

ISSN 0100-6169

janeiro, 1981

Circular Técnica

NÚMERO 3

**SELEÇÃO DE ÁREAS E CONSTRUÇÃO DE BARREIROS
PARA USO DE IRRIGAÇÕES DE SALVAÇÃO
NO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO**



EMBRAPA
CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO

**SELEÇÃO DE ÁREAS E CONSTRUÇÃO DE BARREIROS
PARA USO DE IRRIGAÇÕES DE SALVAÇÃO
NO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO**

Aderaldo de Souza Silva, Eng^o Agr^o, M.Sc.
Everaldo Rocha Porto, Eng^o Agr^o, M.Sc. e
Paulo César Farias Gomes, Eng^o Agr^o, M. Sc.

ISSN 0100-6169

Comitê de Publicações
Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido (CPATSA)
Rua Presidente Dutra, 160
Fone: (081) 961-0122*
Telex: (081) 1878
Caixa Postal, 23
56.300 Petrolina, PE

Silva, Aderaldo de Souza.

Seleção de áreas de construção de barreiros para uso de irrigações de salvação no Trópico Semi-Árido por Aderaldo de Souza Silva; Everaldo Rocha Porto e Paulo César Farias Gomes. Petrolina, PE., EMBRAPA-CPATSA, 1981.

43p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 3).

1. Irrigação-Regiões áridas. 2. Irrigação (Salva-ção)-Barreiros. I. Porto, Everaldo Rocha, colab. II. Gomes, Paulo César Farias, colab. III. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. IV. Título. V. Série.

CDD: 631.7

© EMBRAPA

APRESENTAÇÃO

No Nordeste Semi-Árido do Brasil, praticamente, somente dois em cada dez anos são considerados normais para a atividade agrícola. O fenômeno que caracteriza essa instabilidade climática é menos a escassez das chuvas e mais a extrema irregularidade de sua distribuição no tempo, transformando a agricultura nordestina numa atividade de alto risco.

O Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), fundamentado nas limitações e potencialidades da região, vem desenvolvendo tecnologias que permitam conferir, às pequenas e médias propriedades rurais, uma infra-estrutura de resistência aos efeitos da seca.

Entre as tecnologias que já estão apresentando resultados promissores, um "Barreiro" construído de forma não convencional e que dispensa a existência de córregos ou riachos para seu abastecimento, permite captar a água proveniente do escoamento superficial em qualquer época que as chuvas ocorram. Uma vez armazenada, a água pode ser aplicada, através de "irrigações de salvação", de forma complementar, evitando a frustação das safras agrícolas em pequenas áreas.

A Circular Técnica "SELEÇÃO DE ÁREAS E CONSTRUÇÃO DE BARREIROS PARA USO DE IRRIGAÇÕES DE SALVAÇÃO NO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO" representa parte do esforço do CPATSA em oferecer à Extensão Rural os subsídios indispensáveis para a implementação desta alternativa que permite conviver com a irregularidade de distribuição das chuvas.

Pelo profundo alcance social que representa a estabilização da produção de alimentos em pequenas áreas agrícolas, o CPATSA sente-se gratificado em poder oferecer, aos Governos Federal e Estaduais, para contemplação em seus programas de desenvolvimento rural, essa tecnologia de tolerância aos efeitos da seca, com reflexos mais efetivos e menos emergenciais.

RENIVAL ALVES DE SOUZA

Chefe do Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
CARACTERÍSTICAS DO "SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PROVENIENTE DO ESCOAMENTO SUPERFI CIAL" (SAES)	4
Elementos básicos	4
Área de captação (Ac)	4
Tanque de armazenamento (Ta) Barreiro	4
Área de plantio (Ap)	4
Solo	6
Clima	6
Topografia	6
SELEÇÃO DA ÁREA AGRÍCOLA PARA IMPLANTAÇÃO DO SAES .	7
Reconhecimento da área como um todo	7
Declividade	7
Tipo de solo	7
Reconhecimento detalhado de cada elemento básico do sistema	7
Seleção da Área de captação (Ac)	8
Seleção da Área do Tanque de armazenamento (Ta) Barreiro	11
Seleção da Área de plantio (Ap)	11
ESTUDOS BÁSICOS	13
Estudos topográficos	13
Levantamento plano-altimétrico	15
Dimensionamento do SAES	15
Área de plantio (Ap)	15
Área de captação (Ac)	15
Área do Tanque de armazenamento (Ta) Barreiro ..	17

IMPLANTAÇÃO DO SAES A NÍVEL DE PROPRIEDADE	17
Área de captação (Ac)	19
Método da corda	20
Tanque de armazenamento (Ta) Barreiro	22
Instalação do tubo condutor de água	24
Construção	26
Sangradouro	30
Área de plantio (Ap)	30
Locação do canal	30
CUSTOS ALTERNATIVOS DE IMPLANTAÇÃO DO SAES	32
AGRADECIMENTOS	38
LITERATURA CITADA	39

SELEÇÃO DE ÁREAS E CONSTRUÇÃO DE BARREIROS PARA USO DE IRRIGAÇÕES DE SALVAÇÃO NO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO¹

Aderaldo de Souza Silva
Everaldo Rocha Porto
Paulo César Farias Gomes²

INTRODUÇÃO

A instabilidade climática, representada mais pela irregularidade de distribuição das chuvas do que por sua escassez, tem se constituído no principal obstáculo à estabilização da produção de alimentos no Nordeste Semi-Árido do Brasil. Soma-se a isto o problema dos solos apresentarem baixa capacidade de retenção de umidade, dificultando ainda mais a exploração agrícola nas áreas dependentes de chuva.

Estudos climatológicos atestam que, o Nordeste registra razoável precipitação pluviométrica anual, em torno de 700 bilhões de m³. Contudo, este potencial hídrico está sendo subaproveitado e, por esta razão, não tem contribuído mais amplamente para a garantia da produção agrícola, nas áreas dependentes de chuvas. A sua maior parte (cerca de 642 bilhões e 600 milhões de m³, ou 91,8% do total) é consumida pelo fenômeno da evapotranspiração, enquanto aproximadamente 36 bilhões de m³ (5,1% da precipitação anual) perdem-se por escoamento superficial para os rios e deste para o mar (Rebouças & Marinho 1972).

Estes dados sugerem a necessidade de implementar-se alternativas estratégicas que possibilitem maximizar a utilização dos recursos pluviais disponíveis no Nordeste, aproveitando-os de forma racional e incorporando-os ao processo produtivo das áreas de sequeiro, a exemplo do que já ocorre em outras zonas áridas do mundo.

¹ Contribuição do CPATSA-EMBRAPA.

² Pesquisador em Manejo de Solo e Água, CPATSA-EMBRAPA.

Uma das alternativas possíveis, compatível com as características e necessidades da maioria das áreas do Trópico Semi-Árido brasileiro, é o aproveitamento da água de chuva proveniente do escoamento superficial, técnica que data de 4.000 anos e ainda hoje usada largamente pelos agricultores do deserto de Negev, em Israel. Essa tecnologia permitiu o desenvolvimento de toda uma civilização em uma região cuja pluviosidade anual é de 100 mm (Evenari, Shanan & Tadmor 1971).

Embora as técnicas existentes de captação e manejo de escoamento superficial remontem à Antiguidade, somente nos últimos dez anos têm recebido, através de pesquisadores das regiões desérticas e áridas do mundo, o impulso técnico e a difusão que merecem (Evenari 1971, Shanan & Tadmor 1979).

Várias modificações nas superfícies dos solos agrícolas têm sido estudadas (Zing & Hauser 1959) objetivando aumentar a eficiência de uso das precipitações disponíveis nas regiões áridas (Evenari et al. 1963, Myers 1967, e Sharma & Kampen 1977). Essas tecnologias visam, principalmente, o armazenamento da água de chuva em reservatórios individuais e/ou através do armazenamento direto no perfil do solo (Bertoni 1973, Anaya 1977), para ser usada oportunamente nos cultivos.

Kenyon (1929), citado por Myers (1967), idealizou um sistema de captação de água de chuva, cujo armazenamento era destinado ao consumo humano e animal da fazenda. A área de captação correspondia a 0,24 ha e foi construída com ferro galvanizado, sendo suficiente para encher um tanque de 341 m³. O mesmo autor analisou dados pluviométricos de 1878 a 1928, numa região de precipitação média anual de 305 mm e demonstrou que, mesmo nos anos de seca intensiva, o sistema de captação fornecia água suficiente para seis pessoas, dez cavalos, duas vacas e 150 carneiros, durante todo o ano.

Outro método (syrup pan), baseado na técnica de aproveitamento do escoamento superficial, é citado por Dickson, Langley e Fischer (1940), sendo seus resultados obtidos durante 14 anos de trabalho. A precipitação média anual da região durante 29 anos (1911/1939) foi de

528 mm, com flutuações de 282 mm em 1924 e 937 mm em 1926. A análise dos estudos de erosão, de 1926 a 1939, em uma área de 2% de declividade e cultivada com algodão, identificou perdas de solo da ordem de 216,2 t/ha, sendo que 52% do total dessas perdas ocorreram em seis períodos de chuva. Através da aplicação de água, proveniente do escoamento superficial, de uma pequena bacia hidrográfica de 500 ha, obteve-se um incremento de produção, com cereais, de duas a três vezes, numa área de 50 ha irrigados.

Tradicionalmente, os barreiros têm sido usados para o armazenamento de água proveniente do escoamento superficial há muitos séculos, em diversas partes do mundo (ICRISAT 1973/74 e Kampen et al. 1980). Estes, porém, geralmente são rasos, cobrindo uma grande área de terra, e apresentam elevadas perdas por evaporação.

O uso adequado de barreiros, com fins de irrigação, é recente (ICRISAT 73/74, Aragão 1977 e 1980). Esta técnica, em grande parte desenvolvida pelo ICRISAT (1980), visa utilizar a água armazenada na jusante destes reservatórios (Liu 1978), cuja área explorada com culturas corresponde, aproximadamente, ao tamanho da Área de captação de água de chuva (Silva & Porto 1980).

Diante da necessidade de estabelecer-se, no Nordeste brasileiro, uma infra-estrutura efetiva de tolerância à instabilidade climática, o Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) também desenvolveu e vem sugerindo um sistema de aproveitamento do excesso da água de chuva que escoam na superfície do solo (Silva & Porto 1980).

Nesta região, existe uma grande quantidade de barreiros convencionais que não se prestam à irrigação, observando-se, em sua volta, perdas totais dos cultivos em anos de chuvas irregulares. Implantado de forma diferente, o Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva proveniente do Escoamento Superficial (SAES), proposto pelo CPATSA, possibilita a captação e o armazenamento das águas que escoam com muita rapidez na superfície do solo, para uso durante os períodos intermitentes de estiagem, através de "irrigações de salvação".

O objetivo básico do SAES é fazer com que, mesmo nos anos críticos, o produtor tenha condições de assegurar, pelo menos, a estabilização de culturas alimentares suficientes para o suprimento da sua família. Todavia, em anos de chuvas regulares, o sistema pode permitir a obtenção de um segundo cultivo.

A seleção criteriosa das áreas e a construção adequada do barreiro são os pré-requisitos básicos para a implantação do sistema. Por isso, o presente trabalho enfocou detalhadamente dois passos fundamentais, descrevendo minuciosamente cada um dos elementos do sistema e a forma correta de instalá-los, o que vem acompanhado de modelos esquemáticos e de recomendações específicas.

