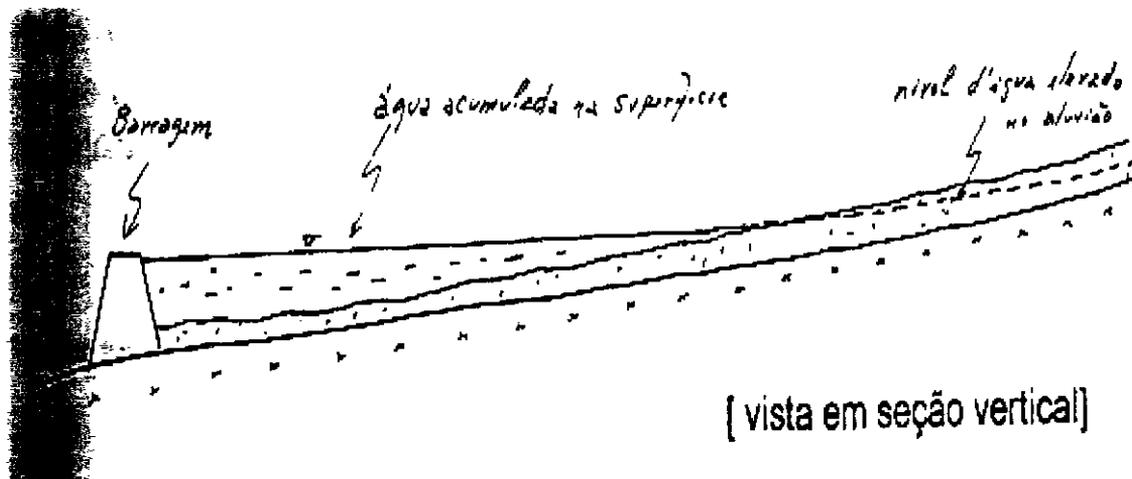


Figura 31 - Saturação dos aluviões a montante de um açude

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 32 a), em caso contrário fica com reduzida espessura na porção mais baixa do vale, sendo a acumulação de água muito reduzida, como mostra a Figura 32 b

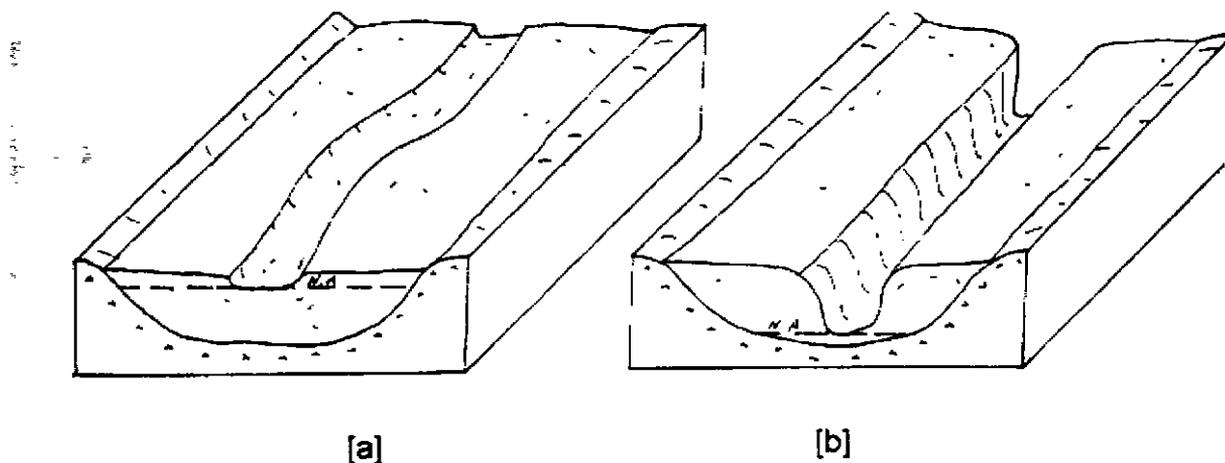


Figura 32 - Situação da "calha viva" do riacho em relação aos seus "terraços" em (a) é favorável ao barramento e em (b) é desfavorável [vistas em blocos tridimensionais]

000059

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 (Figura 33.a) a fim de permitir que a água armazenada se estenda a uma maior distância. Se o relevo é fortemente inclinado (Figura 33 b), situação predominante nas "cabeceiras" dos rios, 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 semi-plano

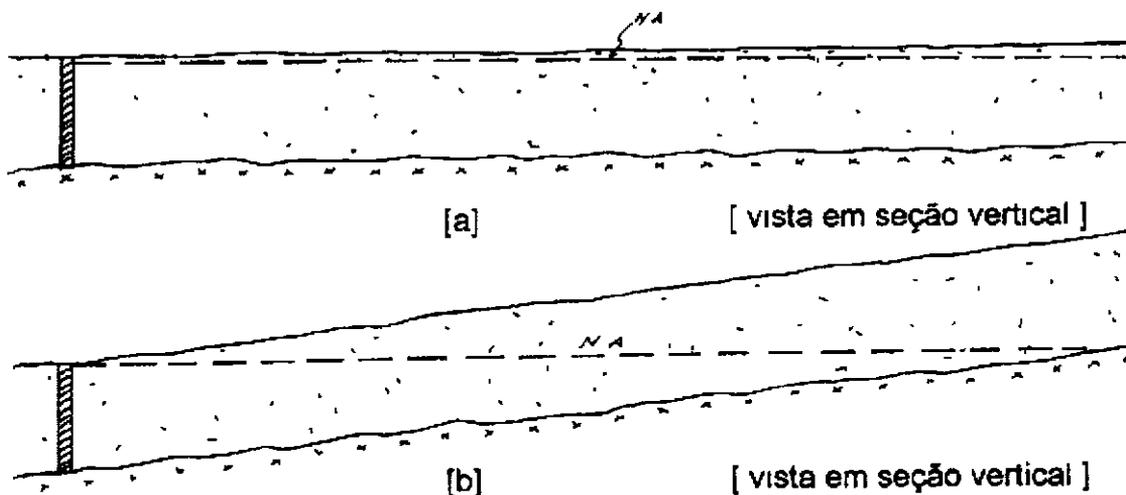


Figura 33 - Inclinação do leito aluvial

h) Área de Recarga

O barramento deve ser feito num trecho do rio ou riacho que dispunha de pelo menos 1 km de extensão a montante, com aluviões, para proporcionar uma recarga natural, na medida que a água acumulada pelo barramento venha a ser explorada.

As áreas próximas a nascente do rio devem ser sempre evitadas, como mostra a Figura 34.

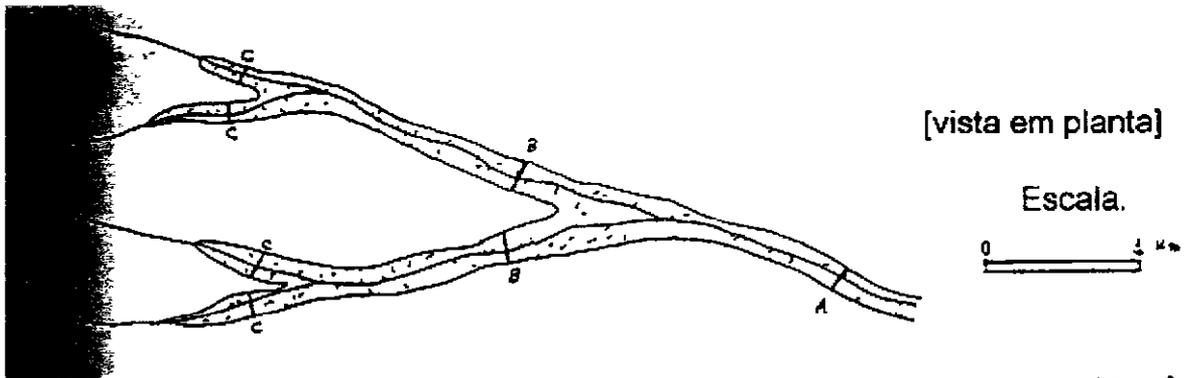


Figura 34 - Locais adequados e inadequados para uma barragem subterrânea

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 a jusante, e que poderia ser aproveitada como reservatório

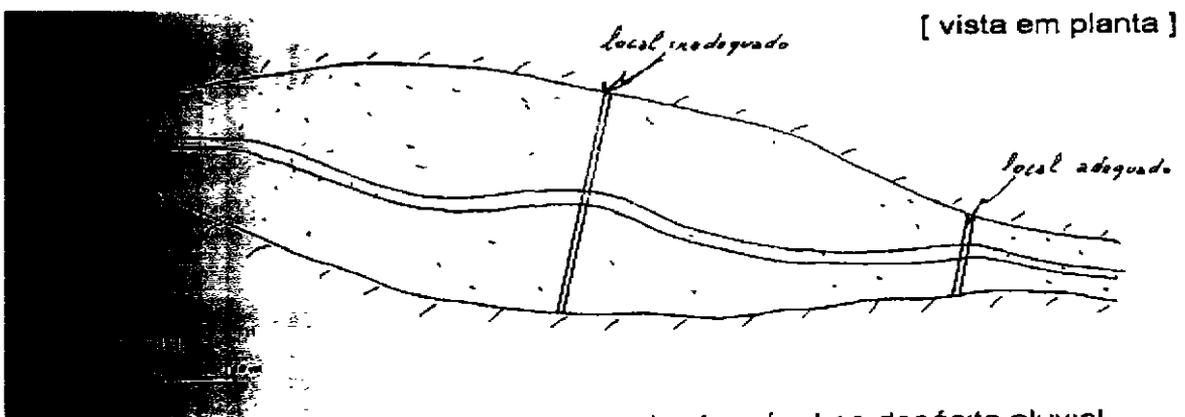


Figura 35 - Localização do eixo barrável no depósito aluvial

000061

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 sócio-econômicos da região, relatórios hidrogeológicos, mapas topográficos e geológicos, e, sobretudo, de aerofotos

b) Foto-Interpretação e Análise de Cartas Topográficas

A foto-interpretação 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

000002

A conjugação da foto-interpretação com a análise cartográfica, permite definir as dimensões superficiais do depósito aluvial, bem como o dimensionamento da bacia hidrográfica, elementos esses 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 foto-interpretação.

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, e que constarão da ficha cadastral do Anexo II, 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,

000063

56

- Qual o sistema de escoamento superficial durante quantos meses ocorre escoamento superficial, quais os meses de chuva, etc ,
- Inventário sumário de todos os poços, fontes e açudes existentes e localização precisa nos mapas

d) Sondagens Com ou Sem Geofísica

As sondagens destinam-se a esclarecer a geometria e a natureza granulométrica das 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, através 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, também o local onde perfurar um poço para ensaio é definido pelas sondagens.

e) Perfuração de Poços e Ensaio 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

000064



- 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
- Pré-filtro cascalho natural, selecionado, de 2,0 a 4,0 mm

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 24 h , 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.

000065

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

- Ensaio de infiltração com nível d'água constante
- Ensaio de infiltração com nível d'água variável
- 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 sub-irrigação 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 a 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
- 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

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.

1º - A trincheira deve ter a direção perpendicular ao curso do rio ou riacho;

- 2º - A trincheira deve ser reta a fim de economizar na escavação e na lona a introduzir posteriormente,
- 3º - 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,
- 4º - 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

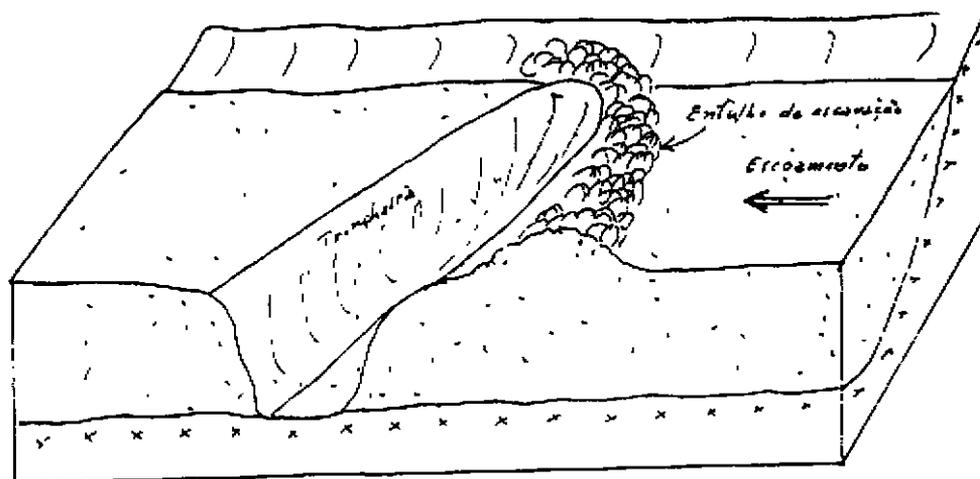


Figura 36 – Abertura da trincheira

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 retro-escavadeira, sendo essa 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 se trata de uma situação caracterizada no item (e) do capítulo 2 2

000068

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, enchada 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,
- Estacas justapostas

A lona plástica constitui o método mais rápido e mais barato de construção, pois em pouco mais de uma hora se terá 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 posição que a lona irá ocupar na trincheira será invariavelmente no lado oposto ao sentido do fluxo das águas superficiais, como mostra a Figura 37 Essa exigência se deve a dois fatores

- 1º - Ao lado da lona será construído o poço amazonas (cacimbão) e, 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,
- 2º - 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, se perderia esse fator favorável à infiltração da água na barragem subterrânea

000069



A colocação da lona não exige que seja feito de uma peça inteira 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 de 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

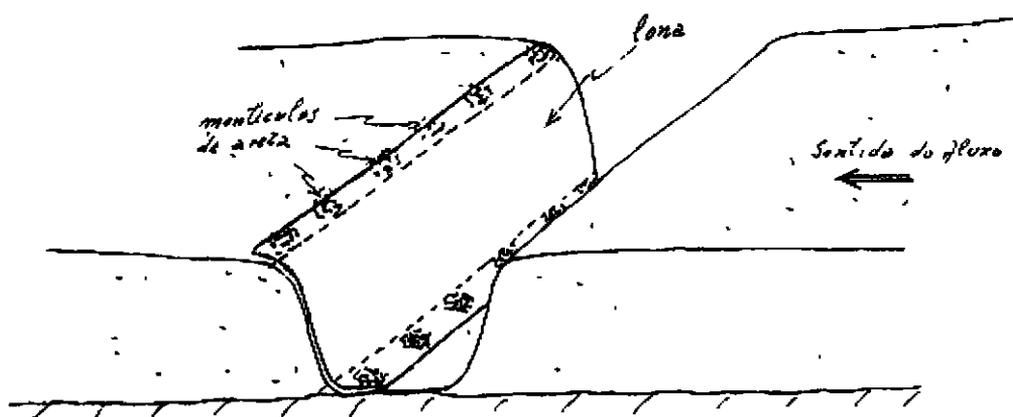


Figura 37 - Colocação da lona revestindo a parede da trincheira

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 38). A

compactação pode ser feita mecanicamente com um rolo compressor ou do tipo "pé de carneiro" ou através de animais - jumentos, cavalos ou bois - que transitem continuamente por sobre a camada, sob a condução de pessoas, ou ainda com batedores utilizados pelo homem

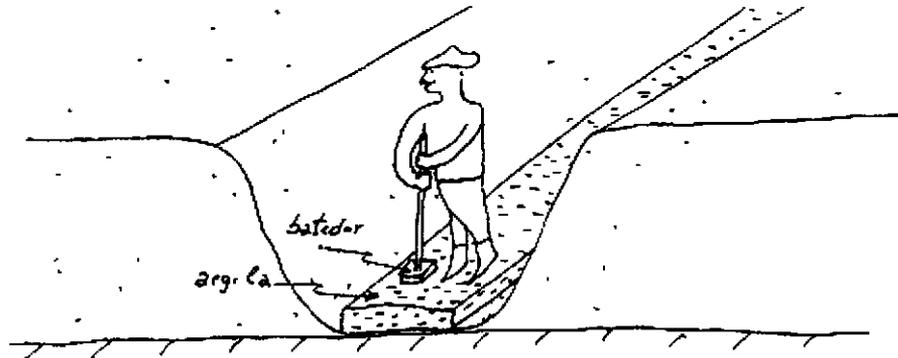


Figura 38 - Compactação de cada camada de argila

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 39)

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 atrás

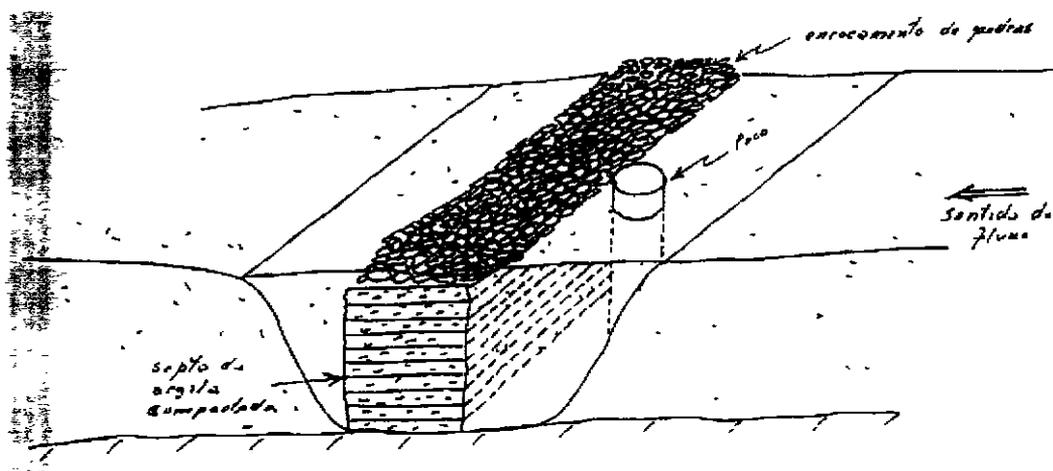


Figura 39 - Construção do septo impermeável com argila compactada

Quanto a 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 a 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,
- Proporciona condições de esgotamento da água da barragem ao chegar o período das primeiras chuvas anuais, a fim de renovar a água e impedir 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, para poder proporcionar um total esvaziamento do poço quando se fizer necessário (Figura 40).

