

Soares
7

APROVEITAMENTO DE RECURSOS HIDRICOS ESCASSOS
NO SEMI-ARIDO BRASILEIRO: Tecnologias de
baixo custo

A. de S. Silva
L. T. de Lima
J. M. Soares
J. L. Maciel

(Versão Preliminar)

Aproveitamento de recursos ...
1984 LV-PP-1992.00158



CPATSA-8083-1

Dezembro/84
Petrolina - Pe

20-2083
Ficha. Comp. B.
RNV DP

333.91209813
S586a
1984
LV-PP-1992.00158

APROVEITAMENTO DE RECURSOS HIDRICOS ESCASSOS
NO SEMI-ARIDO BRASILEIRO: Tecnologias de baixo custo ¹

A. de S. SILVA ², L. T. de LIMA ³, J. M. SOARES ²

J. L. MACIEL ³

INTRODUÇÃO

A agricultura dependente de chuva ocupa 86% da superfície mundial, o Continente Asiático apresenta 78% de suas terras em exploração agrícola sem irrigação, o Australiano 97%, o Europeu 92%, o Africano 87% e o Americano 92%, com uma população, hoje estimada nos cinco continentes de 4.59 bilhões de pessoas, FUNDAÇÃO BAHIANA (1984) e FAO (1982).

A superfície agrícola "sem irrigação" atinge 1.37 bilhões de ha, destes, 143.3 milhões de ha estão localizados na América Latina, sendo 61.6 milhões de ha no Brasil com 7.991 milhões no Nordeste, assim distribuídos: 760 mil no Piauí, 1.387 milhões no Ceará, 603 mil no Rio Grande do Norte, 791 mil na Paraíba, 1.5 milhões em Pernambuco, 827 mil em Alagoas, 154 mil em Sergipe e 1.969 milhões de ha na Bahia, FUNDAÇÃO-IBGE (1983) e FAO (1982).

1. Contribuição do Convênio EMBRAPA-CPATSA/SUDENE-Projeto Sertanejo - Elaborado para o I ENCONTRO PARA APROVEITAMENTO DE RECURSOS HIDRICOS NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO - patrocinado pela COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO-CODEVASF e a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM-ABID. Período: 03 a 05 de dezembro de 1984, Brasília-DF.

2. Pesquisadores EMBRAPA-CPATSA, Cx.P.23, 56300. Petrolina-Pe.

3. Engs. Agrícolas, pertencente ao Convênio CNPq/EMBRAPA-CPATSA.

Estima-se que no Nordeste Semi-Árido encontra-se 1 milhão e 500 mil propriedades rurais com áreas inferiores a 200 ha das quais um terço dispõe de reservas hídricas perenes e dois terços dispõem de reservas hídricas escassas, entendendo-se como tais aquelas propriedades cujas reservas são anuais ou são suficientes apenas para utilização em seis meses durante o ano, permanecendo os animais e os habitantes na dependência das reservas hídricas dos estabelecimentos vizinhos ou do próximo ciclo pluviométrico.

Em 1981, a nível mundial, a superfície "com irrigação" aproximava-se dos 212 milhões de ha, dos quais 6.582 milhões encontram-se na América do Sul, 1.150 milhões de ha no Brasil e aproximadamente 110 mil ha no Nordeste. Sendo que em 1977, nesta região, tinha-se 72.563 ha assim distribuídos: 562 ha no Maranhão, 1.761 no Piauí, 14.656 no Ceará, 323 ha no Rio Grande do Norte, 7.517 na Paraíba, 30.000 em Pernambuco, 5.590 em Alagoas, 6.287 em Sergipe, 14.003 na Bahia e 5.784 ha em Minas Gerais, FAO (1982) e BRASIL. SUDENE (1980).

A nível mundial as áreas irrigadas foram incrementadas, significativamente, nos últimos 31 anos, passando de 100 milhões de ha em 1950 para 212 milhões de ha em 1981. Estima-se que até o ano 2000, serão incrementados mais 100 milhões de ha, perfazendo um total de 312 milhões nos últimos três séculos, FAO (1954-1982), STERN (1980), e VILLEGAS (1984), Figura 1.

No Brasil as áreas irrigadas foram incrementadas, mais recentemente, haja visto que se tinha 1500 hectares em 1920, em 1970 existiam 550 mil hectares sob irrigação e, em 1978, 825 mil hectares, já em 1981 este incremento foi bem mais significativo, uma vez que conseguiu-se 1.1 milhões de hectares irrigados, segundo a média de diversas fontes, tais como: EMBRAPA (1984), VILLEGAS (1984), BRASIL (1982-1983) e FAO (1982). Figura 2.

Estima-se que este incremento será bem mais significativo na próxima década,

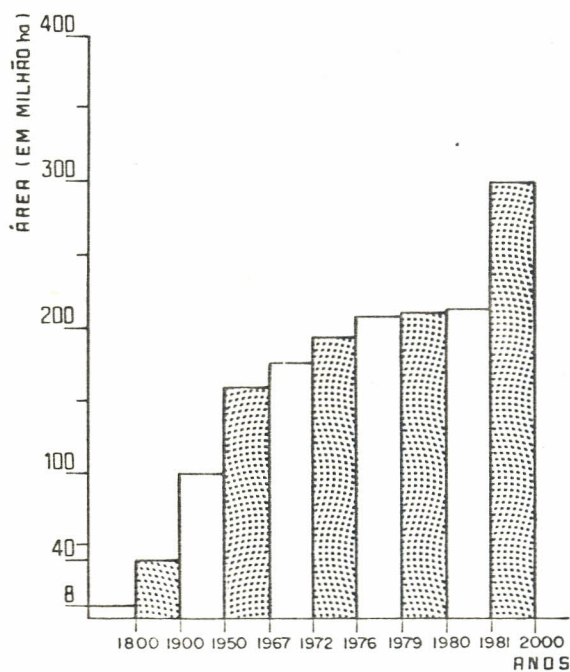


FIG 1. Incremento das áreas irrigadas a nível mundial no tempo. (fonte: United Nations (1977), Stern (1980) & FAO (1982).

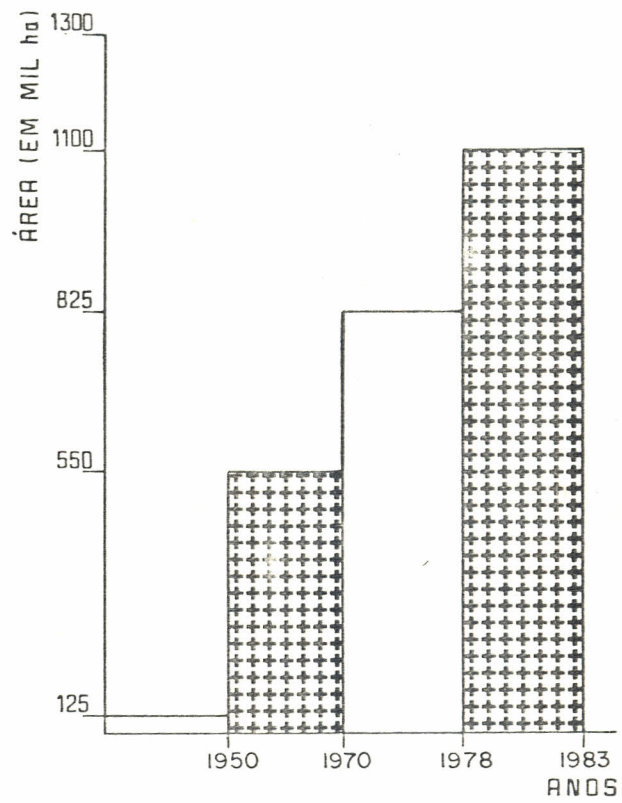


FIG 2. Incremento das áreas irrigadas no Brasil no tempo. (Fonte: EMBRAPA-1984).

face ao interesse do produtor rural, sob a importância do uso intensivo da tecnologia.

Já no Nordeste a irrigação começou, praticamente, na década de 50. Até 1977, foram implantados 72.563 ha e atualmente, são irrigados ao redor de 140 mil ha, BRASIL. SUDENE (1980) e BRASIL (1984). Nesta região o potencial irrigável é estimado em 4 milhões de ha, compreendendo as sub-bacias dos afluentes do Parnaíba com 600 mil ha, no Estado do Piauí; a região do Jaguaribe, Piranhas, Apodi e bacias adjacentes, na área de influência da "Transposição" com 1.4 milhões, e cerca de 2.0 milhões de ha correspondendo a bacia do São Francisco, Brasil (1983).

Face às características agroecológicas e sócio-econômicas e as dimensões do Semi-Árido brasileiro, correspondendo a 75% da área do Nordeste e 13% do país, suas necessidades básicas são muito mais complexas, como o acesso à terra ao crédito e à assistência técnica, etc. Entretanto acredita-se que no campo dos recursos hídricos, existe dois pontos estratégicos de atuação fundamentais para se conseguir melhorar a qualidade de vida de 24 milhões de pessoas na região. O primeiro fundamentado na utilização racional dos Recursos Hídricos Perenes (Grande Irrigação), e o segundo estruturado principalmente na captação, conservação e uso otimizado da água de chuva, precipitada anualmente, isto é, através do Aproveitamento dos Recursos Hídricos Escassos (Pequena Irrigação), SILVA et al. (1984).

No caso específico do "I ENCONTRO PARA O APROVEITAMENTO DE RECURSOS HIDRICOS NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO" este trabalho objetiva apresentar alguma contribuição para cada vez mais se firmar os alicerces da Pequena Irrigação, descrevendo e analisando as tecnologias de baixo custo, adaptadas à região com este fim, nos últimos oito anos.

Subsídios a uma política de aproveitamento dos recursos hídricos perenes (Grande Irrigação-GIRR) e escassos (Pequena Irrigação-PIRR) para fins de irrigação no Semi-Arido brasileiro.

Grande Irrigação-GIRR -- Seria caracterizada pela necessidade de recursos técnicos e materiais de primeira ordem, para fins de Projeto, Construção e Manejo.

Infraestrutura hidroagrícola moderna, capaz de integrar todas as fases do desenvolvimento agrícola, desde a produção, processamento e comercialização formando, prioritariamente, um Sistema Agroindustrial e Empresas Agrícolas, BRASIL. SUDENE (1980).

Necessidade de investimentos em infraestrutura para transformar um hectare de agricultura dependente de chuva em um hectare irrigado, estimado entre US\$ 3000 a US\$ 6000 por hectare, ao nível de propriedade rural e perímetro irrigado, respectivamente.

Uso de Tecnologias de "Ponta", representadas pela utilização de insumos modernos, visando atender às exigências dos grandes mercados consumidores, interno e externo.

Agricultura irrigada com preferência para produtos de elevada rentabilidade, objetivando suprir a demanda de produtos "tipo exportação", bem como a demanda da produção de sementes do Nordeste e do país.

Estruturas de captação e uso de água, provenientes de fontes permanentes (rios, lagos, poços, barragens e açudes), suficientes para atender por vários anos de secas, as diferentes categorias de demanda e de usuários para o abastecimento doméstico, agropecuário e agroindustriais, principalmente nas áreas rurais.

Exploração de áreas agricultáveis, através de perímetros irrigados ou de pequenas, médias e grandes propriedades agrícolas, sem limitação de recursos hídricos, nem edáficos, que permitissem a aplicação sistemática da água de irrigação,

durante todo o ano, visando a obtenção dos rendimentos máximos dos cultivos.

Os perímetros irrigados e as propriedades agrícolas já existentes ou a serem implementadas, dentro destas características fariam parte de uma política de "Aproveitamento dos recursos hídricos perenes", denominada de "Grande Irrigação-GIRR".

Pequena Irrigação-PIRR -- Teria como característica a maior necessidade de recursos técnicos ao nível intermediário para fins de Projeto, Construção e Manejo.

Infraestrutura hídrica capaz de permitir a "Convivência do Homem com a Seca", garantindo as necessidades anuais de água para fins humano, animal e vegetal, nessa ordem de prioridade, por gleba rural de forma individualizada.

Necessidade de investimentos em infraestrutura capaz de garantir por um ano a demanda de água para diferentes usos, estimados em US\$ 6000 por propriedade agrícola.

Uso intensivo de tecnologias tradicionais e adaptadas (apropriadas), contemplando as técnicas de captação, conservação e uso racional de água de chuva, precipitada anualmente.

Sendo os recursos hídricos limitantes na Pequena Irrigação, a exploração de cultivos irrigados dar-se-á somente durante alguns meses do ano, com ênfase a "Irrigação de Salvação" visando não comprometer a demanda de água para as demais atividades agropecuárias da propriedade. A agricultura, assim desenvolvida, associada à agricultura dependente de chuva, visa garantir, principalmente, a oferta dos principais produtos agrícolas da região, destacando-se a produção de alimentos básicos, de alguma matéria-prima de transformação industrial e abastecimento do mercado interno.

Os recursos hídricos por serem provenientes, na maioria das vezes, das chuvas que ocorrem a cada ano, são planejados para cada caso específico, combinando-os com as outras atividades desenvolvidas na propriedade, levando-se em consideração

sua área, topografia, disponibilidade de água, fertilidade do solo, acesso ao crédito, ao mercado bem como os objetivos e necessidades do produtor.

Exploração de áreas agricultáveis em grande parte com limitação de recursos hídricos e/ou edáficos, que permitisse o uso da água de irrigação durante alguns meses do ano, visando a obtenção dos rendimentos máximos dos cultivos por unidade de água armazenada.

As propriedades rurais do Semi-Árido, representativas dessa situação, fariam parte da estratégia de "Aproveitamento dos Recursos Hídricos Escassos do Nordeste Semi-Árido, chamada de Pequena Irrigação - PIRR".

Grande ou Pequena Irrigação?

Face às características agroecológicas e sócio-econômicas e as dimensões do Nordeste, as estruturas hídricas de pequeno porte, componentes da "Pequena Irrigação", associadas e complementadas pelas grandes estruturas de captação, conservação e uso de água, elementos básicos da "Grande Irrigação", são imprescindíveis às zonas áridas e semi-áridas do Nordeste brasileiro por serem indissociáveis.

As grandes obras por serem permanentes, não sujeitas ao efeito das secas periódicas que assolam uma área ao redor de 1 milhão e 150 mil ² km, garantem o abastecimento das populações rurais, da irrigação, da agroindústria e dos animais em anos de seca prolongados, enquanto as pequenas infraestruturas de captação e conservação, a nível de propriedades agrícolas, permitem o abastecimento das famílias e dos animais anualmente, além da independência dessas glebas com relação aos recursos hídricos, possibilitando um planejamento agrícola em função da potencialidade da propriedade, e não do crédito, dos objetivos e da

necessidade do produtor, além de liberar a mão-de-obra familiar para atividades mais produtivas.

A Grande Irrigação pela sua rentabilidade é de suma importância para o país, pela geração significativa de divisas que poderá propiciar, á semelhança do que ocorre nos países mais desenvolvidos. Por outro lado, a Pequena Irrigação além de regularizar e incrementar á produtividade agrícola do setor rural, gerando milhões de empregos diretos e conseqüentemente melhorando a qualidade de vida de grande parte da população nordestina, também permitirá despertar no homem rural um interesse crescente pelo uso da irrigação, e criando nas gerações futuras uma tradição.

Há uma tendência natural nos agricultores que adotam a Pequena Irrigação em usar a tecnologia num nível intermediário, isto deve-se principalmente ao baixo nível econômico que possuem e a uma falta de cultura, relativa ao conhecimento da técnica em si. Todavia acredita-se que, através da capacitação e do uso contínuo desta, as áreas irrigadas ao nível das pequenas glebas rurais serão um laboratório permanente de preparação de mão-de-obra especializada a baixo custo, que a Grande Irrigação demandará, uma vez que, se pretende incrementar rapidamente as áreas irrigadas, ultrapassando dos seus 140 mil e 1.1 milhão de ha atualmente, para atingir sua meta potencial, estimada em 4 milhões de ha na região Nordeste e 50 milhões de ha no país, respectivamente, BRASL (1983).

ESTRATÉGIA DE UTILIZAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SISTEMAS
INTEGRADOS DE PRODUÇÃO - SIP

Apenas visando subsidiar os técnicos que labutam no desenvolvimento rural da região Nordeste, cita-se alguns pontos com relação a uma estratégia de utilização e conservação dos recursos hídricos ao nível de propriedades rurais, como também exemplifica-se parte de uma metodologia que vem sendo exercitada a nove anos. Entretanto antes serão levantadas algumas informações fundamentais à estruturação da estratégia.

Uma revisão exaustiva da estratégia de desenvolvimento da irrigação no Nordeste, permite identificar que esta sempre esteve vinculada a medidas de combate às secas, BRASIL, (1982), ALVARGONZALEZ (1981), BRASIL (1983-1984), PROJETO NORDESTINOS (1984), PROJETO NORDESTE (1984).

Segundo o PROJETO NORDESTE (1984) a estratégia de utilização dos recursos hídricos, dentre outros segmentos, a irrigação estaria dividida entre o setor público federal, estadual e de natureza privada, seguindo os seguintes princípios:

Irrigação Pública Federal - A área máxima a ser irrigada por família consistiria de 4.0ha, sendo prioritários aqueles integrantes aos perímetros irrigados com expressivas áreas a serem exploradas com colonização. Como também as áreas de perímetros públicos que já disponham de infraestrutura, parcialmente, implantadas.

Também estariam incluídas as áreas que margeiam os grandes açudes e calhas de rios perenes ou perenizados.

Irrigação Pública Estadual - Segundo o Projeto, as áreas de irrigação pública a cargo dos governos estaduais, estão situadas a montante e as margens dos grandes reservatórios de água e nas margens e ilhas dos rios perenes e perenizados, sendo dada ênfase no caso do Projeto a irrigação de forma comunitária.

Irrigação Privada - Nesta, o Projeto considerou dois modelos de utilização. O primeiro denominado de "irrigação contínua" (Exploração de duas culturas anuais) a ser implantadas nas áreas marginais aos grandes açudes e as calhas de rios perenes ou perenizados e o segundo modelo, denominado de temporal, que possibilitaria uma irrigação anual, em período após inverno, com água armazenada em pequenos açudes. A área média a ser irrigada por propriedade foi estimada em 1.44ha, a um custo médio de 1.710 dólares/ha, PROJETO NORDESTE (1984).

Por outro lado, BEZERRA (1981), propôs alguns modelos de aproveitamento agropecuário das propriedades agrícolas beneficiadas pelo Projeto Sertanejo, no intuito de oferecer subsídios a uma política agropecuária para o Semi-Arido Nordeste. Estes modelos tinham como principal objetivo, orientar a elaboração de projetos, com vistas à otimização dos investimentos e, em consequência a maximização dos resultados do Projeto na região.

O primeiro modelo visava satisfazer às necessidades de água para uso doméstico e dos animais (caprinocultura, ovinocultura, suinocultura, avicultura e apicultura). Destinado à propriedade com limitações edáficas, tinha sua estrutura hídrica, baseada na perfuração de um poço com vazão de um metro cúbico por hora. Neste modelo, as atividades pecuárias eram concentradas nos animais de médio porte.

No modelo, duas ênfases eram dadas à irrigação complementar (de salvação), através de pequenos reservatórios superficiais de terra (barreiros), visando assegurar a cultura de inverno. Os recursos hídricos necessários às outras atividades eram provenientes da construção de um poço tubular. Também neste modelo, orientava-se à criação de animais de médio porte, como ovinos e caprinos.

O modelo três dispunha de atividades similares ao modelo dois, sendo o barreiro substituído pela construção de uma "pequena barragem de terra".

O quarto modelo, segundo BEZERRA (1981), seria o de mais fácil implantação,

menos oneroso e de mais retorno. Isto porque os projetos de desenvolvimento rural eram voltados para aquelas propriedades que tinham acesso a uma fonte de água perene ou de rio perenizado, à semelhança do Coremas, Boqueirão de Piranhas-Açu, Curu, Banabuiu, Jaguaribe, Aracatiagu, Riacho do Sangue, Brumado, São Francisco e outros.

Este modelo era mais adequado para propriedades em torno de 400ha, com uma área irrigável até 5.0ha, associada a um plano de exploração de pecuária de leite e corte.

Os recursos hídricos necessários às atividades da propriedade agrícola no modelo cinco, eram provenientes da construção de uma barragem com capacidade para armazenar 500 mil metros cúbicos de água, suficientes para irrigar, no mínimo 5.0ha durante o ano, entretanto haveria necessidade que ocorresse chuvas no ano subsequente. Neste modelo seria implantada uma pecuária de corte, com uma tecnologia mais sofisticada que os modelos anteriores.

O modelo seis seria o mais complexo, todavia seria imprescindível ao Nordeste, devido a estrutura fundiária existente. A concepção foi estruturada na construção de um reservatório com capacidade para 3 milhões de metros cúbicos, com possibilidade de irrigar de 30 a 40 ha, de forma comunitária, atendendo entre 10 a 15 proprietários. Este modelo viabilizaria propriedades pequenas que, isoladamente não seriam economicamente exploradas, BEZERRA (1981).

Seguindo a mesma linha de raciocínio a EMBRAPA e EMBRATER (1982), elaborou uma Proposta de Ação "modular", hoje já implementada em alguns Estados nordestinos (SE, RN, BA e AL), denominada "CONVIVENCIA DO HOMEM COM A SECA - Implantação de sistemas de exploração de propriedades agrícolas para o Trópico Semi-Arido brasileiro".

O documento elaborado foi inspirado na problemática da seca do Nordeste, após uma revisão exaustiva do que ocorreu nos últimos quatro séculos e as medidas alternativas que foram tomadas para solucioná-la.

A proposta representa uma inovação, por que define de maneira clara, a necessidade de se atuar com os pequenos produtores rurais, levando-se em consideração o conjunto de explorações e atividades necessárias á sustentação da propriedade. Ao lado deste princípio, ao nível regional, visa a criação de uma infraestrutura hídrica de captação, armazenamento e manejo de água de chuva em cada estabelecimento com área inferior a 100ha, que permita ao homem nordestino conviver com as secas.

A estratégia de utilização dos recursos hídricos proposta pela EMBRAPA e EMBRATER (1982), consta dos seguintes princípios:

- . Tais recursos não devem ser considerados isoladamente mas integrados ao conjunto de todas atividades desenvolvidas pelos agricultores em cada propriedade, de forma individualizada.

- . O aproveitamento dos recursos hídricos na gleba rural compreende os processos de captação, armazenamento e uso uni-familiar ou no máximo de uso comunitário para pequenos grupos de produtores.

As formas de uso de água são indissociáveis para o consumo humano, animal e para irrigação, nesta ordem de prioridade.

Como a intervenção governamental leva em conta o grau em que esteja disponível os recursos hídricos, a nível de exploração agropecuária, a estratégia da EMBRAPA-EMBRATER (1982), consistiu em classificar, segundo as necessidades locais e regionais, a proposta em três tipos básicos:

- . Propriedades que dispõem de recursos hídricos,
- . Propriedades que deles dispõem, porém de forma escassa, e
- . Propriedades que não dispõem de recursos hídricos.

No primeiro caso as reservas hídricas disponíveis na propriedade são perenes. No segundo, são anuais e quando não dispõem de reservas hídricas, inclui-se neste estrato mesmo aquelas propriedades cujas fontes são apenas suficientes para seis

meses durante o ano.

A Estratégia

A estratégia consistiria em associar os diferentes pontos de vista com relação ao aproveitamento dos recursos hídricos para fins de irrigação no Nordeste brasileiro em duas grandes linhas de desenvolvimento bem específicas, sob a responsabilidade de quem couber. A primeira trataria do " APROVEITAMENTO DOS RECURSOS HIDRICOS PERENES", denominado de Grande Irrigação-GIRR, e a segunda se responsabilizaria pelo APROVEITAMENTO DOS RECURSOS HIDRICOS ESCASSOS, chamada de Pequena Irrigação-PIRR, cujas principais características já foram descritas no início deste trabalho, e se encontram resumidas na Tabela 1.

Assim posto, tanto o setor público federal e estadual como o privado fariam a Grande e Pequena Irrigação, indistintamente.

Nas Tabelas 2, 3 e 4 e as Figuras 1, 2 e 3 apresenta-se três exemplos concretos sobre o aproveitamento dos recursos hídricos, considerando-se os conceitos de "Grande e Pequena Irrigação", mencionados anteriormente, sem eliminar os demais segmentos da unidade de produção, tais como: produção, vegetal e animal.

Na Tabela 2 descreve-se os segmentos de um Sistema Integrado de Produção (SIP), com recursos hídricos perenes (Grande Irrigação), cuja fonte principal é um rio, conforme observa-se na Figura 1. Também quantifica-se a participação de cada segmento no SIP, em termos de porcentagem de utilização da terra.

A Tabela 3 expressa os segmentos reais de um Sistema Integrado de Produção, com os recursos hídricos escassos (Pequena Irrigação), que vem sendo acompanhado técnica e economicamente pela equipe do Sistema de Produção da EMBRAPA-CPATSA no município de Ouricuri-PE. Na Figura 2 mostra-se a planta planimétrica e a distribuição espacial dos diferentes segmentos ao nível da propriedade.