CARACTERÍSTICAS DO "SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PROVENIENTE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL - SAES"

Elementos básicos

O SAES é constituído de três elementos básicos: Área de captação (Ac), Tanque de armazenamento (Ta) e Área de plantio (Ap), como se observa na Figura 1, correspondendo a uma área aproximada de 5 ha.

Área de captação. É a área destinada a captar a água de chuva, com declividade variável, limitada por um Dique (D) de terra natural ou artificial, que funciona como divisor de água. Essa área forma uma micro-bacia hidrográfica, cuja área média é de 3 ha.

Tanque de armazenamento (Ta) (Barreiro). É a área destinada a armazenar a água captada na Ac. A capacidade média do barreiro é de 3.000 m³, abrangendo uma área de 0,2 a 0,4 ha, localizada abaixo da Ac.

Área de plantio. É a área reservada ao cultivo das lavouras, preferencialmente, alimentares. Deve ser preparada no sistema de sulcos e camalhões, que possibilita a aplicação das irrigações de salvação e a exploração de

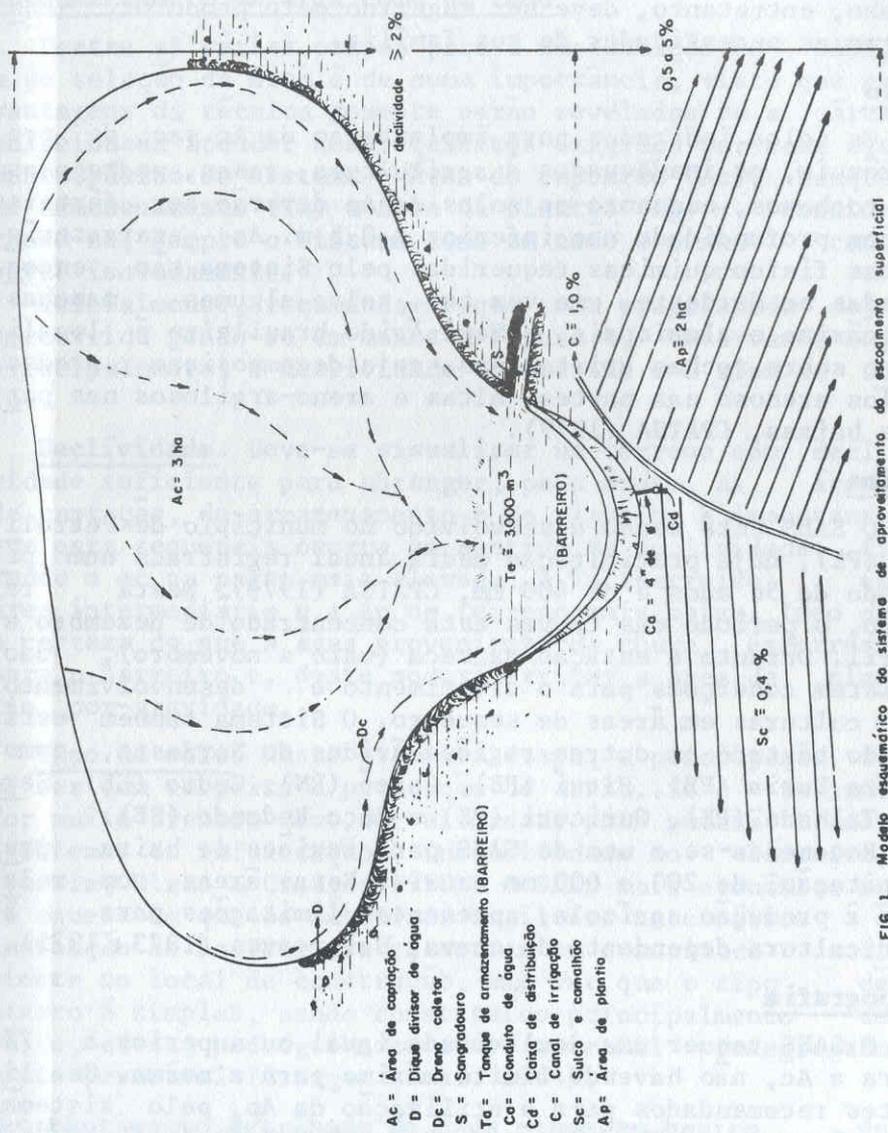


FIG. 1. Modelo esquemático do sistema de aproveitamento do escoamento superficial em "Barreiros" para uso em irrigação de salvação por gravidade.

cultivos consorciados, como também facilita as práticas agrícolas de manejo a tração animal. A Ap é locada à jusante do Ta e ocupa uma área aproximada de 2 ha (o seu tamanho, entretanto, deve ser sugerido pelo produtor, conforme as necessidades de sua família.

Solo

Os solos indicados para implantação da Ac são, de preferência, os inadequados à agricultura, rasos, pedregosos ou rochosos, enquanto os solos da Ap deverão ser férteis e com profundidade não inferior a 0,5 m. As características físico-químicas requeridas pelo Sistema são encontradas no Nordeste, uma vez que, salvo algumas manchas calcárias e aluvionais, o Semi-Árido brasileiro é localizado sobre rochas cristalinas, cuja decomposição produz solos arenoso nas partes altas e areno-argilosos nas partes baixas, CPATSA (1979).

Clima

O SAES está sendo desenvolvido no município de Petrolina (PE), cuja precipitação média anual registrada num período de 56 anos é de 400 mm, CPATSA (1979). Nesta região, o período das chuvas está concentrado de dezembro a abril. Durante a estação da seca (maio a novembro), não existem condições para o crescimento e desenvolvimento das culturas em áreas de sequeiro. O Sistema também está sendo testado em outras regiões áridas do Nordeste, como Santa Luzia (PB), Picuí (PB), Caicó (RN), Cedro (CE), Serra Talhada (PE), Ouricuri (PE) e Poço Redondo (SE).

Recomenda-se o uso do SAES para regiões de baixa precipitação, de 200 a 600 mm anuais. Estas áreas, com relação à produção agrícola, apresentam limitações para a agricultura dependente de chuva, Hargreaves (1973 e 1975).

Topografia

O SAES requer uma declividade igual ou superior a 2% para a Ac, não havendo limite máximo para a mesma. Os limites recomendados para a utilização da Ap, pelo sistema de sulcos e camalhões, são de 0,4 a 0,8 % de declividade, mesmos que o terreno tenha declividade entre 0,5 a 5 %.

SELEÇÃO DA ÁREA AGRÍCOLA PARA IMPLANTAÇÃO DO SAES

Reconhecimento da área como um todo

Dentre as várias etapas para a implantação do SAES, a de seleção da área é de suma importância, visto que as vantagens da técnica somente serão reveladas se a área selecionada atender aos requisitos exigidos por cada elemento básico do sistema - Área de captação (Ac), Tanque de armazenamento (Ta) e Área de plantio (Ap) - considerando-se, sempre o sistema como um todo e nunca cada parte isoladamente.

Inicialmente, recomenda-se que toda propriedade seja percorrida tendo-se em mente a Figura 1, observando-se, principalmente, a declividade do terreno e o tipo de solo.

Declividade. Deve-se visualizar um terreno com declividade suficiente para abranger, pela ordem, as áreas de captação, de armazenamento e de plantio. É importante que esta seqüência ocorra no sentido da declividade, ficando a Ac na parte mais elevada, o Ta (Barreiro) na área intermediária e a Ap no terreno mais baixo. Isso dá a certeza de que a água proveniente da chuva escorrerá para o barreiro e, deste poderá irrigar a área de plantio, por gravidade.

Tipo de solo. Nesta primeira etapa, a preocupação deve ser com respeito à proporção de areia. Se o terreno for muito arenoso deve ser eliminado pois poderá trazer problemas de infiltração e instabilidade ao barreiro, (Justin, Hinds & Creager 1950). O SAES mais econômico será aquele em que os materiais argilosos necessários à confecção do barreiro se encontrem em quantidade suficiente no local de construção, uma vez que o tipo de aterro é simples, sendo constituído principalmente de barro, areia, pedregulho ou outro material desagregado menos permeável (Creager et al. 1944).

Reconhecimento detalhado de cada elemento básico do sistema

Após a seleção preliminar da área da propriedade, deve-se fazer um reconhecimento mais profundo, verificando

cando-se, a nível detalhado, o terreno destinado à im
plantação de cada elemento básico do sistema.

Para se realizar uma escolha mais criteriosa dessas
áreas, recomenda-se os seguintes passos:

Seleção da Área de captação (Ac). A área de captação
deve ser percorrida integralmente, acompanhando-se as li
nhas naturais de drenagem (córregos), a fim de se obser
var o ponto de convergência das mesmas. Ainda visualmen
te, delimita-se a bacia hidrográfica desta área, ou se
ja, estima-se a área existente entre os divisores natu
rais de água, uma vez que esta deverá ter, aproximadamen
te, 3 ha.

Quanto à topografia, é extremamente importante a ob
servação do micro-relevo. A existência de pequenas de
pressões, nesta área, propicia uma grande redução na
quantidade de água a escoar, devido ao seu empoçamento.
Por outro lado, a declividade não deve ser inferior a
2%, isto porque, até o momento não se tem experiência
com área de captação com declividade inferior a este li
mite.

Recomenda-se que a área de captação seja constituída
de solos imprestáveis à agricultura, com afloramento ro
choso, porque isto reduz a preocupação com problemas de
erosão e possibilita um maior volume de escoamento super
ficial. Caso existam seixos rolados em grande quantidade
a área deverá ser eliminada, pois eles contribuem para
redução da velocidade do fluxo de água na superfície do
solo. Entretanto, quando estiverem numa camada superfi
cial de apenas 20 cm, os seixos poderão ser amontoados
durante a instalação do SAES, sem prejuízo para a sele
ção da Ac.

Finalmente, percorre-se a Ac, seguindo-se as linhas
naturais de drenagem, com o objetivo de identificar-se o
ponto de convergência das mesmas. A Figura 2 apresenta
um modelo esquemático das linhas de drenagem (córregos),
divisor de água, ponto de convergência, locais das aber
turas das trincheiras e área do barreiro.

A Tabela 1 apresenta os coeficientes de escoamento su
perficiais de acordo com as características da Ac, adap
tados do Serviço de Conservação de Solos dos Estados Uni

TABELA 1. Valores do Coeficiente de escoamento superficial (C) de acordo com as características do terreno da Área de captação (Ac), estimados para o Trópico Semi-Árido (TSA).

Fatores	Características do terreno que afetam C	C
Relevo	Plano; com declividade média de 0 a 5%.	0,10
	Ondulado; com declividade média de 5 a 30%.....	0,25
Infiltração do solo	Elevada; textura do solo franco-arenosa, solos permeáveis	0,05
	Normal; textura do solo média	0,10
	Lenta; textura do solo argilosa, solos com capacidade de infiltração baixa ...	0,15
	Solos com capacidade de infiltração desprezível.	0,20
Cobertura Vegetal	Excelente; aproximadamente 90% da área coberta com pastagens e arbustos ou outra cobertura semelhante	0,05
	Boa; com 50% da área coberta de pastagens ou culturas alimentares no limpo	0,10
	Regular; vegetação nativa escassa, raleada, com apenas 10% da Ac sob boa cobertura natural ou artificial	0,15
	Baixa; solo desnudo, cobertura nativa bem escassa ou rala	0,20

dos, citados por Harris & Verwey (1975), obtidos experimentalmente no CPATSA-EMBRAPA e complementados pelos citados no Manual de Conservação do solo e água do México (Anaya et al. 1977). O Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA da U.F.Pb.), a Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), a Empresa Agropecuária do Estado da Bahia (EPABA) e a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) vêm desenvolvendo estudos nesse sentido.