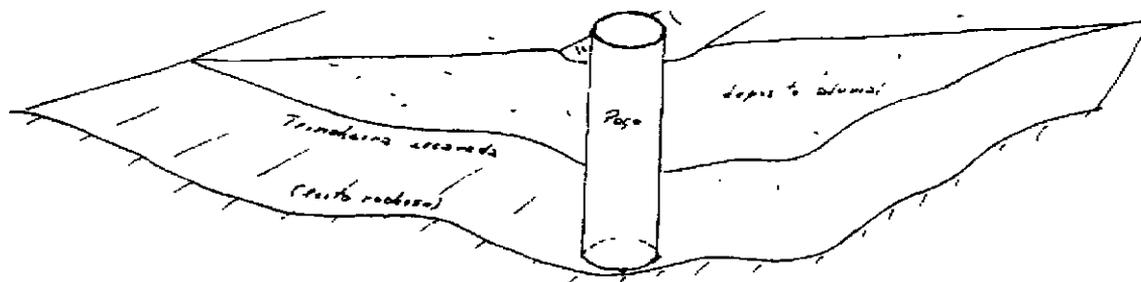


Figura 40 - Posição do poço amazonas dentro da trincheira

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 seja encontrado na dimensão de 0,5m de altura (é mais comum encontrar-se anéis com 1,0m de altura) (Figura 41)

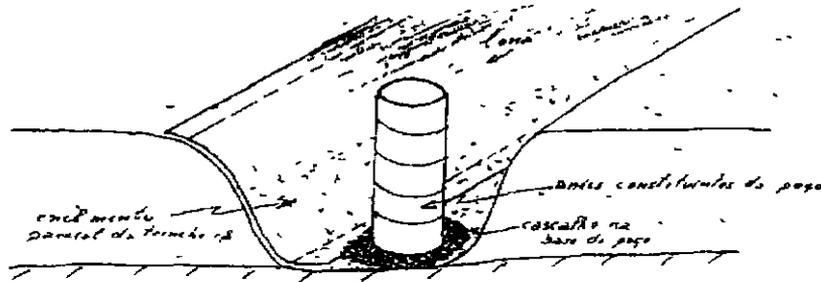


Figura 41 - Colocação dos anéis do poço amazonas

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 substâncias outras da superfície para o interior do poço. Também serve para impedir o assoreamento que poderia acarretar 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 42, 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 furos direcionados no sentido da própria parede

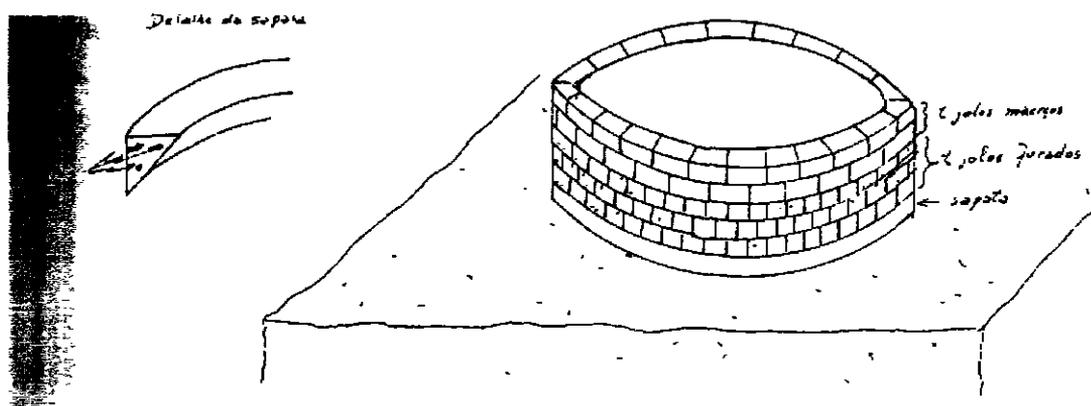


Figura 42 - Construção de poço amazonas com tijolos

- 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

000075

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 de que processo se utilizou 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, semi-arredondadas ou mesmo angulosas, dependendo de sua origem ser de leitos fluviais (em geral semi-arredondadas) ou quebradas em pedreiras ou afloramentos rochosos da localidade.

000076

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 sub-solo a 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.

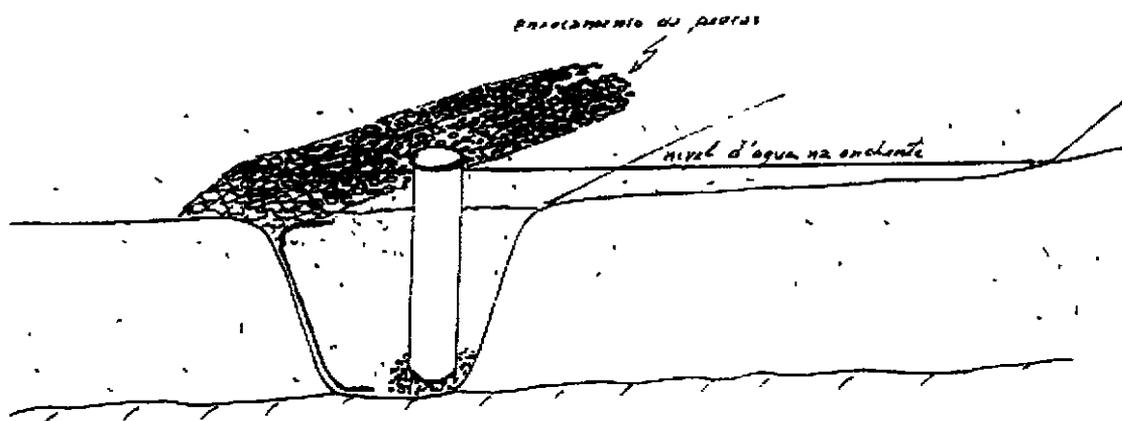


Figura 43 - Enrocamento de pedras na superfície

Considerando a finalidade de proporcionar uma maior infiltração de água, esse enrocamento não pode ficar situado a montante da barragem subterrânea e sim a sua jusante, como mostrado na Figura 43.

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 a montante da barragem subterrânea, dispostos à distâncias variáveis em função da capacidade de acumulação da barragem. De um modo geral, pode-se admitir que os dois piezômetros fiquem distanciados de 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

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 $E = 2 \text{ m}$
- Coeficiente de porosidade eficaz médio do sedimento aluvial: $\mu = 15\%$

O volume de água disponível - V - será dado por

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

$$V = 100 \times 1\,000 \times 2 \times 0,15 = 30\,000 \text{ m}^3$$

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

000078

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 em dezembro/97, com 1R\$ = 1,15US\$)

- PESQUISA PARA ESCOLHA DO LOCAL

Percentual do salário mensal de um técnico (5%)	R\$	100,00
Despesas de transporte e alimentação	<u>R\$</u>	<u>100,00</u>
	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)	<u>R\$</u>	<u>100,00</u>
	R\$	1 500,00

- CONSTRUÇÃO COM ESCAVAÇÃO 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)	<u>R\$</u>	<u>500,00</u>

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 R\$ 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)

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 sub-irrigação,
- Há maior proteção da água contra a poluição bacteriana superficial, pois a água fica armazenada na sub-superfície;
- 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 a 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 àquelas 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



FOTOS – Etapas de construção da barragem subterrânea



000082

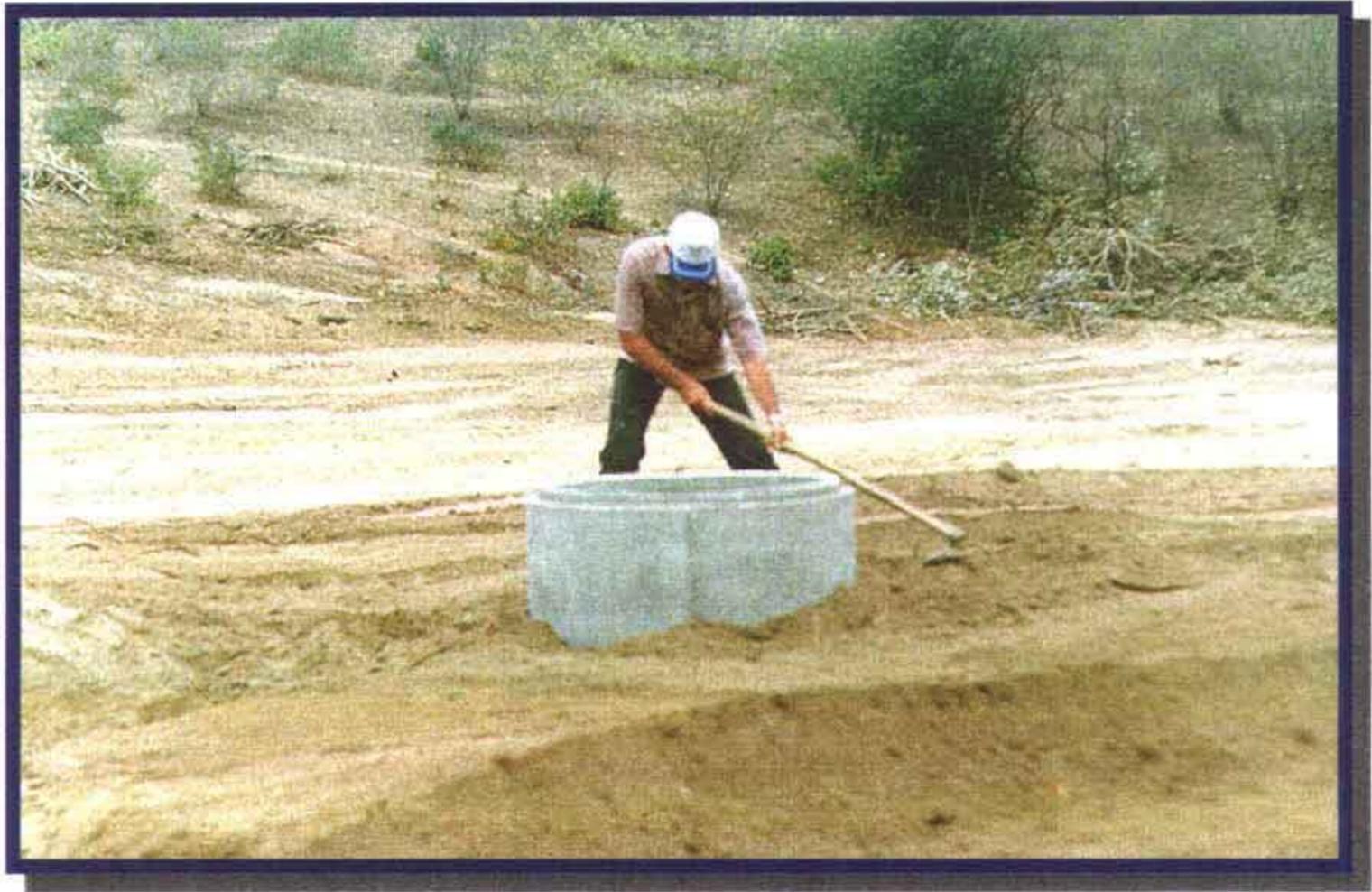
000081



FOTOS – Etapas de conclusão da barragem subterrânea

000083

000082



000084

000083



FOTOS – Aproveitamento da barragem subterrânea com capineira



000085

000084

3. RECUPERAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA VEGETAÇÃO CILIAR DOS CURSOS D'ÁGUA

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Esta prática dentro da visão do PRODHAM, é de fundamental importância, tendo vista as peculiaridade do uso do solo as margem dos cursos d'água, dentro do semi-árido cearense. A pressão sobre estas áreas são decorrentes da elevada densidade demográfica "in situ" e o baixo nível tecnológico adotado pelo agricultor através de método de cultivo degradador.

Neste 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 água superficiais para subterrâneas, que alimentam o curso d'água varia muito com o clima, tipo de solo, tipo de rocha, declividade e cobertura vegetal.

3.2 PRINCIPAIS ESSÊNCIAS FLORESTAIS DE RECOMPOSIÇÃO DA VEGETAÇÃO CILIAR

Entre os principais essências florestais que poderão recompor a faixa de vegetação ciliar destacamos.

a) CARNAÚBA

- **Nome Vulgar – Carnaúbeira**

000086

- **Nome Científico** – Copernicia Prunífera (Arr)
- **Família** – Palmacea
- **Programação** – Sementes
- **Uso**

A carnaúba destaca-se na região semi-árida, como uma espécie vegetal de múltiplo uso dentre as quais destacamos.

- O caule ministra madeira para construção civil e marcenaria, quer inteiro, quer dividido em caibros, barrote, 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 tectos e dos soalhos, quando com mais de um piso
- O grande produto obtido da carnaúba é a cêra, que reveste as células epidérmicas das folhas, principalmente da página inferior sob a forma de partículas brancas, pulverulentas, de aroma característico. Foi realmente a cêra, pela importância comercial adquirida neste século, que elevou a carnaúba à categoria de planta extrativa por excelência nos vales cearenses. Aplicada, de início, à fabricação de velas, posteriormente, já em nossos dias, surgiram para a cêra diversas aplicações industriais, com amplas repercussões econômicas e sociais
- No período de grande seca aproveitava-se o “palmito da carnaúba cuando” na alimentação humana e animal, através da 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 através da confecção de vários utensílios de uso pessoal e decorativo

b) JUAZEIRO

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

000087

- **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 despede 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), a composição química da folhagem é a seguinte:

- **Matéria Orgânica Total – 59,10%**
- **Substância Azotada – 10,20%**
- **Substância Gordurosa – 1,06 %**
- **Extrato não Azotado – 29,60 %**
- **Celulose – 16,20 %**

Segundo Kellner & Woff a folhagem apresenta a seguinte composição:

- **Unidades Nutritivas – 56,10**
- **Valor Nutritivo em Amido – 57,70%**
- **Valor Nutritivo em Calorias – 231,2**
- **Relação Nutritiva – 1:4,71**

c) **OITICICA**

- **Nome Vulgar – Oiticica**
- **Nome Científico – Licania rígida (Benth)**
- **Família – Rosacea**

000088

- **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 através do desmatamento das áreas ribeirinhas.

A madeira da oiticica é da 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 seca quando o pasto desaparece por completo, o gado aproveita as folhas e terras.

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 consideram o fato como excelente sinal de chuva abundante.

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

000089

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 sementes tem poder laxativo e purgativo

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

f) INGÁ

- **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

000090

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 resistente para cordoaria e tecidos.

Na medicina doméstica, a entrecasca usa-se como adstringente antibleorrágico, 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, 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.

000091

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 nevralgias, reduzidas a pó tem ação de inseticidas

000092

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 área ribeirinha 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, hemorragia intestinais 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, rico 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.

000093

O umbuzeiro armazena em xilopódio ou “batata”, nas raízes, regular quantidade de água mucilagens, amido, glicose para época seca. Nos períodos de fome aguda os habitantes do sertões aproveitam “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 erecta atingindo mais de 20m altura revestida de casca cinzenta, rugosa, saliente e fendida.