TABELA 1. Aproveitamento dos recursos hídricos para fins de irrigação no Nordeste brasileiro.

| PRINCIPAIS CARACTERISTICAS | IRRIGACAO | |
|-------------------------------|------------------|--------------------------|
| | GRANDE (GIRR) | PEQUENA (PIRR) |
| RECURSOS HIDRICOS | PERENES | ESCASSOS (anuais) |
| INFRAESTRUTURA HIDRICA | MODERNA | "CONVIVENCIA COM A SECA" |
| TECNOLOGIAS | DE PONTA | BAIXO CUSTO |
| AGRICULTURA | TIPO EXPORTACAO | DE SALVACAO |
| PRODUTIVIDADE | MAXIMA/AREA | MAXIMA/AGUA |
| USUARIOS | EMPRESARIOS | PEQ. PRODUTORES |
| INVESTIMENTO/HA | < ou = US\$ 6000 | - |
| INVESTIMENTO/PRIPRIEDADE | - | < ou = US\$ 7.500 |

Os recursos hídricos na Propriedade "Descanso", são suficientes apenas para atender a demanda de água por um ano, havendo necessidade que ocorram chuvas nos anos subsequentes, Tabela 3 e Figura 2. Enquanto na Tabela 4 e Figura 3, apresenta-se um exemplo de utilização de recursos hídricos escassos (Pequena Irrigação), para a propriedade Santana, cuja diferença com relação a' propriedade "descanso" e' que estes recursos são suficientes apenas para seis meses durante o ano.

Nas três propriedades apresentadas como exemplo, necessitam de tratamento diferenciado e requerem um projeto de desenvolvimento e função de suas potencialidades. Entretanto as duas propriedades com recursos hídricos escassos, são mais semelhantes com relação a seus problemas de ordem econômica e social, do

TABELA 2 - PROPRIEDADE AGRÍCOLA: Solidão
(Recursos hídricos perenes - Suficientes
para mais de cinco anos secos).

| S I P | Capacidade (m ³) | Área | |
|---|---------------------------------|------|-------|
| | | ha | % |
| Recursos hídricos | | | |
| . Cisterna | 100 | - | - |
| . Barreiro | 10.000 | - | - |
| . Rio perene | | | |
| Produção vegetal | | | |
| . Agricultura irrigada (Ir) | - | 5 | 3,7 |
| . Agricultura de sequeiro (As) | - | 32 | 23,7 |
| Produção animal | | | |
| . Pastagem artificial (Pa) | - | 30 | 22,3 |
| Silvo-pastoril | | | |
| . Vegetação nativa/Reflorestamento (Rf) | - | 65 | 48,0 |
| Sem exploração (Se) | - | 3 | 2,3 |
| Total | - | 135 | 100,0 |

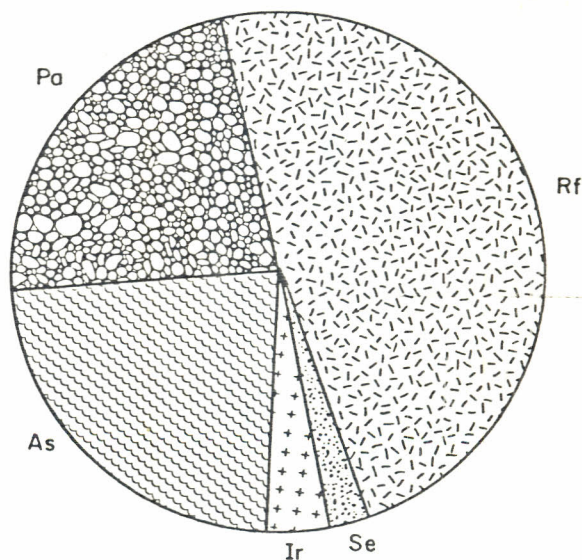


FIG 1. Segmentos de um Sistema Integrado de Produção (SIP)
com recursos hídricos perenes - Grande Irrigação-GIRR

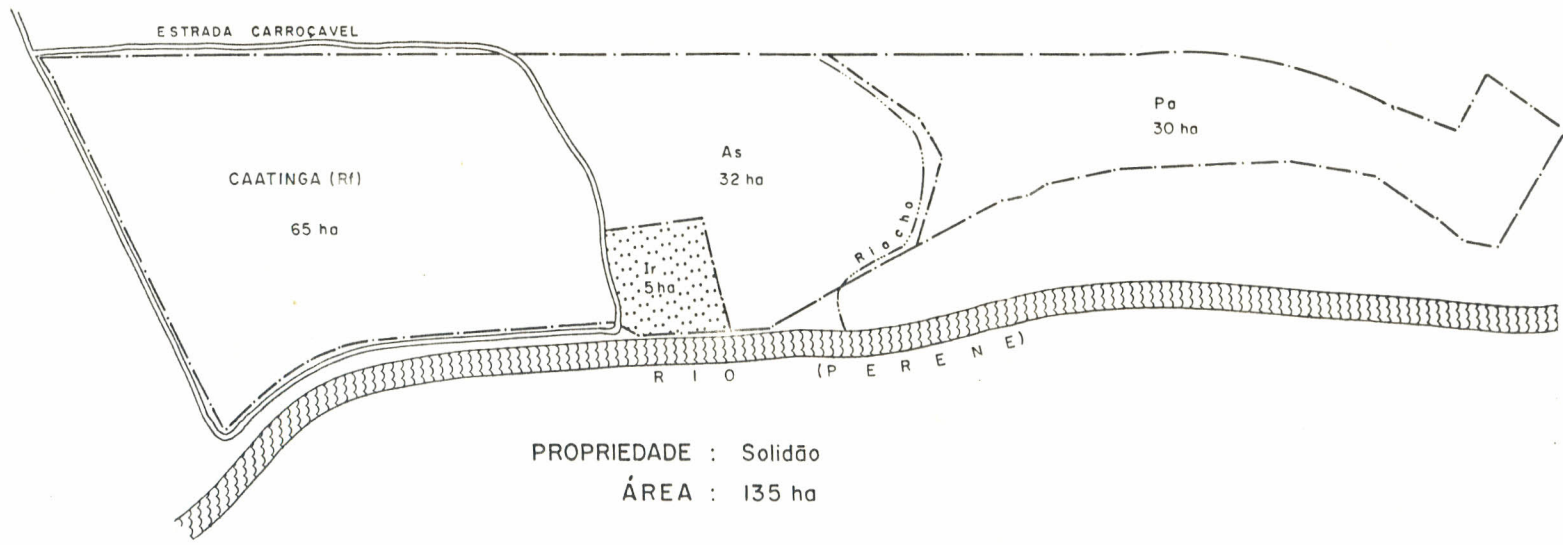


FIG 2. Planta planimétrica da propriedade "Solidão" com recursos hídricos perenes (suficientes para mais de cinco anos secos).

TABELA 3 - PROPRIEDADE AGRÍCOLA: Sítio Descanso
(Recursos hídricos escassos - Suficientes para um ano)

| S I P | Capacidade (m ³) | Área | |
|---|---------------------------------|-------|-------|
| | | ha | % |
| Recursos hídricos | | | |
| . Cisterna | 35 | - | - |
| . Açude | 39.787 | - | - |
| . Barreiro - 1 | 15.000 | - | - |
| . Barreiro - 2 | 500 | - | - |
| Produção vegetal | | | |
| . Irrigação de salvação (Ir) | - | 0,6 | 1,3 |
| . Agricultura de sequeiro (As) | - | 9,84 | 21,2 |
| Produção animal | | | |
| . Pastagem artificial (Pa) | - | 6,64 | 14,3 |
| Silvo-pastoril | | | |
| . Vegetação nativa/Reflorestamento (Rf) | - | 22,93 | 49,4 |
| Sem exploração (Se) | - | 6,40 | 13,8 |
| Total | 55.322 | 46,41 | 100,0 |

FONTE: PNP-033/EMBRAPA-CPATSA (1984) - Ouricuri-PE.

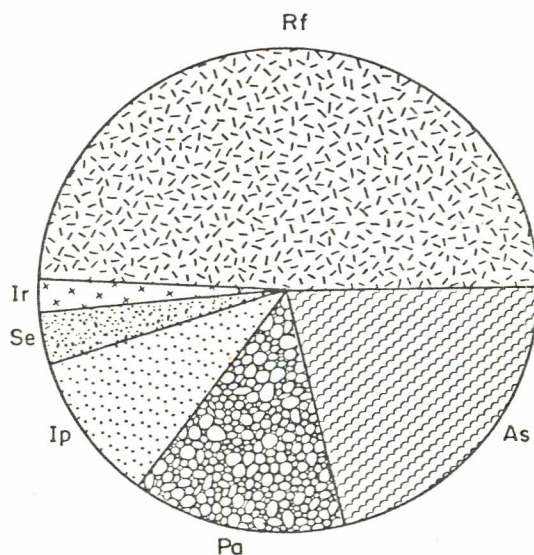
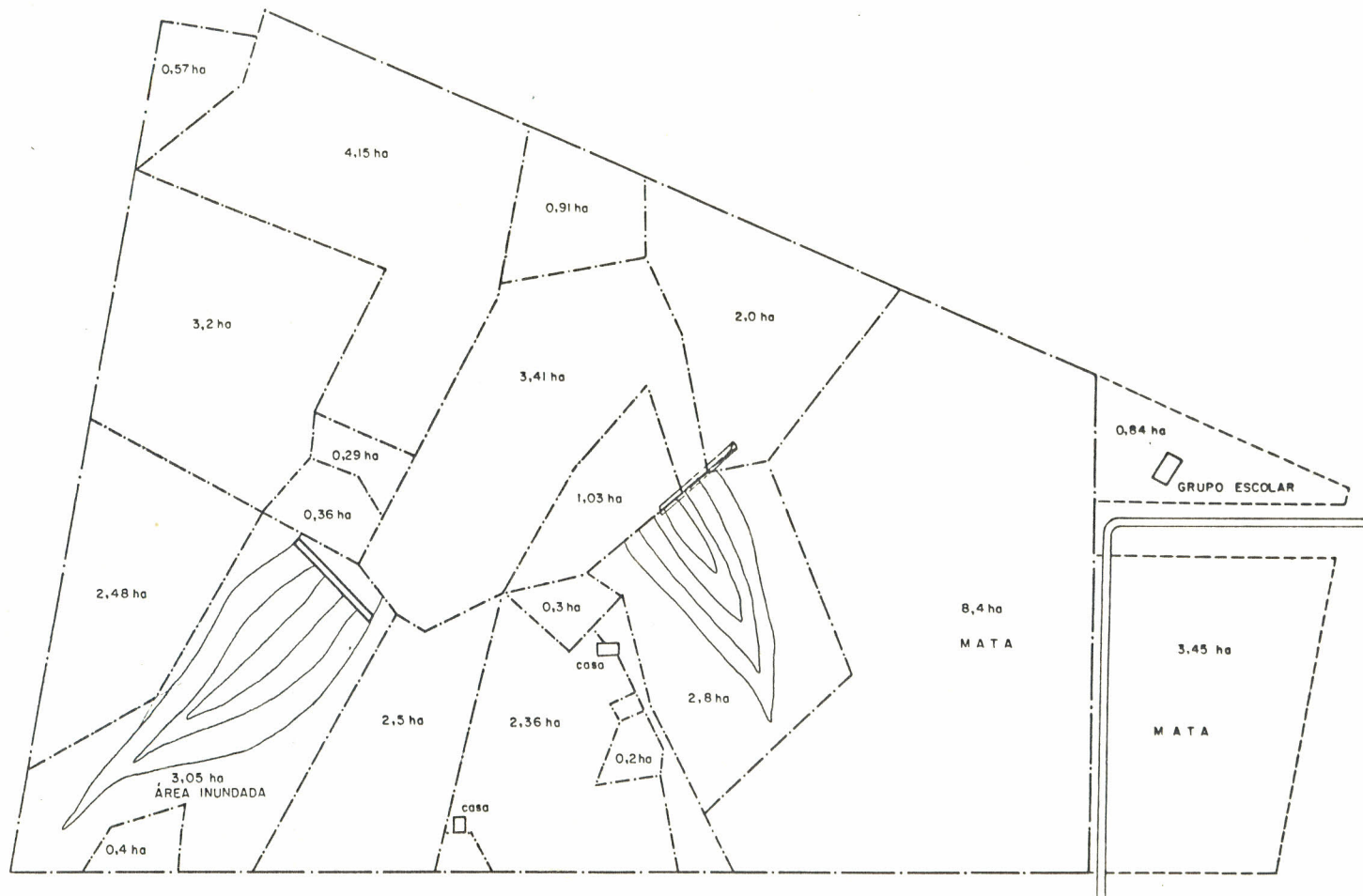


FIG 1. Segmentos reais de um Sistema Integrado de Produção (SIP) com recursos hídricos escassos - Pequena Irrigação - PIRR



PROPRIEDADE : Sítio Descanço

LOCAL : Bodocó - PE

ÁREA :

ESCALA GRÁFICA



FIG. 2. Planta planimétrica da propriedade "Descanço" com recursos hídricos escassos (suficientes para um ano)

TABELA 4 - PROPRIEDADE AGRÍCOLA: Santana
(Recursos hídricos escassos - Suficientes para seis meses)

| S I P | Capacidade (m ³) | Área | |
|---|---------------------------------|-------------|--------------|
| | | ha | % |
| Recursos hídricos | | | |
| . Cisterna | 50 | - | - |
| . Barreiro | 5.000 | - | - |
| Produção vegetal | | | |
| . Agricultura de sequeiro (As) | - | 19,0 | 50,5 |
| Produção animal | | | |
| . Pastagem artificial (Pa) | - | 1,7 | 4,5 |
| Silvo-pastoril | | | |
| . Vegetação nativa/Reflorestamento (Rf) | - | 8,1 | 21,5 |
| Sem exploração (Se) | - | 8,8 | 23,5 |
| Total | 5.050 | 37,6 | 100,0 |

FONTE: PNP-033/EMBRAPA-CPATSA (1984) - Ouricuri/PE.

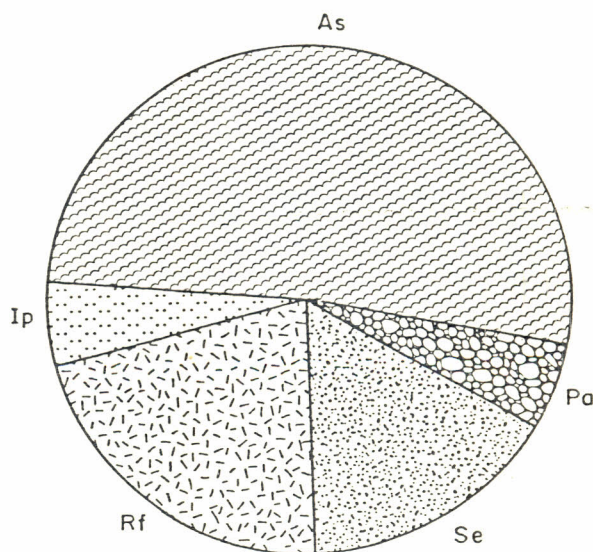


FIG 4. Segmentos reais de um Sistema Integrado de Produção (SIP) com recursos hídricos escassos - Pequena Irrigação - PIRR

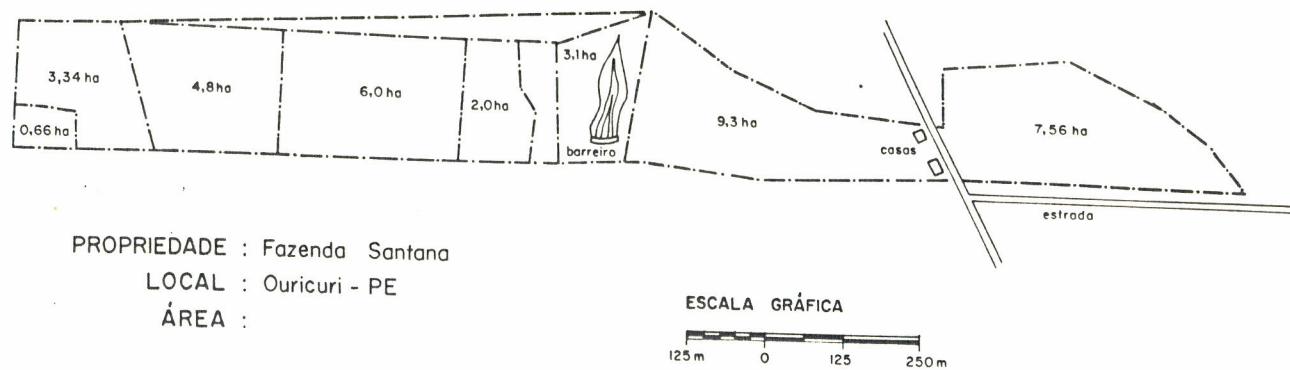


FIG 2. Planta planimétrica da propriedade "Santana" com recursos hídricos escassos (suficientes para seis meses).

que a propriedade que dispõe de recursos hídricos perenes.

A estratégia proposta consistiria em agrupar todas as glebas rurais existentes no Nordeste, à semelhança da propriedade "Solidão", do setor público ou privado, para efeito de planejamento e desenvolvimento agropecuário ao nível regional na "Grande Irrigação-GIRR", e os estabelecimentos ou propriedades rurais similares as propriedades Santana e Descanso na "Pequena Irrigação-PIRR".

A estratégia apresentada não se encontra em sua forma definitiva porém as linhas mestras que têm norteado o seu desenvolvimento foram mencionadas.

Segundo Souza, citado pela FUNDAÇÃO BAHIANA (1984), coube aos que trabalham no setor da pesquisa proporem novas ideias advindas de um acervo de informação convincentes aos líderes da administração, principalmente quando estas estão articuladas com o conhecimento das gerações mais antigas e que os resultados atuais só fazem confirmar. Seguindo-se a mesma conduta se oferece aos participantes do I ENCONTRO PARA O APROVEITAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO, alguns pontos para reflexão e assim devem ser entendidos, com o fim de apenas contribuir para o desenvolvimento da região seca do Nordeste brasileiro.

CISTERNA RURAL - SAES-CH

(Capítulo I)

R.L.

CISTERNA RURAL - SAES-CH

As regiões áridas e semi-áridas correspondem a 55% da parte terrestre do planeta com uma população de 628 milhões de pessoas. A escassez ou a falta de água potável para consumo humano é um dos problemas para a sobrevivência e melhoria da qualidade de vida de suas populações rurais, SILVA, et al (1984).

Segundo Saunders & Warford (1983), até 1970, em 91 países em desenvolvimento, apenas 68% da população urbana e 14% da rural tinham uma adequada disponibilidade de água potável.

No Brasil, o problema é mais intenso na região semi-árida, onde no meio rural encontram-se, geralmente, homens e animais partilhando a mesma fonte de água, comprometendo não só a qualidade da água para o consumo familiar como também agravando o problema da escassez, pela competição. Estima-se que nesta região mais de 20 milhões de pessoas, distribuídas em mil municípios, numa área equivalente a 115 milhões de hectares, são afetados pela falta de água potável, principalmente durante as secas prolongadas.

Há milênios, diferentes povos têm desenvolvido variadas técnicas de captação e armazenamento de água de chuva para o consumo familiar. Entre as alternativas em uso, uma das mais simples e eficientes é a cisterna.

No Brasil, a cisterna é conhecida como um tanque de alvenaria para armazenar a água de chuva que escoar dos telhados das casas e é canalizada através de calhas (Figura 1). Este tipo de cisterna, bastante difundido na zona urbana da região, não é muito utilizado na zona rural.

Em suas pesquisas a nível de propriedades rurais, o Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) observou que a pequena área do telhado da maior parte das casas limita a eficiência da cisterna. Nem sempre é possível captar o volume de água suficiente para o consumo total da família durante os

meses sem chuva.

Diante desse potencial, o CPATSA desenvolveu um sistema de captação e armazenamento de água de chuva que dispensa o telhado das casas como área de captação. No sistema, a área de captação é o próprio solo, onde a água escoar por gravidade para o tanque de armazenamento (Figura 2).

O Sistema de Aproveitamento de Água do Escoamento Superficial para Consumo Humano - SAES-CH garante água potável para a família no meio rural, mesmo naquelas regiões extremamente áridas.

A cisterna é formada basicamente por uma área de captação (Ac), um tanque para armazenamento de água (Ta) e sistema de filtragem (Sf).

Área de captação (Ac) - No modelo tradicional corresponde à cobertura das construções rurais. No modelo CPATSA, a Ac é o "próprio" solo, podendo ser protegido com uma gramínea ou coberto com diferentes materiais, tais como: tijolos ou pedras rejuntados, telhas ou com uma lona impermeabilizante.

Tanque de armazenamento (Ta) - No modelo tradicional é construído sobre o solo, semi-enterrado ou totalmente subterrâneo. No modelo CPATSA o Ta é subterrâneo, podendo ser de alvenaria com argamassa de cimento e areia ou confeccionado com lona impermeabilizante, tela de arame e argamassa de cimento e areia, ou simplesmente de lona plástica.

Sistema de filtragem (Sf) - O sistema de filtragem é composto de camadas de pedra (pedra britada ou seixo rolado), carvão vegetal, areia grossa e areia fina, superpostas nesta ordem de baixo para cima.

No modelo CPATSA, para garantir uma maior potabilidade da água para o consumo humano, pode-se construir dois filtros, um na parte externa ao tanque de armazenamento, na área de captação, e o outro dentro do Ta, de onde deverá ser coletada a água através, preferencialmente, de uma bomba manual.

Ac - ÁREA DE CAPTAÇÃO
 Sc - SISTEMA CONDUCTOR DE ÁGUA
 To - TANQUE DE ARMAZENAMENTO OU CISTERNA

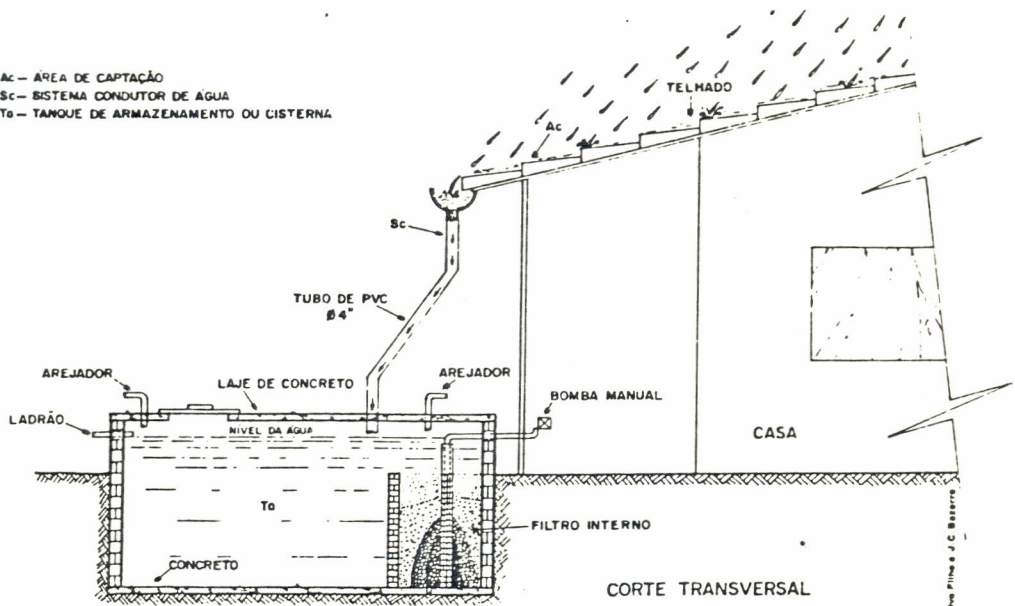


FIGURA 1 Modelo esquemático de uma cisterna de alvenaria com área de captação no telhado.

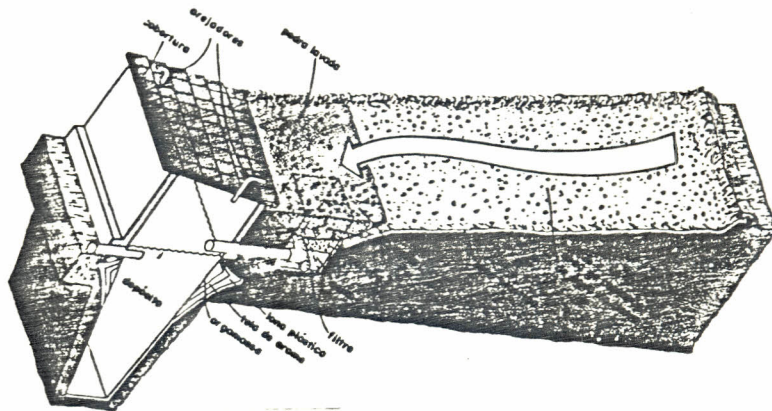


FIGURA 2 Modelo esquemático de uma cisterna modelo CPATSA com área de captação no próprio solo.

Fatores que influenciam no dimensionamento de cisternas rurais

Para o dimensionamento de cisternas rurais é necessário conhecer coeficientes que o influenciam direta ou indiretamente, como os dados de precipitação da região, número de pessoas da família ou comunidade, período de uso da água armazenada, etc., e essas informações são específicas para cada região, município, e até mesmo para cada família em particular.

Segundo Silva et al (1984), para o dimensionamento de cisternas rurais é necessário que se considere as perdas de água por evaporação ocorridas nas cisternas, principalmente aquelas cobertas com telhas de barro e que disponham de arejadores.

Estudos realizados pelos mesmos autores, nesse tipo de cisterna, comprovam que essa perda corresponde a uma lâmina média diária de 2.0mm.

Tanque de armazenamento - Estudo do comportamento dos parâmetros de dimensionamento para várias alternativas de cisternas rurais com a forma tronco-piramidal mostrou que:

a) para um mesmo volume a ser armazenado, mantendo-se fixa a largura da base maior, à medida que se incrementa a profundidade de escavação reduz-se as dimensões das bases, otimizando assim o volume de água evaporado;

b) para um mesmo volume a ser armazenado, mantendo-se fixa a altura de escavação, à medida que aumenta a largura da base maior, reduz-se o volume de água evaporado; e

c) para um mesmo volume a ser armazenado, quanto maior a profundidade de escavação e a largura da base maior, menor será o volume evaporado.