Face a dificuldade de se analisar cada fator, isoladamente, e optar por um coeficiente que represente melhor a síntese de suas variações, pode-se usar uma das duas alternativas seguintes:

Características do terreno que afetam C

Solos planos de textura franco-arenosa, com declividade média de 0 a 5%, cobertos de pastagens com drenos coletores artificiais distribuídos na Área de captação (Ac) -----	C 0,15
---	-----------

Solos planos de texturas franco-arenosa, com declividade de 0 a 5%, explorados com culturas alimentares em sulcos e camalhões e com drenos coletores artificiais na Área de captação (Ac) -----	C 0,20
---	-----------

O coeficiente C encontrado na Tabela 1 representa a relação entre a intensidade do escoamento e a intensidade da precipitação, cujo valor varia entre (0 e 1). O coeficiente é a porcentagem do volume de água precipitada que escoa superficialmente para o Barreiro.

Observa-se que o coeficiente C depende de vários fatores, tais como: topografia, cobertura vegetal, comprimento da Ac, textura, porosidade, profundidade do solo, matéria orgânica, grau de compactação do terreno, conteúdo de umidade do solo, intensidade, duração e frequência com que se apresentam as chuvas, Chow (1964). Toda via, para efeitos práticos, poderão ser utilizados os coeficientes apresentados na Tabela 1, apenas com ressalva: verificar a existência de coeficientes já de

terminados para as áreas de trabalho.

Seleção da Área do Tanque de armazenamento (Ta) - Barreiro. Tendo-se ideia do ponto de convergência das linhas de drenagem, como sugerido no item anterior, fica, então, automaticamente selecionada a área do barreiro, o qual deverá ser de 0,2 a 0,4 ha. Este ponto, na maioria das vezes, corresponde ao ponto médio do comprimento e largura da parede do barreiro.

No ponto de convergência, deverá ser feita uma sondagem abrindo-se uma trincheira até a camada impermeável. Outras duas trincheiras também deverão ser abertas, sendo uma para cada lado, a uma distância de 20 m da primeira, Figura 2.

Em substituição à trincheira, poderá ser feita uma sondagem com uma barramina. Esta, porém, apresenta o inconveniente de não proporcionar uma idéia do material que constitui o solo.

É imprescindível que a sondagem seja feita, posto que esta dará uma idéia precisa sobre a profundidade máxima do barreiro como também sobre o tipo de material que será utilizado na construção da parede. Após a abertura das trincheiras, se for identificado que a máquina não poderá escavar até 1 m de profundidade, essa área deverá ser eliminada.

Não se recomenda uma área para a construção do barreiro em que haja afloramento de rocha, solo salinizado ou materiais que permitam infiltrações excessivas; areias, argilas xistosas e formações semelhantes, geralmente muito porosas. O melhor leito para um barreiro é uma camada natural de terra de textura fina.

Seleção da Área de plantio (Ap). Esta deverá ser selecionada o mais próximo possível do barreiro, para que os custos com a distribuição de água sejam reduzidos.

A Área de plantio, com cerca de 2 ha, deve ser uniforme para possibilitar a confecção de sulcos e camalhões. Áreas com micro-relevo acentuado devem ser evitadas. De preferência, a declividade deverá estar entre 0,5 a 5% e os solos devem apresentar as seguintes propriedades:

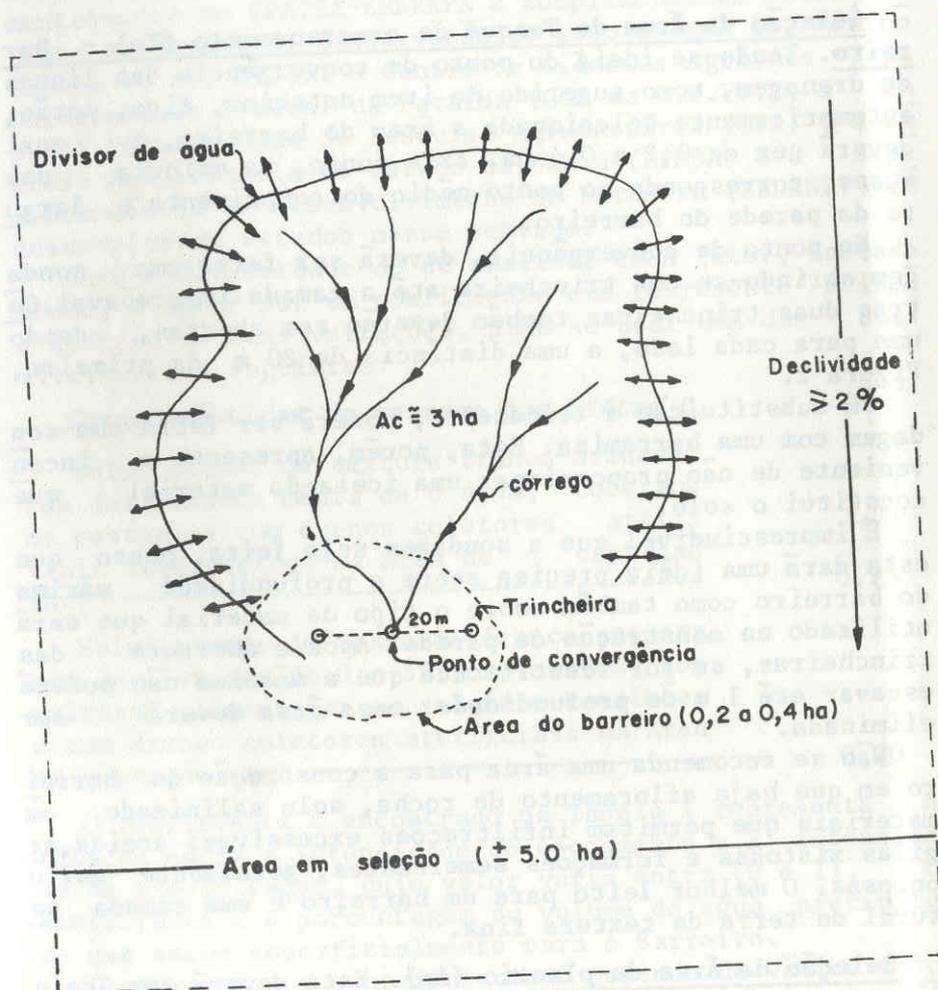


FIG. 2. Modelo esquemático da área de captação com seus drenos naturais, divisor de água, ponto de convergência e área do barreiro.

1) Textura: variando entre barro arenoso e barro argiloso, que possibilitem uma maior capacidade de retenção d'água no solo, para aproveitamento pelas plantas (disponibilidade de água);

2) Estrutura: em blocos, para oferecer uma maior penetração d'água no terreno (infiltração);

3) Profundidade: de no mínimo 0,5 m, para servir como reservatório d'água para as culturas. Uma profundidade do solo inferior a 0,5 m elimina a área em seleção.

Na Tabela 2 se pode observar uma análise químico-física da área onde se está desenvolvendo o SAES, em Petrolina (PE). Desta Tabela, que tem efeito ilustrativo, utilizam-se os limites relativos à proporção de areia, que não deverão ser superiores aos nela encontrados.

A textura poderá ser identificada pela aparência ou sensação do solo ao tato. O barro arenoso, quando umedecido, forma bolas ligeiramente plásticas que se deformam quando submetidas à pressão. Já o barro argiloso, após umedecido, é flexível, forma bolas pouco plásticas e pouco pegajosas e dá uma sensação de "finura" ao tato.

As áreas com afloramento rochosos, com problemas de sais já evidenciados e/ou sujeitos a inundações, devem ser eliminadas. É indispensável entrevistar o proprietário ou pessoa que conheça bem a propriedade para obter informações sobre a possibilidade de inundação durante o período das chuvas, entre outras informações.

ESTUDOS BÁSICOS

Estudos topográficos

Após a definição da área da propriedade agrícola a ser utilizada com o sistema, o procedimento seguinte será um levantamento topográfico plano-altimétrico simples (a experiência do técnico poderá eliminar este segmento, em casos de extrema necessidade). É indispensável que algumas verificações sejam feitas, tais como: declividade dos elementos do sistema (Ac, Ta e Ap) e a diferença de nível entre a altura máxima do fundo do sangradouro e altura mínima da crista da parede do barreiro, a qual deverá ser de 0,50 m (bordo livre).

Levantamento plano-altimétrico

No ponto de convergência dos drenos naturais ou artificiais, o instrumento deverá ser instalado, sendo locada uma linha básica de nivelamento, com piquetes espaçados de 20,0 m. Esta linha básica de referência constitui a espinha dorsal de todo o sistema, dividindo ao meio a Área de captação, o Tanque de armazenamento (barreiro) e a Área de plantio, como se observa na Figura 3.

Traçada a linha básica, faz-se o nivelamento da mesma, permitindo que se tenha um perfil da área do sistema. Em seguida, deverá ser feito um nivelamento das linhas perpendiculares à linha básica, numa malha de 40,0 x 40,0 m. Nestas linhas não há necessidade de se fazer piquetamento e as leituras são realizadas apenas esticando-se a trena junto com a mira.

Calculadas as cotas do terreno, deverá ser confeccionada uma planta com curvas de nível espaçadas de 1,0 m, onde serão locados os elementos do sistema. Entretanto, para que seja feita esta locação, é necessário fazer-se o dimensionamento de cada elemento (Ac, Ta e Ap).

Dimensionamento do SAES

Área de plantio (Ap). A área de plantio a ser explorada esta em torno de 2 ha, todavia, deverá ser definida com o produtor, conforme as necessidades de sua família.

Área de captação (Ac). Para melhor compreensão do dimensionamento da Área de captação observe-se o seguinte exemplo:

- . Área de plantio a ser explorada = 2 ha
- . Lâmina necessária à suplementação de água, quando dos déficits hídricos 100 mm = $1.000 \text{ m}^3/\text{ha}$. Esta lâmina tem sido usada na maioria dos casos, para efeito de cálculos, todavia, esta definição depende do regime pluviométrico.
- . Perdas por evaporação e infiltração = 50%
- . Volume útil do barreiro $1.000 \text{ m}^3 \times 2 = 2.000 \text{ m}^3$
- . Volume bruto (Vb) a ser armazenada = $(1 + 0,5) 2.000 \text{ m}^3 = 3.000 \text{ m}^3$
- . Coeficiente de escoamento para a área de captação artificial igual a 0,20, ver Tabela 1.

TABELA 2. Propriedades químico-físicas do solo onde o SAES está sendo desenvolvido. ^a

Profundidade (cm)	pH(H ₂ O) 1:1	C.E./25°C mm hos/cm	m.e./100 g de solo					P ppm	M.O. %
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ⁺⁺⁺		
0 - 30	5,2	0,66	1,2	1,16	0,05	0,14	0,20	1,63	0,60
30 - 60	4,7	0,24	1,4	1,05	0,07	0,13	0,65	1,63	0,45
Profundidade (cm)	Areia %	Silte %	Argila %	Dap	Umidade (atm)	Densidade real			
0 - 30	85	5	10	1,60	8,40	2,90	2,64		
30 - 60	54	11	35	1,50	14,20	5,40	2,63		

^a Não publicado.