O fruto é comestível e presta-se à confecção de geleias, 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. Usam a infusão da casca em gargarejos e a 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.

000094

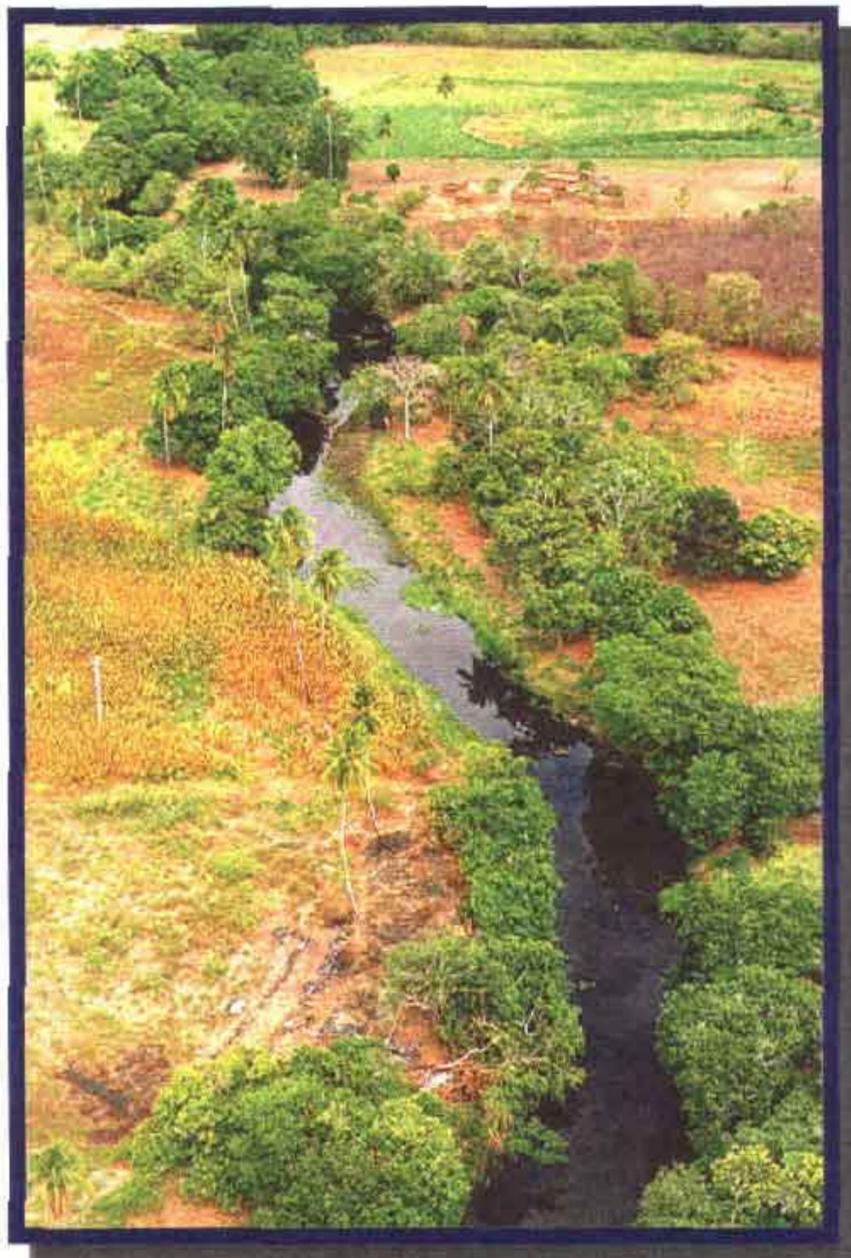


FOTO – Aspectos da vegetação ciliar dos cursos d'água

000095

000095



FOTO – Aspectos da vegetação ciliar dos cursos d'água

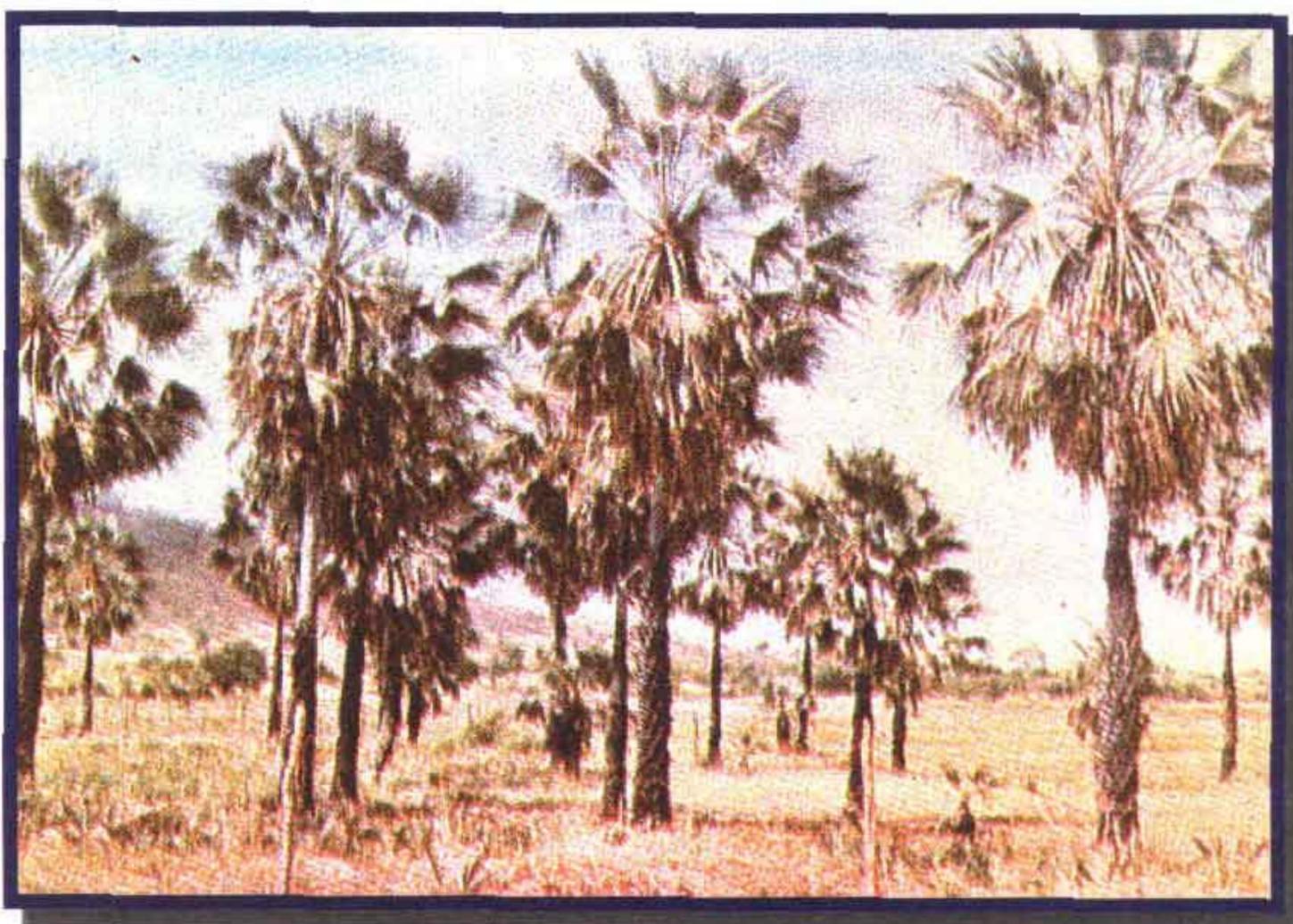


FOTO – Vegetação ciliar de carnaubeiras

000096

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 aconselhados na prisão de ventre e hemorróidas. Suas folhas podem ser usadas como forrageira.

4. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Esta prática, destina-se às áreas que sofreram processo erosão severa, onde parte do horizonte superficial do solo foi erodido. Sua recuperação, será efetuada através de uma 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 a regularização do ciclo hidrológico, bem como a manutenção da qualidade da água.

000097

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.

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** – Mimoso Caesalpiniaefolia (Benth.)
- **Família** – Leguminosas mimosóideas
- **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 esteiros. 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**

000098

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**

000099

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, diarreias 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%, 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

000100



- **Propagação** – Sementes
- **Uso**

Na alimentação animal – excelente essência forrageira com alto teor protéico, destinado 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**

000101

Na alimentação animal – as folhas, quando maduras, e as casca verde 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 – Aspecto de degradação de solo

000102

95

000101

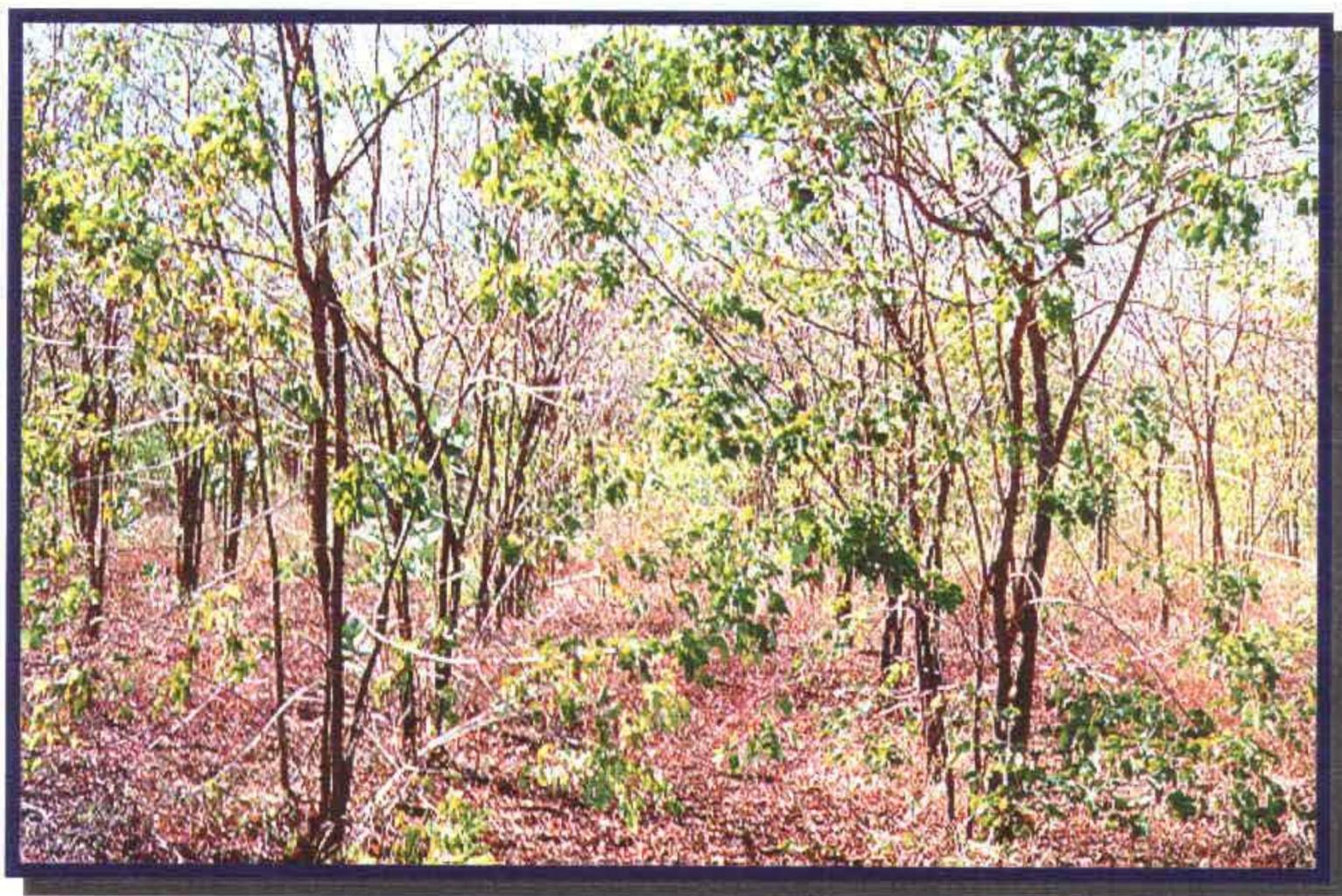


000103

000102

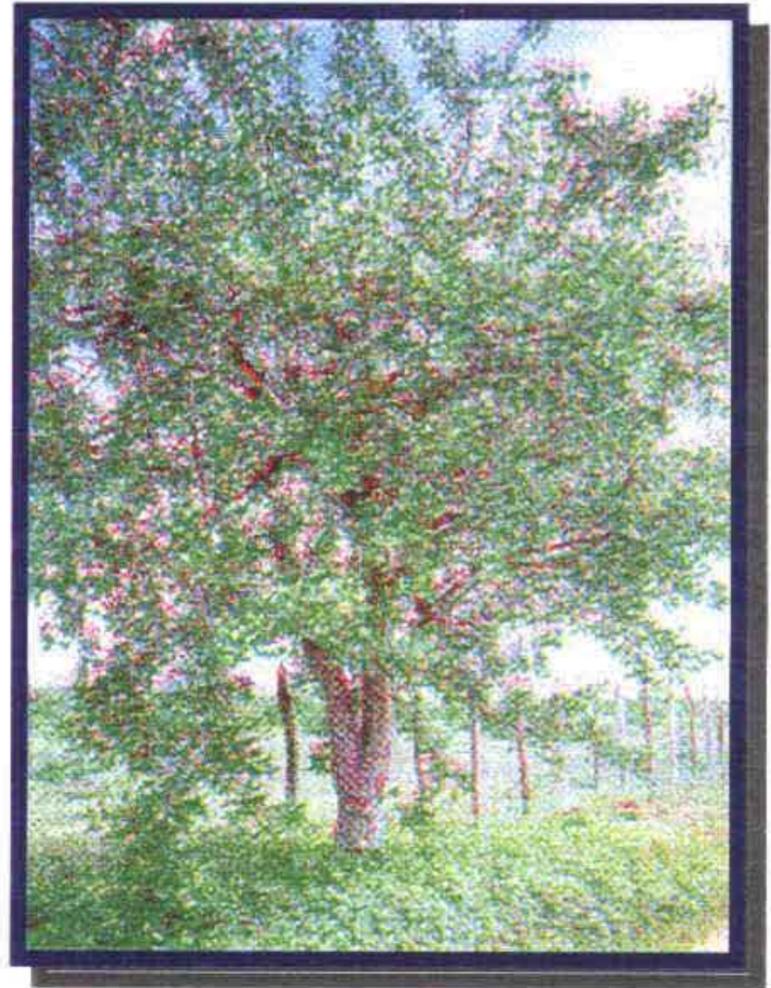


FOTO - Detalhe do Cultivo em Linha (2,5m X 2,5m) do SABI AZAL, observando-se cobertura da folhagem fenada naturalmente – Recuperação da Áreas degradadas