A otimização do volume total é observada na Figura 3, onde se verifica que para um volume útil (VU) de 50m³ e variando-se a profundidade de escavação de 1.31 a 2.31m, obtêm-se diferentes volumes totais (Vt), estimados em 68.2; 65.6; 64.2;

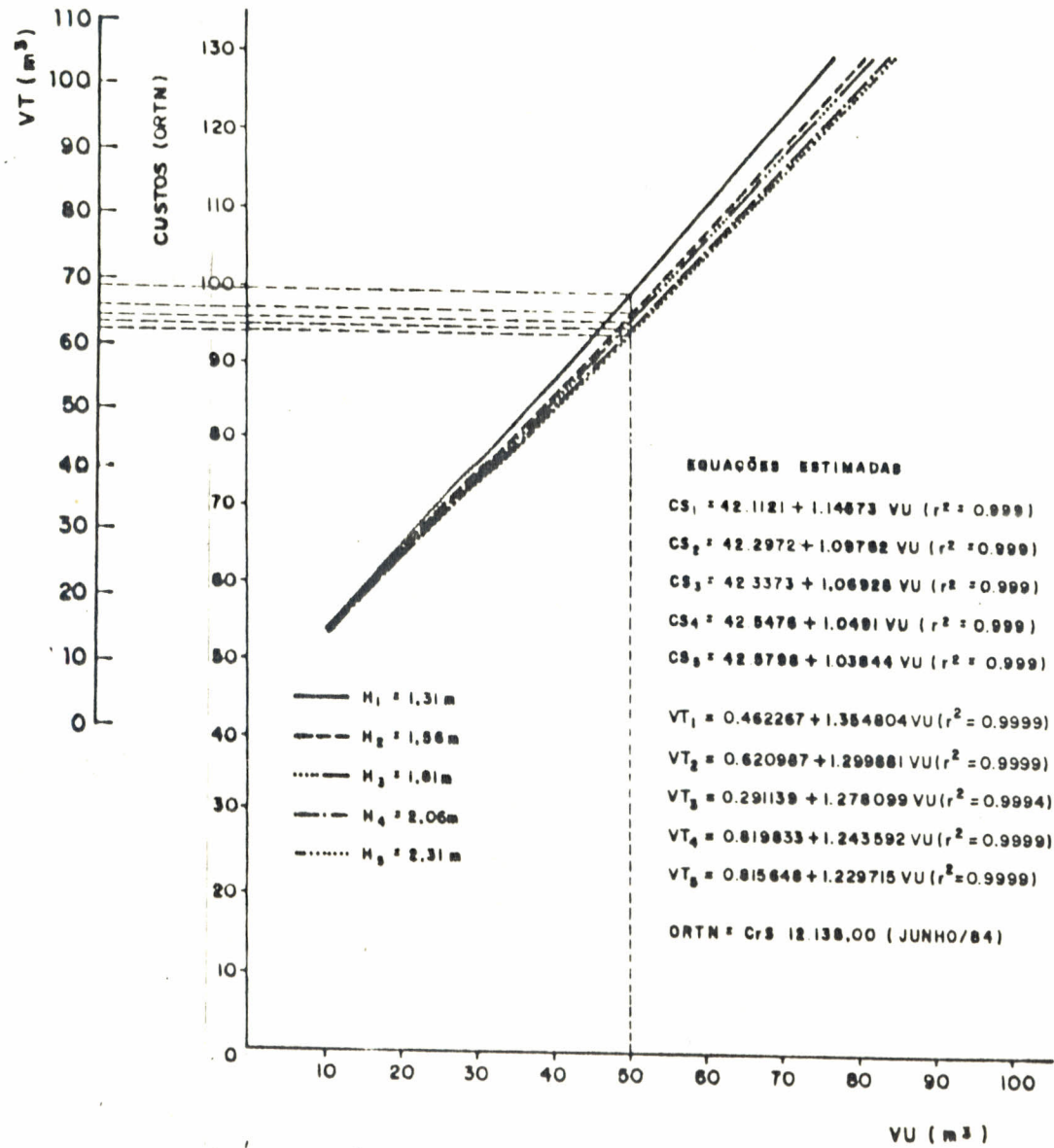


FIG 3. Custos de implantação (CS) e volumes totais (VT) de cisternas cobertas com telhas de barro e arejadores e volumes úteis (VU), com altura (H) variáveis e talude (T) constante.

3
63.0 e 62.3m, respectivamente. Sendo, portanto, a profundidade de escavação de 2.31m, com uma largura da base maior de 4.0m, a que mais otimiza os volumes totais em função das perdas durante o período de uso da água armazenada.

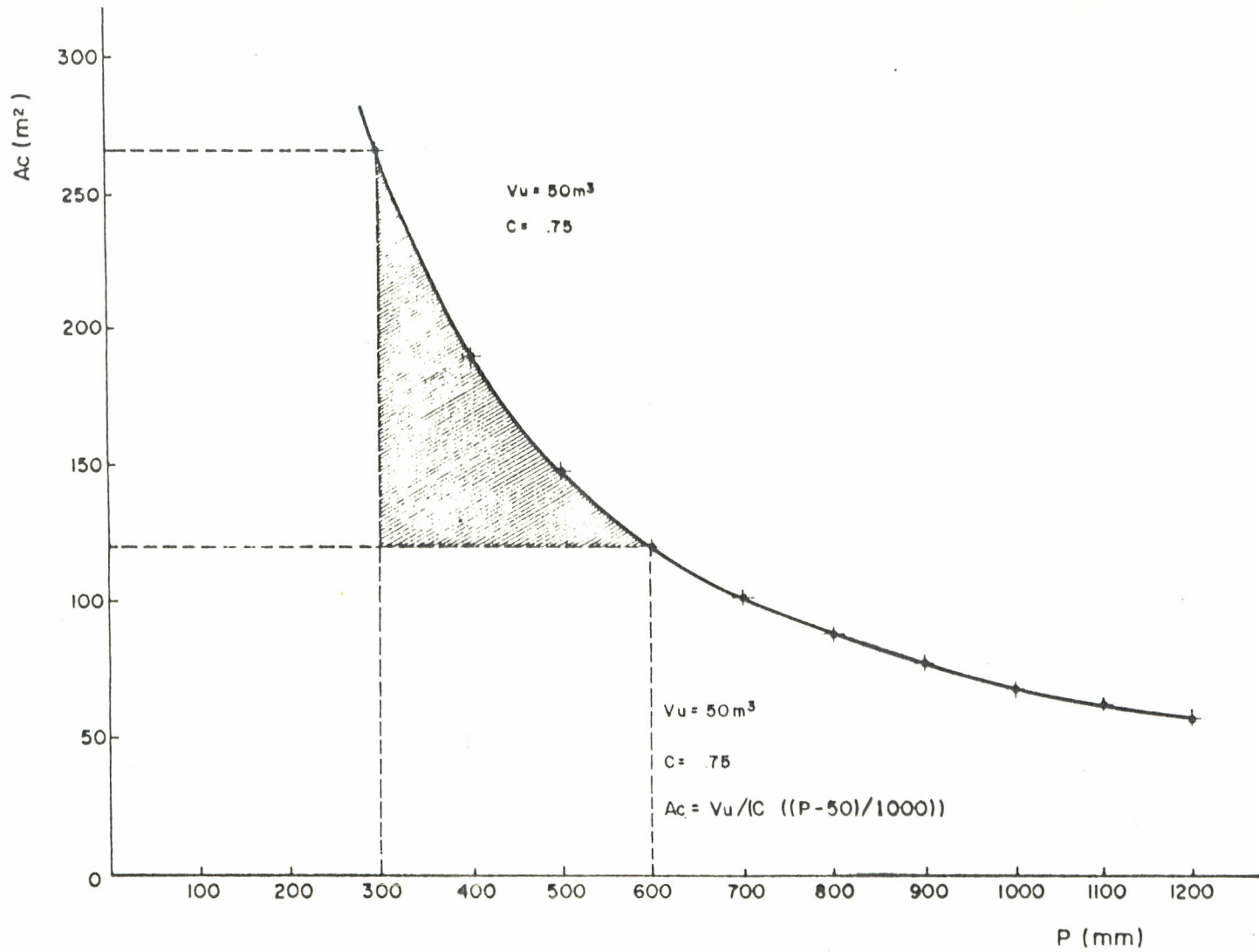
A otimização da altura H para um mesmo volume V_u , implica numa variação nos custos de implantação de uma cisterna, estimados de acordo com as equações CS1, CS2...CS5, da Figura 3.

3
Observa-se na Figura 3 que, para um mesmo volume útil de 50m³ e para os valores de H de 1.31; 1.56; 1.81; 2.06 e 2.31m obtêm-se os custos de 99.4; 97.2; 95.8; 94.8 e 94.5 ORTNs, respectivamente. A análise destes custos permite determinar uma redução nos investimentos em torno de 4.9 ORTNs por cada cisterna com capacidade para 50m³.

Extrapolando a redução dos custos para um "Programa Regional" á semelhança do "Projeto Nordeste" onde se estima a implantação de no mínimo 600 mil cisternas, significaria uma economia para a sociedade brasileira de 2.94 milhões de ORTNs, equivalendo a 35.7 bilhões de cruzeiros, a preço de junho de 1984.

Área de captação - A Figura 4 apresenta o dimensionamento da área de captação (Ac) de uma cisterna com capacidade para 50m³, em função do coeficiente de escoamento superficial (C) e para diferentes valores de precipitação (P). Quando na região não se dispuser do valor da precipitação a 50% de probabilidade de ocorrência, deve-se considerar o valor da precipitação média da região subtraindo-se 50mm.

Através da Figura 4 observa-se que para precipitações variando entre 300 a 600mm, as cisternas rurais requerem uma área de captação de 266.6 a 121.2m², respectivamente, enquanto que para valores de precipitações variando entre 600 a 900mm a Ac varia entre 121.2 a 78.4m². Conclui-se, então, que para regiões de baixas precipitações médias anuais há necessidade de uma Ac 70.6% maior do que para regiões com precipitações médias. Por este motivo essa tecnologia é mais viável para regiões áridas e semi-áridas, onde geralmente o telhado das casas



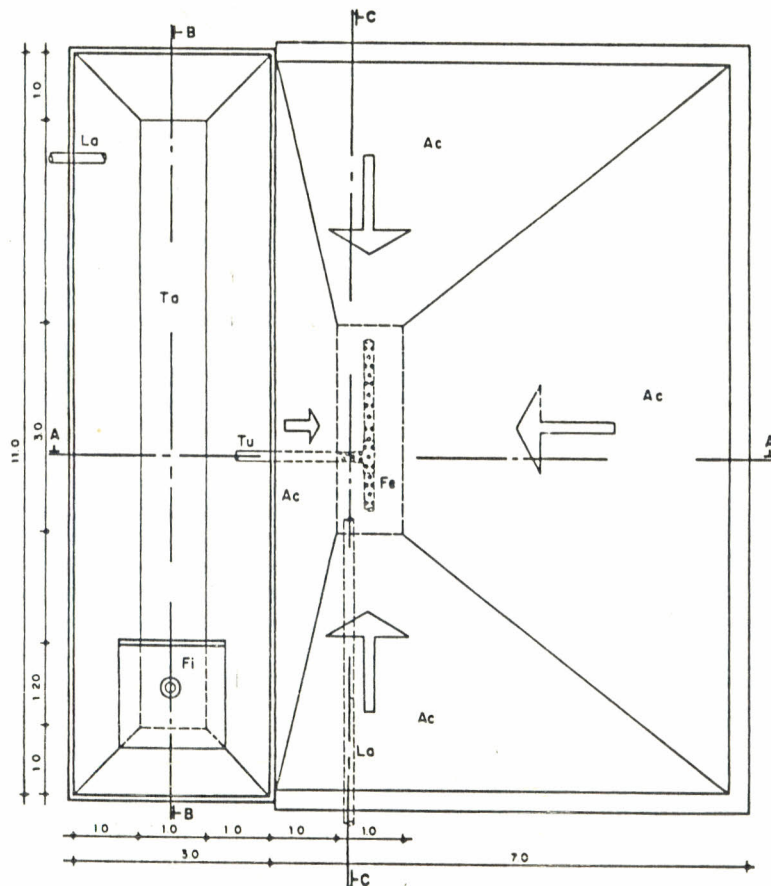
DES. PAULO PEREIRA/AGO/84

FIG 4. Dimensionamento de áreas de captação (A_c), em função de diferentes precipitações pluviométricas (P), Volume útil (V_u) e coeficiente de escoamento superficial (C) constantes.

rurais não é suficiente para captar o volume de água necessário à demanda da família durante o ano.

As dimensões das áreas de captação foram determinadas para um coeficiente de escoamento superficial (C) de 75%. Este valor corresponde a Ac revestida com lona plástica ou telhas de barro. Considerando, por exemplo, um revestimento com capim buffel ou solo compactado, esses valores variam consideravelmente.

A Figura 5 e as Tabelas de 1 a 6 mostram a planta baixa de uma cisterna com capacidade para 30m^3 , os coeficientes técnicos e os custos de implantação para várias alternativas de dimensionamento.



PLANTA BAIXA
Esc. 1 : 50

- C = Coeficiente de escoamento superficial = 0,70
- Pm = Precipitação média anual = 400 mm
- Ac = Área de captação
- Fe = Filtro externo
- Fi = Filtro interno
- Ta = Tanque de armazenamento ou CISTERNA
- Tu = Tubo PVC ϕ 4"
- La = Ladrão ou sangradouro

DES. J. C. BEZERRA

FIGURA 5. Planta baixa de cisterna rural com área de captação no próprio solo e capacidade para 30 m³.

TABELA 1. Custos de implantação de uma cisterna modelo CPATSA com capacidade para 30m³. Junho/84. Petrolina-Pe.

| DESCRIÇÃO | UNID | QUANT | VALOR(a) | |
|-----------------------------|----------------|-------|--------------|---------------|
| | | | ORTN | US\$ |
| Area de captação | | | | |
| Lona impermeável (8x8)m | m ² | 104 | 5.78 | 45.06 |
| Brita ou seixo rolado | m ³ | 1 | 0.25 | 1.93 |
| Mão-de-obra | H/D(b) | 2 | 0.49 | 3.85 |
| Filtro externo | | | | |
| Areia grossa | m ³ | 0.3 | 0.07 | 0.58 |
| Areia fina | m ³ | 0.3 | 0.07 | 0.58 |
| Brita ou seixo rolado | m ³ | 0.3 | 0.07 | 0.58 |
| Carvão vegetal | kg | 30 | 0.12 | 0.96 |
| Tubo de PVC de 4" de Ø | m | 12 | 2.64 | 20.52 |
| Mão-de-obra | H/D | 2 | 0.49 | 3.85 |
| Cisterna (Ta) | | | | |
| Escavação do tanque | H/D | 12 | 2.97 | 23.11 |
| Lona impermeável(8x15)m | m ² | 120 | 6.67 | 51.99 |
| Tela de arame, 3/4", fio 22 | m ² | 105 | 17.30 | 134.79 |
| Sika-2 | kg | 10 | 1.65 | 12.84 |
| Cimento | saco | 7 | 2.88 | 22.46 |
| Brita ou seixo rolado | m ³ | 0.5 | 0.12 | 0.96 |
| Areia grossa | m ³ | 1.3 | 0.32 | 2.50 |
| Bomba manual | uma | 1 | 7.90 | 61.55 |
| Mão-de-obra | H/D | 3 | 1.73 | 13.48 |
| Filtro interno | | | | |
| Tijolo | milh. | 0.25 | 0.25 | 1.93 |
| Cimento | saco | 0.5 | 0.20 | 1.60 |
| Areia grossa | m ³ | 0.3 | 0.07 | 0.58 |
| Areia fina | m ³ | 0.2 | 0.05 | 0.39 |
| Brita ou seixo rolado | m ³ | 0.2 | 0.05 | 0.39 |
| Carvão vegetal | kg | 20 | 0.08 | 0.64 |
| Mão-de-obra | H/D | 2 | 0.49 | 3.85 |
| Parede externa | | | | |
| Tijolo | milh. | 1.3 | 1.29 | 10.01 |
| Cimento | saco | 2.3 | 0.95 | 7.38 |
| Areia grossa | m ³ | 0.4 | 0.10 | 0.77 |
| Mão-de-obra | H/D | 3 | 1.73 | 13.48 |
| Cobertura | | | | |
| Caibros | m | 90 | 2.00 | 15.60 |
| Ripas | m | 90 | 0.96 | 7.51 |
| Telhas | milh. | 1.3 | 2.14 | 16.69 |
| Mão-de-obra | H/d | 3 | 0.74 | 5.78 |
| Protecao | | | | |
| Estacas | uma | 60 | 1.98 | 15.40 |
| Arame | m | 480 | 1.58 | 12.32 |
| Mão-de-obra | H/D | 2 | 0.49 | 3.85 |
| TOTAL | | | 66.67 | 519.76 |

(a) 1 ORTN = Cr\$ 20118 (novembro-84)

1 Dólar = Cr\$ 2814 (28.11.84)

(b) H/D = Homem/dia

TABELA 2. DIMENSIONAMENTO UNICO

DADOS DA REGIAO

MUNICIPIO -ICO-CEARA
ESTADO -CEARA

PRECIPITACAO MEDIA ANUAL DA REGIAO EM mm - P= 719

DADOS DA PROPRIEDADE

NUMERO DE PESSOAS OU ANIMAIS - N= 50
CONSUMO DIARIO P/ CABECA EM litros - S= 14
PERIODO DE USO DA CISTERNA EM dias - U= 300
COEF. ESCOAMENTO SUPERFICIAL DA AREA DE CAPTACAO - C= .75

PROFUNDIDADE DE ESCAVACAO (DEVIDO AS PERDAS TOTAIS DE AGUA)
H= 2.6 m

TALUDE
1.5 : 1

AREA DA BASE MAIOR
A1= 4 * 64.23 = 256.9 m²

AREA DA BASE MENOR
A2= .53 * 60.76 = 32.41 m²

CAPACIDADE UTIL DA CISTERNA
VU= 231 m³

CAPACIDADE TOTAL DA CISTERNA (DEVIDO AS PERDAS TOTAIS DE AGUA)
V= 329.81 m³

AREA DE CAPTACAO
AC= 64.23 * 10.23 = 657.32 m²

PERDAS TOTAIS DE AGUA
PTA= 60 cm

TABELA 3.

DIMENSIONAMENTOS ALTERNATIVOS

PERIODO DE USO DA CISTERNA EM dias-U= 300
 PERDAS TOTAIS DE AGUA EM cm-PTA= 60
 PROFUNDIDADE DE ESCAVACAO (DEVIDO AS PERDAS TOTAIS DE AGUA) EM m - H= 1.6
 TALUDE - 1.5 :1

| VOLUME UTIL VU(m3) | VOLUME TOTAL VT(m3) | BASE MAIOR A1(m2) | BASE MENOR A2(m2) | CUSTOS ORTN |
|-----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| 11.26 | 19.07 | 4 * 5.01 = 20.03 | 1.87 * 2.87 = 5.36 | 58 |
| 14.59 | 24.55 | 4 * 6.19 = 24.77 | 1.87 * 4.06 = 7.58 | 63 |
| 17.91 | 30.03 | 4 * 7.38 = 29.52 | 1.87 * 5.25 = 9.79 | 67 |
| 21.23 | 35.51 | 4 * 8.57 = 34.27 | 1.87 * 6.44 = 12.01 | 72 |
| 24.54 | 40.98 | 4 * 9.76 = 39.03 | 1.87 * 7.63 = 14.23 | 76 |
| 27.86 | 46.45 | 4 * 10.95 = 43.8 | 1.87 * 8.82 = 16.46 | 81 |
| 31.17 | 51.92 | 4 * 12.14 = 48.56 | 1.87 * 10.01 = 18.68 | 86 |
| 34.49 | 57.39 | 4 * 13.33 = 53.32 | 1.87 * 11.2 = 20.9 | 90 |
| 37.8 | 62.86 | 4 * 14.52 = 58.09 | 1.87 * 12.39 = 23.13 | 95 |
| 41.11 | 68.33 | 4 * 15.71 = 62.85 | 1.87 * 13.58 = 25.35 | 100 |
| 44.42 | 73.8 | 4 * 16.9 = 67.62 | 1.87 * 14.77 = 27.57 | 104 |
| 47.74 | 79.27 | 4 * 18.1 = 72.38 | 1.87 * 15.96 = 29.8 | 109 |
| 51.05 | 84.73 | 4 * 19.29 = 77.15 | 1.87 * 17.15 = 32.02 | 113 |
| 54.36 | 90.2 | 4 * 20.48 = 81.92 | 1.87 * 18.35 = 34.25 | 118 |
| 57.67 | 95.67 | 4 * 21.67 = 86.68 | 1.87 * 19.54 = 36.47 | 123 |
| 60.98 | 101.14 | 4 * 22.86 = 91.45 | 1.87 * 20.73 = 38.69 | 127 |
| 64.29 | 106.6 | 4 * 24.05 = 96.22 | 1.87 * 21.92 = 40.92 | 132 |

TABELA 4.

DIMENSIONAMENTOS ALTERNATIVOS

PERIODO DE USO DA CISTERNA EM dias-U= 300

PERDAS TOTAIS DE AGUA EM cm-PTA= 60

PROFUNDIDADE DE ESCAVACAO (DEVIDO AS PERDAS TOTAIS DE AGUA) EM m - H= 1.8

TALUDE - 1.5 :1

| VOLUME UTIL VU(m3) | VOLUME TOTAL VT(m3) | BASE MAIOR A1(m2) | BASE MENOR A2(m2) | CUSTOS ORTN |
|-----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| 12.54 | 20.35 | 4 * 5.08 = 20.31 | 1.6 * 2.68 = 4.28 | 59 |
| 16.37 | 26.34 | 4 * 6.29 = 25.16 | 1.6 * 3.89 = 6.22 | 64 |
| 20.19 | 32.32 | 4 * 7.51 = 30.03 | 1.6 * 5.11 = 8.17 | 69 |
| 24 | 38.29 | 4 * 8.72 = 34.9 | 1.6 * 6.32 = 10.12 | 74 |
| 27.81 | 44.25 | 4 * 9.94 = 39.77 | 1.6 * 7.54 = 12.07 | 79 |
| 31.62 | 50.21 | 4 * 11.16 = 44.65 | 1.6 * 8.76 = 14.02 | 84 |
| 35.42 | 56.17 | 4 * 12.38 = 49.53 | 1.6 * 9.98 = 15.97 | 89 |
| 39.23 | 62.13 | 4 * 13.6 = 54.41 | 1.6 * 11.2 = 17.92 | 94 |
| 43.03 | 68.09 | 4 * 14.82 = 59.29 | 1.6 * 12.42 = 19.87 | 99 |
| 46.83 | 74.05 | 4 * 16.04 = 64.17 | 1.6 * 13.64 = 21.83 | 104 |
| 50.63 | 80.01 | 4 * 17.26 = 69.05 | 1.6 * 14.86 = 23.78 | 109 |
| 54.43 | 85.97 | 4 * 18.48 = 73.93 | 1.6 * 16.08 = 25.73 | 114 |
| 58.24 | 91.92 | 4 * 19.7 = 78.81 | 1.6 * 17.3 = 27.68 | 119 |
| 62.04 | 97.88 | 4 * 20.92 = 83.69 | 1.6 * 18.52 = 29.64 | 124 |
| 65.84 | 103.84 | 4 * 22.14 = 88.57 | 1.6 * 19.74 = 31.59 | 129 |
| 69.64 | 109.79 | 4 * 23.36 = 93.46 | 1.6 * 20.96 = 33.54 | 135 |
| 73.44 | 115.75 | 4 * 24.58 = 98.34 | 1.6 * 22.18 = 35.5 | 140 |

TABELA 5. DIMENSIONAMENTOS ALTERNATIVOS

PERIODO DE USO DA CISTERNA EM dias-U= 300
 PERDAS TOTAIS DE AGUA EM cm-PTA= 60
 PROFUNDIDADE DE ESCAVACAO (DEVIDO AS PERDAS TOTAIS DE AGUA) EM m - H= 2
 TALUDE - 1.5 :1

| VOLUME UTIL VU(m3) | VOLUME TOTAL VT(m3) | BASE MAIOR A1(m2) | BASE MENOR A2(m2) | CUSTOS ORTN |
|-----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| 13.57 | 21.38 | 4 * 5.14 = 20.55 | 1.33 * 2.47 = 3.29 | 60 |
| 17.85 | 27.82 | 4 * 6.38 = 25.53 | 1.33 * 3.71 = 4.95 | 65 |
| 22.1 | 34.23 | 4 * 7.63 = 30.52 | 1.33 * 4.96 = 6.62 | 71 |
| 26.35 | 40.63 | 4 * 8.88 = 35.51 | 1.33 * 6.21 = 8.28 | 76 |
| 30.59 | 47.03 | 4 * 10.13 = 40.51 | 1.33 * 7.46 = 9.95 | 82 |
| 34.82 | 53.42 | 4 * 11.38 = 45.52 | 1.33 * 8.71 = 11.62 | 87 |
| 39.06 | 59.81 | 4 * 12.63 = 50.52 | 1.33 * 9.96 = 13.29 | 92 |
| 43.29 | 66.2 | 4 * 13.88 = 55.53 | 1.33 * 11.22 = 14.95 | 98 |
| 47.52 | 72.58 | 4 * 15.13 = 60.53 | 1.33 * 12.47 = 16.62 | 103 |
| 51.75 | 78.97 | 4 * 16.39 = 65.54 | 1.33 * 13.72 = 18.29 | 108 |
| 55.98 | 85.35 | 4 * 17.64 = 70.55 | 1.33 * 14.97 = 19.96 | 114 |
| 60.21 | 91.74 | 4 * 18.89 = 75.55 | 1.33 * 16.22 = 21.63 | 119 |
| 64.44 | 98.12 | 4 * 20.14 = 80.56 | 1.33 * 17.47 = 23.3 | 125 |
| 68.66 | 104.51 | 4 * 21.39 = 85.57 | 1.33 * 18.73 = 24.97 | 130 |
| 72.89 | 110.89 | 4 * 22.64 = 90.58 | 1.33 * 19.98 = 26.64 | 135 |
| 77.12 | 117.27 | 4 * 23.9 = 95.59 | 1.33 * 21.23 = 28.31 | 141 |
| 81.35 | 123.66 | 4 * 25.15 = 100.6 | 1.33 * 22.48 = 29.98 | 146 |

TABELA 6.