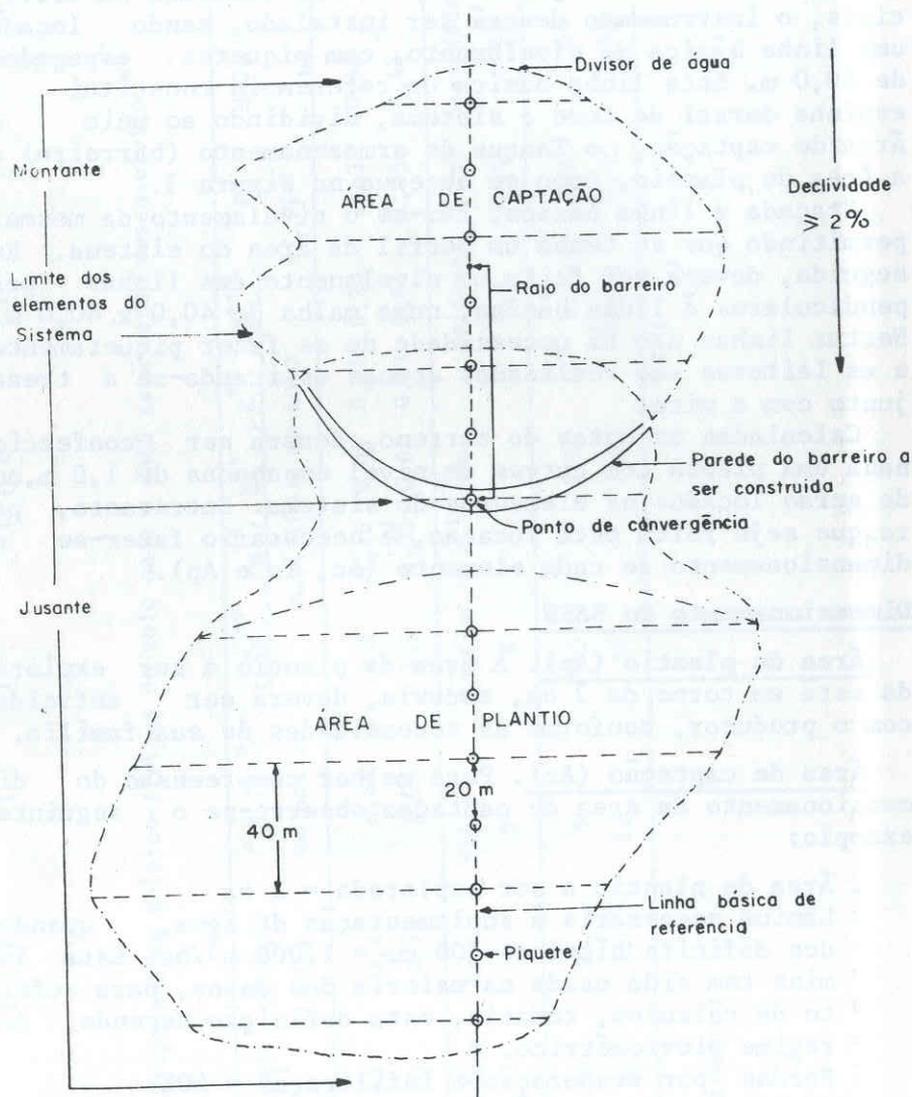


FIG. 3. Modelo esquemático da locação dos elementos básicos no campo.

. Precipitação média (Pm) anual da região 500 mm = 0,5 m

$$Ac = \frac{Vb}{C \times Pm} \therefore Ac = \frac{3.000 \text{ m}^3}{0,20 \times 0,50\text{m}} = 30.000 \text{ m}^2 = 3\text{ha}$$

Tem-se que Ap será de 2 ha e Ac de 3 ha, faltando de terminar apenas a área do barreiro. Na Tabela 3, encontram-se já calculadas as áreas de captação para diferentes valores do coeficiente de escoamento, da precipitação média e do volume bruto total a ser armazenado.

Área do Tanque de armazenamento (Ta) - Barreiro. A área abrangida pelo barreiro está em função do volume bruto a ser armazenado, Como este é de 3.000 m³, necessita-se variar suas dimensões em função da profundidade máxima que a máquina poderá escavar. Estes cálculos são realizados por tentativa, fixando-se a profundidade máxima do barreiro. Em casos específicos, será assumida a profundidade máxima de 1,50m (esta informação é conseguida quando da abertura das trincheiras).

$$\text{Área interna do barreiro} = \frac{3.000 \text{ m}^3}{1,5\text{m}} = 2.000 \text{ m}^2 = 0,20\text{ha}$$

Esta área poderá corresponder a um quadrado de 45,0 m de lado ou um semi-círculo de 36,0 m de raio.

Após o dimensionamento dos elementos do sistema e da planta plano-altimétrica, deve-se proceder a locação destes elementos na plantas. Esta locação também é um processo de tentativa. Com base nas curvas de nível, delimita-se, por exemplo, a Área de captação, tendo-se como critério a direção da pendente. Em seguida, determina-se, com o auxílio de um planímetro ou por processo geométricos, a área delimitada, procedendo-se assim até atingir a área desejada. Recomenda-se que estas áreas tenham formas geométricas definidas, pois facilita bastante o cálculo de sua área, dispensando o uso de planímetros.

IMPLANTAÇÃO DO SAES A NÍVEL DE PROPRIEDADE

Após seleção da área do SAES a próxima etapa consiste na implantação dos elementos básicos (Ac, Ta e Ap) na

TABELLA 3. Áreas de captação (Ac) para diferentes valores do Coeficiente de escoamento (C), da Precipitação média (Pm) e do Volume bruto (Vb) a ser armazenado.

Ac (ha)	C	Pm (m)	Vb (m ³)	Ac (ha)	C	Pm (m)	Vb (m ³)
2,7	0,15	0,25	1.000	1,5	0,15	0,45	1.000
8,0	0,15	0,25	3.000	4,4	0,15	0,45	3.000
13,3	0,15	0,25	5.000	7,4	0,15	0,45	5.000
2,2	0,15	0,30	1.000	1,3	0,15	0,50	1.000
6,7	0,15	0,30	3.000	4,0	0,15	0,50	3.000
10,4	0,15	0,30	5.000	6,7	0,15	0,50	5.000
2,0	0,20	0,25	1.000	1,1	0,20	0,45	1.000
6,0	0,20	0,25	3.000	3,3	0,20	0,45	3.000
10,0	0,20	0,25	5.000	5,6	0,20	0,45	5.000
1,7	0,20	0,30	1.000	1,0	0,20	0,50	1.000
5,0	0,20	0,30	3.000	3,0	0,20	0,50	3.000 ^a
8,3	0,20	0,30	5.000	5,0	0,20	0,50	5.000
1,9	0,15	0,35	1.000	1,2	0,15	0,55	1.000
5,7	0,15	0,35	3.000	3,6	0,15	0,55	3.000
9,5	0,15	0,35	5.000	6,1	0,15	0,55	5.000
1,7	0,15	0,40	1.000	1,1	0,15	0,60	1.000
5,0	0,15	0,40	3.000	3,3	0,15	0,60	3.000
8,3	0,15	0,40	5.000	5,6	0,15	0,60	5.000
1,4	0,20	0,35	1.000	0,9	0,20	0,55	1.000
4,3	0,20	0,35	3.000	2,7	0,20	0,55	3.000
7,1	0,20	0,35	5.000	4,5	0,20	0,55	5.000
1,3	0,20	0,40	1.000	0,8	0,20	0,60	1.000
3,8	0,20	0,40	3.000	2,5	0,20	0,60	3.000
6,3	0,20	0,40	5.000	4,2	0,20	0,60	5.000

^a Dados do exemplo da página 15

área selecionada.

De posse da planta, com todos os elementos dimensionados, a próxima etapa será transferir estes dados da planta para o campo. Neste caso, todo o desenvolvimento deverá ter como ponto de partida a linha básica de referência anteriormente mencionadas. Na Figura 3 também descreve-se um modelo esquemático da locação dos elementos básicos do SAES em condição de campo.

Inicialmente, na estação definida como ponto de convergência, serão traçados os limites laterais do elemento específico que, neste caso, será o barreiro. Se a opção for pela forma quadrada, estas linhas formam um ângulo de 90° com a linha básica de referência e são traçadas com o auxílio de uma trena. Este procedimento será repetido na estação seguinte e, assim, sucessivamente até se ter todos os elementos demarcados no campo (Ac, Ta e Ap).

No caso do barreiro ter a forma semi-circular, partindo do ponto de convergência, demarca-se o comprimento do raio, na linha básica. Com um piquete neste ponto e auxiliado por uma corda, traça-se o semi-círculo, colocando-se um piquete a cada 20 m, partindo-se do ponto de convergência.

Área de captação (Ac)

Somente quando necessário, esta área é inicialmente desmatada (a madeira é retirada), queimada e deixada "no tóco", obedecendo os limites do divisor de água pré-estabelecido. A construção do dique artificial divisor de água, na entrada do barreiro, somente será realizada após concluída a parede do barreiro. O mesmo recomenda-se para os drenos artificiais coletores de água dentro da Ac.

O comprimento da Ac deverá ficar de maneira que preva leça a maior declividade natural do terreno, possibilitando o escoamento das águas de chuva através de drenos coletores para o barreiro. Quando os solos da Ac forem adequados à agricultura, pode-se confeccionar sulcos e camalhões à semelhança da Ap, todavia, esta prática agrícola necessita de uma aração e gradagem, implicando no destocamento da Ac.

Partindo-se do princípio de que a Ac será explorada

com culturas, consorciadas ou não, se faz, a seguir, uma descrição das atividades a serem executadas.

Locação das niveladas básicas e linhas de contorno para a confecção de sulcos e camalhões

Concluindo a aração e gradagem da Ac, usando-se os métodos convencionais, providencia-se nesta área, a locação das niveladas básicas e linhas de contorno para a confecção dos sulcos e camalhões, através do método da corda (que será descrito), ou de outros de conhecimento do técnico responsável.

Método da corda. Este método tem sido bastante difundido pelos técnicos da Extensão Rural no Vale do São Francisco e vários agricultores o estão utilizando, principalmente nas culturas do feijão, melão e algodão herbáceo, Santos (1975). O aproveitamento da topografia natural do terreno, evitando o movimento de terra através de cortes e aterros, e barateando sensivelmente os custos, é o fator primordial do sucesso do mesmo, comparado a outros.

Antes de se proceder a locação, é necessário que o terreno esteja arado e gradeado; torna-se também imprescindível a aquisição dos materiais, tais como: nível (qualquer tipo), mira-falante (usa-se nível de luneta), trena, piquetes, batedor de piquetes, corda e facão.

Inicialmente traçam-se duas curvas de nível ou niveladas básicas, contanto que as mesmas fiquem mais ou menos espaçadas de modo a permitir a utilização de uma corda de aproximadamente 30 m, Figura 4.

Na alocação das niveladas basta ler de 10 m em 10 m pontos de igual visada, deixando nestes pontos piquetes fincados. Deve-se instalar o instrumento no centro entre as duas curvas, de modo a permitir todas as leituras sem se fazer necessário o seu deslocamento.