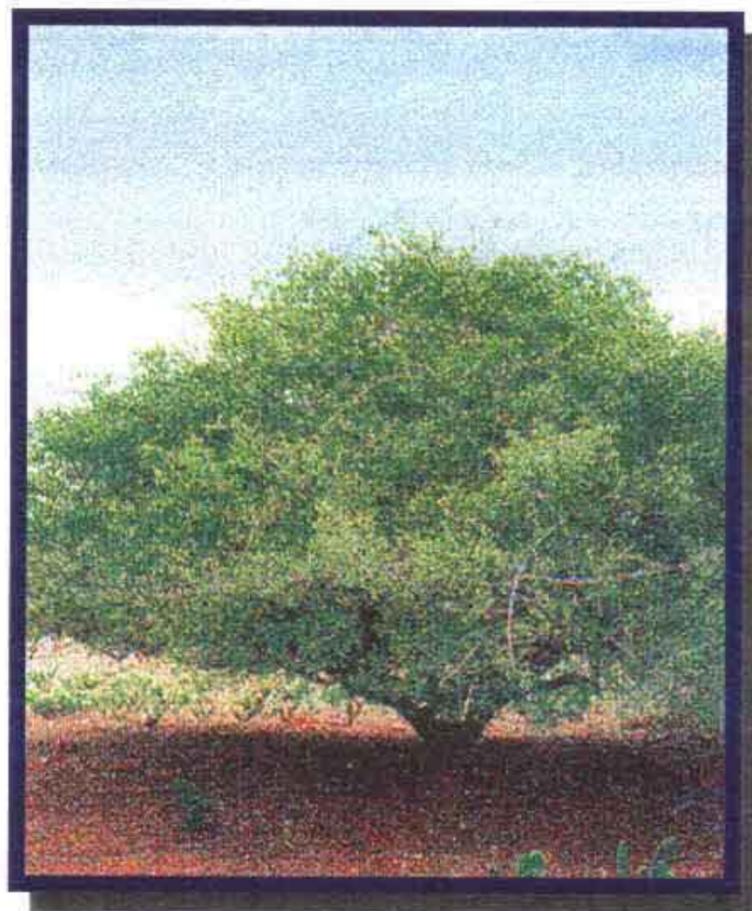




Catingueira Verdadeira

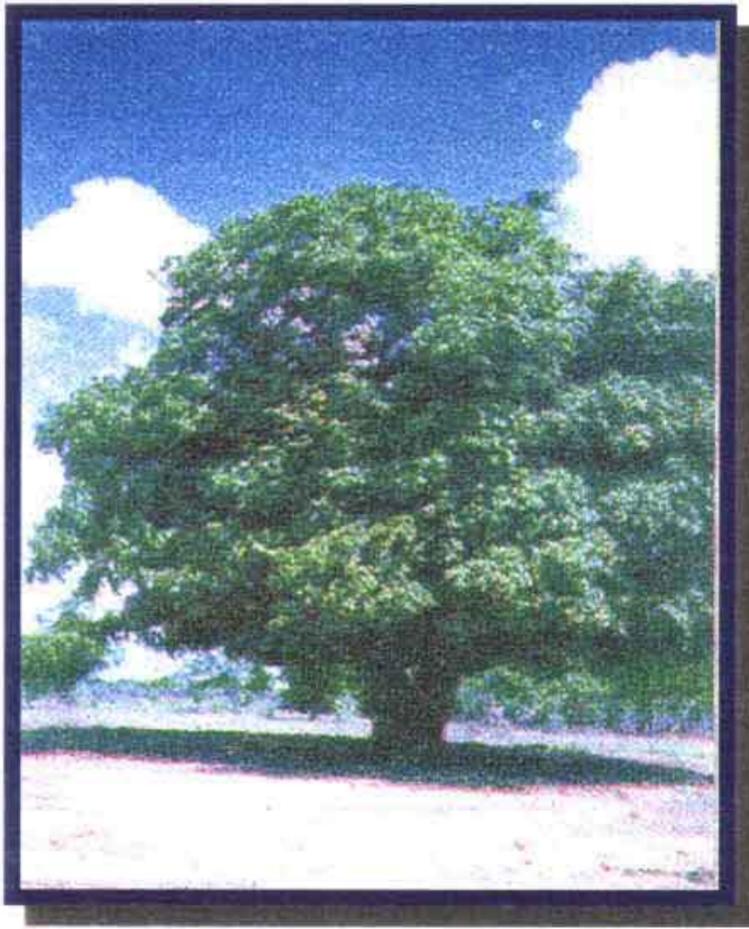


Faveleiro

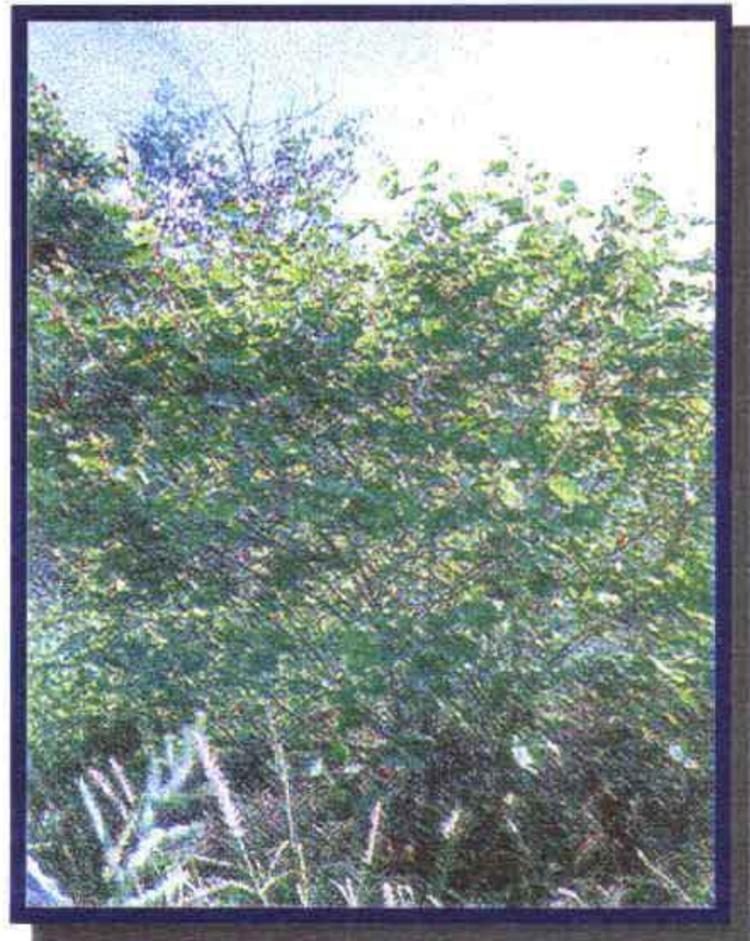


Imbuzeiro

000105



Juazeiro



Mororó



Sabiá

000106

000106

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

ÓLEO

- Óleo extraído das amendoas	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

TORTA

- Umidade	2,98%
- Matérias Minerais	8,32%
- Ca O	0,68%
- P ₂ O ₅	4,28%
- Proteínas	66,31%
- Glicose	3,58%

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 do água destinado 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 dentro das ações de um correto manejo das microbacias hidrográficas

000107

A perfuração de poços profundos associados a 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 semi-árido o uso de dessalinizadores tornam-se vital, dado o fato da qualidade da água na região semi-árida cearense ser oriunda de uma formação geológica cristalina, com vazões reduzidas e elevada salinidade.

6. ADEQUAÇÃO DE ESTRADAS VICINAIS

6.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Ao se buscar 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.

000108

101

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

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,
- A água captada pelo leito da estrada deve ser bem distribuída, nas áreas de agropecuária, de modo a não causarem erosão.

Para tanto, deve-se Implantar simultaneamente o sistema de conservação de solos e a adequação de estrada. 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,
- 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.

000109

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

a) 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 para as caixas de retenção

- Parâmetros
 - Espaçamento. o mesmo do terraceamento
- Dimensões médias
 - Comprimento. Igual à largura da estrada + ligação à caixa de refiltração ou terraço
 - Largura: 3 a 6 metros
 - Altura final (compactada) 0,3 a 0,5 m

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).

000110

- 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 44) 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 45),

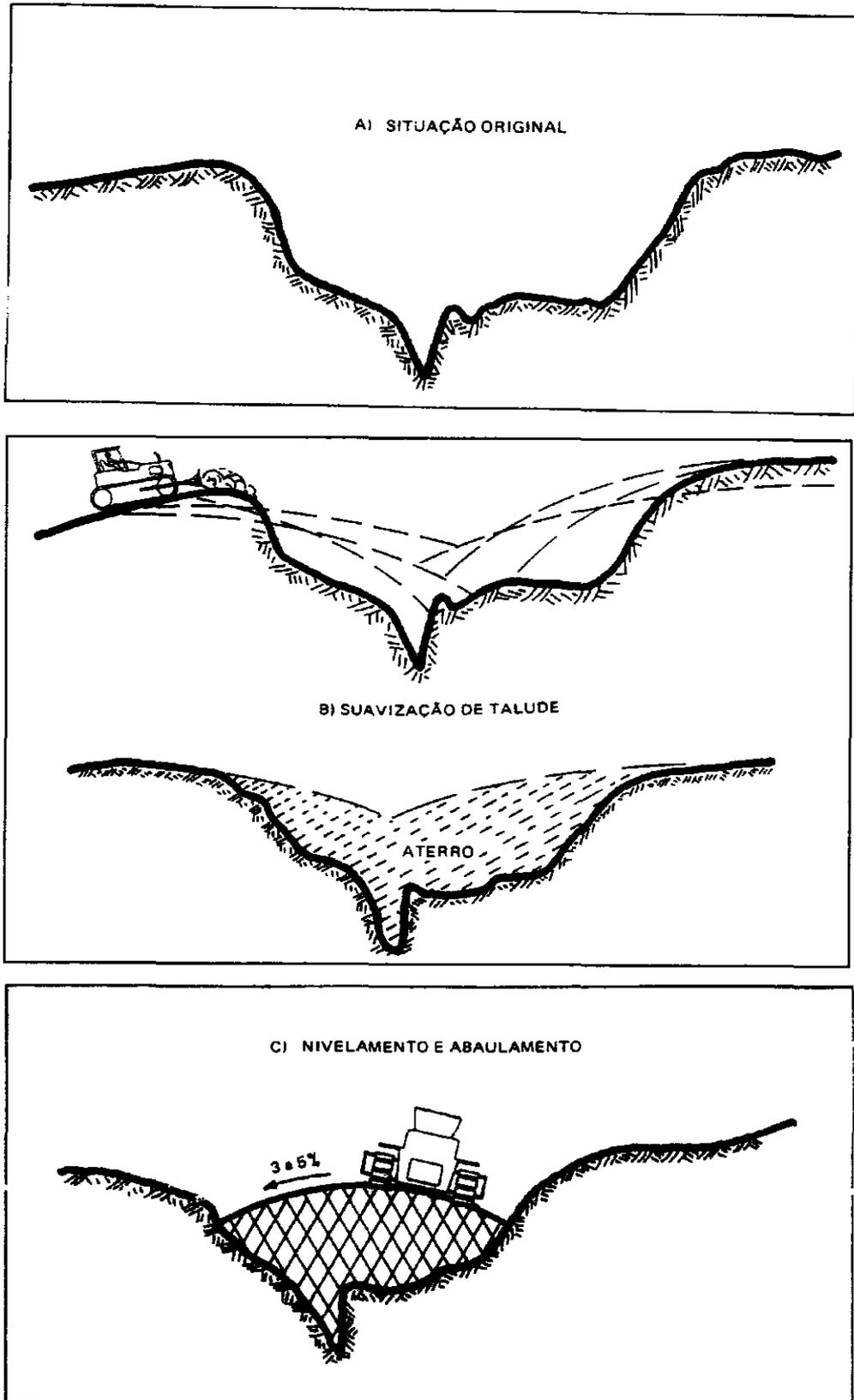
No arenito, deve-se considerar a erosão no talude, suavizando-se o máximo possível (função da exploração e do desnível do barranco), cuidando-se ainda da implantação de grama e arborização

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

000111

FIGURA 44

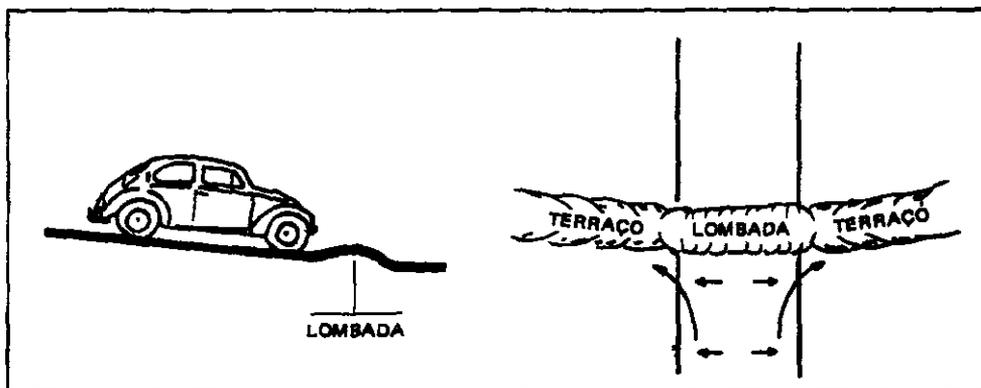
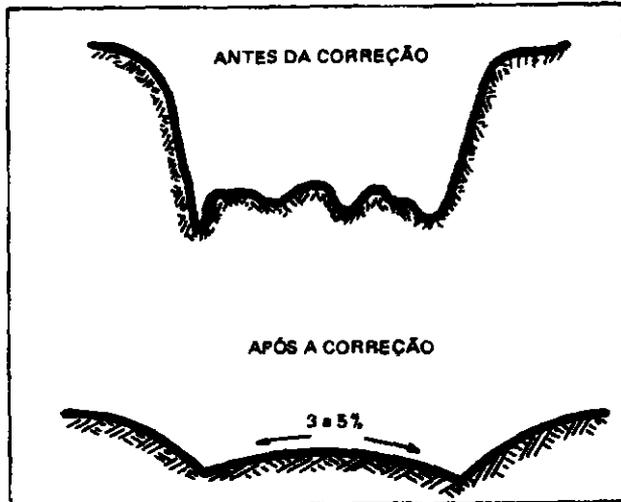
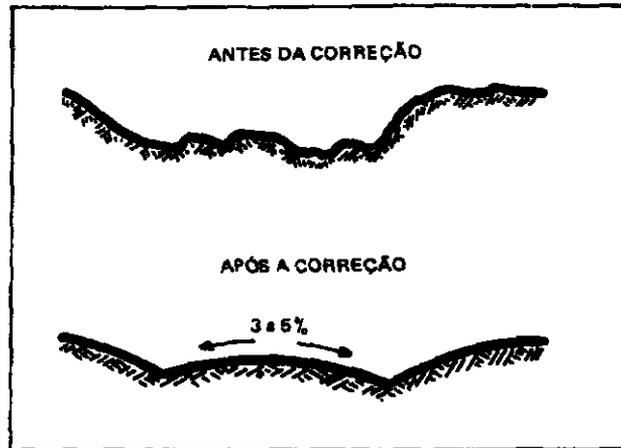
Correção de leito de estrada pelo aterramento de sulcos e voçorocas laterais à estrada



000112

FIGURA 45

Correção de leito de estrada pela suavização de taludes



000113

6.3 IMPLANTAÇÃO E EXECUÇÃO

Como descrição geral do trabalho de readequação de estradas e carreadores, pode-se colocá-la como

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,

000114

- implantação de terraço ou cordão de proteção a montante da estrada ou trecho de estrada locado em nível, associado a vegetação permanente de gramíneas

d) Manutenção

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

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, colômbio, 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

000115

108



d) Água advinda de núcleos urbanos

- Em virtude da complexidade da questão, torna-se necessário acionar os órgãos que atuam na questão das perurbanas, 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 DERT ou DNER, visando projeto específico

f) Estradas localizadas em nível

- Normalmente em fundos de vale ou meia encosta, devem receber a proteção de um terraço ou cordão vegetado a 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 a 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 ruínas de plantio e/ou espécies florestais, retirar cercas, deslocar postes de energia elétrica ou telefone, construir ou reconstruir / deslocar pontilhões, bueiros etc

000116

109



Tudo isso deve estar previamente ajustado antes do início dos trabalhos, estando todas as partes envolvidas devidamente acordadas

000117

TABELA I – 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	-

OBS LARGURA MEDIA DA ESTRADA 6,5m

000118

111

**IV – PRÁTICAS ALTERNATIVAS DE
CONTROLE EDÁFICO**

000119

IV – PRÁTICAS ALTERNATIVAS DE CONTROLE EDÁFICO

1. TERRACEAMENTO (*)¹

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, 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 talveses 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

000120

¹ (*) Recomendações Técnicas do SNLCS/EMBRAPA

b) A seção transversal

- **Terraço de base larga:** são terraços em que tanto o canal como o camalhão permitem a mecanização (Figura 46) 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 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 47)
- **Terraços com o talude posterior do dique íngreme:** terraços passíveis de serem cultivados com maquinaria agrícola no canal e no talude anterior do camalhão, mas que não podem ser cultivados no talude posterior devido a serem construídos com um declive de 2:1 ou mais Normalmente o talude posterior do dique é mantido gramado para maior estabilidade. (Figura 48)
- **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 49)
- **Terraços em patamar:** são terraços que constam de patamares e taludes (Figura 50) 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

000121

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

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. Nestes tipos de terraços a água da enxurrada permanece no canal até que, total ou parcialmente, se infiltre 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 transportadas seja substancialmente reduzida, já que a capacidade de transporte de sedimento é proporcional à 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

000122

e terraço tipo Zingg) são bastante eficientes na redução do pico de descarga de pequenas bacias hidrográficas. Isto 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

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 se infiltre no solo.