DIMENSIONAMENTOS ALTERNATIVOS

PERIODO DE USO DA CISTERNA EM dias-U= 300
 PERDAS TOTAIS DE AGUA EM cm-PTA= 60
 PROFUNDIDADE DE ESCAVACAO (DEVIDO AS PERDAS TOTAIS DE AGUA) EM m - H= 2.2
 TALUDE - 1.5 :1

| VOLUME UTIL VU(m3) | VOLUME TOTAL VT(m3) | BASE MAIOR A1(m2) | BASE MENOR A2(m2) | CUSTOS DRTN |
|-----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| 14.37 | 22.18 | 4 * 5.19 = 20.77 | 1.07 * 2.26 = 2.41 | 61 |
| 19.04 | 29.01 | 4 * 6.47 = 25.89 | 1.07 * 3.54 = 3.78 | 66 |
| 23.67 | 35.79 | 4 * 7.76 = 31.03 | 1.07 * 4.82 = 5.15 | 72 |
| 28.28 | 42.57 | 4 * 9.04 = 36.17 | 1.07 * 6.11 = 6.52 | 78 |
| 32.89 | 49.33 | 4 * 10.33 = 41.32 | 1.07 * 7.4 = 7.89 | 83 |
| 37.49 | 56.09 | 4 * 11.62 = 46.47 | 1.07 * 8.68 = 9.26 | 89 |
| 42.09 | 62.84 | 4 * 12.91 = 51.62 | 1.07 * 9.97 = 10.64 | 95 |
| 46.69 | 69.59 | 4 * 14.19 = 56.78 | 1.07 * 11.26 = 12.01 | 101 |
| 51.28 | 76.34 | 4 * 15.48 = 61.93 | 1.07 * 12.55 = 13.39 | 106 |
| 55.87 | 83.09 | 4 * 16.77 = 67.08 | 1.07 * 13.84 = 14.76 | 112 |
| 60.46 | 89.84 | 4 * 18.06 = 72.24 | 1.07 * 15.13 = 16.13 | 118 |
| 65.06 | 96.59 | 4 * 19.35 = 77.39 | 1.07 * 16.41 = 17.51 | 123 |
| 69.65 | 103.33 | 4 * 20.64 = 82.54 | 1.07 * 17.7 = 18.88 | 129 |
| 74.24 | 110.08 | 4 * 21.92 = 87.7 | 1.07 * 18.99 = 20.26 | 135 |
| 78.82 | 116.82 | 4 * 23.21 = 92.85 | 1.07 * 20.28 = 21.63 | 140 |
| 83.41 | 123.57 | 4 * 24.5 = 98.01 | 1.07 * 21.57 = 23.01 | 146 |
| 88 | 130.31 | 4 * 25.79 = 103.16 | 1.07 * 22.86 = 24.38 | 152 |

PEQUENOS RESERVATÓRIOS SUPERFICIAIS
BARREIRO - SAES-CV

(Capítulo II)

BARREIRO - SAES-CV

Nas zonas áridas e semi-áridas brasileira, praticamente em cada dez anos três são considerados normais para a atividade agrícola, Duque (1984) e Porto, et al (1983).

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 infraestrutura hídrica capaz de permitir a "Convivência do homem com a Seca".

Entre as tecnologias descritas que já vêm apresentando resultados confiáveis, após oito anos de estudos em diferentes pontos do Nordeste, a nível de pequenas propriedades agrícolas é o Sistema de Aproveitamento de Água do Escoamento Superficial - SAES, através da utilização de pequenos reservatórios de terra, conhecidos comumente como "barreiros", para uso com "irrigação de salvação".

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.

No Nordeste existe uma grande quantidade destes pequenos reservatórios 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 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 de estiagem, através de "irrigações de salvação", SILVA, et al (1981).

O barreiro - SAES-CV é uma pequena barragem de terra composto de três

elementos básicos: Área de captação (Ac), Tanque de armazenamento (Ta) e Área de plantio (Ap), como mostram as Figuras 1 e 2.

Área de captação (Ac) - É uma microbacia hidrográfica destinada a coletar a água de chuva proveniente do escoamento superficial e através de drenos coletores naturais ou artificiais, que funcionam como divisores de água, direcioná-la para o tanque de armazenamento.

Tanque de armazenamento (Ta) - É um reservatório de terra, de forma semi-circular, destinado a armazenar a água de chuva captada na Ac.

Área de plantio (Ap) - É a área destinada à exploração dos cultivos, principalmente alimentares, através do uso de irrigação de salvação. Estas irrigações são aplicadas durante o período crítico das culturas, por ocasião das estiagens prolongadas, (é um fator normal no TSA períodos de 20 a 30 dias sem chuvas).

Nas Figuras 1 e 2 se observam as principais modificações realizadas no sistema SAES-CV, que são: 1) Introdução de uma parede divisória, que divide o reservatório em dois compartimentos iguais; 2) Instalação dos diques divisores de água, com acesso apenas a um compartimento; e 3) Instalação do tubo condutor de água, com acesso a utilização da água armazenada nos dois compartimentos. Estas modificações têm conseguido reduzir as PTA e aumentar a eficiência de uso da água armazenada em torno de 50%, sem custos adicionais para a tecnologia.

Fatores que influenciam o dimensionamento do sistema SAES-CV

O dimensionamento do sistema SAES-CV é feito na sequência inversa dos elementos básicos ora descritos, ou seja, primeiro dimensiona-se a área de plantio (Ap), o tanque de armazenamento (Ta) e por último a área de captação (Ac).

Área de plantio (Ap) - É função das necessidades básicas de alimentação da família, podendo ser planejada para a produção de culturas de expressão econômica

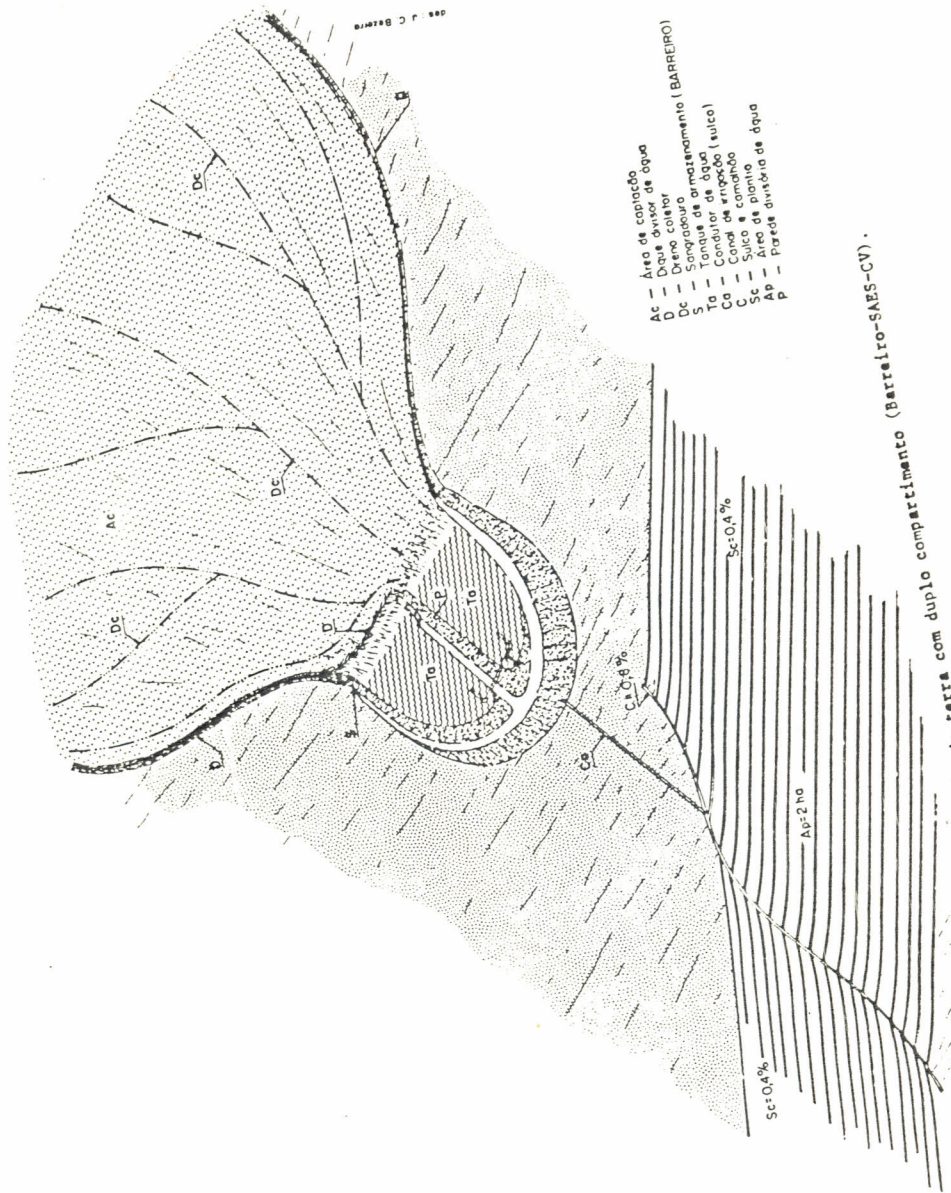


FIG. 1. Reservatório de terra com duplo compartimento (Barragem-SAES-CV).

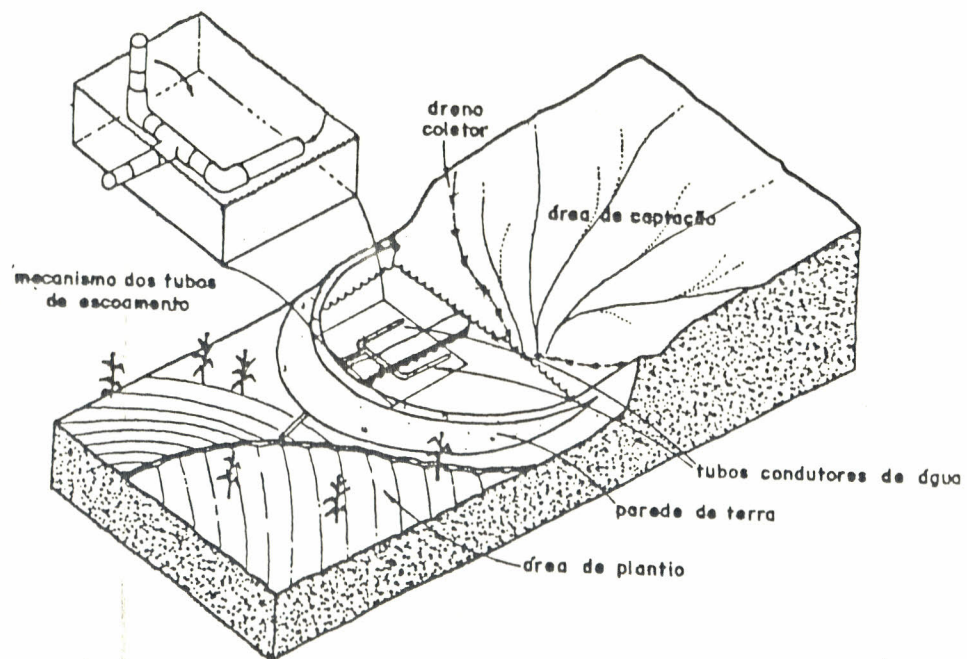


FIG. 2 - Modelo esquemático de um reservatório de terra (Barreiro-SAES-CV) e seus elementos básicos.

e para fins de comercialização.

tanque de armazenamento (Ta) - O Ta é dimensionado em função das necessidades de água das culturas a serem exploradas na Ap, e das perdas totais de água (PTA), por evaporação e infiltração, ocorridas durante o período em que a água ficará armazenada no reservatório; esse período pode ser considerado como o do ciclo da cultura com uma margem de segurança de 30 dias.

Área de captação - O dimensionamento da Ac depende do volume total de água a armazenar; da eficiência do escoamento superficial, que varia com o tipo de cobertura da área e com a pendente do terreno; e da precipitação pluviométrica média anual da região.

Risco climático e época de plantio - Nas Tabelas 1 e 2 encontram-se a probabilidade de resultado aceitável (PRA); máximo índice médio de rendimento (MIMR); máximo déficit médio de água (MDMA) e as épocas de plantio para as culturas do feijão, caupi, milho, e sorgo, para alguns municípios do Nordeste.

Os dados da cultura do feijão já se encontram publicados e das demais se encontram no prelo.

Segundo Porto, et al (1983), os valores do MIMR e do MDMA, em milímetros, para a referida época de plantio, podem ser utilizados para elaboração de projetos agrícolas, onde se contemple o sistema SAES-CV, visando estabilizar e/ou aumentar o rendimento da cultura. O mesmo autor afirma que, em geral a época de plantio é um fator de extrema importância para o sucesso da cultura, principalmente em áreas dependentes de chuva. E que os resultados apresentados na Tabela 1, permitem a tomada de decisão com maior perspectiva de êxito, quando comparada com uma situação de incerteza.

Analisando-se estes resultados e diante da heterogeneidade de situações agroecológicas e sócio-econômicas do Trópico Semi-Arido (TSA) brasileiro, essa região merece um planejamento agrícola diferenciado, bem como ajuste e validação

TABELA 1. Probabilidade de resultado aceitável (PRA), máximo índice médio de rendimento (MIMR) e máximo déficit médio de água durante o ciclo das culturas de feijão, caupi, milho e sorgo em tres municípios do Estado do Piauí.

| MUNICIPIOS | Pm (mm) | ETP (mm) | FEIJAO | | | CAUPI | | | MILHO | | | SORGO | | |
|------------------|------------|-------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|
| | | | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) |
| Jaicós | 669 | 1882 | 70 | 0.64 | 38 | 80 | 0.69 | 28 | 70 | 0.60 | 69 | 90 | 0.80 | 44 |
| S.R.Nonato | 666 | 2044 | 30 | 0.39 | 100 | 40 | 0.43 | 67 | 20 | 0.31 | 153 | 40 | 0.45 | 124 |
| Valença do Piauí | 909 | 1923 | 90 | 0.80 | 22 | 90 | 0.83 | 20 | 90 | 0.76 | 39 | 90 | 0.86 | 28 |

PORTO *et al.* (1983).

Pm - precipitação média anual

ETP - evapotranspiração média anual, Hargreaves (1974)

TABELA 2. Época de plantio para as culturas de feijão, caupi, milho e sorgo em tres municípios do Estado do Piauí.

| MUNICIPIOS | Pm (mm) | FEIJAO | | CAUPI | | MILHO | | SORGO | |
|------------------|------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|
| | | Época de plantio | ETP (mm) | Época de plantio | ETP (mm) | Época de plantio | ETP (mm) | Época de plantio | ETP (mm) |
| Jaicós | 669 | 16jan-14fev | 141 | 06jan-24fev | 141 | 07 dez-15jan | 170 | 12dez-31dez | 170 |
| S.R.Nonato | 666 | 21jan-30jan | 195 | 21jan-30jan | 195 | 12 dez-25jan | 209 | 22 dez-30jan | 209 |
| Valença do Piauí | 909 | 11jan-25jan | 172 | 01jan-04fev | 172 | 17 dez-26dez | 190 | 01jan-04fev | 172 |

PORTO, *et al.* (1983)

Pm = precipitação média anual

Época de plantio com maior probabilidade de resultado aceitável

ETP = evapotranspiração potencial correspondendo ao primeiro mês de plantio, Hargreaves (1974).

TABELA 1. Probabilidade de resultado aceitável (PRA), máximo índice médio de rendimento (MIMR) e máximo déficit médio de água durante o ciclo das culturas de feijão, caupi, milho e sorgo em um município do Estado do Ceará

| MUNICIPIOS | Pm (mm) | ETP (mm) | FEIJAO | | | CAUPI | | | MILHO | | | SORGO | | |
|------------|------------|-------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|
| | | | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) |
| Icó | 719 | 2020 | 70 | 0.64 | 44 | 80 | 0.70 | 26 | 70 | 0.58 | 74 | 80 | 0.71 | 48 |

PORTO et al. (1983).

Pm - precipitação média anual

ETP - evapotranspiração média anual, Hargreaves (1974)

TABELA 2. Época de plantio para as culturas de feijão, caupi, milho e sorgo em um município do Estado do Ceará.

| MUNICIPIOS | Pm (mm) | FEIJAO | | CAUPI | | MILHO | | SORGO | |
|------------|------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|
| | | Época de plantio | ETP (mm) | Época de plantio | ETP (mm) | Época de plantio | ETP (mm) | Época de plantio | ETP (mm) |
| Icó | 719 | 10fev-16mar | 160 | 15fev-21mar | 160 | 16jan-20jan | 204 | 05fev-01mar | 160 |

PORTO, et al. (1983)

Pm = precipitação média anual

Época de plantio com maior probabilidade de resultado aceitável

ETP = evapotranspiração potencial correspondendo ao primeiro mês de plantio, Hargreaves (1974).

TABELA 1. Probabilidade de resultado aceitável (PRA), máximo Índice médio de rendimento (MIMR) e máximo déficit médio de água durante o ciclo das culturas de feijão, caupi, milho e sorgo em tres municípios do Estado do Rio Grande do Norte.

| MUNICIPIOS | Pm (mm) | ETP (mm) | FEIJAO | | | CAUPI | | | MILHO | | | SORGO | | |
|------------|------------|-------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|
| | | | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) |
| Caicó | 630 | 1812 | 70 | 0.58 | 44 | 70 | 0.65 | 31 | 60 | 0.52 | 80 | 70 | 0.65 | 62 |
| Mossoró | 619 | 1783 | 70 | 0.60 | 46 | 70 | 0.64 | 31 | 60 | 0.50 | 81 | 60 | 0.64 | 70 |

PORTO et al. (1983).

Pm - precipitação média anual

ETP - evapotranspiração média anual, Hargreaves (1974)

TABELA 2. Epoca de plantio para as culturas de feijão, caupi, milho e sorgo em tres municípios do Estado do Rio Grande do Norte.

| MUNICIPIOS | Pm (mm) | FEIJAO | | CAUPI | | MILHO | | SORGO | |
|------------|------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|
| | | Epoca de plantio | ETP (mm) | Epoca de plantio | ETP (mm) | Epoca de plantio | ETP (mm) | Epoca de plantio | ETP (mm) |
| Caicó | 630 | 25fev-01mar | 155 | 20fev-21mar | 155 | 26jan-04fev | 178 | 05fev-06mar | 155 |
| Mossoró | 619 | 17mar-21mar | 160 | 07mar-21mar | 160 | 10fev-14fev | 158 | 15fev-21mar | 158 |

PORTO, et al. (1983)

Pm = precipitação média anual

Epoca de plantio com maior probabilidade de resultado aceitável

ETP = evapotranspiração potencial correspondendo ao primeiro mês de plantio, Hargreaves (1974).

TABELA 1. Probabilidade de resultado aceitável (PRA), máximo índice médio de rendimento (MIMR) e máximo déficit médio de água durante o ciclo das culturas de feijão, caupi, milho e sorgo em quatro municípios do Estado da Paraíba.

| MUNICIPIOS | Pm (mm) | ETP (mm) | FEIJAO | | | CAUPI | | | MILHO | | | SORGO | | |
|-------------|------------|-------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|
| | | | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) |
| Picuí | 324 | 1811 | 20 | 0.30 | 90 | 30 | 0.33 | 66 | 60 | 0.21 | 153 | 20 | 0.35 | 126 |
| Santa Luzia | 509 | 1181 | 60 | 0.53 | 52 | 70 | 0.60 | 33 | 40 | 0.45 | 97 | 60 | 0.59 | 72 |
| Soledade | 365 | 1614 | 20 | 0.27 | 85 | 30 | 0.31 | 56 | 20 | 0.24 | 97 | 30 | 0.34 | 95 |
| Teixeira | 688 | 1499 | 60 | 0.54 | 55 | 60 | 0.59 | 38 | 50 | 0.46 | 71 | 60 | 0.60 | 79 |

PORTO et al. (1983).

Pm - precipitação média anual

ETP - evapotranspiração média anual, Hargreaves (1974)

TABELA 2. Época de plantio para as culturas de feijão, caupi, milho e sorgo em quatro municípios do Estado da Paraíba.

| MUNICIPIOS | Pm (mm) | FEIJAO | | CAUPI | | MILHO | | SORGO | |
|-------------|------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|
| | | Época de plantio | ETP (mm) | Época de plantio | ETP (mm) | Época de plantio | ETP (mm) | Época de plantio | ETP (mm) |
| Picuí | 324 | 06mar-16mar | 138 | 25fev-16mar | 142 | 26jan-24fev | 178 | 10fev-16mar | 142 |
| Santa Luzia | 509 | 02mar-06mar | 138 | 02mar-11mar | 138 | 21jan-14fev | 178 | 05fev-24fev | 155 |
| Soledade | 365 | 17mar-30mai | 138 | 22mar-10abr | 138 | 22mar-05abr | 138 | 17mar-10abr | 138 |
| Teixeira | 688 | 02fev-24fev | 142 | 10fev-21mar | 142 | 10fev-14fev | 142 | 21jan-06mar | 163 |

PORTO, et al. (1983)

Pm = precipitação média anual Época de plantio com maior probabilidade de resultado aceitável

ETP = evapotranspiração potencial correspondendo ao primeiro mês de plantio, Hargreaves (1974).

TABELA 1. Probabilidade de resultado aceitável (PRA), máximo índice médio de rendimento (MIMR) e máximo déficit médio de água durante o ciclo das culturas de feijão, caupi, milho e sorgo em quatro municípios do Estado de Pernambuco.

| MUNICIPIOS | Pm (mm) | ETP (mm) | FEIJAO | | | CAUPI | | | MILHO | | | SORGO | | |
|---------------|------------|-------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|
| | | | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) |
| Duricuri | 618 | 1965 | 30 | 0.37 | 100 | 40 | 0.42 | 60 | 20 | 0.30 | 152 | 40 | 0.44 | 112 |
| Petrolina | 401 | 2080 | 30 | 0.32 | 106 | 40 | 0.38 | 69 | 10 | 0.27 | 183 | 30 | 0.39 | 132 |
| Salgueiro | 578 | 2044 | 30 | 0.36 | 100 | 30 | 0.40 | 78 | 10 | 0.27 | 183 | 30 | 0.41 | 135 |
| Serra Talhada | 599 | 1925 | 40 | 0.42 | 81 | 50 | 0.47 | 50 | 30 | 0.34 | 111 | 40 | 0.49 | 103 |

PORTO et al. (1983).

Pm - precipitação média anual

ETP - evapotranspiração média anual, Hargreaves (1974)

TABELA 2. Época de plantio para as culturas de feijão, caupi, milho e sorgo em quatro municípios do Estado de Pernambuco.

| MUNICIPIOS | Pm (mm) | FEIJAO | | CAUPI | | MILHO | | SORGO | |
|---------------|------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|
| | | Época de plantio | ETP (mm) | Época de plantio | ETP (mm) | Época de plantio | ETP (mm) | Época de plantio | ETP (mm) |
| Duricuri | 618 | 05fev-16mar | 159 | 31jan-14fev | 191 | 22dez-04fev | 201 | 21jan-19fev | 191 |
| Petrolina | 401 | 02mar-06mar | 181 | 02mar-06mar | 181 | 17dez-09fev | 206 | 31jan-14fev | 206 |
| Salgueiro | 578 | 20fev-24fev | 180 | 16jan-16mar | 195 | 12dez-14fev | 209 | 05fev-24fev | 180 |
| Serra Talhada | 599 | 02mar-11mar | 169 | 02mar-06mar | 169 | 31jan-04fev | 199 | 05fev-04fev | 169 |

PORTO, et al. (1983)

Pm = precipitação média anual Época de plantio com maior probabilidade de resultado aceitável

ETP = evapotranspiração potencial correspondendo ao primeiro mês de plantio, Hargreaves (1974).

TABELA 1. Probabilidade de resultado aceitável (PRA), máximo índice médio de rendimento (MIMR) e máximo déficit médio de água durante o ciclo das culturas de feijão, caupi, milho e sorgo em seis municípios do Estado de Alagoas.

| MUNICIPIOS | Pm (mm) | ETP (mm) | FEIJAO | | | CAUPI | | | MILHO | | | SORGO | | |
|----------------------|------------|-------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|
| | | | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) |
| Água Branca | 983 | 1673 | 90 | 0.82 | 23 | 90 | 0.86 | 14 | 90 | 0.82 | 26 | 100 | 0.89 | 20 |
| Delmiro Gouveia | 508 | 1673 | 60 | 0.46 | 44 | 60 | 0.51 | 32 | 40 | 0.43 | 71 | 60 | 0.54 | 59 |
| Pão de Açúcar | 603 | 1673 | 70 | 0.60 | 30 | 70 | 0.67 | 24 | 60 | 0.57 | 49 | 80 | 0.68 | 36 |
| Piranhas | 485 | 1673 | 50 | 0.52 | 43 | 60 | 0.58 | 27 | 60 | 0.49 | 54 | 60 | 0.61 | 59 |
| Poço das Trincheiras | 743 | 1673 | 80 | 0.72 | 27 | 80 | 0.78 | 16 | 80 | 0.72 | 37 | 90 | 0.79 | 22 |
| Santana do Ipanema | 882 | 1628 | 90 | 0.80 | 14 | 90 | 0.84 | 9 | 90 | 0.79 | 21 | 90 | 0.85 | 13 |

PORTO et al. (1983).