Para se traçar a linha de contorno, ou seja a linha situada entre as duas niveladas básicas, basta que dois operadores se situem no eixo do canal e no alinhamento das linhas, contanto que o de cima, ou seja o da curva mais alta, fique com a corda enrolada, enquanto que o de baixo fique com a ponta da corda servindo como marca, Figura 4. Um terceiro operador, a partir de cima, medirá na corda

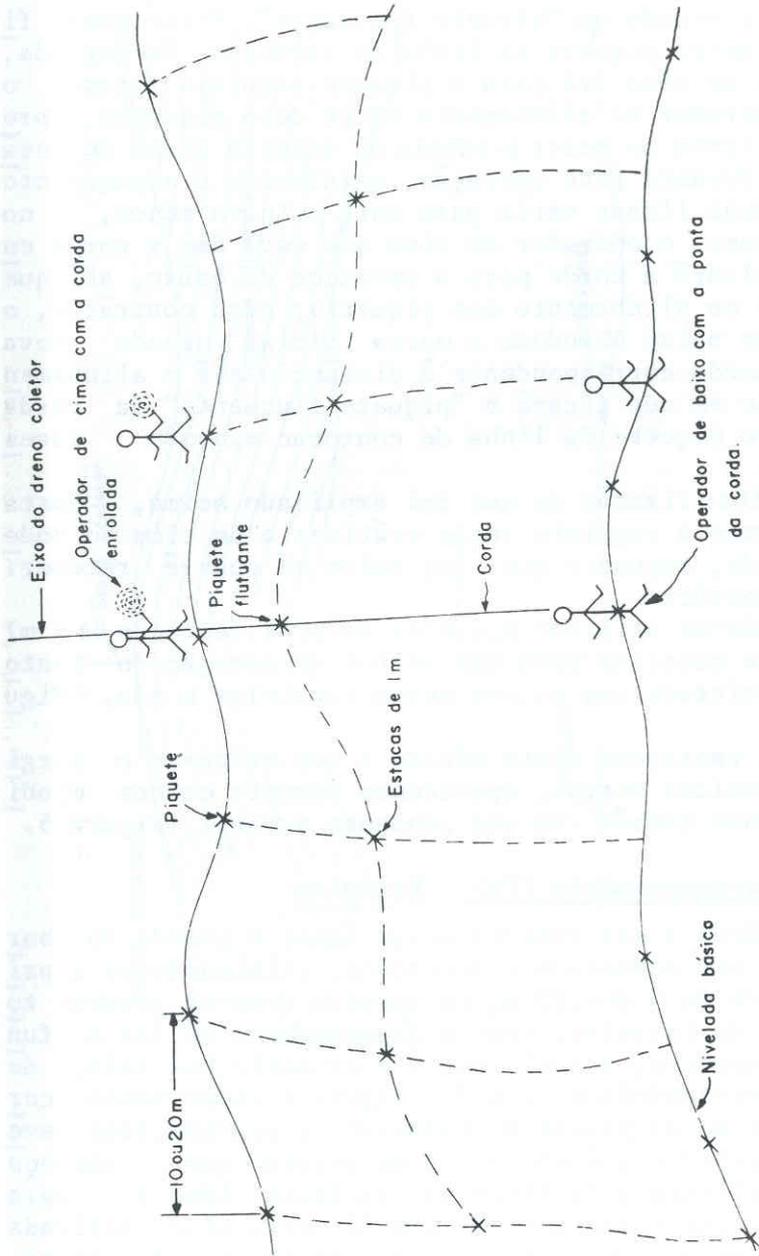


FIG. 4. Modelo esquemático das niveladas básicas e do traçado das curvas de contorno através do método da corda (Santos 1975)

três ou quatro vezes o espaçamento dos sulcos, que serão de 1,5 m colocando um "piquete flutuante". Neste ponto ficará o primeiro piquete da linha de contorno. Em seguida, o operador de cima irá para o piquete seguinte ficando o segundo operador no alinhamento entre dois piquetes, procurando a linha de maior pendente ou seja: a linha de desá
gua. Como durante esta operação, geralmente o espaçamento entre as duas linhas varia para mais ou para menos, no primeiro caso, o operador de cima que está com a corda enrolada, soltará a corda para o operador de baixo, até que ele chegue no alinhamento dos piquetes; caso contrário, o operador de baixo abandona a marca inicial fazendo nova marca na corda correspondente à distância até o alinhamento. O ponto em que ficará o "piquete flutuante" da corda será o novo piquete da linha de contorno e assim sucessivamente.

Para melhor fixação do que foi explicado acima, basta considerarmos a seguinte regra prática: o de cima só poderá dar corda, enquanto que o de baixo só poderá receber. Nunca o contrário.

Recomenda-se utilizar piquetes maiores (estacas de 1 m) na linha de contorno para uma melhor orientação do trato
rista, em virtude dos sulcos serem paralelos a ela, Figura
4.

Uma das vantagens deste método é que evita-se o surgimento dos sulcos mortos, aparecendo somente sulcos mind
inhos, ficando também com uma pendente natural, Figura
5.

Tanque de armazenamento (Ta) - Barreiro

Toda a área a ser coberta pelas águas e parede do barreiro deve ser desmatada e destocada, eliminando-se a primeira camada de 0 a 0,20 m. Em seguida deve-se gradear todo o local do barreiro. Após o gradeamento, se faz a fundação do barreiro, a qual consiste em abrir uma vala de 0,50 m de profundidade, 2 m de largura e comprimento correspondente ao da parede do barreiro. A profundidade deverá ser suficiente até encontrar um terreno que ofereça maior resistência à infiltração das águas. Como a vala terá uma profundidade de 0,50 m e já havia sido retirada uma camada de 0,20 m, supõe-se que, na maioria dos casos,

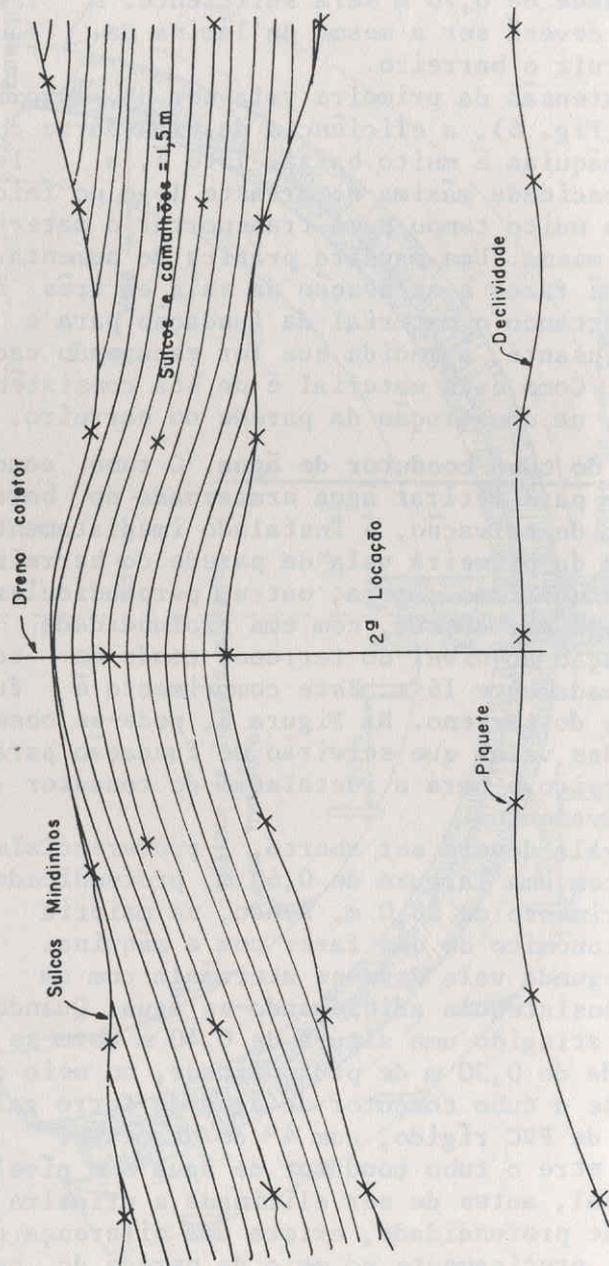


FIG. 5. Modelo esquemático da disposição dos sulcos e camalhões utilizando-se o método da corda (Santos 1975).

esta profundidade de 0,70 m será suficiente. A largura da trincheira deverá ser a mesma da lâmina da máquina que irá construir o barreiro.

Devido a extensão da primeira vala ser de, aproximadamente, 115 m (Fig. 6), a eficiência de transporte do material, pela máquina é muito baixa. Isto é, a lâmina atinge sua capacidade máxima de arraste logo no início da vala, perdendo muito tempo para transportar o material até o final da mesma. Uma maneira prática de aumentar esta eficiência é fazer a escavação da vala em três intervalos, transportando o material da fundação para a base do talude de jusante, à medida que for escavando cada um dos segmentos. Como este material é de boa consistência, pode ser usado na construção da parede do barreiro.

Instalação do tubo condutor de água. O tubo condutor de água, usado para retirar água armazenada no barreiro para irrigação de salvação, é instalado imediatamente após a abertura da primeira vala da parede do barreiro. Entretanto, para que isto ocorra, outra, perpendicular à primeira, deverá ser aberta, com uma profundidade de 0,70 m em relação ao nível do terreno, tendo de comprimento, aproximadamente 16 m. Este comprimento é função da declividade do terreno. Na Figura 6, pode-se observar a disposição das valas que servirão de fundação para a parede do barreiro e para a instalação do condutor de água, respectivamente.

A segunda vala deverá ser aberta, preferencialmente manualmente, com uma largura de 0,60 m, profundidade de 0,70 m e comprimento de 16,0 m, sendo, na maioria dos casos, mais econômico do que fazer com a máquina.