000123

Em áreas onde o solo não é capaz de absorver a água da enxurrada suficientemente rápido, devem-se utilizar os terraços mistos, através 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 seção transversal do terraço, o relevo é o fator de maior importância a ser considerado. Na Tabela II 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 maquinaria 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 II

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

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

000124

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 maquinaria 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 às dificuldades de mecanização criadas na construção de terraços. 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 necessários ainda um detalhado estudo da área, para o qual são necessários mapas planialtimétricos, balanço de corte e aterro, layout, etc

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, III indica os declives máximos permissíveis para terraços com gradiente variável. Deve-se notar que nas partes mais elevadas dos terraços, são permissíveis declives maiores, que diminuem à medida que o comprimento do terraço vai aumentando. Isto é muito importante, principalmente na construção de terraços paralelos, onde, 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.

000125

TABELA III

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

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 superdimensionamentos podem causar o fracasso dos terraços, em consequência da incapacidade de retenção da enxurrada originada a 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 a 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 dos fatores considerados acima com o espaçamento entre terraços. No Brasil tem sido mais usada a fórmula de Bentley, que dá o espaçamento vertical de terraços

$$EV = \left(2 + \frac{S}{X}\right) 0,305$$

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.

O espaçamento vertical nada mais é que a diferença de nível entre dois terraços consecutivos, (Figura 51) Para se transformar EV em espaçamento horizontal (distância entre dois terraços), basta fazer

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

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 IV)

000127

TABELA IV

Valores de "X" para serem usados na fórmula de Benthey

PRATICAS DE CONTROLE DA EROSIÃO								Fórmula de Benthey 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		
Resist do solo à erosão	c/grad	nível	c/grad	nível	c/grad	nível	nível	
	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
 MEDIA - Solos de textura média
 BAIXA - Solos de textura arenosa

000128

1 6 CONSTRUÇÃO DOS TERRAÇOS

Antes de se iniciar 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 52)

Para os terraços paralelos, em que geralmente há necessidade de cortes e aterros, a terra deve ser movida lateral e longitudinalmente. Neste 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. Nestas estacas deve ser marcada a diferença de nível entre a superfície do solo e o fundo do canal do terraço (Figura 53).

Uma grande variedade de equipamento pode ser usada 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 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 54). 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

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 as 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

- 1º - Localize 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
- 2º - Determine a declividade do terreno acima do primeiro terraço. Meça esta declividade a partir do ponto mais alto até 30 m abaixo
- 3º - Usando a declividade máxima (s) encontrada e os gráficos 1 e 2, selecione o espaçamento vertical (EV) ou horizontal adequado
- 4º - Ponha a primeira estaca do terraço superior. Esta estaca é geralmente localizada abaixo do ponto mais alto do terreno, distando dele o mesmo espaçamento determinado anteriormente
- 5º - Estaqueie 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

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

onde

ΔH = Aumento da leitura no nível entre duas estacas consecutivas

i = Gradiente do terraço

Δx = Espaçamento entre estacas

- 6° - Verifique 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 o espaçamento recomendado ao longo do terraço. Desta feita é importante verificação, a localização do terraço superior antes de prosseguir com o estaqueamento dos demais terraços. Para fazer isto meça a declividade do terreno acima do terraço em diferentes pontos. Calcule os espaçamentos usando os gráficos 1 e 2. Meça o espaçamento horizontal ou vertical entre os terraços nestes pontos e compare com os espaçamentos recomendados.
- 7° - Se necessário mude 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 se espalhe ao invés de se concentrar, e, ainda, quando o espaçamento mais aberto estiver perto da parte mais alta do terraço (começo do terraço).
- 8° - Meça 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.

000131

123

- 9º - Com base no declive médio encontre o espaçamento usando os gráficos 1 e 2
- 10º - Localize 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. Neste caso a primeira estaca pode ser localizada em qualquer ponto do terraço. Entretanto, se o segundo terraço tiver comprimento diferente do primeiro, dever-se-á usar de bom senso para localizar o primeiro ponto no segundo terraço, para que o espaçamento desejado entre eles seja obtido
- 11º - Estaqueie o terraço inteiro
- 12º - Os demais terraços são locados da mesma maneira que o segundo

b) Terraços paralelos

- 1º - Sistematize 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 estar usando boa parte da camada arável para preencher as depressões do terreno. Nestes solos pode ser mais desejável fazer cortes mais profundos no canal do terraço e usar este subsolo para encher as depressões entre os terraços.

- 2º - Use 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.

3º - Planeje 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.

4º - 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 III.

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.

000134

126



FOTOS – Sistema de Terraceamento



000135



FOTO – Plaina Terraceadora

000136

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 1,5 m ou de espaçamento igual ao espaçamento vertical dos terraços quando este for inferior a 1,5 m. Com o mapa topográfico, tem-se a vantagem de se ter 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 podem-se fazer ainda diferentes tentativas de localização do sistema como um todo. O que quase sempre resulta em terraços melhor planejados.

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

- 1º - **Planeje a melhor localização no mapa.** A declividade em diferentes partes do terreno deve ser medida e o espaçamento entre os terraços determinado. Selecione os terraços mestres e então localize os outros, tão paralelos quanto possível a estes, observando sempre os limites permissíveis de profundidade de corte e de declive.
- 2º - **Transfira 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 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.
- 3º - Estaqueie os outros terraços de tal forma que sejam paralelos ao primeiro.

2. CANAIS ESCOADOUROS

2.1. CONCEITO

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

000137

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.

2.3 APLICABILIDADE

Os canais escoadouros devem ser construídos e mantidos sempre que formas concentradas de escoamento superficial favoreceram 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

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.

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

000138

Onde:

Q = Pico de descarga em m^3/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

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 se tornar 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 estas razões 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 55, juntamente com as fórmulas necessárias para computar as características hidráulicas.

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 as melhores espécies vegetais para este 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 V 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. Neste caso devem-se atribuir valores às dimensões do canal, até que se encontrem valores que satisfaçam simultaneamente a

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

e

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

000140

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

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. Nestas 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.

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

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

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

000141

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

3. CORDÕES DE VEGETAÇÃO PERMANENTE

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

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

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

000112

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. QUEBRA VENTOS

4.1 CONCEITO

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

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.

4.3 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 disto 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

000143

- Localização em relação à direção do vento

A importância da altura do quebra-vento e do ângulo que este forma com a normal à 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.

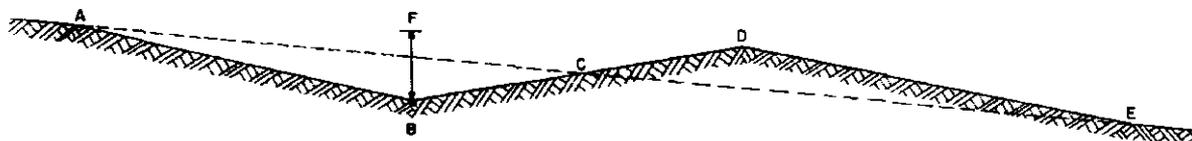
Nota-se, pois, que quando os ventos são paralelos ao quebra-vento, obtém-se uma proteção mínima, e quando perpendiculares uma proteção máxima. É assim de fundamental importância que se identifique qual a direção dos ventos dominantes no local onde se pretende usá-los. A fórmula acima indica que a distância 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.

000144

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



- ACE - Declive Natural do Terreno
- ABD - Canal do Terraço
- BDE - Camalhão
- ABC - Corte
- CDE - Altura
- FB - Altura do Terraço
- AE - Largura do Terraço

Figura 46 – Perfil típico de terraço de base larga

000145

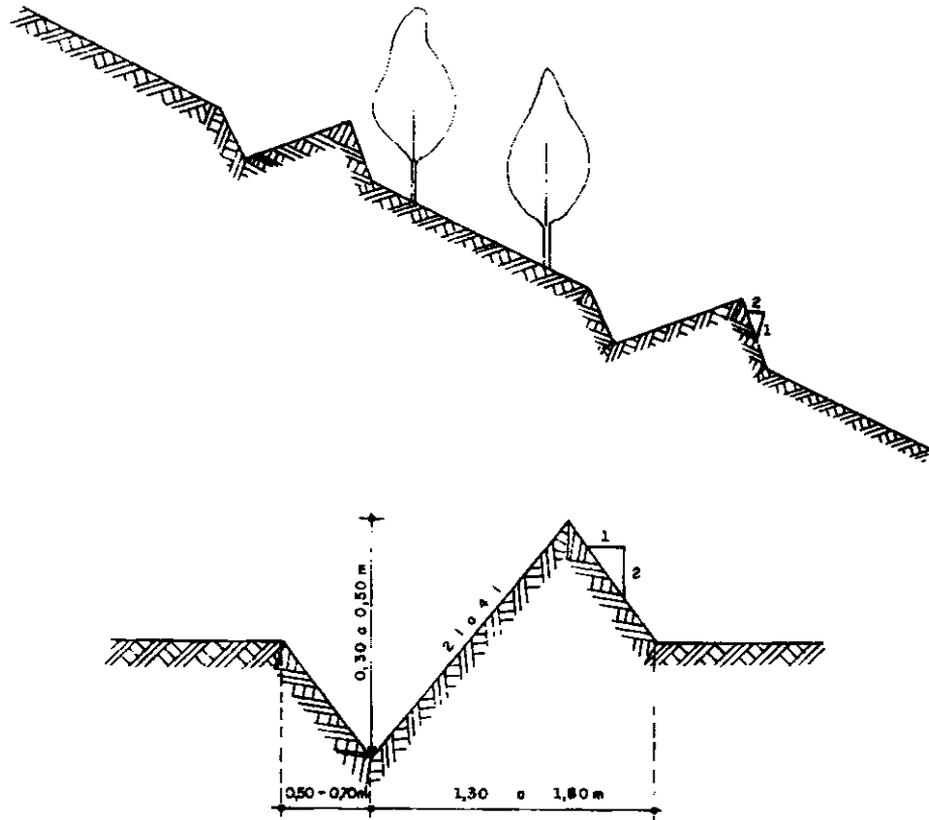


Figura 47 – Terraço de base estreita

000146

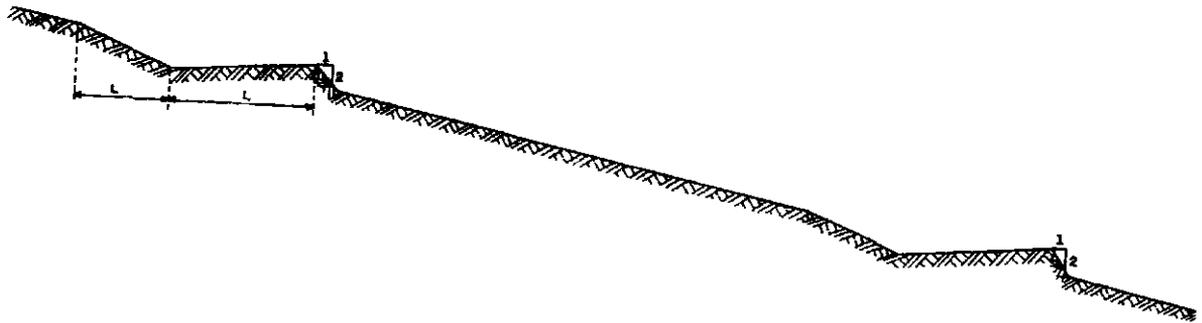


Figura 48 – Terraços construídos com o talude posterior do dique íngreme

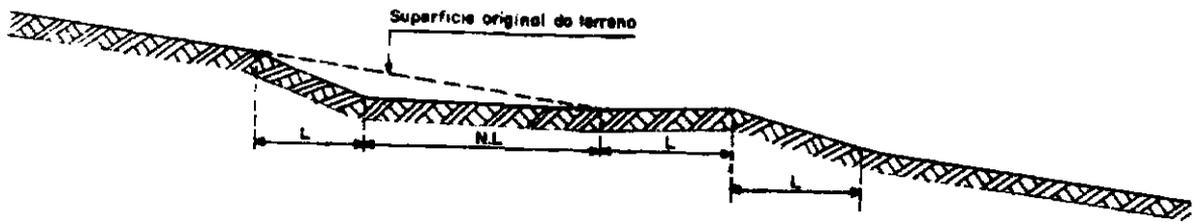


Figura 49 – Terraços tipo Zingg

000147

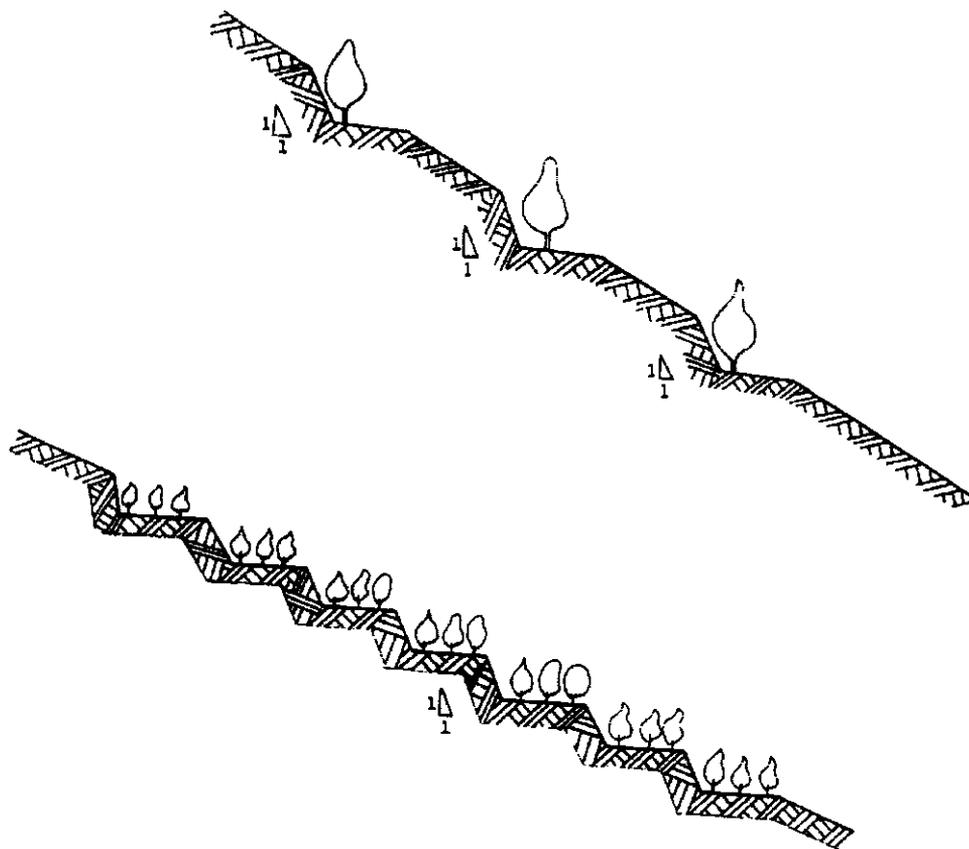
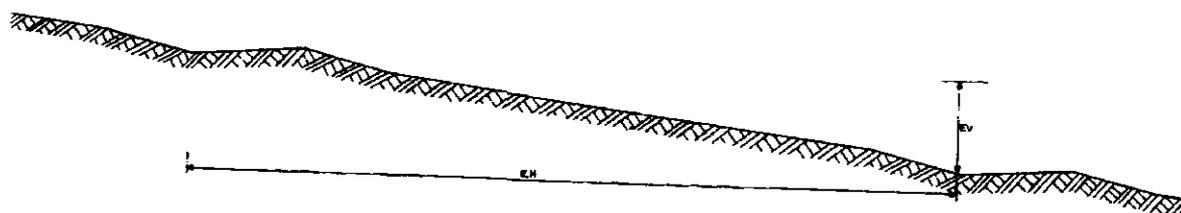