Pm - precipitação média anual

ETP - evapotranspiração média anual, Hargreaves (1974)

TABELA 2. Época de plantio para as culturas de feijão, caupi, milho e sorgo em seis municípios do Estado de Alagoas.

| MUNICIPIOS | Pm (mm) | FEIJAO | | CAUPI | | MILHO | | SORGO | |
|----------------------|------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|
| | | Época de plantio | ETP (mm) | Época de plantio | ETP (mm) | Época de plantio | ETP (mm) | Época de plantio | ETP (mm) |
| Água Branca | 983 | 11mai-29jun | 103 | 11mai-04jul | 103 | 11abr-25mai | 103 | 16mai-09jun | 103 |
| Delmiro Gouveia | 508 | 11mai-15mai | 103 | 01mai-25mai | 103 | 11abr-25abr | 127 | 21abr-15mai | 127 |
| Pão de Açúcar | 603 | 16mai-25mai | 103 | 06mai-04jun | 103 | 11abr-30abr | 127 | 06mai-10mai | 103 |
| Piranhas | 485 | 21abr-30mai | 127 | 26abr-20mai | 127 | 16abr-20abr | 127 | 06abr-20mai | 127 |
| Poço das Trincheiras | 743 | 11mai-19jun | 103 | 06mai-24jun | 103 | 11abr-05mai | 127 | 16mai-25mai | 103 |
| Santana do Ipanema | 882 | 31mai-19jun | 79 | 21mai-24jun | 96 | 21abr-30abr | 119 | 01mai-09jun | 96 |

PORTO, et al. (1983)

Pm = precipitação média anual

Época de plantio com maior probabilidade de resultado aceitável

ETP = evapotranspiração potencial correspondendo ao primeiro mês de plantio, Hargreaves (1974).

TABELA 1. Probabilidade de resultado aceitável (PRA), máximo índice médio de rendimento (MIMR) e máximo déficit médio de água durante o ciclo das culturas de feijão, caupi, milho e sorgo em quatro municípios do Estado de Sergipe.

| MUNICIPIOS | Pm (mm) | ETP (mm) | FEIJAO | | | CAUPI | | | MILHO | | | SORGO | | |
|--------------------|------------|-------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|
| | | | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) |
| Nossa S. da Gloria | 668 | 1621 | 80 | 0.71 | 31 | 80 | 0.77 | 19 | 80 | 0.73 | 34 | 80 | 0.81 | 25 |
| Poco Verde | 813 | 1785 | 50 | 0.46 | 48 | 50 | 0.51 | 34 | 50 | 0.46 | 82 | 50 | 0.54 | 81 |
| Porto da Folha | 527 | 1763 | 70 | 0.60 | 30 | 70 | 0.65 | 22 | 70 | 0.61 | 50 | 70 | 0.69 | 50 |
| Simao Dias | 848 | 1785 | 80 | 0.70 | 27 | 80 | 0.75 | 18 | 80 | 0.71 | 35 | 80 | 0.78 | 39 |

PORTO et al. (1983).

Pm - precipitação média anual

ETP - evapotranspiração média anual, Hargreaves (1974)

TABELA 2. Epoca de plantio para as culturas de feijão, caupi, milho e sorgo em quatro municípios do Estado de Sergipe.

| MUNICIPIOS | Pm (mm) | FEIJAO | | CAUPI | | MILHO | | SORGO | |
|-----------------|------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|
| | | Epoca de plantio | ETP (mm) | Epoca de plantio | ETP (mm) | Epoca de plantio | ETP (mm) | Epoca de plantio | ETP (mm) |
| Nossa S. Gloria | 668 | 16mai-04jul | 97 | 11mai-09jul | 97 | 16abr-25mar | 127 | 26abr-24jun | 127 |
| Poco Verde | 813 | 31mai-04jun | 122 | 31mai-24jun | 122 | 11abr-05mai | 152 | 11abr-04jun | 152 |
| Porto da Folha | 527 | 06mai-10mai | 103 | 26abr-14jun | 127 | 01abr-30abr | 127 | 06abr-04jun | 127 |
| Simao Dias | 848 | 11mai-19jun | 122 | 11mai-04jun | 122 | 16abr-05mai | 152 | 16abr-19jun | 152 |

PORTO, et al. (1983)

Pm = precipitação média anual

Epoca de plantio com maior probabilidade de resultado aceitável

ETP = evapotranspiração potencial correspondendo ao primeiro mês de plantio, Hargreaves (1974).

TABELA 1. Probabilidade de resultado aceitável (PRA), máximo Índice médio de rendimento (MIMR) e máximo déficit médio de água durante o ciclo das culturas de feijão, caupi, milho e sorgo em um municípios do Estado da Bahia.

| MUNICIPIOS | P _m (mm) | ETP (mm) | FEIJAO | | | CAUPI | | | MILHO | | | SORGO | | |
|------------------|------------------------|-------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|
| | | | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) | PRA % | MIMR | MDMA (mm) |
| Senhor do Bonfim | 811 | 1701 | 60 | 0.53 | 38 | 60 | 0.59 | 33 | 60 | 0.56 | 58 | 70 | 0.63 | 48 |

PORTO et al. (1983).

P_m - precipitação média anual

ETP - evapotranspiração média anual, Hargreaves (1974)

TABELA 2. Época de plantio para as culturas de feijão, caupi, milho e sorgo em um municípios do Estado da Bahia.

| MUNICIPIOS | P _m (mm) | FEIJAO | | CAUPI | | MILHO | | SORGO | |
|------------------|------------------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|
| | | Época de plantio | ETP (mm) | Época de plantio | ETP (mm) | Época de plantio | ETP (mm) | Época de plantio | ETP (mm) |
| Senhor do Bonfim | 811 | 21mai-25mai | 108 | 11abr-09jun | 135 | 01abr-05mai | 135 | 16abr-20mai | 135 |

PORTO, et al. (1983)

P_m = precipitação média anual Época de plantio com maior probabilidade de resultado aceitável

ETP = evapotranspiração potencial correspondendo ao primeiro mês de plantio, Hargreaves (1974).

das tecnologias geradas e/ou adaptadas para cada tipo de situação, principalmente as relacionadas com captação e manejo dos recursos hídricos em áreas rurais.

Perdas totais de água em pequenos reservatórios de terra - As perdas de água por evaporação, percolação e infiltração em pequenas barragens de terra e barreiros para uso com "irrigação de salvação" são fatores decisivos nos cálculos de dimensionamento. Visando oferecer subsídios técnicos-científicos para a elaboração de projetos que contemplem esse tipo de tecnologia o CPATSA iniciou seus estudos básicos em dois barreiros, construídos em seu campo experimental da caatinga, cujos dados analisados compreenderam o período de 1980 a 1983.

A Figura 3 consta das perdas diárias por evaporação (PTA) somente durante o período de cultivo, descartados os dias chuvosos, e a evaporação do tanque classe "A" (EV), considerando o mesmo período e as mesmas condições climáticas.

Os barreiros funcionaram como tratamento e o tanque de evaporação como testemunha, para efeito de correlação.

Considerando as PTA ocorridas durante o período estudado e os dados da evaporação do tanque classe "A" (EV), determinou-se uma equação que permite estimar essas perdas para o período em que a água deverá permanecer armazenada no reservatório. seja:

$$PTA = 0.512888 + 0.831722EV, (r^2 = 0.828)$$

Os resultados obtidos na Figura 3 permitem concluir que para um valor de EV = 2.500 mm, as PTA correspondem a 2.079,82 mm em reservatório de terra modelo CPATSA. Pode-se também estimar as perdas totais de água (PTA) em mm, para qualquer período de utilização (U) em dias da água armazenada, bastando para tanto que se conheça a evapotranspiração potencial média diária para o período, (considerando EV = ETP/0.75) e a perda diária por infiltração e percolação do reservatório (VIB.) em mm. Essas perdas são calculadas pela equação:

$$PTA1 = (VIB + 0.831722 * ETP / dia / 0.75) * U$$

Da análise conclui-se que há necessidade de se considerar estas PTA por

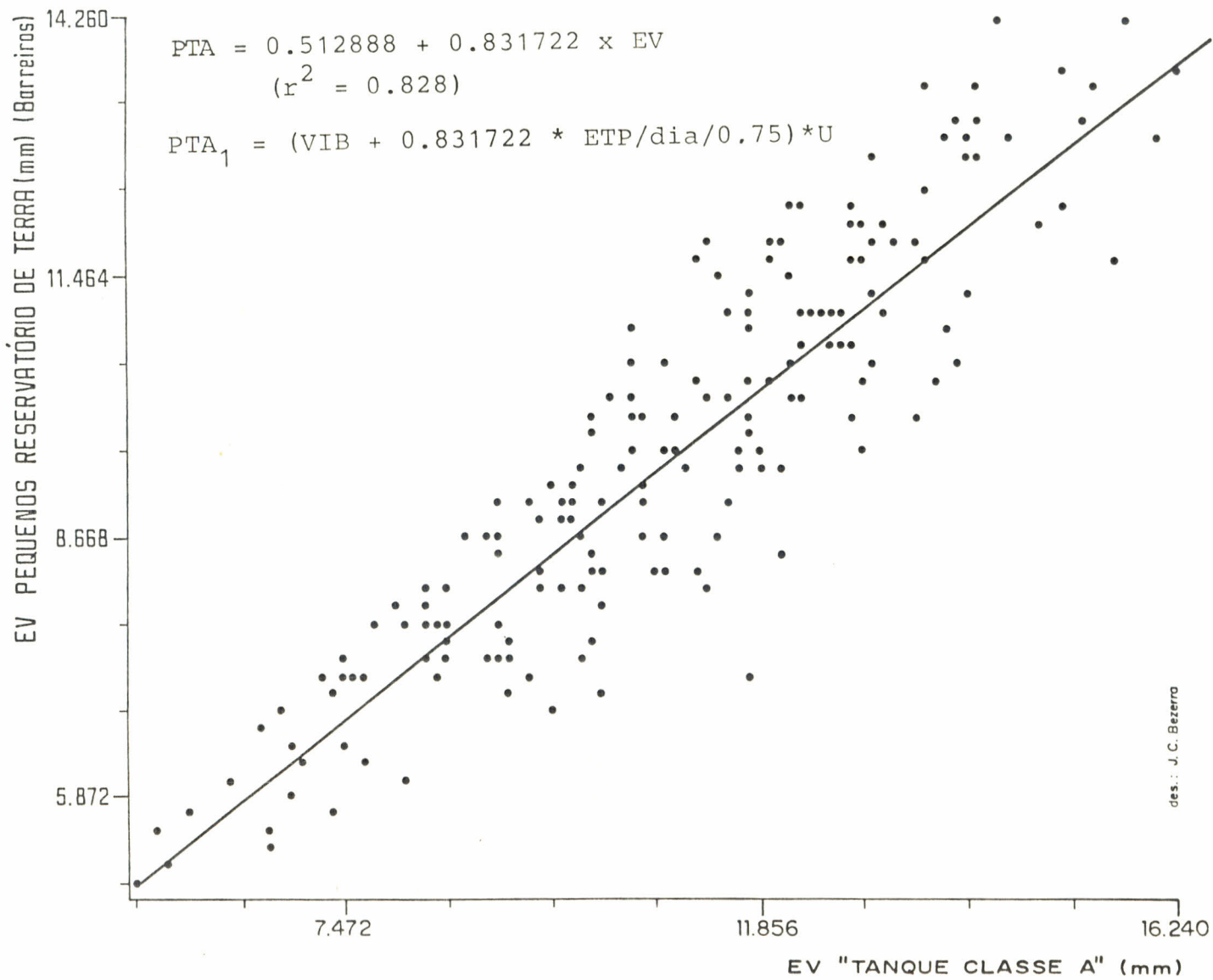


FIG.3. Perdas totais de água em pequenos reservatórios de terra (Barreiro-SAES-CV).

ocasião do dimensionamento dos barreiros por serem bastante significativas, durante o período em que a água ficará armazenada.

Alternativas de dimensionamento e análise econômica da exploração do SAES-CV

Nas Tabelas 3 a 5 encontram-se exemplos da análise econômica para exploração do sistema SAES-CV para uso com irrigação de salvação considerando solos leves (alternativa 1) e pesados (alternativa 2) e um exemplo de dimensionamento a nível detalhado e custos para o município de Euclides da Cunha-BA.

No exemplo completo de dimensionamento do sistema SAES-CV descreve-se as principais características da região agroecológica onde será implantado o sistema, tais como: mês de plantio, evapotranspiração potencial, precipitação média anual, perdas estimadas de água por percolação, coeficiente de escoamento superficial (eficiência de escoamento), custos do homem/dia e hora/máquina. Bem como detalhes sobre o dimensionamento do sistema para as culturas do milho, caupi, feijão e sorgo para áreas irrigadas "não convencionalmente" de 1, 2, 3, 4 e 5ha, respectivamente.

Baseado em experiências acumuladas durante o desenvolvimento desse trabalho desenvolveu-se um modelo matemático, em computadores, que permite dimensionar o sistema SAES-CV, além de focar a parte de manejo do sistema durante e após o período chuvoso, e também os custos de implantação segundo a metodologia descrita anteriormente.

Para o município analisado encontra-se uma Tabela com as seguintes informações: 1) precipitação média anual e evapotranspiração potencial do mês de plantio, segundo Hargreaves (1974); 2) dimensionamento dos principais elementos básicos, considerando uma área de plantio de 1.0 a 5.0 ha; 3) diferentes culturas como: milho, caupi, milho consorciado com caupi, feijão e sorgo; 4) custos de implantação (investimento) referente à construção de diques e desmatamento da área

TABELA 3. Análise econômica da exploração de um barreiro para irrigação de salvação, (textura média-grossa). $Ta=3000m^3$ - $Ap=2.0Ha$
Culturas: milho e feijão.

| Discriminação | Unid. | Quant. | Valor DRTN |
|--|-------|--------|---------------|
| INVESTIMENTO | | | |
| 1. Preparo da Ac Desmatamento/des- tocado. | H/D | 30 | 42.20 |
| 2 Barreiro | H/T | 60 | 111.32 |
| TOTAL | | | 153.52 |
| CUSTOS DE PRODUÇÃO | | | |
| 1. Preparo da Ap Aração/gradagem | H/t | 8 | 6.93 |
| Sulcamento | H/t | 4 | 3.46 |
| 2. Insumos | | | |
| Sementes de milho | Kg | 16 | 0.38 |
| Sementes de feijão | Kg | 16 | 3.10 |
| Superfosfato simples | Kg | 500 | 10.76 |
| Inseticida | Kg | 10 | 6.13 |
| 3. Plantio | | | |
| Aplicação do adubo | H/D | 1 | 0.16 |
| Milho-feijão | H/D | 2 | 0.32 |
| Irrigações | H/D | 15 | 2.42 |
| 4. Tratos culturais | | | |
| Capina | H/D | 15 | 2.42 |
| Pulverização | H/D | 8 | 1.28 |
| 5. Colheita | | | |
| Milho | H/D | 8 | 1.28 |
| Feijão | H/D | 4 | 0.64 |
| Debulhamento | H/D | 6 | 0.96 |
| TOTAL | | | 40.24 |
| 6. Produção | | | |
| Milho | Kg | 2.000 | 17.22 |
| Feijão | Kg | 1.400 | 94.91 |
| 7. Receita Total | | | 112.13 |
| 8. Receita Líquida | | | 64.15 |

Ac = Área de captação - H/T = Hora/Trator de esteira c/escarificador
H/D = Homem/dia - H/t = Hora/Trator de pneu - DRTN = Cr\$ 20118 (Nov./84).

TABELA 4. Análise econômica da exploração de um barreiro para irrigação de salvação, com solos pesados. $Ta=3000m^3$ - $Ap=2.0Ha$
Culturas: milho e feijão.

| Discriminação | Unid. | Quant. | Valor ORTN |
|---|----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| INVESTIMENTO | | | |
| 1. Preparo da Ac Desmatamento/des- tocado. | H/D | 30 | 42.20 |
| 2 Barreiro | H/T | 80 | 148.43 |
| TOTAL | | | 190.63 |
| CUSTOS DE PRODUÇÃO | | | |
| 1. Preparo da Ap Aração/gradagem Sulcamento | H/t H/t | 8 4 | 6.93 3.46 |
| 2. Insumos Sementes de milho Sementes de feijão Superfosfato simples Inseticida | Kg Kg Kg Kg | 16 16 500 10 | 0.38 3.10 10.76 6.13 |
| 3. Plantio Aplicação do adubo Milho-feijão Irrigações | H/D H/D H/D | 1 2 15 | 0.16 0.32 2.42 |
| 4. Tratos culturais Capina Pulverização | H/D H/D | 15 8 | 2.42 1.28 |
| 5. Colheita Milho Feijão Debulhamento | H/D H/D H/D | 8 4 6 | 1.28 0.64 0.96 |
| TOTAL | | | 40.24 |
| 6. Produção Milho Feijão | Kg Kg | 2.000 1.400 | 17.22 94.91 |
| 7. Receita Total | | | 112.13 |
| 8. Receita Líquida | | | 64.15 |

Ac = Área de captação - H/T = Hora/Trator de esteira c/escarificador
H/D = Homem/dia - H/t = Hora/Trator de pneu - ORTN = Cr\$ 20118 (Nov/84).

TABELA:5 Dimensionamento de barreiros para uso com irrigação de salvação (SAES/CV), e custos de implantação, considerando desmatamento e construção de diques divisores de água na área de captação (Ac) e construção do tanque de armazenamento e sangradouro (Ta), e incremento (%) de custos em relação a área de plantio (Ap) de 1 ha, por cultura (I).

MUNICÍPIO: EUCLIDES DA CUNHA-BA

PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL: 724 mm

PROFUNDIDADE DE ESCAVACAO: 1.5 m

VALOR ORTN: Cr\$ 20118

| ETP mm | ÁREA(ha) | | CAPAC Ta m ³ | CULTURA | CUSTOS(ORTN) | | | I % |
|-----------|----------|----|-------------------------------|---------------|--------------|-------|-------|--------|
| | Ac | Ap | | | Ac | Ta | TOTAL | |
| 148 | 1.65 | 1 | 2222 | Milho | 15.5 | 174 | 189.5 | 0 |
| 148 | 3.02 | 2 | 4060 | Milho | 19.7 | 316.7 | 336.4 | .78 |
| 148 | 4.32 | 3 | 5820 | Milho | 23.5 | 452.4 | 475.9 | 1.51 |
| 148 | 5.6 | 4 | 7538 | Milho | 27.3 | 584.6 | 611.9 | 2.23 |
| 148 | 6.85 | 5 | 9229 | Milho | 31 | 716.8 | 747.8 | 2.95 |
| 148 | 1.01 | 1 | 1359 | Caupi | 13.7 | 107.9 | 121.6 | 0 |
| 148 | 1.87 | 2 | 2519 | Caupi | 16.3 | 194.9 | 211.2 | .74 |
| 148 | 2.7 | 3 | 3634 | Caupi | 18.7 | 281.9 | 300.6 | 1.47 |
| 148 | 3.51 | 4 | 4727 | Caupi | 21.1 | 368.9 | 390 | 2.21 |
| 148 | 4.31 | 5 | 5803 | Caupi | 23.5 | 448.9 | 472.4 | 2.88 |
| 148 | 1.33 | 1 | 1786 | Milho x Caupi | 14.5 | 139.2 | 153.7 | 0 |
| 148 | 2.41 | 2 | 3242 | Milho x Caupi | 17.9 | 254.1 | 272 | .77 |
| 148 | 3.44 | 3 | 4629 | Milho x Caupi | 20.9 | 358.4 | 379.3 | 1.47 |
| 148 | 4.44 | 4 | 5981 | Milho x Caupi | 23.9 | 462.8 | 486.7 | 2.17 |
| 148 | 5.43 | 5 | 7310 | Milho x Caupi | 26.9 | 567.2 | 594.1 | 2.87 |
| 148 | 1.58 | 1 | 2127 | Feijao | 15.3 | 167.1 | 182.4 | 0 |
| 148 | 2.96 | 2 | 3979 | Feijao | 19.5 | 309.7 | 329.2 | .8 |
| 148 | 4.29 | 3 | 5770 | Feijao | 23.5 | 448.9 | 472.4 | 1.59 |
| 148 | 5.59 | 4 | 7528 | Feijao | 27.3 | 584.6 | 611.9 | 2.35 |
| 148 | 6.88 | 5 | 9263 | Feijao | 31.2 | 716.8 | 748 | 3.1 |
| 148 | 1.49 | 1 | 2005 | Sorgo | 15.1 | 156.6 | 171.7 | 0 |
| 148 | 2.71 | 2 | 3650 | Sorgo | 18.7 | 285.4 | 304.1 | .77 |
| 148 | 3.88 | 3 | 5221 | Sorgo | 22.3 | 407.1 | 429.4 | 1.5 |
| 148 | 5.01 | 4 | 6753 | Sorgo | 25.7 | 525.5 | 551.2 | 2.21 |
| 148 | 6.13 | 5 | 8259 | Sorgo | 28.8 | 640.3 | 669.1 | 2.9 |

CONSTRUCAO E MANEJO DE BARREIROS PARA USO COM IRRIGACAO DE SALVACAO
(MODELO - EMBRAPA/CPATSA)

Novembro/1984

DADOS DA REGIAO

| | |
|---|----------------------|
| Estado..... | BAHIA |
| Município..... | EUCLIDES DA CUNHA-BA |
| Precipitacao Media Anual, em mm..... | 724 |
| Perdas por percolacao e infiltracao estimadas, em mm/dia..... | 2 |
| Coef. de Escoamento Superficial..... | .2 |
| Valor da ORTN do mes..... | Cr\$ 20118 |
| Custo do Homem/Dia..... | Cr\$ 4000 |
| Custo da hora/maquina (trator de esteira)..... | Cr\$ 70000 |

O U T R A S I N F O R M A C O E S

AREA DE CAPTACAO

| | |
|---|--------------|
| Declividade dos drenos divisores de agua..... | 0.8% |
| Declividade dos sulcos, quando possivel..... | 0.6% |
| Espacamento entre sulcos..... | 1.5m |
| Profundidade dos sulcos..... | 0.20 a 0.30m |
| Explora-se: capim buffel, algaroba, palma, guandu, feijao, milho, caupi, sorgo, algodao - desde que sejam ajustados os espaçamentos entre fileiras e plantas. | |

AREA DE PLANTIO

| | |
|---|---------------|
| Declividade natural do terreno..... | inferior a 5% |
| Declividade dos sulcos..... | 0.3 a 0.5% |
| Declividade do canal de irrigacao..... | 0.8% |
| As laminas devem ser aplicadas em torno de 30mm. As chuvas precipitadas durante o ciclo de cultivo, substituirao as irrigacoes de salvacao. | |

| | |
|--|---------------|
| Area de Plantio..... | 2 ha |
| Cultura..... | Milho x Caupi |
| Mes de Plantio..... | MAR/ABR |
| ETP/MES(HARGREAVES,1974),em mm..... | 148 |
| No. de dias com agua armazenada..... | 125 |
| Dimensoes do retangulo que circunscribe o sistema para referencia na selecao da area de implantacao, em m..... | 279 x 294 |

BARREIRO - II (COM PAREDE DIVISORIA)

D I M E N S I O N A M E N T O (DIM. UNICO)

| | |
|----------------------------------|---------------------|
| Capacidade do Barreiro..... | 3242 m ³ |
| Prof. maxima de escavacao..... | 1.5 m |
| Prof. de dimensionamento..... | 1.2 m |
| Raio interno de locacao..... | 32.3 m |
| Raio externo de referencia..... | 42.2 m |
| Altura media das paredes..... | 3.35 m |
| Largura do Coroamento | 2.5 m |
| Profundidade do sangradouro..... | .6 m |
| Talude..... | 1 : 2 |

A R E A D E C A P T A C A O

| | |
|-----------------------|---------|
| Largura..... | 253 m |
| Comprimento..... | 96 m |
| Area de Captacao..... | 2.41 ha |

C U S T O S D E I M P L A N T A C A O D O S I S T E M A (SAES-CV)

| | |
|--|------------|
| AREA DE CAPTACAO (Diques divisores de agua + Desmatamento) | |
| 3 H/M trator de esteira com escarificador..... | 10.5 ORTN |
| 37 H/D | 7.4 ORTN |
| BARREIRO (Construcao do Tanque + Sangradouro) | |
| 73 H/M trator de esteira com escarificador..... | 254.1 ORTN |
| CUSTO TOTAL SISTEMA - 272.0 ORTN | |
| TOTAL TEMPO | |
| Dias/Homem - 37 | |
| Horas/Maquina trator de esteira com escarificador - 77 | |

A R E A D E P L A N T I O

Area agricola beneficiada com irrigacao de salvacao.... 2 ha
tabela: necessidade de agua durante o ciclo de cultivo, considerando-se diferentes fases.

| NO. DIAS APOS PLANTIO | PERIODO (fase) | LAMINA (mm) | VOL TOTAL (m ³) | VOL LIQ (m ³) | NO. DE IRRIGACOES (SEM AS CHUVAS) |
|-----------------------|----------------|-------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| M=15 E C=15 | | 37 | 740 | 296 | 1 |
| M=25 E C=10 | | 48 | 966 | 386 | 2 |
| M=30 E C=20 | | 91 | 1839 | 735 | 4 |
| M=15 E C=15 | | 46 | 936 | 374 | 2 |
| M=10 E C=10 | | 21 | 427 | 170 | 1 |

de captação (Ac), construção do tanque de armazenamento (Ta) e sangradouro; e 5) custo total de implantação do sistema SAES-CV.