Aberta a segunda vala deve-se aterrá-la com um material de boa consistência adicionando-se água. Quando o terreno tiver atingido uma altura de 0,40 m abre-se uma valeta nivelada de 0,30 m de profundidade, no meio desta vala instala-se o tubo condutor de água de ferro galvanizado, ou tubo de PVC rígido, com 4" de diâmetro. Isto permitirá que entre o tubo condutor de água e o nível do terreno original, antes de ser eliminada a primeira camada de 0,20 m de profundidade, exista uma diferença de nível de 0,80 m, precisamente no meio da parede do barrei

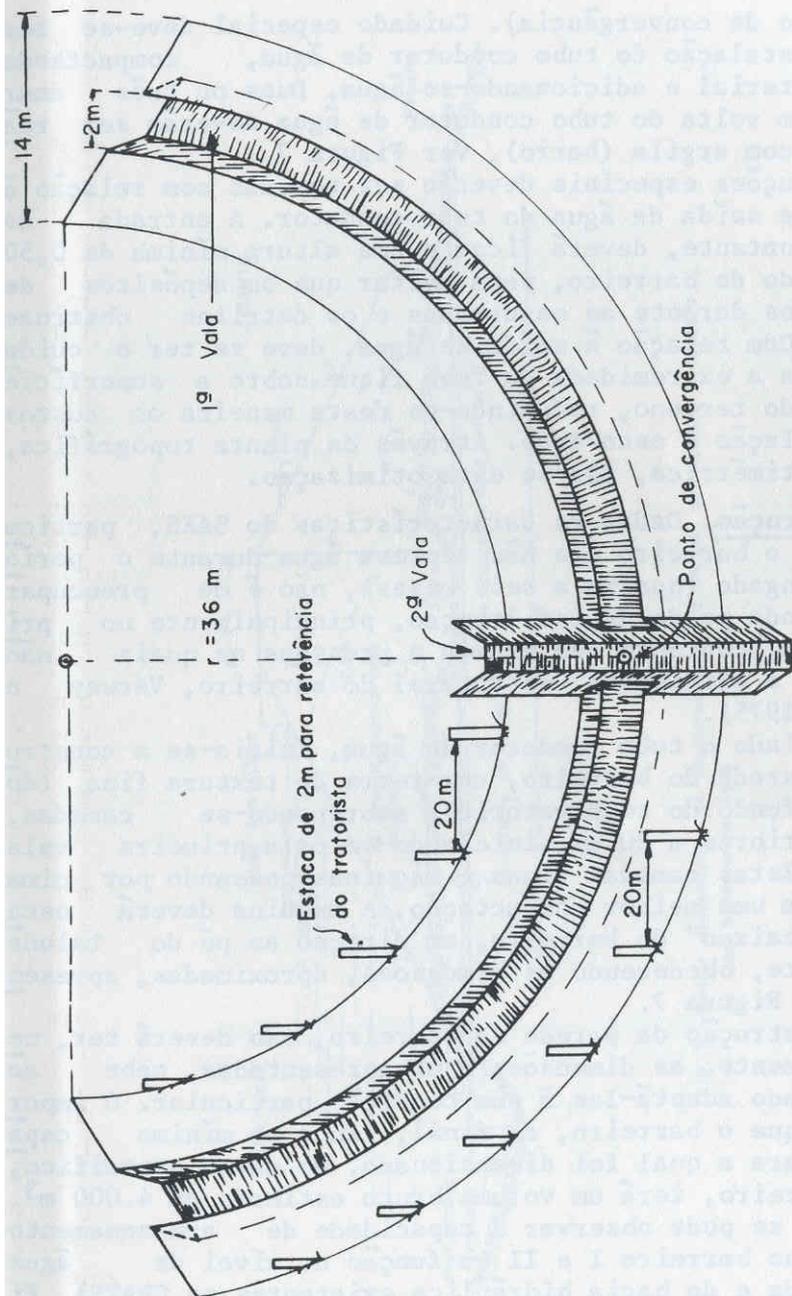


FIG. 6. Modelo esquemático das valas que servirão de fundação para a parede do barreiro e para a instalação do tubo condutor de água.

ro (ponto de convergência). Cuidado especial deve-se ter com a instalação do tubo condutor de água, compactando bem o material e adicionando-se água. Duas ou três amarrações em volta do tubo condutor de água deverão ser realizadas com argila (barro), ver Figura 7.

Precauções especiais deverão ser tomadas com relação à entrada e saída de água do tubo condutor. A entrada de água à montante, deverá ficar a uma altura mínima de 0,50 m do fundo do barreiro, para evitar que os depósitos de sedimentos durante as enxurradas e os detritos obstruam o tubo. Com relação à saída de água, deve se ter o cuidado de que a extremidade do tubo fique sobre a superfície natural do terreno, reduzindo-se desta maneira os custos com tubulação e escavação. Através da planta topográfica, plano-altimétrica, faz-se esta otimização.

Construção. Dadas as características do SAES, particularmente o barreiro que não represa água durante o período prolongado (quatro a seis meses), não é de preocupar uma elevada perda de infiltração, principalmente no primeiro ano, contanto que esteja a pressões as quais não afetarão a eficiência estrutural do barreiro, Verwey e Harris (1975).

Instalado o tubo condutor de água, inicia-se a construção da parede do barreiro, com terra de textura fina (do próprio fundo do reservatório), sobrepondo-se camadas, não superiores a 20 cm, iniciando-se pela primeira vala aberta. Estas camadas finas e máquinas passando por cima asseguram uma melhor compactação. A máquina deverá escavar do "caixão" do barreiro, em direção ao pé do talude de jusante, obedecendo as dimensões, aproximadas, apresentadas na Figura 7.

A construção da parede do barreiro, não deverá ter, necessariamente, as dimensões aqui apresentadas, cabe ao interessado adaptá-las à sua condição particular. O importante é que o barreiro, ao final, tenha no mínimo capacidade para a qual foi dimensionado. No caso específico, este barreiro, terá um volume bruto estimado em 4.000 m³. Em anexo se pode observar a capacidade de armazenamento de água no barreiro I e II em função do nível de água armazenada e da bacia hidráulica existentes no CPATSA, Figuras 8 e 9.

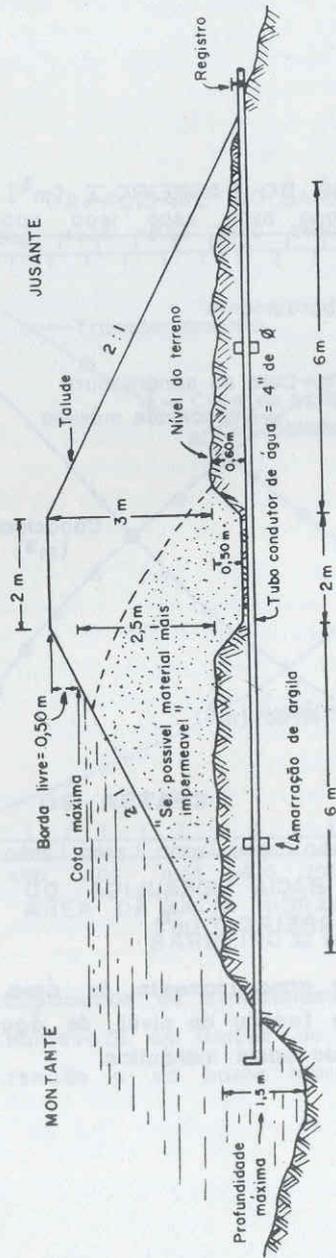


FIG. 7. Modelo esquemático do dimensionamento da parede do barreiro e locação do tubo condutor de água.

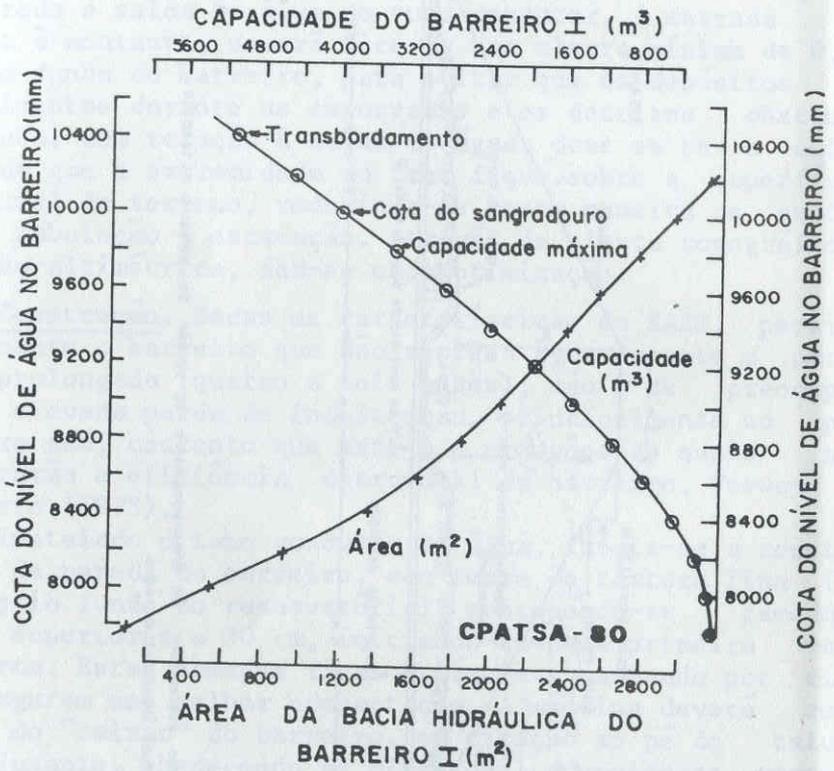


FIG. 8. Capacidade de armazenamento de água no barreiro I em função do nível de água armazenada e da bacia hidráulica.

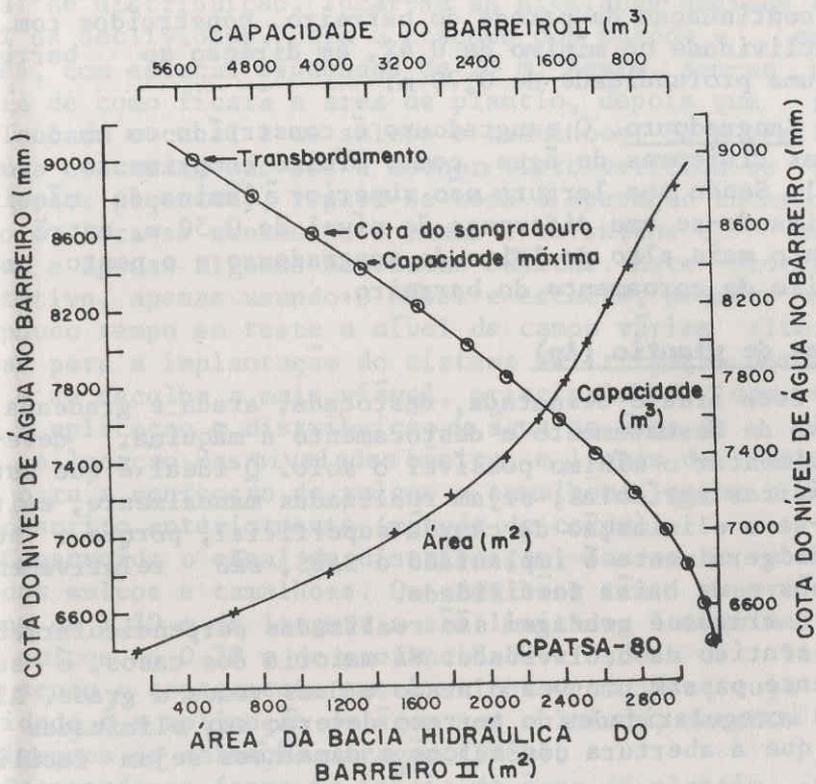


FIG. 9. Capacidade de armazenamento de água no barreiro II em função do nível de água armazenado e da bacia hidráulica.

O coroamento do barreiro deverá ter um declive, do centro para as extremidades de montante e jusante, de no mínimo 0,15 m, para evitar acúmulo de água em cima da parede. Após o término da construção desta, se faz a construção dos diques divisores de água, artificiais, com a própria máquina usada na construção do barreiro. Estes diques são a continuação da parede do barreiro, construídos com uma declividade no mínimo de 0,4%, em direção ao barreiro e uma profundidade de 0,70 m.

Sangradouro. O sangradouro é construído em um dos diques divisores de água, com o mínimo comprimento possível. Sendo sua largura não superior à lâmina da máquina, deixando-se uma diferença de nível de 0,50 m, entre o ponto mais alto do leito do sangradouro e o ponto mais baixo do coroamento do barreiro.

Área de plantio (Ap)

Esta área é desmatada, destocada, arada e gradeada. No caso de desmatamento e destocamento a máquina, deve-se movimentar o mínimo possível o solo. O ideal é que estas práticas agrícolas, sejam realizadas manualmente, evitando-se a eliminação da camada superficial, porque o solo onde geralmente é implantado o SAES, são relativamente rasos e de baixa fertilidade.