Figura 50 – Terraços em patamar



EM = Espaçamento Horizontal
 EV = Espaçamento Vertical

Figura 51 – Espaçamento horizontal e vertical entre dois terraços consecutivos

000148

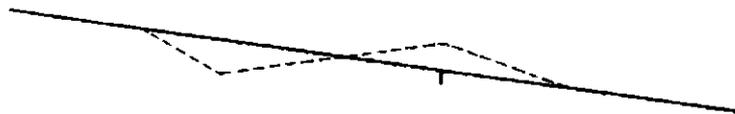


Figura 52 – A estaca indica o fundo do canal

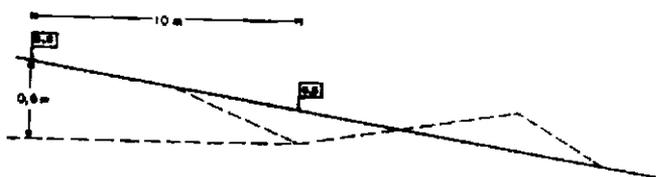


Figura 53 – Estaqueamento em locais de cortes mais profundos

000149

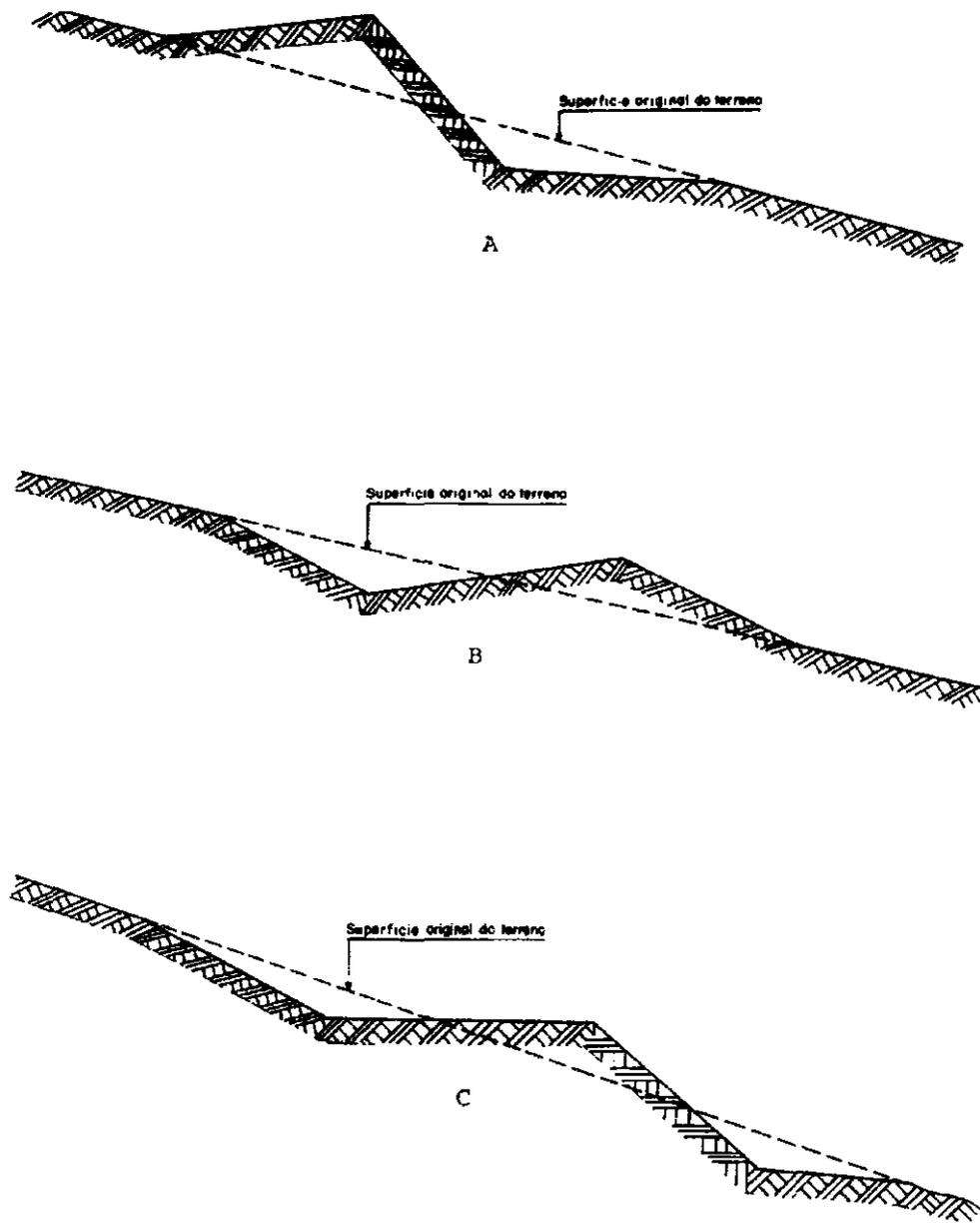
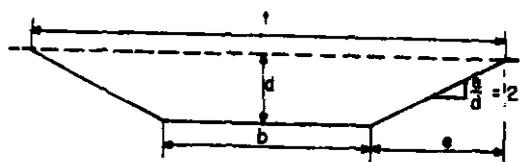


Figura 54 – Áreas de Empréstimo localizadas abaixo (A), acima (B) e de ambos os lados do camalhão (C)

000150



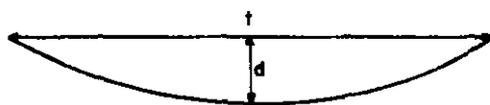
SECÇÃO TRANSVERSAL TRAPEZOIDAL

ÁREA DA SECÇÃO TRANSVERSAL = $b d + Z d^2$
 PERÍMETRO MOLHADO = $b + 2 d \sqrt{Z^2 + 1}$
 RAIO HIDRÁULICO = $\frac{b d + Z d^2}{b + 2 d \sqrt{Z^2 + 1}}$



SECÇÃO TRANSVERSAL TRIANGULAR

ÁREA DA SECÇÃO TRANSVERSAL = $Z d^2$
 PERÍMETRO MOLHADO = $2 d \sqrt{Z^2 + 1}$
 RAIO HIDRÁULICO = $\frac{Z d}{2 \sqrt{Z^2 + 1}}$



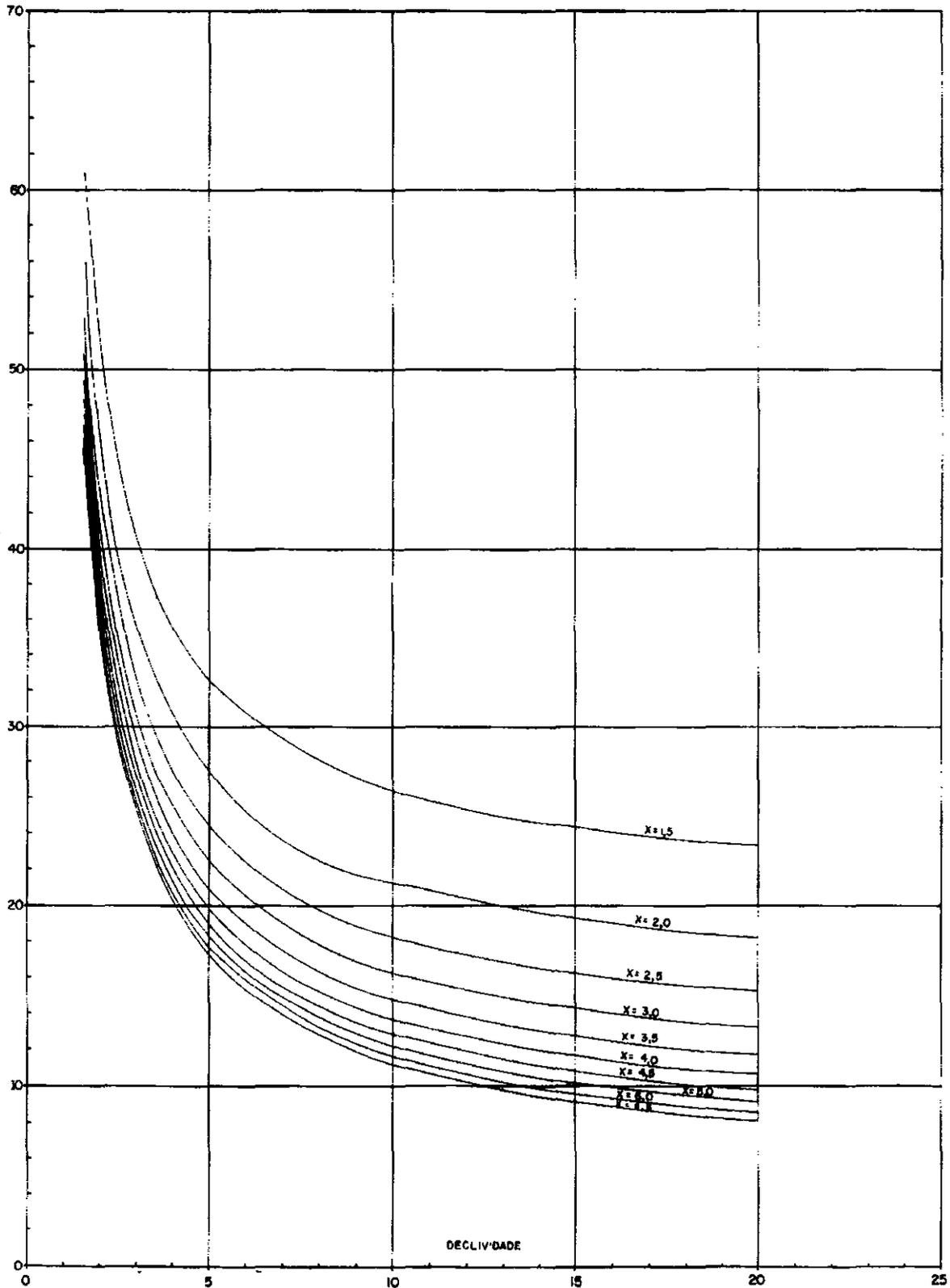
SECÇÃO TRANSVERSAL PARABÓLICA

ÁREA DA SECÇÃO TRANSVERSAL = $\frac{2}{3} t d$
 PERÍMETRO MOLHADO = $t + 0.4 d \sqrt{3}$
 RAIO HIDRÁULICO = $\frac{t d}{1.5 t + 0.4 d \sqrt{3}}$

Figura 55 – Secções trapezoidal, triangular e parabólica de canais escoadouros.

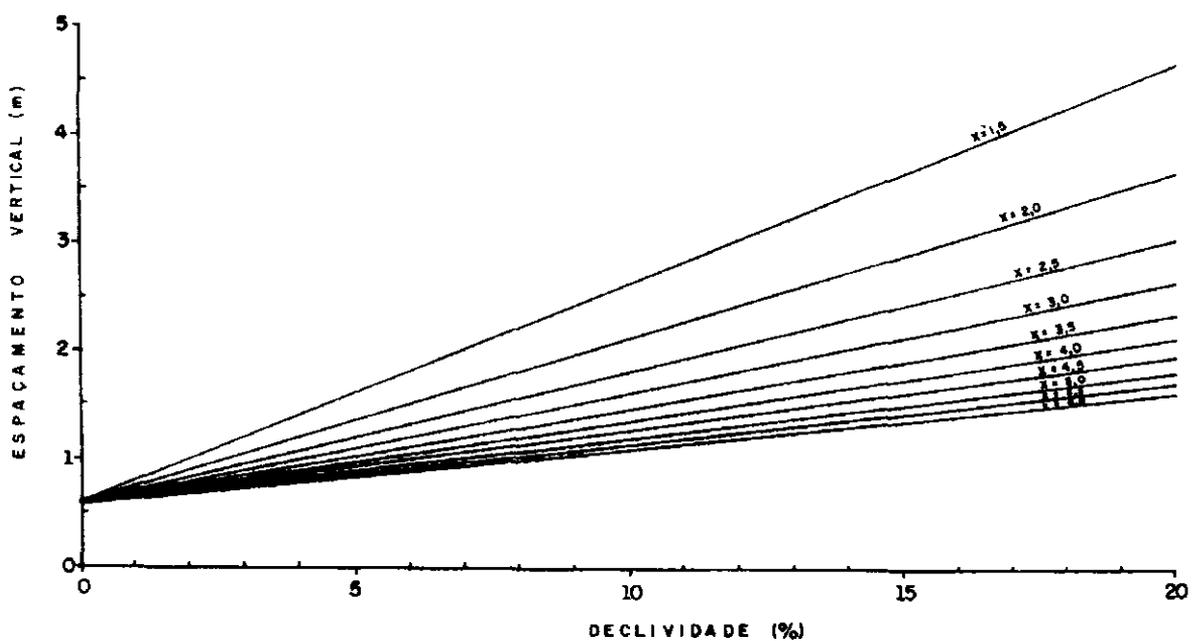
000151

GRÁFICO 1 – SOLUÇÃO GRÁFICA DA FÓRMULA DE BENTHEY PARA ESPEÇAMENTOS HORIZONTAIS DE TERRAÇOS



000153

**GRÁFICO 2 - SOLUÇÃO GRÁFICA DA FÓRMULA DE BENTHEY
PARA ESPAÇAMENTOS VERTICAIS DE TERRAÇOS**



000154

5 – CORDÕES DE PEDRA EM CONTORNO

5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

No Estado do Ceará o problema de uso e manejo dos solos é grave, principalmente na zona semi-árida cearense. Os solos são em sua maioria rasos e com baixíssima capacidade de retenção de água. Esta 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 & 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, na melhoria das propriedades dos solos rasos e litólicos.

5.2 FINALIDADE

000155

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 influencia no aumento da produtividade do solo.

Esta prática conservacionista dentre outras finalidade, tem como objetivos

- Redução da 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 aumenta a profundidade do solo,
- Melhoria das condições físico-química do solo onde essa técnica conservacionista foi aplicada

5.3 APLICABILIDADE E FORMA DE CONSTRUÇÃO

Nas unidade de solos que apresentam pedregosidade superficial (BRUNO NÃO CÁLCICO E PODZÓLICO VERMELHO AMARELO CASCALHENTO) **os Cordões de Pedra em Contorno** deve ser adotado, priorizando as áreas críticas da propriedade Essa prática é adequada às pequenas propriedades e depende fundamentalmente da mão-de-obra disponível (Figura 56)

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 $60 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de material retido

Quanto a profundidade efetiva, verifica-se um aumento ao longo do tempo da deposição de sedimento, 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 refere-se aos teores de matéria orgânica, teor de argila, água disponível, N, Ca, Mg, K e P acompanhadas de uma diminuição nos teores de Al

000156

O espaçamento entre os **Cordões de Pedra em Contorno** deverá obedecer os dados contidos na Tabela VI semelhante ao espaçamento usado nos terraços.

000157

Tabela VI – 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
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

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 VI),
- 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.

000158



FOTOS – Cordões de pedra em contorno



000159



FOTOS – CORDÕES DE PEDRA EM CONTORNO



Terraços em patamares

000169

000161

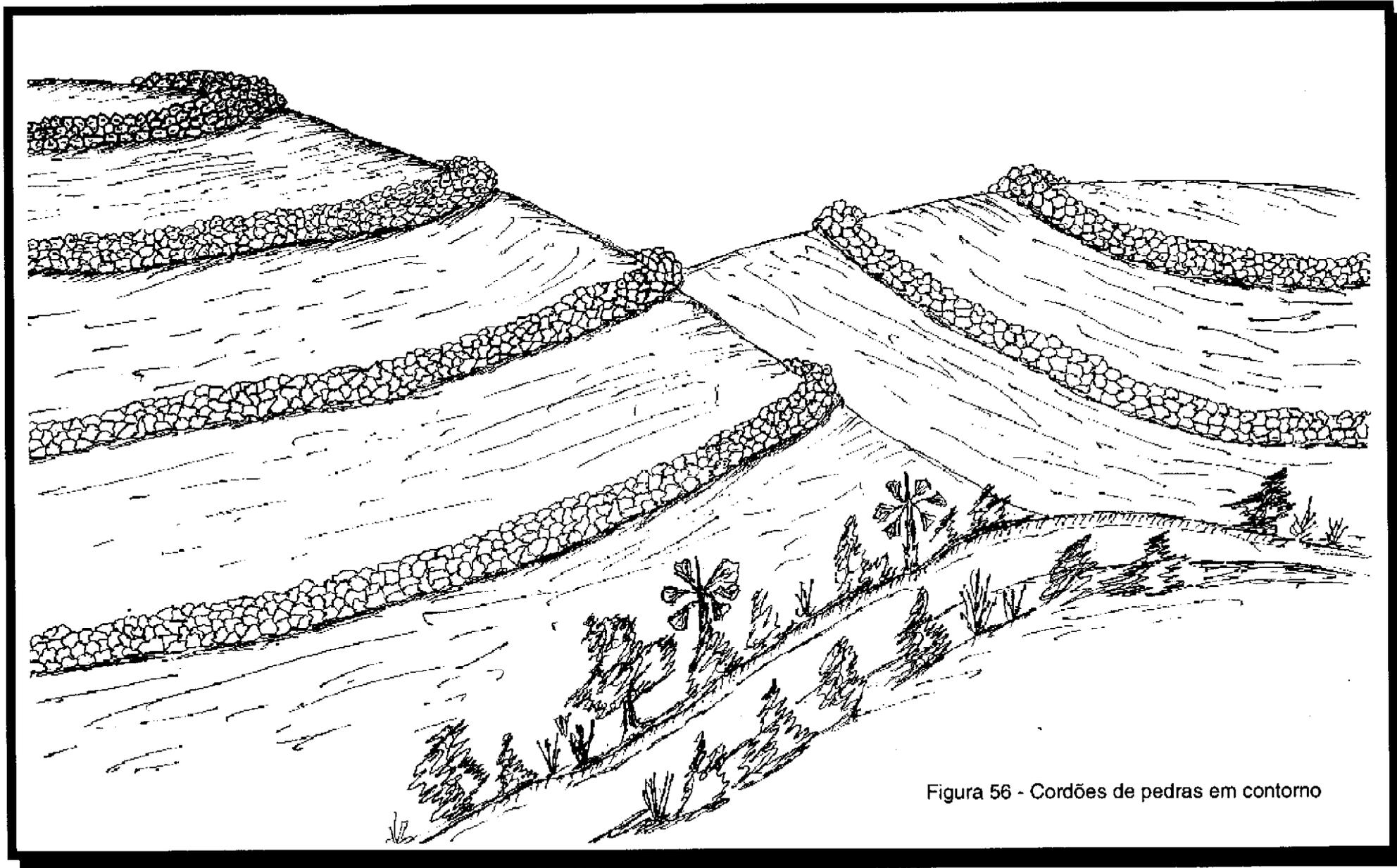


Figura 56 - Cordões de pedras em contorno

6 – DESCOMPACTAÇÃO DO SOLO

6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O processo de compactação do solo envolve aspectos que se relacionam com a física química e propriedade 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.