A análise referente ao município de Euclides da Cunha-BA, permite fazer algumas inferências significativas para tomada de decisão por ocasião da elaboração de projetos do sistema SAES-CV, a nível de pequenas propriedades agrícolas. Por exemplo, com um incremento de 74% sobre o investimento inicial de um barreiro para exploração de 1.0 ha, irrigado "não convencionalmente", com a cultura do caupi é possível duplicar a área a ser beneficiada. Com 78% pode-se também duplicar a área de plantio explorada com a cultura do milho. Também observa-se que a exploração da cultura do caupi neste sistema apresenta o custo de implantação mais baixo, seguindo o consórcio milho x caupi, feijão, sorgo, e do milho. Isto se deve principalmente à necessidade de água pela cultura durante o seu ciclo e também da ETP média da região para o mês de plantio, pois quanto mais baixo este valor menor as perdas e conseqüentemente o investimento inicial.

PEQUENOS RESERVATORIOS SUBTERRANEOS
BARRAGENS SUBTERRANEAS - SAES-BS

(Capítulo III)

BARRAGEM SUBTERRANEA - (SAES-BS)

Tem-se conhecimento da técnica de armazenamento de água, através do uso de barragens subterrâneas, nos Estados Unidos, no deserto de Negev em Israel, Drev (1980), e por agricultores nordestinos, Tigre (1949) e Duque (1973).

Nos Estados Unidos o aproveitamento dos rios para fins de irrigação, impossibilitou a construção de novos reservatórios de água superficiais, fazendo-se necessário o uso de armazenamento e conservação de água no subsolo. Sendo o primeiro trabalho realizado em 1895, em Santo Antonio, California, Tigre (1949).

Segundo Duque (1973), as barragens acumulam a água das chuvas proveniente do escoamento superficial de duas maneiras: 1) acumulação superficial e 2) acumulação subterrânea. As barragens convencionais de derivação e vertedouras são as do primeiro tipo, enquanto que as barragens acumuladoras de maior volume de água dentro do solo agricultável e subsolo fazem parte do segundo.

Na verdade, todos os reservatórios de acumulação de água na superfície do solo acumulam água das duas maneiras citadas, todavia a barragem subterrânea é planejada visando, basicamente, a exploração de uma agricultura de vazante e/ou uma subirrigação.

Barragens subterrâneas existentes no Nordeste

Segundo acompanhamento técnico que vem sendo realizado por Maciel & Da Silva (1984), através da EMBRAPA-CPATSA em colaboração com a EMATER-PB, EMATER-RN, EMPARN e a EMEPA, nos municípios de Patos e São Mamede no Estado da Paraíba, Caicó e Parelhas no Rio Grande do Norte, em algumas barragens subterrâneas, sendo algumas construídas com a finalidade de armazenamento superficial e atualmente encontram-se assoreadas, apresentando-se com as seguintes características e descrição:

Tipo de parede - Com relação à construção da parede da barragem ou septo impermeável implantado dentro do aluvião pré-existente, a partir da rocha, observou-se o seguinte:

parede de pedras rejuntadas com argamassa de cimento e areia;

parede de tijolos com argamassa de areia e cal; e

parede de argila compactada.

Localização - A maioria das barragens onde se vem fazendo coleta de amostras de água e solo para análise físico-química e de umidade, foram construídas em leito de rios ou riachos.

Descrição das barragens

Patos-Pb

Neste município acompanha-se duas barragens subterrâneas na localidade de Carnaúba dos Borges. Essas barragens foram construídas no leito do rio Teixeira com diferentes tipos de parede, formação do assoreamento e culturas exploradas.

A primeira barragem foi construída em 1932, com parede de tijolos, argamassa areia e cal. O assoreamento dessa barragem vem acontecendo naturalmente, decorrente do material sedimentado pelas águas na época das chuvas. Sua área é de aproximadamente 0.40ha, sendo explorada com a cultura do arroz, cuja produção anual está em torno de 3000kg.

A outra barragem localiza-se a jusante da anterior, tendo sido construída em 1954, com parede de pedras rejuntadas com argamassa de cimento e areia. A área de plantio é de aproximadamente 0.50ha, sendo explorada a cultura do arroz apenas na época da chuva, explorando-se em seguida o algodão e a batata-doce.

São Mamede-PB

Todas as barragens têm parede de pedras rejuntadas com argamassa de cimento e areia, algumas ainda não foram totalmente aterradas, em virtude de terem sido construídas recentemente e/ou pelo pequeno volume de material sólido depositado pelas águas das chuvas, uma vez que todas foram construídas, inicialmente, com a finalidade de represamento superficial.

Na propriedade Cachoeira da Rocha, acompanha-se uma barragem construída há 22 anos, que atualmente encontra-se totalmente assoreada. O proprietário recentemente elevou em 0.40m a sua parede, cujas dimensões finais são: (40x1.8x7.0)m de comprimento, largura e altura, respectivamente. Segundo o proprietário a parede tem uma diferença de nível de 11.0m até a rocha. O assoreamento rápido se deu justamente, devido sua localização está entre duas encostas, das quais é carreado um grande volume de material sólido através do escoamento superficial. Esta tem uma área cultivável de 12ha, e é explorada com as culturas de capim buffel, cana forrageira, feijão macassar e batata-doce. Em sua parede existem infiltrações que, por gravidade, abastece um reservatório próximo da sede, cuja água é destinada ao consumo humano e animal, sendo o excesso utilizado com irrigação. Segundo o agricultor nos últimos cinco anos de seca (1979-1983) não faltou água para as atividades mencionadas.

Outras barragens que estão sendo acompanhadas é na Fazenda Santa Terezinha, que também foram construídas com a finalidade de represar água superficialmente, não encontrando-se ainda totalmente assoreadas, sendo a exploração agrícola de vazante com a culturas do milho, feijão, batata-doce e capim elefante.

Caicó-RN

Acompanha-se a barragem localizada na Fazenda Solidão, cuja parede é de argila compactada, encontrando-se nivelada com o terreno. Na sua construção usou-

se retro-escavadeira, além de trator, caçamba e mão-de-obra braçal utilizadas em outras operações.

Parelhas-RN

Recentemente foram construídas quatro barragens subterrâneas através de um convênio entre o Instituto de Pesquisa e Tecnologia de São Paulo (IPT-SP) e a Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais do Rio Grande do Norte (CDM-RN).

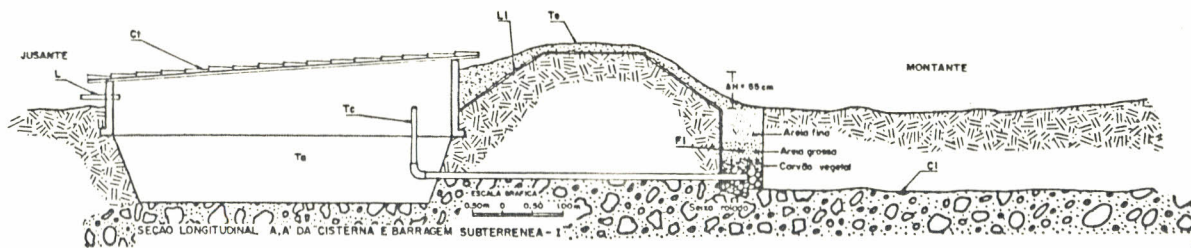
Uma das barragens acompanhadas tem sua parede formada com argila compactada, construída há dois anos pelo referido convênio. Essa barragem está localizada no leito do rio Cobra e tem uma área de plantio de aproximadamente 0.25ha sendo exploradas as culturas de batata-doce e feijão macassar.

Na fazenda Juazeiro, no leito do rio Cobra, acompanha-se outra barragem com parede de pedras rejuntadas com argamassa de cimento e areia, construída em 1958. Essa barragem teve sua parede elevada em um metro em 1981, ficando então com (35x2.0x3.0), com uma área de 0.70ha e é explorada com as culturas de batata-doce, feijão macassar, capim elefante e algumas fruteiras como: côco e goiaba.

Na fazenda Maracujá existem três barragens, dispostas sucessivamente, todas foram construídas aproximadamente há 50 anos e têm paredes de pedras rejuntadas com argamassa de cimento e areia. As culturas exploradas são: arroz, cana forrageira e capim elefante. O proprietário utiliza como práticas agrícolas além da rotação de culturas o "pousio", por um ou mais anos.

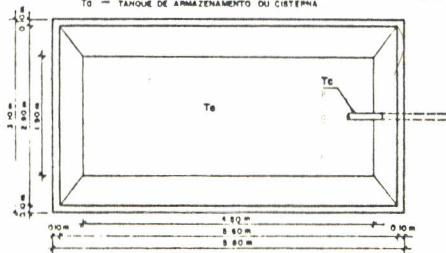
Barragem subterrânea com parede de plástico

O sistema de captação e armazenamento de água através de barragem subterrânea (SAES-B5) que o CPATSA vem desenvolvendo, visando conhecer cientificamente seu manejo e explorando novas culturas, principalmente de subsistência como milho,

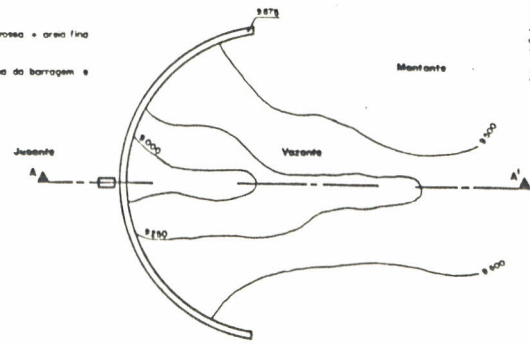


Tc - TUBO CONDUCTOR DE ÁGUA PVC, RÍGIDO C/4" Ø
 Ci - COBERTURA
 madeira + telha
 Te - CAMADA DE TERRA
 LI - LONA IMPERMEABILIZANTE
 L - LADRÃO
 Tb - TANQUE DE ARMAZENAMENTO DA CISTERNA

Fi - FILTRO
 areia + carvão vegetal + areia grossa + areia fina
 Ci - CAMADA IMPERMEABILIZANTE
 RACHA
 DH - Diferença de nível entre a cota máxima da barragem e a tábua de água do tubo condutor



PLANTA BAIXA DA CISTERNA - I
 ESCALA GRÁFICA
 0,50m Ø 0,50 1,00m



PLANTA PLANALTIMÉTRICA DA "CISTERNA E BARRAGEM SUBTERRÂNEA - I"
 ESCALA GRÁFICA
 0,50m Ø 0,50 1,00m

FIG. 1 . Seção longitudinal de uma barragem subterrânea tipo CPATSA (SAES-BS).

caupi e sorgo, consiste dos seguintes componentes: área de captação (Ac), área de exploração com agricultura de vazante ou de plantio (Ap) e parede da barragem (Pa). Figura 1.

Área de captação (Ac) - É a área do terreno representada por uma pequena bacia hidrográfica. É formada pelos divisores de água topográfico e freático; objetiva captar a água de chuva proveniente do escoamento superficial e através de drenos naturais ou artificiais direcioná-la para a área de armazenamento ou de plantio (Ap).

Área de plantio (Ap) - É a área representada pela bacia hidráulica da barragem. Quando o sistema SAES-BS está em formação, esta área vai sendo assoreada e abrangendo as circunvizinhas, permitindo, simultaneamente um maior volume de água a ser armazenado nos macroporos aluvionares e uma maior Ap explorável.

Parede da barragem (Pa) - Também conhecida como septo impermeável - é formado por uma lâmina de plástico instalada na vertical desde a rocha ou camada impermeável até a superfície do solo. A Pa tem como finalidade interceptar o fluxo de água superficial e subterrâneo, dando origem a formação e/ou elevação do nível do lençol freático, Figura 1.

Armazenamento de água superficial e subterrâneo

As barragens subterrâneas I, II e III têm capacidade de armazenar superficialmente 1317.9m³, 1860.42m³ e 1106.25m³ de água. Entretanto em 1983, primeiro ano de manejo, estas acumularam temporariamente 326, 526 e 290m³, respectivamente. Figura 2.

Por outro lado, resultados preliminares demonstram um armazenamento subterrâneo médio de água por barragem de 500 l/m³ de solo, permitindo a exploração de culturas alimentares em 0.80; 0.70 e 0.90 ha, nas três barragens, respectivamente. A Figura 3 mostra o perfil do terreno e da camada impermeável na Barragem Subterrânea I.

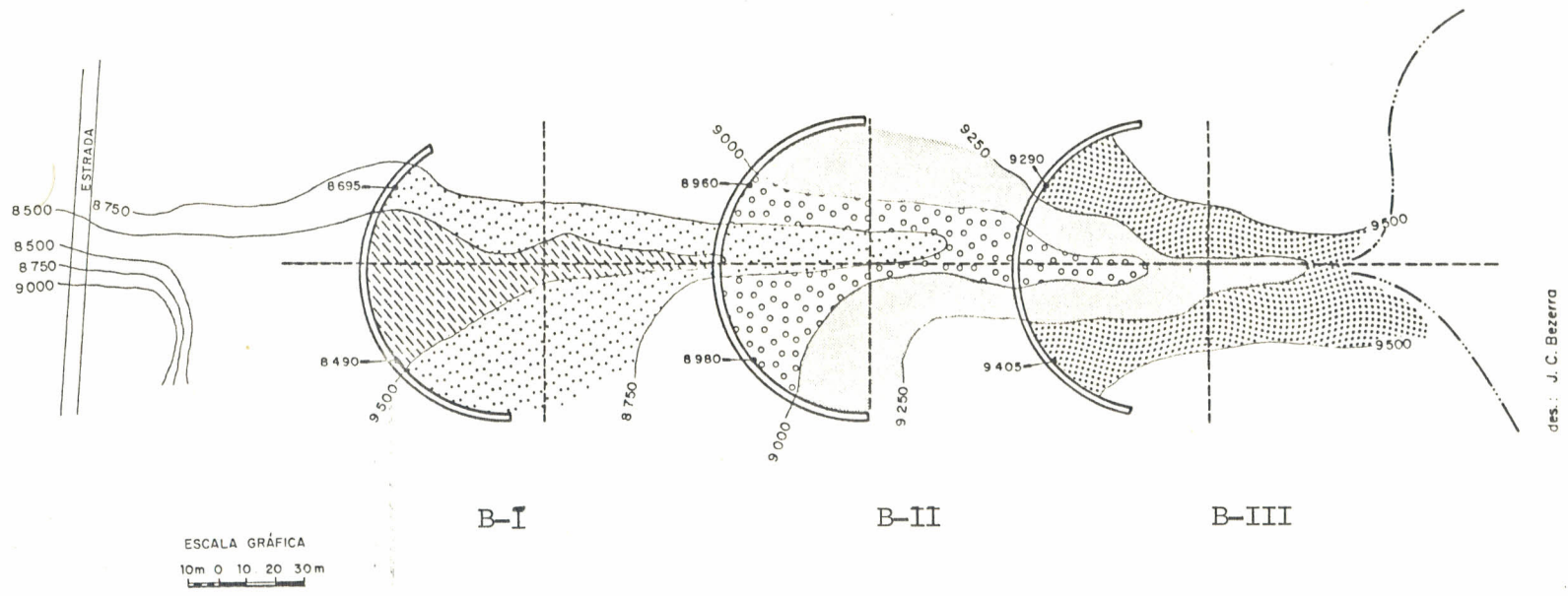


FIG. 2 . Planta planialtimétrica das barragens subterrâneas tipo CPATSA (SAES-BS).

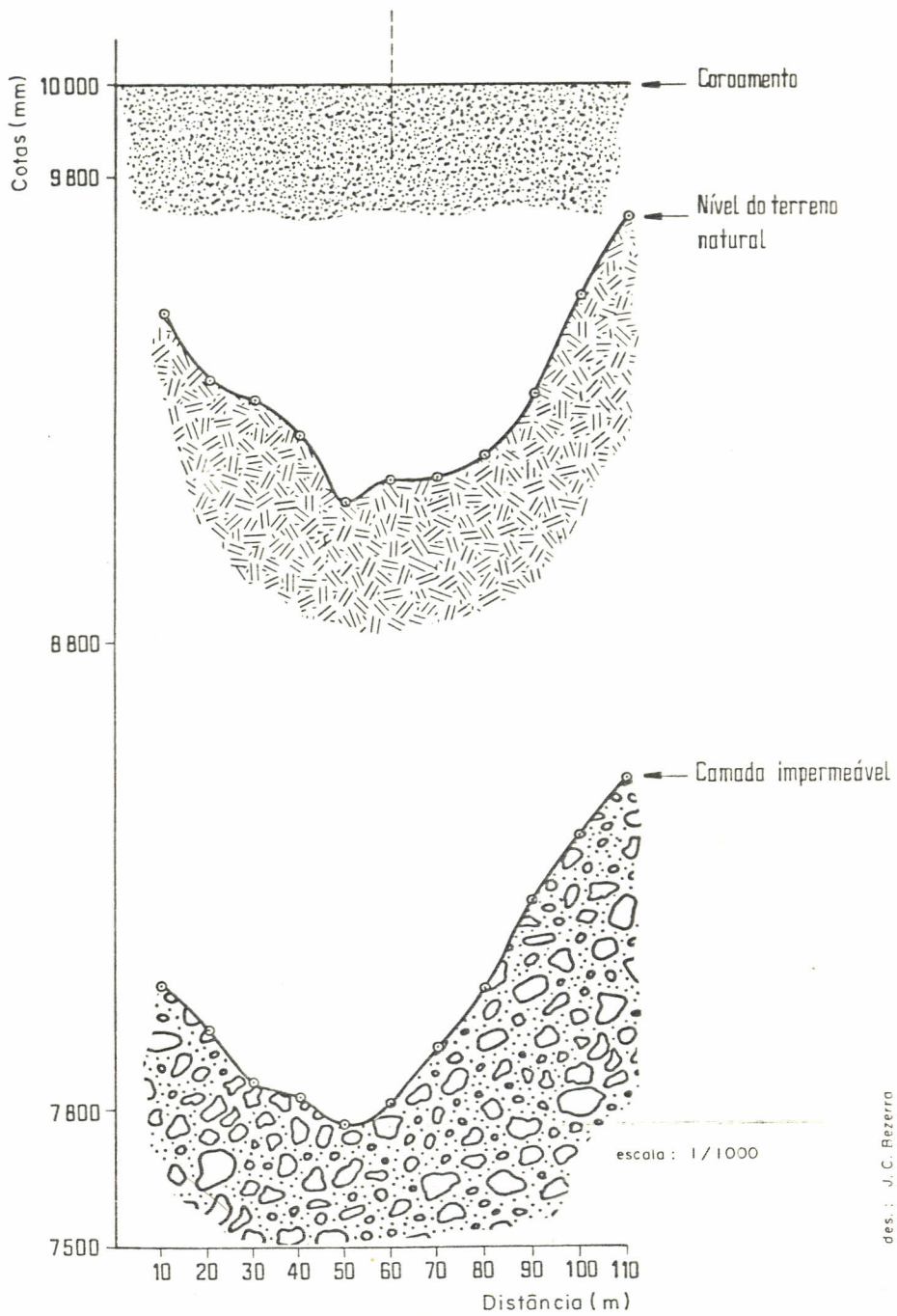


FIG. 3 . Perfil do terreno e da camada impermeável na barragem subterrânea III.

A jusante de cada uma dessas barragens foi construída uma cisterna para armazenar o excesso de água da barragem. Nessa cisterna o tanque de armazenamento (Ta) é subterrâneo e foi revestido com lona impermeabilizante, tela de arame e uma fina camada de cimento e areia. Figura 1.

Essa cisterna dispõe de dois sistemas de filtragem, um interno ao Ta e o outro a montante, na barragem subterrânea e também de arejadores para a circulação interna do ar.

Produtividade das culturas e custos do sistema SAES-BS

As três barragens subterrâneas implantadas foram exploradas com as culturas do caupi, milho e sorgo. Para o ano agrícola de 1983 obteve-se uma produtividade média de 1000, 2400 e 4000 kg/ha, respectivamente, com apenas 360 mm de água de chuva sendo o custo de implantação médio por barragem subterrânea/ha, orçado em US\$ 388.00 (trezentos e oitenta e oito dólares), a preço de agosto de 1984.

AGRICULTURA DE VAZANTE - SAES-CV

(Capítulo IV)

AGRICULTURA DE VAZANTE - SAES-CV

A existência de 100 mil açudes distribuídos no Nordeste (públicos e privados), armazenando mais de 30 bilhões de metros cúbicos de água, permitem a sobrevivência de aproximadamente 6 milhões de pessoas, mesmo nos anos de seca intensa, através da exploração da agricultura de vazante.

A agricultura de vazante é uma prática típica do Nordeste Semi-Árido, e consiste na utilização dos terrenos potencialmente agricultáveis às margens de açudes, rios, lagos, etc., que são cobertos pelas águas na época chuvosa. Esses terrenos vão sendo lentamente descobertos, devido à diminuição do nível da água armazenada durante o período da seca, permitindo o uso desse potencial.

As vazantes são exploradas, principalmente, por pequenos produtores, sendo as espécies mais cultivadas o arroz, o feijão, a batata-doce e o milho.

A exploração das vazantes dos açudes, lagos e rios, incluindo o lago de Sobradinho e o programa de perenização de rios, permite irrigar, aproximadamente, 1 milhão de hectares, através de "irrigação de salvação", sem, contudo, comprometer as necessidades de água das propriedades agrícolas.

A exploração de vazantes, como realizada tradicionalmente, oferece sérias limitações, devido ao inadequado manejo de solo e água. No que tange ao manejo do solo, o plantio é feito em covas abertas diretamente no solo, quando o teor de umidade está próximo da saturação. A utilização desta forma de plantio impede a utilização de um manejo de água racional.

Técnica desenvolvida pelo CPATSA para o traçado de sulcos e camalhões (Sc) em nível, para a exploração da agricultura de vazante.

A técnica para a confecção dos sulcos e camalhões (Sc) consiste em marcar a

linha de água que limita a área seca com a bacia hidráulica, com piquetes espaçados de 10m, aproximadamente. A linha de piquetes estará em curva de nível depois que a água armazenada diminuir. Os Sc são abertos seguindo-se a linha de piquetes, à enxada ou à tração animal. O primeiro sulco servirá de linha básica para o traçado dos demais.

Para uma bacia hidráulica com declividade de 2 a 3% recomenda-se que o número de Sc espaçados de 1.5m, não ultrapasse a cinco. O número ideal é determinado nos anos subsequentes. O momento de confecção de novos sulcos de referência somente deverá ocorrer quando a lâmina de água armazenada baixar o suficiente para que sejam traçados cinco novos sulcos em contorno. Os Sc permitirão, também, a aplicação de "irrigações de salvação" quando da época de déficit de umidade no solo, através do método de irrigação por mangueira ou tubos de PVC, Figura 1.

Os trabalhos desenvolvidos sobre agricultura de vazante permitem concluir que:

a técnica de sulcos e camalhões, seguindo as curvas de nível formadas pela própria água armazenada no açude, permite a aplicação de "irrigação de salvação", produzindo um aumento relativo de 0.87t por hectare por cada 10mm de água adicional, para a batata-doce;

o emprego de técnicas combinadas de adubação e manejo de solo e água, em agricultura de vazante, possibilita um aumento relativo de produção de 92% para a cultura do milho, em comparação com a tecnologia tradicional;

os sulcos e camalhões, pelo seu efeito drenante, melhoram sensivelmente a aeração do solo, permitindo que o plantio seja feito com o lençol freático superficial;

determinou-se uma perda total média de água em açudes, durante o período de exploração da vazante de 288mm/mês (evaporação, percolação e infiltração), sendo superior à suplementação de água das culturas, através de "irrigação de salvação";

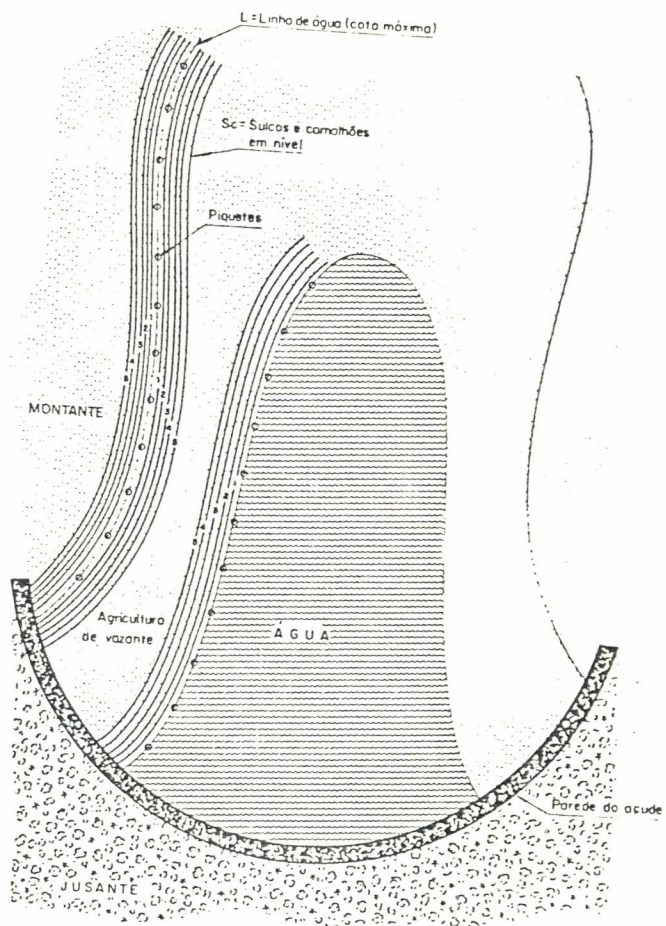


FIG 1 Modelo esquemático do sistema de exploração de agricultura de vazante – Tecnologia de sulcos e camalhões em nível, segundo o nível da "própria" água – CPATSA / EMBRAPA.

a exploração agrícola de vazante de açude em pequenas áreas com "irrigação de salvação", não compromete as atividades da propriedade, relativas à oferta de água para o consumo humano e animal.