A aração e gradagem são realizadas perpendicularmente ao sentido da declividade. Na maioria dos casos, é suficiente passar uma vez o arado e duas vezes a grade. Algumas irregularidades do terreno deverão ser eliminadas para que a abertura dos sulcos e camalhões sejam facilitadas.

Locação do canal. A nível de campo, deve-se exercitar várias alternativas de locação do canal, com o objetivo de verificar qual a melhor opção para irrigar a área, cuja determinação da declividade pode ser feita com um nível de mangueira, trapézio (pé de galinha) ou nível de precisão.

A melhor locação do canal será aquela que permite, após a cobertura dos sulcos e camalhões, maior eficiência de irrigação na área de plantio. Como o canal é de

terra sua declividade não deverá ultrapassar 1%. Vale salientar que um sulco poderá, na maioria dos casos, funcionar como um canal de distribuição, se a área selecionada for um pouco irregular.

Recomenda-se, ao mesmo tempo que se está locando o canal de distribuição, locar-se as niveladas básicas com 0,4% de declividade, para o traçado dos sulcos e camalhões, com estacas espaçadas de 20 m. Assim, têm-se uma idéia de como ficará a área de plantio, depois que for implantado o canal e os sulcos e camalhões. Se a alternativa executada não for a melhor (isto verifica-se apenas pelos piquetes), repete-se toda a operação anterior, isto é, loca-se novamente o canal e os sulcos e camalhões e apenas algumas niveladas básicas. Este processo tentativo, apenas usando o nível e estacas, permite que em pouco tempo se teste a nível de campo várias alternativas para a implantação do sistema de irrigação por sulcos e se escolha a mais viável, principalmente, com relação à aplicação e distribuição de água na área de plantio. A locação das niveladas básicas e linhas de contorno, para a confecção de sulcos e camalhões, segue o método descrito anteriormente (método da corda).

Construído o canal de distribuição, faz-se a abertura dos sulcos e camalhões. Os camalhões têm superfície plana de 1,20 m de largura e são limitados lateralmente, por sulcos de 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, durante as irrigações de salvação, Aragão (1980).

Recomenda-se fazer no início da área de plantio, próximo a parede do barreiro, um sulco de retenção, com uma declividade de 0,4%, suficiente, para transportar toda água que escoar da área de montante, entre a área de plantio e a área de captação. Também se deve confeccionar sulcos de retenção a cada 30 m de distância no sentido da declividade, dentro da área de plantio, evitando que durante chuvas de grande intensidade, o rompimento dos sulcos, prejudique a mesma. Qualquer escoamento de água de outras áreas para dentro da área de plantio, deverá ser desviado.

O preparo de toda infra-estrutura do SAES é realizada somente uma vez, visto que nos anos subsequentes apenas os sulcos e camalhões são refeitos.

Quando necessário o uso de "irrigações de salvação" deve-se aplicar uma lâmina correspondente a apenas 250 m³/ha de água, tendo em vista a possibilidade de chuvas após sua aplicação. Caso não ocorram chuvas dentro do período ideal esperado faz-se necessário uma nova "irrigação de salvação" para complementar a anterior, e assim sucessivamente.

CUSTOS ALTERNATIVOS DE IMPLANTAÇÃO DO SAES

Os custos relacionados com a implantação do SAES foram elaborados observando-se quatro alternativas de uso compatíveis com algumas situações comumente encontradas a nível de campo. A primeira (Tabela 4) compreende a exploração agrícola da Área de plantio e a utilização da Área de captação apenas para captação d'água, em área anteriormente cultivada. A segunda (Tabela 5) compreende a exploração agrícola da Área de plantio e a utilização da Área de captação para captação d'água e cultivo de pastagem, em terreno com vegetação de caatinga nas áreas destinadas à Área de captação e ao Tanque de armazenamento e com a área destinada à Área de plantio já cultivada anteriormente. A terceira (Tabela 6) compreende a exploração agrícola da Área de plantio e a utilização da Área de captação para captação d'água e para a exploração agrícola, em terreno com vegetação de caatinga nas áreas destinadas à Área de captação e ao Tanque de armazenamento e com a área destinada à Área de plantio já cultivada anteriormente. A quarta (Tabela 7) compreende a exploração agrícola da Área de plantio e a utilização da Área de captação para captação d'água e para a exploração agrícola, em área totalmente coberta com vegetação de caatinga.

Como se pode observar, os custos de implantação do SAES são bastante variáveis. O desmatamento e o destocamento podem ser feitos a trator ou manualmente; o valor da mão-de-obra varia de região para região; os tratores podem ser de particulares ou da Companhia Integrada de

Desenvolvimento Agropecuário existente em cada estado e, por isso, o valor da Hora/Trator varia de região para região; cada propriedade apresenta situações particulares de solo e vegetação que farão, também, variar os valores de algumas atividades. O Técnico ajustará o orçamento para cada propriedade.

A Área de plantio deverá ser explorada com culturas alimentares definidas pelo produtor e a Área de captação, quando destinada também à exploração agrícola, deverá contemplar, preferencialmente, o cultivo de lavouras tolerantes à seca a serem definidas pelo Técnico e o Produtor, em harmonia com as características da região (sorgo, milho, mamona, feijão guandu, palma forrageira, algaroba, palma forrageira sombreada com algaroba, algodão arbóreo, etc.).

TABELA 4. CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SAES (5 ha)

Ac: Captação d'água (área já cultivada anteriormente)

Ta: Armazenamento d'água (área já cultivada anteriormente)

Ap: Exploração agrícola (área já cultivada anteriormente)

E S P E C I F I C A Ç Õ E S	Unid.	Quant.	Valor/Cr\$
- Destocamento, limpeza da área do Ta e eliminação da primeira camada de solo, de 0,20 m, com trator de esteira.	H/T	32:00	2.664,00
- Abertura e fechamento da primeira e da segunda vala (volume = 135 m ³), com trator de esteira	H/T	04:00	5.328,00
- Aquisição do tubo condutor de água PVC, rígido de engate rápido	m	18	10.440,00
- Instalação do tubo condutor	H/D	5	1.000,00
- Escavação do caixão do Ta (Barreiro), volume = 2.035 m ³ , e movimento de terra para construção da parede do Barreiro (volume de 2.035 x 1,30 = 2.645 m ³), com trator de esteira	H/T	65:00	86.580,00
- Construção dos diques laterais (500m) e dos drenos coletores de água (600m) com trator de esteira	H/T	04:00	5.328,00
- Construção do sangradouro (volume = 30 m ³), com trator de esteira	H/T	01:00	1.332,00
- Aração da Ap, com trator de pneu	H/t	08:00	5.600,00
- Gradagem da Ap, com trator de pneu ..	H/t	04:00	2.800,00
- Sulcamento da Ap, com trator de pneu.	H/t	04:00	2.800,00
- Registro de ferro galvanizado, de 4" de Ø	-	-	5.000,00
TOTAL			128.872,00

Hora/Trator de esteira (H/T) = Cr\$ 1.332,00 (CISAGRO/PE)^a

Hora/trator de pneu (H/t) = Cr\$ 700,00 (Particular/PE)

Homem/Dia (H/D) = Cr\$ 200,00 (Diária/Petrolina-PE)

^a Valor da H/T da Companhia Integrada de Serviços Agropecuários do Estado de Pernambuco. (CISAGRO-PE)

TABELA 5. CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SAES (5 ha)

Ac: Captação d'água e cultivo de pastagem (área com vegetação da caatinga)

Ta: Armazenamento d'água (área com vegetação da caatinga)

Ap: Exploração agrícola (área já cultivada anteriormente)

E S P E C I F I C A Ç Õ E S	Unid.	Quant.	Valor/Cr\$
- Desmatamento manual da Área de captação (deixar a Ac "no toco")	H/D	60	12.000,00
- Desmatamento, destocamento da Área do Barreiro e eliminação da primeira camada de solo, de 0,20 m, com trator de esteira	H/T	03:00	3.996,00
- Abertura e fechamento da primeira e segunda vala (volume = 135 m ³), com trator de esteira	H/T	04:00	5.328,00
- Aquisição do tubo condutor de água PVC, rígido de engate rápido	m	18	10.440,00
- Instalação do tubo condutor	H/D	5	1.000,00
- Escavação do caixão do Ta (Barreiro), volume = 2.035 m ³ , e movimento de terra para construção da parede do Barreiro (volume de 2.035 x 1,30 = 2.645 m ³), com trator de esteira	H/T	65:00	86.580,00
- Construção dos diques laterais (500m) e drenos coletores de água (600m), com trator de esteira	H/T	04:00	5.328,00
- Construção do sangradouro (volume = 30 m ³), com trator de esteira	H/T	01:00	1.332,00
- Aração da Ap, com trator de pneu	H/t	08:00	5.600,00
- Gradagem da Ap, com trator de pneu	H/t	04:00	2.800,00
- Sulcamento da Ap, com trator de pneu ..	H/t	04:00	2.800,00
- Registro de ferro galvanizado, de 4" de Ø			5.000,00
TOTAL			142.204,00

Hora/Trator de esteira (H/T) = Cr\$ 1.332,00 (CISAGRO/PE)^a

Hora/trator de pneu (H/t) = Cr\$ 700,00 (Particular/PE)

Homem/Dia (H/D) = Cr\$ 200,00 (Diária/Petrolina-PE)

^a Valor da H/T da Companhia Integrada de Serviços Agropecuários do Estado de Pernambuco (CISAGRO/PE).

TABELA 6. CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SAES (5 ha)

Ac: Captação d'água e exploração agrícola (área com vegetação da caatinga)

Ta: Armazenamento d'água (área com vegetação da caatinga)

Ap: Exploração agrícola (área já cultivada anteriormente)

ESPECIFICAÇÕES	Unid.	Quant.	Valor/Cr\$
- Desmatamento e destocamento da Área de captação, com trator de esteira	H/T	15:00	19.980,00
- Aração da Ac, com trator de pneu	H/t	12:00	8.400,00
- Gradagem da Ac, com trator de pneu ...	H/t	06:00	4.200,00
- Sulcamento da Ac, com trator de pneu .	H/t	06:00	4.200,00
- Desmatamento, destocamento da área do Ta e eliminação da primeira camada de solo, de 0,20 m, com trator de esteira	H/T	02:00	2.664,00
- Abertura e fechamento da primeira e da segunda vala (volume = 135 m ³), com trator de esteira	H/T	04:00	5.328,00
- Aquisição do tubo condutor de água PVC, rígido de engate rápido	m	18	10.440,00
- Instalação do tubo condutor	H/D	5	1.000,00
- Escavação do caixão do Ta (Barreiro) , volume = 2.035 m ³ , e movimento de terra para construção da parede do Barreiro (volume de 2.035 x 1,30 = 2.645 m ³) com trator de esteira	H/T	65:00	86.580,00
- Construção dos diques laterais (500m) e drenos coletores de água (600m), com trator de esteira	H/T	04:00	5.328,00
- Construção do sangradouro (volume = 30 m ³), com trator de esteira	H/T	01:00	1.332,00
- Aração da Ap, com trator de pneu	H/t	08:00	5.600,00
- Gradagem da Ap, com trator de pneu ...	H/t	04:00	2.800,00
- Sulcamento da Ap, com trator de pneu .	H/t	04:00	2.800,00
- Registro de ferro galvanizado, de 4" de Ø	-	-	5.000,00
TOTAL			166.352,00

Hora/Trator de esteira (H/T) = Cr\$ 1.332,00 (CISAGRO/PE)^a

Hora/trator de pneu (H/t) = Cr\$ 700,00 (Particular/PE)

Homem/Dia (H/D) = Cr\$ 200,00 (Diária/Petrolina-PE)

^a Valor da H/T da Companhia Integrada de Serviços Agropecuários do Estado de Pernambuco (CISAGRO/PE).