000162

Quando o solo é sujeito a 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.

6.2 PROBLEMAS PROVINIENTES 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 o peso das máquinas e a alta densidade de animais em regime de pastoreio, dá origem a uma força externa que causa 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 através das 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 as plantas, através 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 tem dificuldade em dilatar o poro. Nestas condições, é comum observar raízes tortas, crescendo horizontalmente, em vez de se desenvolver em profundidade. Esta 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 escoamento da água sobre o terreno, a compactação de certas camadas do solo age desfavoravelmente no crescimento das raízes

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**:

000164

- 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,
- 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 através

- Do baixo índice e emergência das plantas (germinação);
- Da grande variação no tamanho das plantas,
- Das folhas amareladas,
- Do sistema radicular raso;
- 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 se desenvolverem nos solos compactados, principalmente pela má circulação do ar e da água e pela dificuldade física na penetração vertical das raízes

6.4 RECOMENDAÇÃO PARA ATENUAR OS EFEITOS DA COMPACTAÇÃO

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

000165

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.

000166



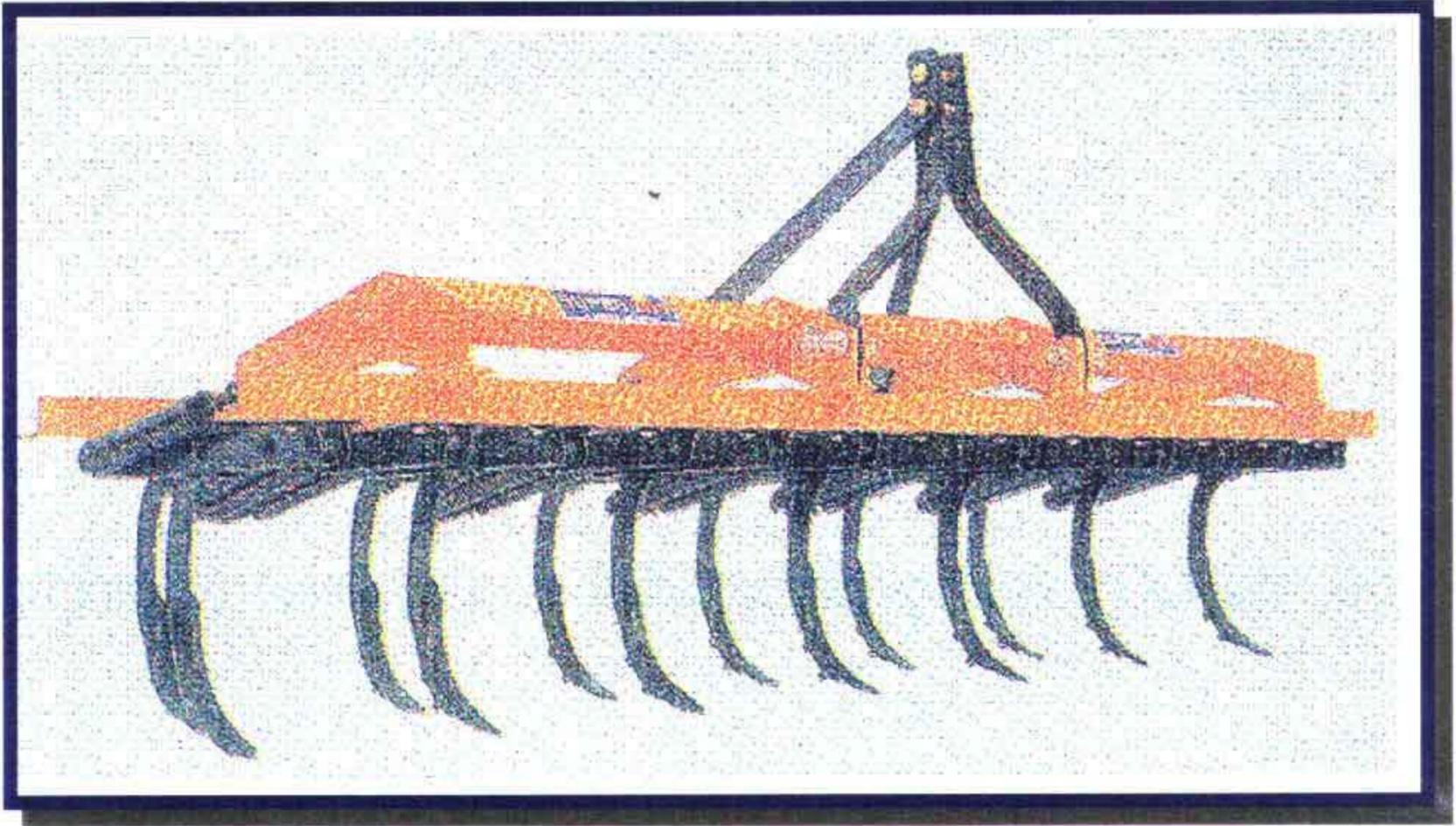


FOTO - Escarificador para descompactação superficial



FOTO – Subsolador para descompactação profunda

000167

7 – COBERTURA MORTA

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.

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.

000168

- 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 a **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 VII)

Tabela VII – 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 Colonião	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
Sapugo 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
Bagaço de Carnaúba	31,00	1,65	0,18	1,89

(*) C/N – Relação Carbono Nitrogênio

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.

000169

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 através do uso da **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 – Cobertura morta (mulch) em lavoura de feijão



FOTO – Cobertura morta em cultivo de hortaliça

A **Cobertura Morta**, afeta a disponibilidade de nutrientes quer pelas modificações físicas do solo, como o balanço de água no solo, quer através da decomposição dos resíduos no solo, onde 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 que quando 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 semi-árido.

8 – CULTIVO EM SULCOS EM NÍVEL – SISTEMA DRY-FARMING

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 visando 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 PIMENTAL 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 semi-áridas, onde quase sempre é grande a porcentagem de “Run off”, só aplicação deste princípio traz resultados muito favoráveis à agricultura. Afirma ainda PIMENTAL GOMES (1945), “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 semi-árida. 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"

8.2 EXPERIÊNCIA EM OUTRAS REGIÕES SEMI-ÁRIDAS

Os pesquisadores americanos BURNETT & FISHER (1951), 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 PEDRO 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)

000173

No Nordeste nas décadas de 1940 a 1950 os pesquisadores PIMENTEL GOMES, BRITO DE FREITAS e GUIMARÃES DUQUE dentre outros defendia e dava os primeiros passos na aplicação dos processos e métodos de “Dry Farming – Lavoura Seca”

8.3 MÉTODOS JÁ ADOTADOS NO NORDESTE

O INFAOL – Instituto Nordestino de Fomento ao Algodão e Oleaginosa, em 1973, com base em experiências anteriores passou a adotar o método Lavoura Seca, onde a maior infiltração da umidade no solo através 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. Esta 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 ser 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 a 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" (*)

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"

T_{C1} – sulcos e camalhões (ICRISAT-INDIA)

T_{C2} – sulcos modificados (CP-MÉXICO)

T_{C3} – 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.

* Recomendações Técnicas do Centro de Pesquisa Agropecuário dos Trópicos Semi-árido – CPATSA/EMBRAPA

Shanan et al. (1979) e 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,
- 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".

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

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)

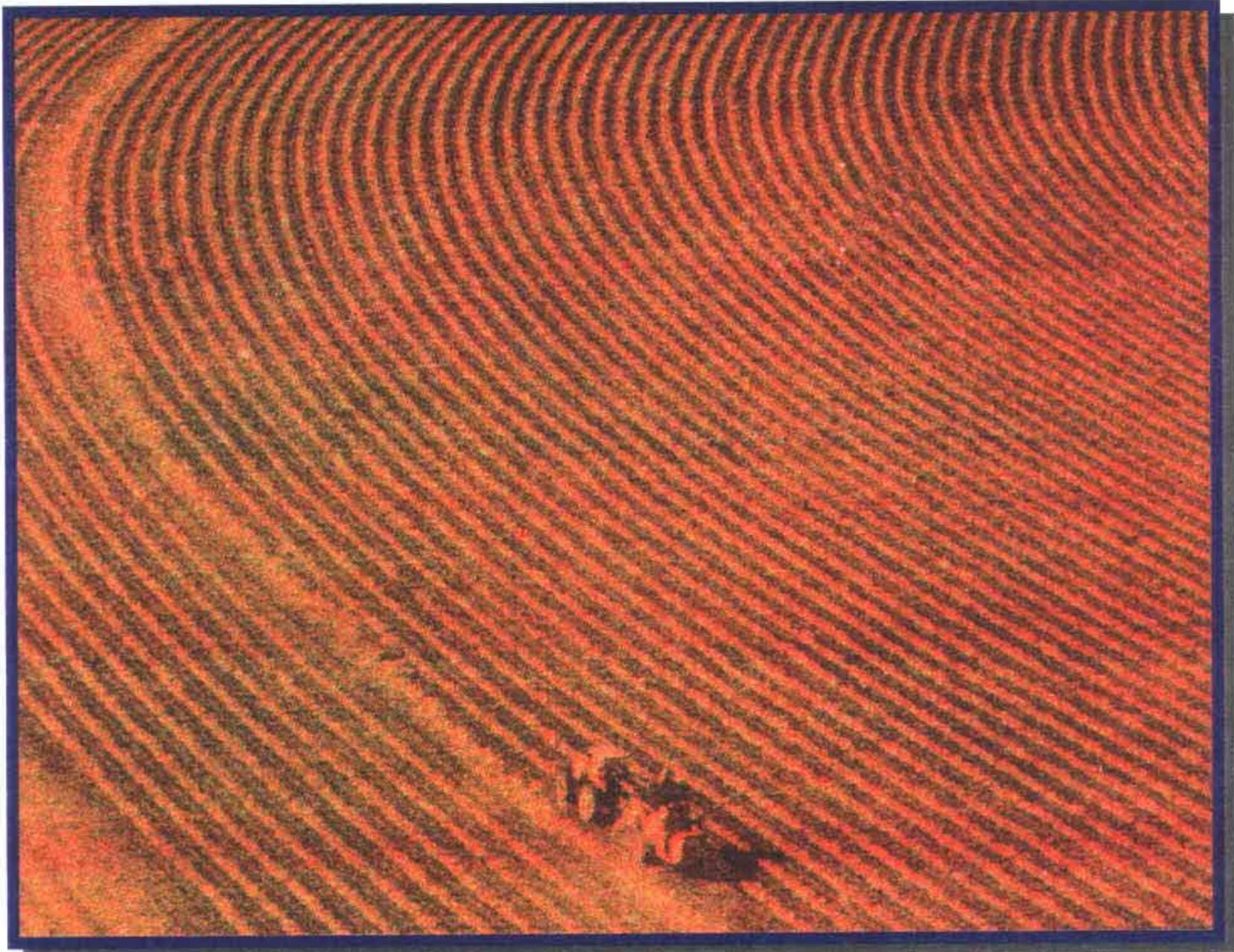
P = Precipitação durante o ciclo da cultura, a 50% de probabilidade (mm)

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

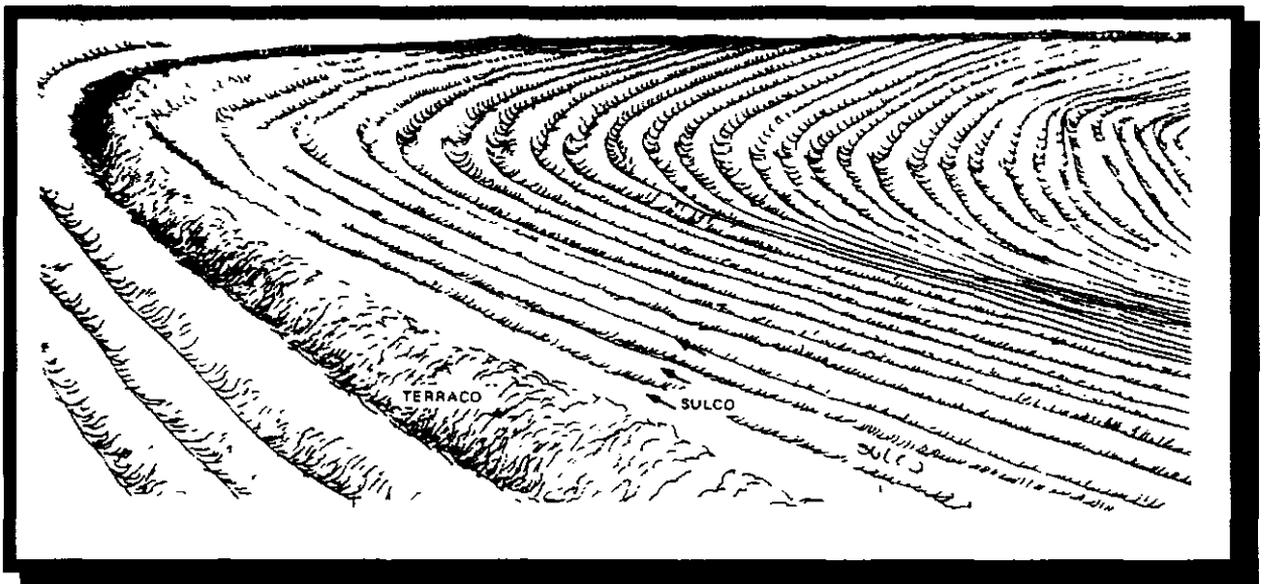
A captação de água "in situ" em muito pode contribuir para a diminuição do número de irrigações de salvação, a ser dado com o sistema SAES, visto haver uma maior disponibilidade de água para as plantas. A Área de plantio (A_p) do sistema SAES é preparada em sulcos e camalhões, através do Multicultor CPATSA. Os camalhões têm superfície plana de 1,20 m de largura, e são limitados, lateralmente, por sulcos 0,20 m de profundidade e 0,30 m de largura, sendo o espaçamento entre sulcos de 1,50 m, cuja finalidade é a aplicação de água aos cultivos alimentares, durante as irrigações de salvação, Aragão (1980). O arranjo dos consórcios, segundo Santos et al (1981), deve ser de forma que as mesmas culturas sejam colocadas nas bordas

do mesmo sulco, conforme Figura 60. 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 0,20 a 0,30 m, 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 plantio deve ser modificada, e/ou a área de plantio aumentada, visto haver uma maior disponibilidade de água para irrigar.