Incremento na produção e no valor bruto da produção em agricultura de vazante

Realizada uma análise econômica, simplificada, com o uso da tecnologia para agricultura de vazante, considerando-se que os produtores que se beneficiarão com essa técnica, cultivam 1ha de milho e 1ha de caupi, observa-se através da Tabela 1, que estes teriam um incremento de três vezes, valor bastante significativo em suas rendas brutas.

Sendo o custo de implantação do projeto ao redor de 1.7 milhões de cruzeiros, a preço de dezembro/84, o incremento no valor bruto de sua produção seria praticamente igual ao custo de implantação, assegurando a capacidade de pagamento, no primeiro ano do custeio agrícola, e do investimento feito na aquisição de uma motobomba de 3.5HP e da tubulação para as irrigações de salvação.

TABELA 1. Incremento na produção e no valor bruto da produção, que poderiam ser obtidos pelo produtor com a utilização do sistema de sulcos e camalhões para exploração de vazantes, em 2.0ha de caupi e milho em culturas isoladas, sendo 1.0ha para cada cultura.

| Culturas | Producao (kg/ha) | Valor bruto (US\$) | Producao (kg/ha) | Valor bruto (US\$) | Producao (kg/ha) | Valor bruto (US\$) |
|----------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| Milho | 1500 | 133.26 | 4000 | 355.26 | 2500 | 222.10 |
| Caupi | 400 | 71.07 | 1500 | 266.62 | 1100 | 195.45 |
| TOTAL | 1900 | 204.33 | 5500 | 621.88 | 3600 | 417.55 |

1 dolar = Cr\$ 2814 (nov.84).

CAPTAÇÃO DE AGUA DE CHUVA - SAES-"IN SITU"

(Capítulo V)

CAPTAÇÃO DE AGUA DE CHUVA "IN SITU"

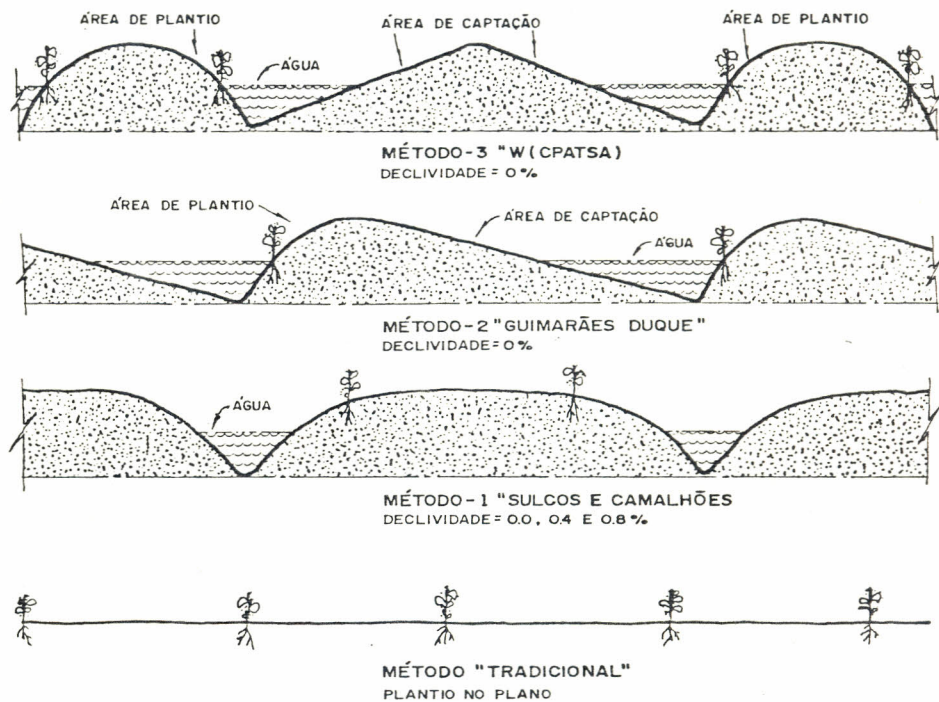
Nas condições do Nordeste são especialmente importante os problemas da conservação da água no solo, em vista da distribuição irregular das chuvas e mesmo de sua escassez", INFAOL (1974).

Os trabalhos realizados pelo CPATSA, durante os últimos seis anos (1979-1984) têm confirmado estes resultados e, que uma aração profunda com dois discos, por ocasião da confecção dos sulcos e camalhões em nível, para o método de captação de água de chuva "in situ", é bastante significativa com relação ao incremento da infiltração da água no solo, devido ao aumento do tempo de oportunidade e ao revolvimento deste, principalmente na área de plantio ou de armazenamento.

Várias modificações nas superfícies dos solos agrícolas têm sido estudadas objetivando aumentar a eficiência de uso das precipitações disponíveis nas regiões áridas. Essa tecnologia visa, principalmente, o armazenamento da água de chuva direto no perfil do solo.

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 superficial, ao mesmo tempo em que o conduz a porção de solo explorada pelo sistema radicular da cultura.

A tecnologia de captação de água de chuva "in situ", introduzida no Nordeste Semi-Árido pelo INFAOL em 1972, denominado "Método Guimarães Duque" foi adaptada para culturas anuais pelo CPATSA e consta de sulcos igualmente espaçados, existindo entre sulcos consecutivos dois planos inclinados. O primeiro plano é formado pela borda do próprio sulco e funciona como área de plantio (Ap) e o segundo, mais extenso, une a parte mais alta do primeiro sulco à parte mais baixa do segundo, formando a área de captação, Figura 1.



ESCALA GRÁFICA

0 20 40 60 80 100 cm

DES: PAULO PEREIRA

FIG.1 - Métodos de captação de água de chuva "in situ" (1, 2 e 3) adaptados a culturas anuais pelo CPATSA para o Semi-Árido brasileiro.

A semelhança do Instituto Nordestino para o Fomento de Algodão e Oleaginosas-INFAOL, o Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Arido-CPATSA, denominou o método de captação de água de chuva "in situ", proveniente daquele Orgão e também adaptado para culturas anuais, de "Método Guimarães Duque", INFAOL (1974).

A confecção dos sulcos para captação de água pelo método "Guimarães Duque", consiste em se retirar o disco dianteiro de um arado reversível de três discos, e locadas as curvas de nível num terreno de encosta, cuja declividade natural não ultrapasse a 5%, constroi-se os sulcos, igualmente espaçados de 1.5m. O referido método é bem mais adequado, técnica e economicamente, a maioria dos solos, quando comparados aos outros mostrados na Figura 1. Entretanto tem como desvantagem o espaçamento fixo entre os sulcos consecutivos, no caso da exploração de culturas anuais, sendo mais adequado aos cultivos de milho, caupi, sorgo, mamona, mandioca, algodão e culturas perenes.

Outro método adaptado pelo CPATSA é denominado de método em "W" e consiste em camalhões largos e estreitos, alternados em curvas de nível, Figura 1. Neste sistema os camalhões, largos planos inclinados, servem como área de captação, os estreitos como área de plantio e os sulcos entre os camalhões como área de armazenamento. A relação entre área de captação e de plantio é 2:1. Isto significa que para cada unidade de área de plantio, existem duas unidades de área de captação, assegurando assim a água necessária à cultura.

Algumas vantagens deste método são:

- existe a demarcação distinta entre a área de plantio e de captação, permitindo compactar esta última para incrementar a produção de escoamento superficial;
- possibilita a colocação de duas fileiras de plantas por camalhão;
- dependendo da largura da área de plantio, permite escolher o arranjo para diferentes tipos de cultura;

- a forma simétrica do sistema facilita a mecanização com trator ou á tração animal; e

- adapta-se a qualquer espaçamento.

Já se tem definido várias alternativas tecnológicas para confecção da técnica de captação de água de chuva "in situ", tanto a trator de pneu como á tração animal, através da série de policultores.

Resultados recentes mostram um incremento na produtividade da cultura do feijão caupi de 40 a 500%. Acredita-se que com o uso generalizado desta tecnologia, em um período de 10 anos se poderia duplicar a produção agrícola da região semi-árida nordestina, desde que fosse convenientemente usada pelos produtores.

TABELA 1. Análise econômica da exploração da cultura do caupi com captação de água "in situ". Solos pesados (textura fina).
Cultura: Feijão vigna.
Área de plantio: 1.0 Ha.

| Discriminação | Unid. | Quant. | Valor ORTN |
|--|-------|--------|------------|
| 1. Preparação da área | | | |
| . Aração | H/t | 4.0 | 6.02 |
| . Gradagem | H/t | 2.0 | 3.01 |
| . Sulcamento | H/t | 2.0 | 3.01 |
| 2. Insumos | | | |
| . Sementes | Kg | 10 | 1.93 |
| . Superfosfato simples | Kg | 250 | 5.37 |
| . Inseticidas | l | 5 | 3.06 |
| 3. Plantio | | | |
| | H/D | 1.0 | 0.16 |
| 4. Tratos Culturais | | | |
| . Capina | H/D | 15 | 2.42 |
| . Pulverização | H/D | 5 | 0.80 |
| 5. Colheita | | | |
| | H/D | 8 | 1.29 |
| . Debulhamento | H/D | 6 | 0.97 |
| 6. Despesa Total | | | 28.04 |
| 7. Produção = 800 Kg | | | |
| 8. Receita Total | | Kg | 600 |
| | | | 40.63 |
| 9. Receita Líquida (não existe investimento) | | | 12.52 |

ORTN = Cr\$ 9304.61 (março 84).

H/T = Hora/Trator de pneu.

H/D = Homem/dia.

SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO DE BAIXO CUSTO:

- . Por sulcos parcialmente fechados no final
- . Por mangueira
- . Por tubos janelados modificados
- . Por potes de barro
- . Por cápsulas porosas

(Capítulo VI)

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR SULCOS PARCIALMENTE FECHADOS NO FINAL

Este sistema, segundo Soares e Magalhães (1984) é caracterizado pelo represamento parcial de água no final dos sulcos, através de vertedores instalados no final dos sulcos convencionais. Dentre os objetivos principais podem-se destacar: redução das perdas de água por escoamento superficial no final dos sulcos; aumento das eficiências de distribuição e de aplicação; e uniformização da produtividade ao longo dos sulcos.

O método de irrigação por sulcos constitui, sem dúvida, o processo de aplicação de água no solo, mais tradicionalmente usado em todo o mundo. Nas modalidades de sulcos com saída de água, a eficiência de aplicação tende a crescer até um determinado valor do fator R (Relação entre o tempo de oportunidade no final do sulco e o tempo do avanço), enquanto a eficiência de distribuição e as perdas de água por escoamento superficial tendem a aumentar, sob condições de vazão constante.

A instalação de um vertedor triangular no final do sulco condiciona o represamento da água no trecho final do sulco. Em decorrência disto, tem-se o aumento do tempo de recessão da água no sulco, o que proporciona o aumento do tempo de oportunidade neste trecho do sulco. E assim, tem-se a redução das perdas de água por escoamento no final do sulco.

O vertedor triangular pode ser confeccionado em folhas de aço zincado ou em chapa de ferro fundido, tipos 16 e 18 ou menor. O triângulo equilátero, com 12cm de cateto, deve ser centralizado numa folha de aço zincado ou chapa de ferro com 50cm de largura por 20cm de altura, Figura 1. O vertedor deve ser instalado no final do sulco, de modo a formar uma lâmina de água no sulco, com 8cm de altura.

Tem-se observado que as perdas de água por escoamento superficial no sistema

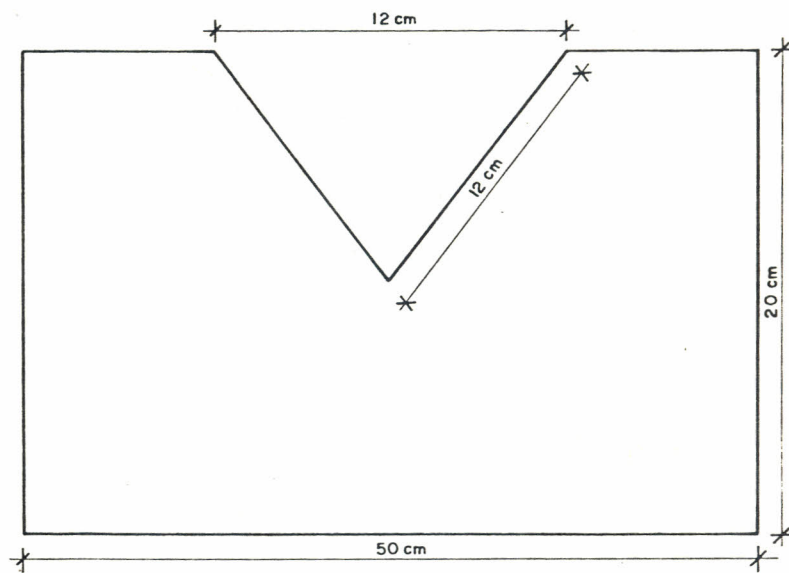


FIG 1 Vertedor triangular de folha de zinco.

de sulcos parcialmente fechados, sob condições de vazão constante, em relação as perdas observadas nos sulcos abertos foram reduzidas em 70.22; 79.23 e 52.48%, para valores de R iguais a 0.2; 0.7 e 1.2, respectivamente. Por outro lado, para R igual a 1 e sob condições de redução semi-automática da vazão inicial, as perdas por escoamento foram decrescidas em apenas 25.07% para solos do tipo Latossolos.

A associação da redução da vazão de escoamento superficial com o volume de água que fica retido no leito do sulco pelo vertedor no sulco parcialmente fechado é suficiente para compensar o déficit da lâmina de água a ser infiltrada no final do sulco. Isto condiciona uma melhor uniformização do perfil de umidade do solo na profundidade efetiva da raiz ao longo do sulco.

Verifica-se pela Tabela 1, que a eficiência de aplicação em sulcos parcialmente fechados mostrou-se superior aos sulcos abertos, em ambas condições de vazão. Em sulcos abertos esta eficiência tende a decrescer quando o valor de R cresce, enquanto no sistema com sulcos parcialmente fechados, a maior eficiência (90.33%) é obtida para R igual a 0.7, quando se mantém a vazão constante durante todo o tempo de irrigação. Verificou-se também, que o sulco parcialmente fechado proporcionou um acréscimo na eficiência de aplicação em 14.25; 31.25 e 42.63%, correspondentes aos valores de R iguais a 0.2; 0.7 e 1.2, respectivamente.

O custo de investimento para a implantação destes vertedores, com base em uma área irrigada de 100m de comprimento por 100m de largura e sulcos espaçados entre si de 1.20m, utilizando-se chapas de ferro fundido ou chapas de aço galvanizado constam na Tabela 2.

TABELA 1. Eficiência de aplicação sob condições de vazão constante para sulcos do tipo SA e SPF para valores de R iguais a 0.2; 0.7 e 1.2 e redução da vazão inicial para R igual a 1.0.

| FATOR (R) | Efic. de aplic.(%) sob vazão constante | | |
|-----------|--|-------|---------------|
| | SA | SPF | Incremento(%) |
| 0.2 | 76.14 | 86.99 | 14.25 |
| 0.7 | 68.82 | 90.33 | 31.25 |
| 1.0 | 56.26 | 80.15 | 42.63 |
| - | Eficiência de Aplicação (%) sob redução de vazão | | |
| 1.0 | 60.44 | 77.32 | 27.93 |

TABELA 2. Custo de investimento para implantação de vertedores, considerando uma área com 100m de comprimento por 100m de largura e com sulcos espaçados de 1.20m. Petrolina-Pe, Setembro/84.

| Especificações do material | ORTN | US\$ |
|---|-------|-------|
| Chapa de ferro fundido tipo 16 | 12.37 | 87.34 |
| Chapa de ferro fundido tipo 18 | 11.44 | 80.78 |
| Chapa de ferro fundido tipo 20 | 10.51 | 74.24 |
| Chapa de ferro fundido tipo 22 | 8.35 | 58.95 |
| Chapa de aço galvanizado com 26mm de espessura | 11.75 | 83.00 |

1 US\$ = Cr\$ 2814
1 OTRN = Cr\$ 20118

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA

Este sistema de irrigação caracteriza-se pela condução de água através de tubulação e de sua distribuição por meio de mangueiras de PVC flexível e pela aplicação localizada da água. Funciona sob condições de baixa pressão, não requer a filtragem da água de irrigação e apresenta alta eficiência de irrigação, (Soares, 1984a, 1984b, 1984c, e 1984d).

O sistema de irrigação por mangueira destina-se ao aproveitamento de fontes de água com pequena vazão ou pequeno volume; exploração de terrenos que apresentem limitações topográficas para os sistemas de irrigação convencionais, com exceção do gotejamento; aproveitamento de mão-de-obra familiar e a exploração de culturas anuais ou perenes.

Este sistema de irrigação apresenta-se bastante diversificado quanto ao tamanho dos módulos irrigáveis; mobilidade do sistema de condução de água e alternativas de bombeamento. O baixo custo de investimento inicial, a simplicidade de instalação e de manejo do sistema e a elevada eficiência de irrigação podem permitir a sua adoção por parte do pequeno produtor.

A composição de um sistema de irrigação por mangueira está em função da maneira de aplicação de água, do sistema de captação da água, pois as áreas irrigadas podem estar situadas a jusante ou a montante da fonte de água. De um modo geral pode ser apresentado da seguinte maneira: conjunto motobomba ou reservatório, linha principal, linha secundária, linha lateral e mangueira de distribuição. 1) Conjunto Motobomba - é representado por uma bomba centrífuga acoplada a um motor diesel ou elétrico. Desde que exista na propriedade um ponto de tomada de água com energia gravitacional suficiente para o funcionamento do sistema de irrigação projetado, o conjunto de bombeamento pode ser excluído do sistema. 2) Linha Principal - a seleção da tubulação principal está em função das

perdas de carga, velocidade, vazão e mobilidade do sistema. Para um sistema móvel, dimensionado para funcionar sob baixa e média pressão, aconselha-se tubos de PVC rígido azul com engate rápido, de modo a reduzir ao mínimo o tempo gasto para a mudança da tubulação. Para um sistema semi-fixo que funcione sob baixa pressão (20m), recomenda-se tubos de PVC rígido, tipo "esgoto", no trecho em que a tubulação é fixa, de modo a proporcionar a redução dos custos de investimento inicial. O diâmetro da tubulação deverá satisfazer, dentro do aspecto econômico, o requerimento de desempenho do sistema de irrigação.

3) Linha Secundária - Os tipos dessa tubulação devem ser selecionados em função da mobilidade do sistema de irrigação. Para o sistema móvel ou semi-fixo aconselha-se tubos de PVC rígido, dotados de engate rápido. Já para o sistema que requer baixa pressão, essas tubulações poderão ser de PVC rígido tipo "esgoto".

4) Mangueira de distribuição - é recomendável uma mangueira de plástico transparente, por ser um material muito flexível. O comprimento e o diâmetro da mangueira, associados à sua flexibilidade, concorrem para uma maior funcionalidade na aplicação da água de irrigação. No sistema de irrigação em que a água é aplicada na extremidade do sulco, a mangueira com 25m de comprimento e 1 1/4" de diâmetro tem se apresentado como a mais funcional.

5) Ponto de Derivação - dependendo dos comprimentos da parcela e da mangueira de distribuição, a linha lateral pode ter um ou mais pontos de derivação.

O sistema de irrigação por mangueira pode ser usado nas seguintes modalidades, em função da maneira de aplicação de água: a) utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados, Figura 1; b) utilizando microbacias, Figura 2; c) utilizando um aspersor manual (bico de regador ou outro), Figura 3 e d) utilizando um aspersor terminal, Figura 4.

O sistema (a) destina-se à exploração de culturas, tais como: melância, melão, tomate, feijão, milho, sorgo, cebola, etc.; o sistema (b) é indicado para o cultivo de fruticultura em geral; o sistema (c) é indicado para a exploração de

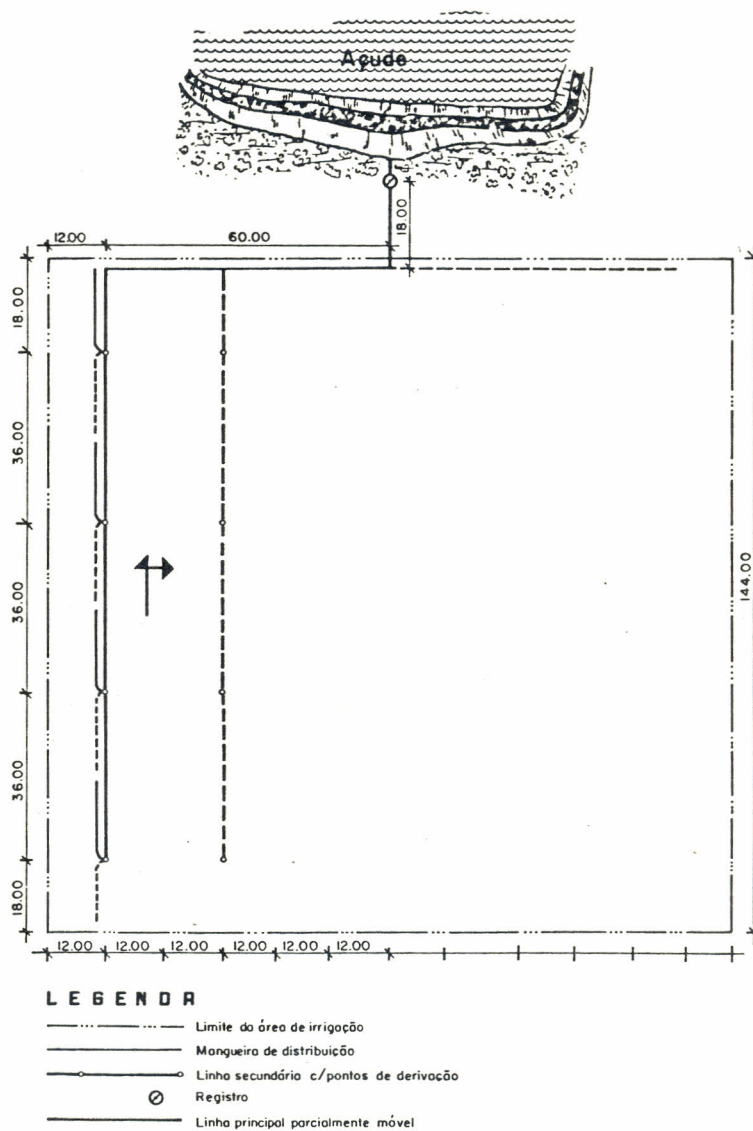


FIG 1 Sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados, sem bombeamento.

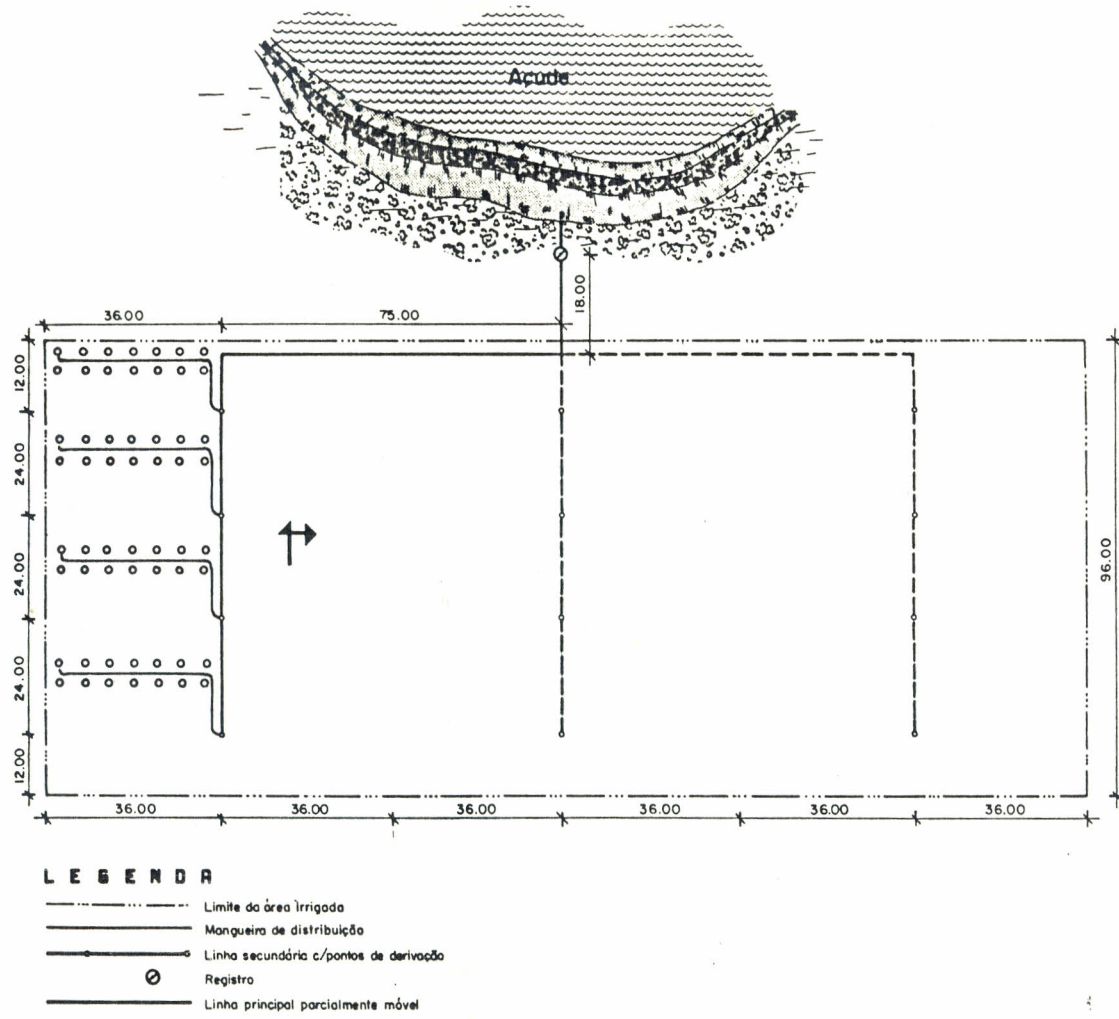


FIG 2 Sistema de irrigação por mangueira utilizando microbacia, sem bombeamento.