TABELA 7 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SAES (5 ha)
Ac: Captação d'água e exploração agrícola (área com vegetação da caatinga)
Ta: Armazenamento d'água (área com vegetação da caatinga)
Ap: Exploração agrícola (área com vegetação da caatinga)

ESPECIFICAÇÕES	Unid.	Quant.	Valor/cr\$
- Desmatamento e destocamento da Área de captação, com trator de esteira	H/T	15:00	19.980,00
- Aração da Ac, com trator de pneu	H/t	12:00	8.400,00
- Gradagem da Ac, com trator de pneu ...	H/t	06:00	4.200,00
- Sulcamento da Ac, com trator de pneu .	H/t	06:00	4.200,00
- Desmatamento, destocamento da área do Ta e eliminação da primeira camada de solo, de 0,20 m, com trator de esteira	H/T	02:00	2.664,00
- Abertura e fechamento da primeira e da segunda vala (volume = 135 m ³), com trator de esteira	H/T	04:00	5.328,00
- Aquisição de tubo condutor de água PVC, rígido de engate rápido	m	18	10.440,00
- Instalação do tubo condutor	H/D	5	1.000,00
- Escavação do caixão do Ta (Barreiro), volume = 2.035 m ³ , e movimento de terra para construção da parede do Barreiro (volume de 2.035 x 1,30 = 2.645 m ³), com trator de esteira	H/T	65:00	86.580,00
- Construção dos diques laterais (500m) e drenos coletores de água (600m), com trator de esteira	H/T	04:00	5.328,00
- Construção do sangradouro (volume = 30 m ³), com trator de esteira	H/T	01:00	1.332,00
- Desmatamento e destocamento da Área de plantio, com trator de esteira	H/T	10:00	13.320,00
- Aração da Ac, com trator de pneu	H/t	08:00	5.600,00
- Gradagem da Ap, com trator de pneu ...	H/t	04:00	2.800,00
- Sulcamento da Ap, com trator de pneu .	H/t	04:00	2.800,00
- Registro de ferro galvanizado de 4" de Ø	-	-	5.000,00
TOTAL			178.972,00

Hora/Trator de esteira (H/T) = Cr\$ 1.332,00 (CISAGRO/PE)^a

Hora/trator de pneu (H/t) = Cr\$ 700,00 (Particular/PE)

Homem/Dia (H/D) = Cr\$ 200,00 (Diária/Petrolina-PE)

^a Valor da H/T da Companhia Integrada de Serviços Agropecuários do Estado de Pernambuco (CISAGRO/PE).

AGRADECIMENTOS

Aos Drs. William Tsé-Hong Liu e Octávio Pessoa Ara
gão, ex-Coordenadores do programa Desenvolvimento de Sis
temas de Produção para Áreas de Seduero\CPATSA, pelas
colaborações de caráter técnico-científico; ao Dr. Antô
nio José Simões, ex-Chefe Adjunto Apoio\CPATSA e ao Dr.
Manoel Abílio de Queiroz, ex-Chefe Adjunto Técnico\
CPATSA, pelo incentivo e apoio constantes; à Extensão
Rural, pelo estímulo; aos Produtores Rurais, objetivo fi
nal de nossas pesquisas; e, enfim, a todos que, de algu
ma forma direta ou indireta, participaram de
atividades vinculadas a este trabalho.

LITERATURA CITADA

- ANAYA CARDUÑO, M. Technology and desertification, In: UNITED NATIONS CONFERENCE ON DESERTIFICATION, Nairobi, Kenia, 1977. **Desertification: its causes and consequences**. Oxford, Pergamon, s.d. p. 319-448
- ARAGÃO, O.P. **Alternativa para estabilização da agricultura de sequeiro**. Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, 1980. 6p. (EMBRAPA/CPATSA. Documento, 5).
- _____. **Relatório técnico-científico do treinamento sobre manejo do complexo solo, água, planta, ICRISAT, Hyderabad, 1977**. Petrolina, PE. EMBRAPA/CPATSA. 1978. 55p.
- BERTONI, J. **Observações sobre o "método lavoura seca nos campos do INFAOL"**. Recife, INFAOL, 1973. 10p.
- BINSWANGER, H.P.; VIRMANI, S.M. & KAMPEN, J. **Farming systems components for selected areas in India: evidence from ICRISAT**. Andhra Pradesh, India, ICRISAT, 1980. 39p. (Research Bulletin, 2).
- BRASIL. SUDENE. Grupo de Estudos do Vale do Jaguaribe. **Estudo geral de base do Vale do Jaguaribe: política das águas**. Recife, PE., 1967. v.8, 238p.
- _____. **Programa Especial de Apoio ao Desenvolvimento da Região Semi-Árida do Nordeste: Projeto Sertanejo**. Recife, PE., 1977. 76p. il.
- _____. **Relatório da atuação da SUDENE no combate aos efeitos da estiagem no Nordeste - 1970**. Recife, PE., 1971. 19p. il.
- CHOW, V.T. **Handbook of applied hydrology; a compendium of water-resources technology**. New York, McGraw-Hill, 1964. lv.
- CREAGER, W.P.; JUSTIN, J.D. & HINDS, J. **Engineering for dams**. New York, J. Wiley, 1944. v.3. 929p. il.
- DUQUE, J.G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**, 2 ed. Fortaleza, BNB, 1973. 238p.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido 1977-1978**. Brasília, EMBRAPA/DID, 1979. 133p. il.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Conservation Service. **Manual de conservación de suelos**. Mexico, Limusa, 1974. 332p.
- EVENARI, M.; SHANAN, L. & TADMOR, N.H. **Runoff-farming in the Negev desert of Israel**; progress report on the Avdat and Shivta Farm Projects for the years 1958-62. Rohovot, Israel. 1963. 143p. il.
- _____.; _____. & _____. **The Negev; the challenge of a desert**. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 1971. 345p.
- FALCÃO, J. de A. & BORGES, V.A. **Cartilha do construtor de pequenas barragens de terra**. Fortaleza, CE., DNOCS, 1974. 52p.
- FOSTER, A.B. **Approved practices in soil conservation**. Danville, Illinois, The Interstate, 1973. 487p.
- FREITAS, M.B. de. **Roteiro para utilização do agreste com base na conservação do solo**. Recife, PE., s.ed., 1972. 33p.
- HARGREAVES, G.H. **Manual de requerimento de água para culturas irrigadas e agricultura seca**. Trad. Ricardo Brito. Logan, Utah State University, 1975. 41p. (Contrato AID/ta-c-1103).
- _____. **Monthly precipitation probabilities for Northeast Brasil**. Ohio, Utah State University, Department of Agricultural and Irrigation Engineering, 1973. 423p. (Contrac AID/CSD 2167).
- HARRIS, C.M. & VERWEY, J.H. de la F. **Pequenas barragens e reservatórios**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, ETA, 1975. 85p. il. (Ministério da Agricultura, ETA. M-1).

- INTERNATIONAL CROPS RESEARCH INSTITUTE FOR THE SEMI-ARID TROPICS, Hyderabad, India. **Annual Report 1973-74.** Hyderabad, India, 1974. 87p.
- _____. **Annual Report 1974-75.** Hyderabad, India, 1975. 87p.
- KAMPEN, J. **Soil and water conservation and management in farming systems research for the Semi-Arid Tropics.** Hyderabad, India, ICRISAT, s.d. 50p.
- _____. & KRANTZ, B.A. **Soil and water management in the Semi-Arid Tropics.** Hyderabad, India, ICRISAT, s.d. 39p.
- KRANTZ, B.A. & KAMPEN, J. **Soil and water management in the Semi-Arid Tropics.** s.l., ICRISAT, s.d. 33p. (Relatório apresentado em: International Soil, Seminar, Hyderabad, 1976).
- LINS, F.C. **O método Guimarães Duque como instrumento de melhoria da produtividade agrícola no semi-árido nordestino.** Recife, PE., s.ed., 1978. 26p.
- LIU, W.T. **Runoff farming in Northeast Brazil.** Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, s.d. 11p.
- MANUAL del conservación del suelo y del agua. Chapingo, Mexico, SARH, Colegio de Postgraduados, 1977. 584p. il.
- MOTA, F.A.S. **A atuação do DNOCS no combate das secas.** Fortaleza, CE., DNOCS, 1979. 42p.
- MOTA, M. **Paisagem das secas.** Recife, PE., Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais. 1958. 145p. il.
- MYERS; L.E. Recent advances in water harvesting. **Journal of Soil and Water conservation**, 22(3):95-97.
- NASCIMENTO, F.M.do. **O impacto das secas 1970 e 1976 e o comportamento da economia paraibana.** João Pessoa, PB., UFPB - CCSA, 1978. 37p.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Washington, E.U.A. **More water for arid lands; promising technologies and research opportunities.** Washington, D.C., 1974. 153p. il.

- PEDROSA, H.X. de A. **Hidráulica aplicada**; hidrologia com aplicação numérica para cada problema teoricamente estudado. Rio de Janeiro, Científica, 1957. 266p. il.
- REBOUÇAS, A. de C. & MARINHO, M.E. **Hidrologia das secas - Nordeste do Brasil**. Recife, PE., SUDENE/DRN, 1972. 126p. (Brasil.SUDENE. Série Hidrogeologia, 40).
- SANTOS, E.D. **Topografia aplicada na pequena irrigação**; curso de irrigação para extensionistas. Belém do São Francisco, PE., ANCARPE, 1975. 16p.
- SHARMA, P.N. & KAMPEN, J. **Small runoff storage facilities for supplemental irrigation some preliminary observations**. s.l., ICRISAT, 1977. 20p.
- . & . **Watershed based land and water management technology**; some tentative guidelines. Hyderabad, India, ICRISAT, 1977. 55p.
- SILVA, A. de S. & ANAYA GARDUÑO, M. **Algunas consideraciones sobre o manejo del suelo y del agua para el desarrollo de la agricultura tradicional en el Noreste de Brazil**. Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, 1979. 150p.
- SILVA, A. de S. & PORTO, E.R. **Introdução à pequena irrigação no "Polígono das Secas" utilizando métodos "não convencionais"**. Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, 1980. 6p.
- SOUZA, E. de. **O calvário das secas**. Natal, RN., Imprensa Oficial, 1938. 207p.
- SUGESTÕES do INFAOL para o plano integrado para o combate preventivo aos efeitos das secas no Nordeste. Recife, PE., 1974. 10p.
- TOVAR SALINAS, J.L. **Captacion y aprovechamiento del recurso lluvia como una alternativa para la produccion de grano y forrage de maiz en zonas de temporal deficiente**. Chapingo, Mexico, Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, 1977. 312p. Tese de Mestrado.

WATER HARVESTING SYMPOSIUM, Phoenix, Arizona, 1974.

Proceedings. Washington, Department of Agriculture,
Agricultural Research Service, 1975. 328p. (ARS W-22)

ZINGG, A.W. & HAUSER, V.L. Terrace benching to save potential runoff for semi-arid land. **Agronomy Journal**, 51: 289-92, 1959.