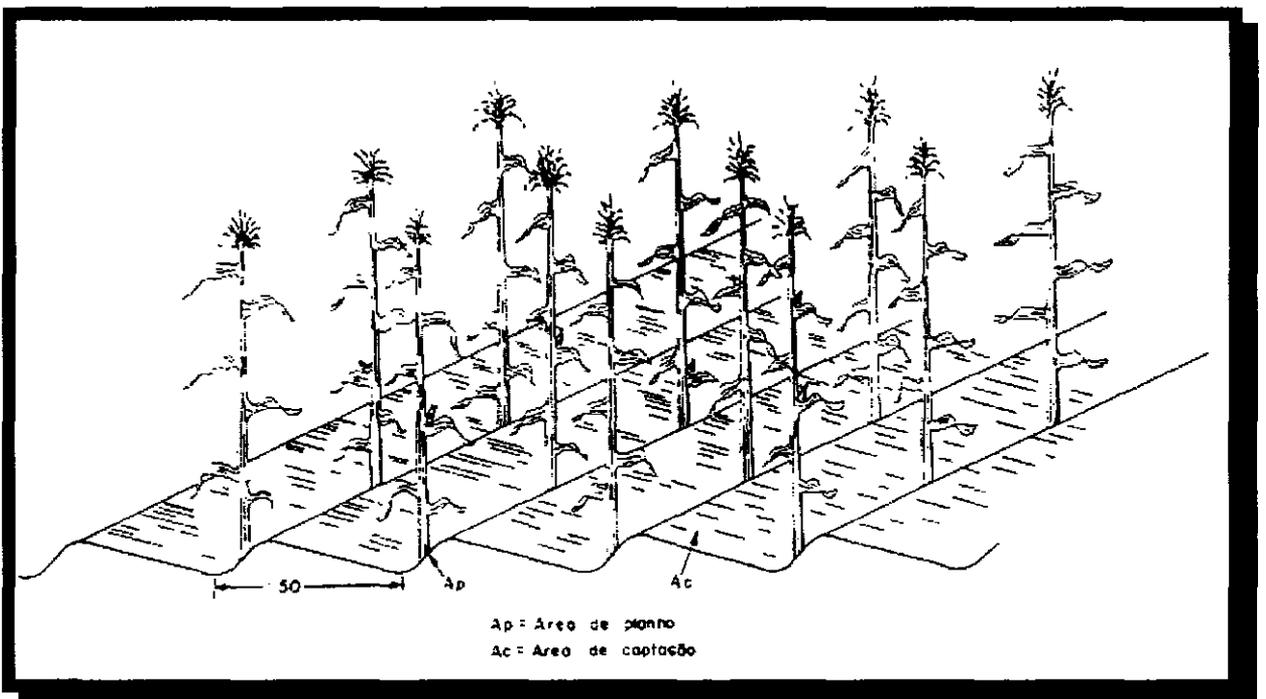
A associação do sistema SAES-CV com a captação "in situ" é extremamente importante para regiões de baixa precipitação.



000178

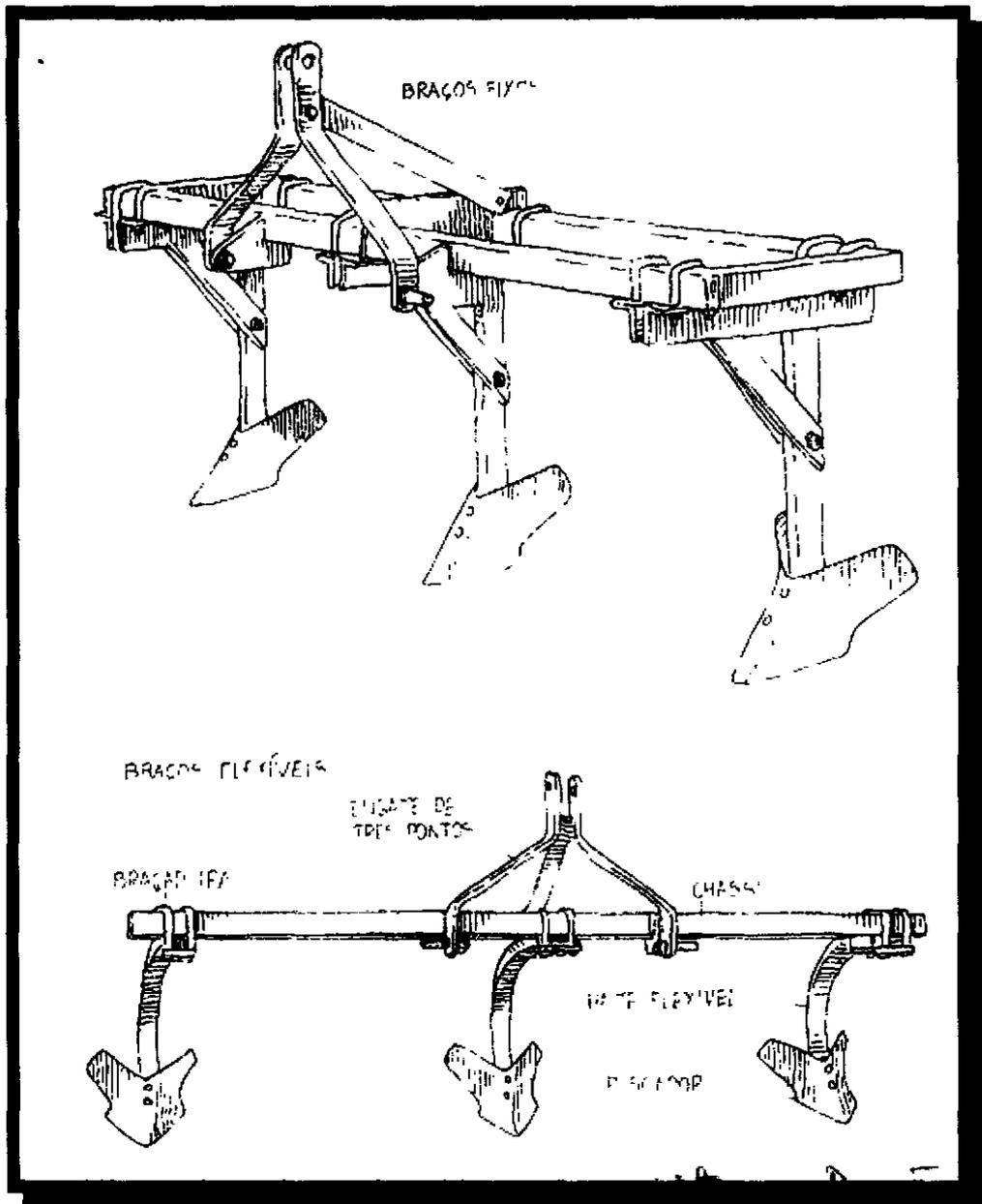


Esquema do preparo do solo para o sistema Dry Farming



Esquema do sistema de captação de água de chuva "in situ"

000173



Equipamento utilizado no sistema Dry Farming

000180

9 – MATÉRIA ORGÂNICA – ESTERCO E COMPOSTO

9.1 ESTERCOS

Os esterco são constituídos por fezes e urina dos animais , em mistura com palhas, restos culturais ou outro material usado como cama

Muitos séculos antes do estabelecimento da ciência agrícola, já os lavradores 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”

9.1.1 Composição Química dos Esterco

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

- a) espécie animal;
- b) idade dos animais,
- c) alimentação,
- d) 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, bastante consistentes e permeáveis ao ar. Fermentam com pronunciado aumento na temperatura e são de difícil conservação pelo que se denominam excrementos quentes

Na Tabela VIII 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 VIII – 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
Calcio	0,14	0,45	0,1	0,1	-	-	-	-

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

TABELA IX – 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

b) **Varição com o regime** Animais que se encontram em regime de engorda, estábulos ou semi-estabulos, 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 idade 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, utilizado 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:

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

- e) **Variação com a alimentação.** Quanto mais abundante e rica for a ração consumida pelos animais, maior será o valor fertilizantes 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 X, são apresentados os dados de um experimento com vacas leiteiras de 550 kg, produzindo 6 litros de leite diários e submetidas a dois (tratamentos) 12 kg de feno e 12 litros de água.

TABELA X – 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 ferro 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

9.1.2 Quantidade de Esterco Animal

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

As quantidades médias para os diversos animais são

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

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 que os animais produzem cerca de 25 vezes o seu peso de excremento, 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

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

$$\text{Bovinos } \left(\frac{MS}{2} + \frac{MS}{4} \right) \times 4$$

$$\text{Eqüinos e ovinos } \left(\frac{MS}{2} + \frac{MS}{4} \right) \times 3$$

$$\text{Suínos } \left(\frac{MS}{2} + \frac{MS}{2} \right) \times 3,7$$

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.

$$\left(\frac{MS}{2} + \frac{MS}{4}\right) \times 4 = \left(\frac{12,5}{2} + \frac{0,932}{4}\right) \times 4 = 25,932$$

kg de esterco, ou seja, 9465 kg por ano

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

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 estercos 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 (NH₃)

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 10 cm, 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 1 m 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:

$$S = \frac{Pt}{Pd \times A}$$

onde S é = área da esterqueira em metros quadrados, Pt = peso total de esterco a ser armazenado, Pd = 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 nº 2, no qual a quantidade de esterco anual equivale a 25 vezes o seu peso, teremos

10 vacas	500 x 10 x 25 = 125.000
1 touro	800 x 1 x 25 = 20 000
20 carneiro	30 x 20 x 25 = <u>15.000</u>

TOTAL **160.000 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

$$S = \frac{Pt}{PdxA} = \frac{160\ 000}{700 \times 2,5} = 91,4 \text{ m}^2 = \text{área da esterqueira}$$

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 (CO₂) e gás amônia (NH₃), 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 anaeróbica 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 (NH₃) 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,
- 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 comprimi-lo 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

000189

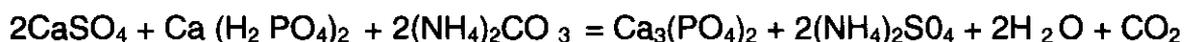
Os líquidos da esterqueira, coletados no poço (nitreira) fermentam facilmente e com rapidez, despreendendo nitrogênio gasoso para a atmosfera. Para reduzir as perdas desse gás, o agricultor poderá prover o poço de uma tampa de madeira, evitando o contato da atmosfera interna com a externa.

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.

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) isto 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 2,50 a 3 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.

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.

	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 ₂ O ₅)	0,37	0,54	0,46
Potássio (K ₂ O)	0,59	0,71	0,77
Cálcio (CaO)	0,40	0,63	0,69
Magnésio (MgO)	0,17	0,15	0,15

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 espaçado 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 $10\ 000 \div 49 = 204$ 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 incorpora-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 aplicadas 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 estercos, porém de preço elevado. A sua composição média é 2 % N, 2 % P_2O_5 - e 1 % K_2O

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 ao solo melhora suas condições físicas, incluindo a capacidade de armazenamento de água, e o suprimento de grandes quantidades de nutrientes para as plantas

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

b) **Excremento fresco.** É bastante empregado como fonte de fornecimento 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

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 através 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.
- 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 se acha 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-se. 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, retira-se o cano rapidamente e segura-se com a mão na

parte aquecida. Se não se suportar 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 estará em condições de ser aplicado ao solo.

9.2.3 Composição do Composto

Em vista da diversidade do material usado na sua preparação, a composição 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.

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 visa assegurar condições para que os rebanhos se utilizem 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 a 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 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 das aguados naturais, bem como a disposição da água, nas cotas mais altas da propriedade que possibilite a sua redistribuição, como importante componente de manejo

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

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

$$N = 7$$

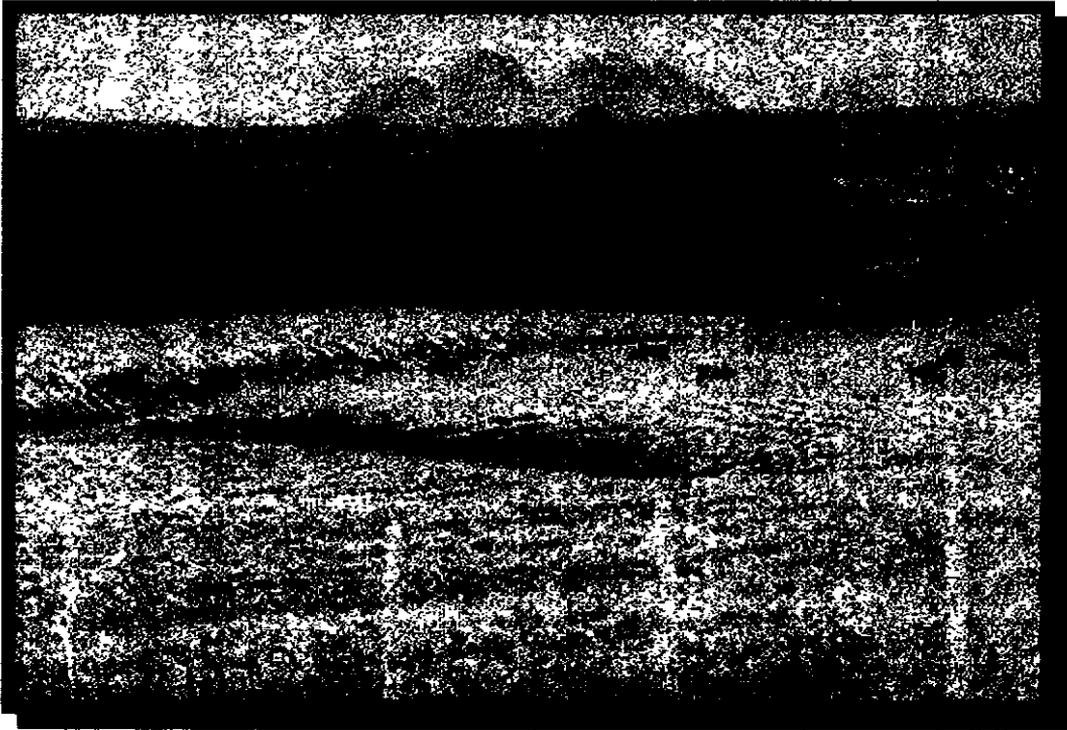
O número total de pastos de propriedade será a somatória dos pastos destinados a cada categoria de rebanho

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

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, dessa forma protegendo 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



FOTOS – Manejo de pastagem em sistema rotativo (voisin)



000199

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.

10.4 DISTRIBUIÇÃO DE SALEIROS E BEBEDOUROS

Essas estruturas são muito importantes 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 caminhar o mais em nível possível. Assim, podem estar cada um numa extremidade, no nível, evitando-se a sua alocação nos cantos dos pastos.

000200

11 – BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- 1 BRAGA, R – Plantas do Nordeste, Especialmente do Ceará Ed. UFC/BNB Fortaleza 1953 525 p
- 2 COSTA DUARTE, W – Manual de Barragens Subterrâneas, Ed Universidade Federal de Pernambuco, Recife 1998 50p
- 3 DUQUE, G. J – Solo e Água no Polígono das Secas 4ª Ed UFC/BNB Fortaleza 1973 221p
- 4 EMBRAPA – Utilização e Conservação de Recursos Hídricos em Áreas Rurais dos Tópicos Semi-Árido do Brasil Ed CPATSA/EMPRABA, 1982. 127p
- 5 ——— Práticas de Conservação do Solo – Mircelandia n ° 3 Ed SNLCS, 1981 165p.
- 6 GUERRA P B – A civilização da Seca, O Nordeste é uma História mal contada. Ed DNOCS Fortaleza 1981 324p
- 7 INFAOL – A Lavoura Seca e sua Importância para o Desenvolvimento Agrícola de Regiões Semi-Árido Ed Infaol Recife 1973. 20p
- 8 JORGE, J A Física e Manejo dos Solos Trópicais Ed I.C.E.A, São Paulo. 1986 327p.
- 9 KIEHL, E J – Fertilização Orgânicas – Ed CERES, São Paulo. 1983. 489p
- 10 MAGALHÃES P S – Manejo do Solo e Seus Efeitos na Compactação IN IV Ciclo de estudos sobre Mecanização Agrícola Ed. Fundação CARGILL, Piracicaba SP 1990 265P
- 11 MELA MELA, P – Manual de Edafologia Ed Salvat Barcelona, 1966. 480p
- 12 MELLA, S C – Manejo Físico de Pastagem In Manual Técnico de Conservação de Solo Ed. IAPAR – Londrina 1994 305p

000201

193



- 13 OLIVEIRA de JB & MENEZES F – Programa de Obras Hidroambientais Permanente – POHP Ed SRH. Fortaleza 1997 12p
- 14 OLIVEIRA de J. B – Plano de Ação para Implementação do PRODHAM/PROGERIRH Ed. SRH Fortaleza, junho/1999 55p
- 15 OLIVEIRA de J.B – Informações sobre conservação do Solo Ed Ematerce Fortaleza 1977 70p
- 16 PADILHA, A J – Tecnologia Base Zero – TBZs Tomo III Ed Sistema Técnico Racionais LTDA, Recife 1997. 51p
- 17 PIMENTEL G – A Lavoura Seca, Ed Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro Julho/Setembro 1951 340p.
- 18 PARCHEN C A et al Adequação de Estradas - Paraná Rural Ed IAPAR Londrina, 1994 301p
- 19 SILVA JR & PAIVA L – Eficiência de Cordões de Pedra em Contorno. Ed Revis Bras. de Ciência do Solo Viçosa 1997 15p
- 20 VERLENCIA. F & COELHO S F Fertilidade do Solo Ed ICEA S. Paulo 1978. 373p

000202

194