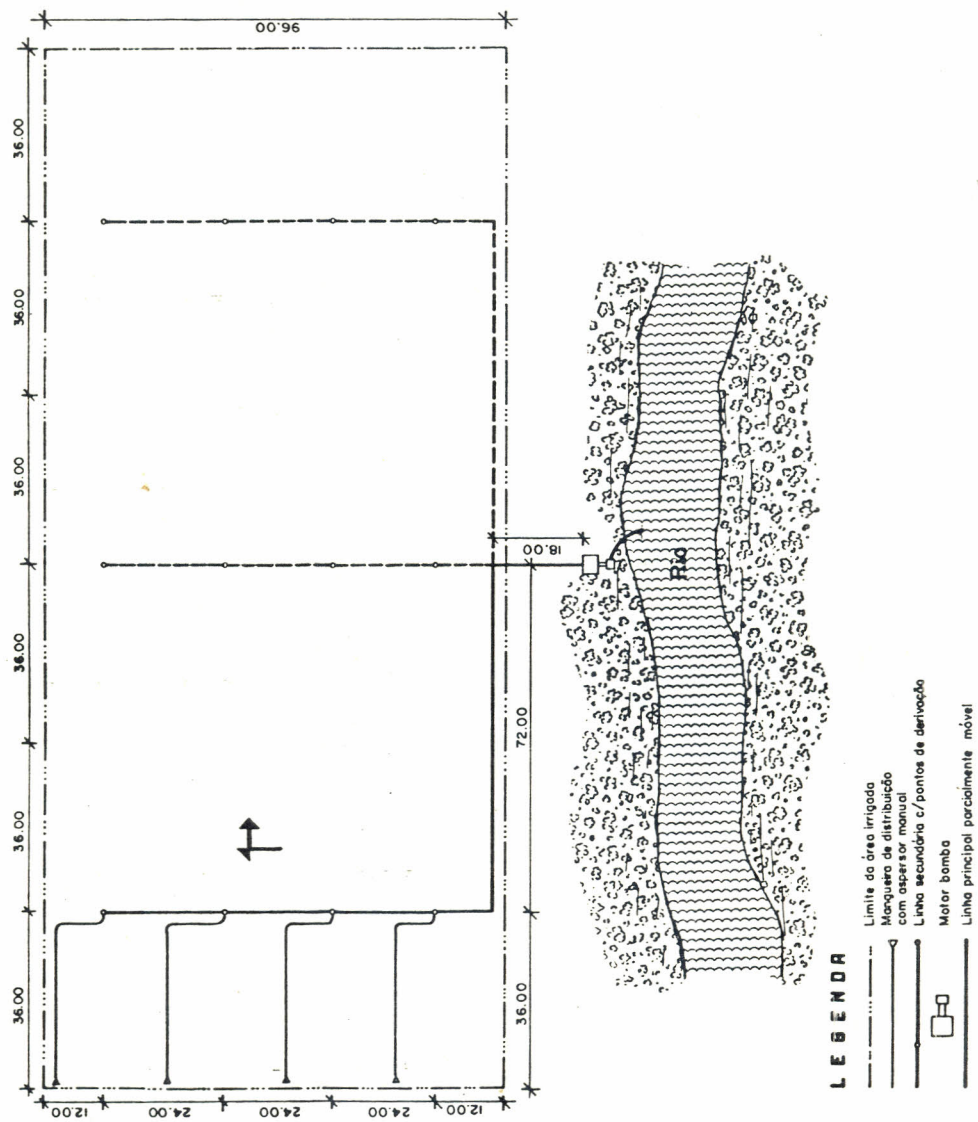


FIG 3 Sistema de irrigação por mangueira com aspersor manual e com bombeamento.

diversas hortaliças enquanto o (d) apresenta-se indicado para o cultivo de quase todas as culturas, com exceção da fruticultura.

A Tabela 1 apresenta os custos de investimento para o sistema de irrigação por mangueira, em função da maneira de aplicação de água e da alternativa de bombeamento.

TABELA 1. Custos de investimento do sistema de irrigação por mangueira, em função da maneira de aplicação de água e da alternativa de bombeamento, para módulos médios irrigáveis de 2.0ha. Abril/84.

| Sistema de Irrigação | com bombeamento | | sem bombeamento | |
|---|-----------------|--------|-----------------|--------|
| | US\$ | ORTN | US\$ | ORTN |
| Sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados | 3165.65 | 428.65 | 1071.25 | 145.11 |
| Sistema de irrigação por mangueira utilizando microbacias | 2765.12 | 375.44 | 1149.24 | 161.19 |
| Sistema de irrigação por mangueira com aspersor manual | 3035.52 | 412.25 | 1199.04 | 162.04 |
| Sistema de irrigação por mangueira com aspersor terminal | 4897.53 | 779.24 | - | - |

1 dólar = Cr\$ 2014

1 ORTN = Cr\$ 20110

SISTEMA DE IRRIGACAO POR TUBOS JANELADOS MODIFICADOS

O sistema de irrigação por tubos janelados modificados caracteriza-se pela condução de água através de tubulação e pela aplicação da água no sulco, por meio de janelas conectadas com mangueiras de PVC flexíveis, (Soares e Carvalho, 1984).

Dentre as vantagens deste sistema destacam-se: aumento da sua flexibilidade na exploração de culturas temporárias; a forma de derivação de água para os sulcos destaca-se como um dos fatores mais importantes para o manejo d'água, nas diversas modalidades do método de irrigação por sulco. Dentre elas podem-se destacar: a abertura na parede dos canais parcelares, sifões, "spiles" e tubos janelados.

O sistema de irrigação por tubos janelados é constituído por janelas ou orifícios abertos no próprio tubo em intervalos equidistantes, de modo a permitir a derivação de água e a regulação de vazão, na entrada do sulco.

Janelas são estruturas que podem apresentar-se de vários modos distintos quanto à forma e quanto à maneira de regulação de vazão, como segue: a) comportas laterais retangulares; b) comportas laterais cilíndricas e c) mangueiras flexíveis acopladas a janelas laterais. A operacionalidade desses sistemas requer bastante experiência do irrigante para controlar a vazão aplicada por sulco, através da abertura e do fechamento das janelas. A calibração da vazão entre os setores de irrigação ou entre sulcos de um mesmo setor torna-se uma prática muito difícil para o irrigante pois depende do número de janelas, perda ou ganho de pressão na tubulação, devido ao atrito da tubulação ou a declividade do terreno, respectivamente.

A maioria das modalidades de janelas existentes não apresenta flexibilidade quanto ao espaçamento entre sulcos. No caso de culturas que apresentam espaçamentos entre sulcos, em que o sulcamento é feito mecanicamente, qualquer erro ocorrido no espaçamento entre sulcadores tende a acumular-se ao longo do

comprimento da parcela, de maneira que, a partir de uma certa distância, as janelas não mais coincidem com os respectivos sulcos. A turbulência da água na saída de alguns tipos de janelas, por menor que seja a vazão, proporciona a destruição do trecho inicial dos sulcos.

Após a realização de alguns testes no Campo Experimental de Bebedouro, EMBRAPA-CPATSA, envolvendo dois sistemas de tubos janelados e após algumas adaptações obteve-se um outro sistema de irrigação por tubos janelados com maior versatilidade quanto ao manejo da derivação de água para os sulcos, espaçamento entre fileiras de plantas e mobilidade do sistema.

O sistema consta de mangueiras flexíveis de vinilona ou de PVC flexível, com 1 1/4" de diâmetro e 1.20m de comprimento, sem reguladores de vazão, acoplados a tubos de PVC rígido ou alumínio, através de válvulas automáticas com engate para aspersores, em intervalos eqüidistantes de 2.0m. O funcionamento da janela é feito através da válvula automática, o que permite a mobilidade das mangueiras ao longo da linha de distribuição.

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR POTES DE BARRO

Uma das primeiras experiências científicas utilizando pote de barro como método de irrigação, depois da redescoberta desta tecnologia, foi feita por Mondal (1974 e 1978) e indicaram que plantas de abobrinha (*Curcubita* sp.) podem, efetivamente, crescer ao redor dos potes, em condições de solos normais, salinos e salino-sódicos, com uma pequena quantidade de água, correspondendo a uma lâmina de 1.7cm/ha/800 potes, durante um período de 70 dias.

Testes preliminares com pequenas unidades de barro, com dimensões aproximadas de 15cm de altura por 8cm de diâmetro, foram realizadas pelo Instituto de Solos do Irã em 1977, utilizando tanto água normal como salina. Embora tenham alcançado bons resultados, aconselha-se a necessidade de alguns estudos complementares.

Experiências desenvolvidas no Alto Volta Senegal demonstraram que pequenas hortas domésticas podem ser cultivadas, fazendo-se uso de potes de barro com capacidade para 15 litros, na base de oito unidades para uma superfície hortícola de 10m², com um consumo estimativo de cerca de 300 litros de água durante um período de 100 dias de cultivo.

No Brasil, o pote de barro usado tradicionalmente para conservação de água no meio rural, foi modificado para se utilizar com fins de irrigação. A inovação consistiu em aumentar sua porosidade para 22% e modificar o método de confecção, isto é, sem polimento interno e externo, bem como a adição de materiais porosos como esterco, pó de serra ou simplesmente a adição de areia.

O método de irrigação por potes de barro é bastante rudimentar, e tem como objetivo básico suprir as necessidades mínimas de uso de água pelas plantas, não implicando, necessariamente, em rendimentos máximos, bem como diminuir as horas de trabalho da mão-de-obra familiar, utilizada na irrigação das pequenas hortas caseiras.

A água de irrigação deverá ser de boa qualidade, por que dela dependerá a vida útil do sistema, isto é, sem argila em suspensão ou lodosa. Também não se deve usar água pesada, com teores de sais elevados, principalmente se esta contém sulfatos e carbonatos. A aplicação de fertilizantes deve ser feita diretamente no solo, na área delimitada pelo bulbo molhado, pois quando aplicado na água de irrigação provoca redução na porosidade do pote, diminuindo, conseqüentemente sua liberação.

O sistema vem sendo usado na região semi-árida brasileira em hortas familiares e pomares caseiros, de forma individual e interconectada, como se observa na Figura 1.



FIG. 1. Sistema de irrigação por potes de barro.

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR CAPSULAS POROSAS

Esta é uma tecnologia que ainda se encontra em fase experimental. Seu princípio de funcionamento se assemelha ao sistema de irrigação por potes de barro, sendo mais sofisticada tecnicamente, por que nesta há um maior controle de qualidade nos materiais plásticos e elásticos usados em sua confecção.

A avaliação técnica realizada no sistema, funcionando sob diferentes gradientes de pressões hidrostáticas ($\Delta H = 0.3\text{m}$ a 2.8m), durante o período de 1979 a 1983, na Estação Experimental de Bebedouro, pertencente ao CPATSA, as cargas testadas, não influenciaram significativamente, no rendimento das culturas, entretanto, afetaram ao nível de 1% de probabilidade, na liberação de água diária, por unidade porosa. As principais produções obtidas para a melancia (*Citrullus vulgaris*, Schard), variedade Charlston Gray; melão (*Cucumis melo*, L.), variedade Valenciano Amarelo e milho (*Zea mays* L.), variedade Centralmex, estimadas em toneladas/2500/cápsulas/hectare e de espigas/2500 cápsulas/hectare foram de 28.5; 10.0 e 17.500, respectivamente. O consumo de água por cultura, de acordo com a descrição acima, foi de, 60; 60 e 100mm, respectivamente, em Latossolo Vermelho-Amarelo, profundo, de textura arenosa. O custo estimado do sistema por hectare foi de US\$ 1677.

Por outro lado, o potencial matricial de água no solo, há dois centímetros das paredes das cápsulas, manteve-se pouco acima da capacidade de campo e a umidade aproveitável dentro do bulbo molhado, sempre esteve entre 60 e 100% para um diâmetro médio de 0.40m nas faixas de 0.15 a 0.45m de profundidade, durante um ciclo de cultivo.

Na atualidade, os trabalhos com cápsulas porosas visam aumentar a durabilidade do sistema em condições de campo, isto é, buscam manter por um período mais prolongado as condições iniciais de liberação de água, que tem reduzido com o passar do tempo, através da pesquisa de novos materiais plásticos e

elásticos e do incremento da carga hidráulica. Já se tem conseguido isso, para um período de 3.5 anos, no mínimo. Figura 1.

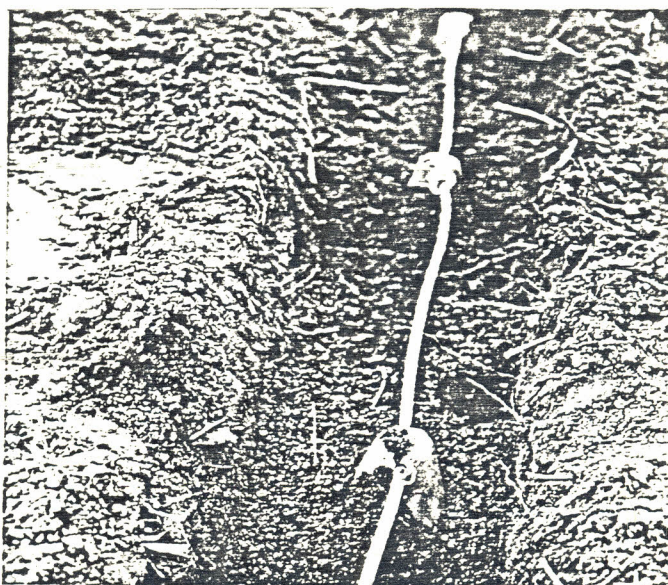


FIG. 1. Sistema de irrigação por cápsulas porosas.

REFERÊNCIAS

- ALVARGONZALEZ, R. O desenvolvimento do Nordeste árido; perfil do Nordeste árido. Fortaleza, DNOCS, 1981. v. 1, 111p. il.
- ALVES, E. R. de A. O futuro do sistema cooperativo da pesquisa agropecuária brasileira. s.n.t., 15p.
- BEZERRA, G. E. Subsídios a uma política agropecuária para o semi-árido nordestino. Fortaleza, DNOCS, 1981. 56p. il.
- BRASIL. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. O papel do DNOCS no semi-árido nordestino. Fortaleza, 1983. 87p. il.
- BRASIL. SUDENE. Plano de aproveitamento integrado dos recursos hídricos do Nordeste do Brasil - fase I; enfoques básicos. Recife, PE, 1980. v. 4.
- BRASIL. Ministério do Interior. Projeto do I Plano Nacional de Irrigação (I PNI): 1982-1986. 82p. il.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Aguas e Energia Elétrica. Transposição das águas do São Francisco e Tocantins para o semi-árido nordestino; avaliação preliminar - s.l., 1983. 72p. il.
- BRASIL. Ministério do Interior. Secretaria Geral. Secretaria de Planejamento. Proposta do Ministério do Interior das linhas gerais de uma política de irrigação pública para o Nordeste. Brasília, 1984. 8p.
- BRASIL. Presidência da República. Secretaria de Planejamento. Recursos hídricos do Nordeste, Brasília, 1984. 1v.
- COMISSÃO BRASILEIRA PARA O PROGRAMA HIDROLÓGICO INTERNACIONAL, Brasília, DF. O projeto regional maior e a região semi-árida do Brasil. Brasília, 1982. 60p. il.
- COELHO, J. Irrigação no Nordeste brasileiro e tecnologia para o trópico semi-árido; uma abordagem sobre técnicas de manejo dos recursos naturais renováveis e algumas implicações sócio-econômicas. Recife, PE, s. ed. 1982. 17p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Arido, Petrolina, PE. Situação atual da irrigação no Nordeste brasileiro. Petrolina, PE, 1983.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Departamento de Orientação e Apoio à Programação da Pesquisa, Brasília. Programa nacional de pesquisa de agricultura irrigada (Documento preliminar). Brasília, 1984. 74p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Arido, Petrolina, PE. Irrigação no Nordeste do Brasil. Petrolina, PE, 1984. 20p. il.
- FAO, Roma, Itália. Yearbook of food and agricultural statistics - 1954, production. Rome, 1955. v. 8, part 1.
- FAO, Roma, Itália. Yearbook of food and agricultural statistics - 1955,

production. Rome, 1956. v. 9, part 1.

FAO, Roma, Itália. Yearbook of food and agricultural statistics - 1957, production. Rome, 1958. v. 11, part 1.

FAO, Roma, Itália. Production yearbook - 1958. Rome, 1959. v. 12.

FAO, Roma, Itália. Production yearbook - 1963. Rome, 1964. v. 17.

FAO, Roma, Itália. Production yearbook - 1964. Rome, 1965. v. 18.

FAO, Roma, Itália. Production yearbook - 1965. Rome, 1966. v. 19.

FAO, Roma, Itália. Production yearbook - 1966. Rome, 1967. v. 20.

FAO, Roma, Itália. Production yearbook - 1967. Rome, 1968. v. 21.

FAO, Roma, Itália. Production yearbook - 1968. Rome, 1969. v. 22.

FAO, Roma, Itália. Production yearbook - 1969. Rome, 1970. v. 23.

FAO, Roma, Itália. Production yearbook - 1970. Rome, 1971. v. 24.

FAO, Roma, Itália. Production yearbook - 1971. Rome, 1972. v. 25.

FAO, Roma, Itália. Production yearbook - 1972. Rome, 1973. v. 26.

FAO, Roma, Itália. Production yearbook - 1974. Rome, 1975. v. 28-1.

FAO, Roma, Itália. Production yearbook - 1974. Rome, 1975. v. 28-2.

FAO, Roma, Itália. Production yearbook - 1975. Rome, 1976. v. 29 (FAO Statistics,2).

FAO, Roma, Itália. FAO production yearbook - 1976. Rome, 1976. v. 30 (FAO Statistics,7).

FAO, Roma, Itália. FAO production yearbook - 1978. Rome, 1979. v. 32 (FAO Statistics,22).

FAO, Roma, Itália. FAO production yearbook - 1980. Rome, 1981. v. 34. (FAO Statistics,34).

FAO, Roma, Itália. FAO production yearbook - 1981. Rome, 1982. v.35. (FAO Statistics, 40).

FAO, Roma, Itália. FAO production yearbook - 1982. Rome, 1983. v. 36. (FAO Statistics, 47).

FUNDAÇÃO BAHIANA PARA ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS, Salvador, BA. Convivência do homem com a seca e irrigação no Nordeste. Salvador, 1984. 76p.

FUNDAÇÃO IBGE, Rio de Janeiro, RJ. Sinopse preliminar do censo agropecuário,

Brasil. Rio de Janeiro, 1982. 41p. il. (Fundação IBGE. IX Recenseamento Geral do Brasil - 1980. v.2, t. 1, no. 1).

FUNDAÇÃO IBGE, Rio de Janeiro, RJ. Sinopse preliminar do censo agropecuário: Paraíba, Pernambuco. Rio de Janeiro, 1982. 153p. il. (Fundação IBGE. IX Recenseamento Geral do Brasil - 1980. v. 2, t. 1, no. 6).

FUNDAÇÃO IBGE, Rio de Janeiro. Sinopse preliminar do censo agropecuário: Ceará, Rio Grande do Norte. Rio de Janeiro, 1982. 141p. il. (Fundação IBGE. IX Recenseamento Geral do Brasil - 1980. v. 2, t. 1, no. 5).

FUNDAÇÃO IBGE, Rio de Janeiro, RJ. Sinopse preliminar do censo agropecuário: Alagoas, Sergipe. Rio de Janeiro, 1982. 101p. il. (Fundação IBGE. IX Recenseamento Geral do Brasil - 1980. v. 2. t. 1, no. 7).

FUNDAÇÃO IBGE, Rio de Janeiro, RJ. Sinopse preliminar do censo agropecuário: Maranhão, Piauí. Rio de Janeiro, 1982. 125p. il. (Fundação IBGE. IX Recenseamento Geral do Brasil - 1980. v. 2, t. 1, no. 4).

FUNDAÇÃO IBGE, Rio de Janeiro, RJ. Sinopse preliminar do censo agropecuário: Bahia. Rio de Janeiro, 1982. 117p. il. (Fundação IBGE. IX Recenseamento Geral do Brasil - 1980. v. 2, t. 1, no. 8).

INSTITUTO NORDESTINO PARA O FOMENTO DE ALGODÃO E OLEAGINOSAS, Recife, PE. INFADL: sua programação e resultados. Recife, 1974. 163p. il.

MACIEL, J. L. & DA SILVA, D. D. Levantamento técnico de algumas barragens subterrâneas da Paraíba e Rio Grande do Norte. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1984. s.n.t.

McRAE, S. G. & BURNHAM, C. P. Land evaluation. Oxford, Clarendon Press, 1981. 239p. il. (Monographs on soil Survey).

MONDAL, R. C. Farming with a pitcher, a technique of water conservation. World Crops, 26(2):94-7, mar./apr. 1974.

MONDAL, R. C. Pitcher farming is economical. World Crops, 30(3): 124, may/jun. 1978.

OLGUIN, P. C. Observaciones sobre el efecto del riego por succión en el rendimiento de maiz (variedade H-507) en el Distrito de Riego n. 41, Rio Yaqui, Sonora. Chapingo, México, ENA, 1976. 18p.

PINHEIRO, J. C. V. Análise econômica de tecnologias alternativas apropriadas aos pequenos agricultores. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1984. 104p. Tese Mestrado - Economia Rural.

POMPEU, C. T. Subsídios para definição de uma política de água para o Nordeste - aspectos legais e institucionais. Brasília, s. ed., 1984. 14p.

PROJETO NORDESTINOS, Rio de Janeiro, RJ. Relatório de viagem ao sertão, universidades federais do Nordeste. Rio de Janeiro, Rede Globo, 1984. 26p. il.

PROJETO NORDESTE, Brasília, DF. A proposta de recursos hídricos do Projeto Nordeste. Brasília, 1984. 25p.

- PROJETO NORDESTE, Grupo IV-Regional, Recife, PE. Programa regional de apoio ao pequeno produtor rural do Nordeste. (Síntese preliminar). Recife, PE, 1983. 123p.
- RIBEIRO, M do B. D. Implúvio; captação de água no Nordeste. Salvador, BA, DNOCS - 4a. Diretoria Regional, 1984. 55p. il.
- SILVA, A. de S.; PORTO, E. R. & GOMES, P. C. F. Seleção de áreas e construção de barreiros para uso de irrigações de salvação no trópico semi-árido. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1981. 43p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 3).
- SILVA, A. de S. & PORTO, E. R. Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do Trópico Semi-Árido do Brasil; tecnologias de baixo custo. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1982. 128p. il. (EMBRAPA-CPATSA, Documentos, 14).
- SILVA, A. de S.; LIMA, L. T.; MACIEL, J. L. & ARAÚJO, V. de P. A. Alternativas de captação, conservação e uso de água para abastecimento do meio rural. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1984. 52p. il.
- SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; LIMA, L. T. de & GOMES, P. C. F. Captação e conservação de água de chuva para consumo humano: cisternas rurais, dimensionamento, construção e manejo. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA/SUDENE, 1984. 103p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 12).
- SILVA, A. de S. Reunião sobre o manual de captação, conservação e manejo de água em zonas áridas da América Latina e intercâmbio de tecnologia. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1984. 85p. il.
- SILVA, A. de S.; SOARES, J. M. & PORTO, E. R. Tecnologias de baixo custo para convivência do homem com a seca. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1984. 37p. il.
- SILVA, A. de S. GALVÃO, C. de O. & ARAÚJO, V. de P. A. Pequenos reservatórios subterrâneos e superficiais (barreiro): projeto, construção e manejo. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1984. 86p. il.
- SOARES, J.M., MAGALHÃES, A.A. & ROSA, J.I.F. Eficiência de irrigação por sulcos parcialmente fechados no final. Revista Agropecuária Brasileira, 1984, 13p. No prelo.
- SOARES, J.M. Sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados. EMBRAPA-CPATSA. 1984. No prelo.
- SOARES, J.M. Sistema de irrigação por mangueira utilizando microbacias. EMBRAPA-CPATSA. 1984. No prelo.
- SOARES, J.M. Sistema de irrigação por mangueira com aspersor manual. EMBRAPA-CPATSA, 1984. No prelo.
- SOARES, J.M. & CARVALLO, H.O. Sistema de irrigação por tubos janelados modificados. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1984. 3p. Trabalho apresentado na I Conferência de Máquinas e Equipamentos de Irrigação e Drenagem. Salvador, BA.
- SOARES, J.M. Sistema de irrigação por mangueira com aspersor terminal. EMBRAPA-CPATSA, 1984. No prelo.

VILLEGAS, J. M. Agricultura, irrigação e planejamento: uma visão global. s. n. t.
35p.

VIABILIZAÇÃO técnico-econômica da pequena propriedade rural do Rio Grande do Sul.
Trigo e Soja, Porto Alegre, (61): 3-31, maio/jun. 1982.

WORKSHOP ON RAINFALL COLLECTION FOR AGRICULTURE IN ARID AND SEMI-ARID REGIONS,
Chapingo, México, 1980. Proceedings... Farnham Royal, CAB, 1981. 97p. il.