

20

MANEJO DE SOLO E ÁGUA PARA O TRÓPICO SEMI-ÁRIDO:
ALTERNATIVAS TÉCNICAS E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA*

EVERALDO ROCHA PORTO e
ADERALDO DE SOUZA SILVA,
Pesquisadores do CPATSA/EMBRAPA

A instabilidade pluviométrica é um dos principais fatores responsáveis pelo risco a que está sujeita a exploração agrícola dependente de chuva no TSA.

No caso específico do Polígono das Secas, a sua maior área apresenta uma precipitação média anual inferior a 600 mm, BRASIL. SUDENE (1972). O período chuvoso oscila de três a cinco meses, com coeficiente de variação estimado em 257%, Rebouças & Marinho (1972). Nesta região, a irregularidade das precipitações faz com que ocorram estiagens prolongadas, acarretando efeitos prejudiciais à economia regional.

As chuvas são de alta intensidade, com muita frequência superando a taxa de infiltração do solo, o que propicia um grande volume de escoamento superficial. Segundo Rebouças & Marinho (1972), no Nordeste se perdem anualmente 36 bilhões de m³ de água apenas por escoamento superficial.

A evapotranspiração atinge taxas de cerca de 2.000 mm/ano, sendo, na maioria dos casos, os valores mais baixos no período seco (sem chuva) e os valores mais altos no período chuvoso, conforme Tabela 1. Isto favorece, ainda mais, a ocorrência de déficits hídricos para as culturas, quando das estiagens prolongadas.

TABELA 1. Análise da Precipitação e Evapotranspiração potencial para Irecê - BA.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
PREC.MÉDIA	103.	65.	99.	45.	3.	3.	0.	0.	2.	21.	114.	118.	573
PREC.DEPEND.	17.	21.	16.	12.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	24.	24.	
ETP	164.	145.	140.	119.	105.	92.	97.	119.	134	170.	171.	157.	1613

FONTE: HARGREAVES (1974)

* Contribuição do Convênio EMBRAPA/CPATSA/SUDENE/PROJETO SERTANEJO.

A região dispõe de 4.431.000 ha em potencial para agricultura irrigada e 14.018.300 ha para a agricultura de sequeiro, BRASIL. SUDENE (1972). Neste caso, as áreas potencialmente irrigáveis não apresentam limitações de recursos hídricos e edáficos. Porém, as áreas destinadas à agricultura de sequeiro sofrem os efeitos das irregularidades das precipitações e os solos, de uma maneira geral, são rasos, com baixa fertilidade natural, baixo teor de matéria orgânica, baixa capacidade de infiltração e de retenção de umidade, e apresentam um grande potencial para erosão hídrica.

Por outro lado, o TSA registra razoável precipitação pluviométrica anual, em torno de 700 bilhões de m^3 . Entretanto, a disponibilidade deste recurso, anualmente, totaliza 24 bilhões de m^3 , sendo 20 bilhões armazenados superficialmente e 4 bilhões de reserva subterrânea, Pontes (1975). Existem, também, mais de 15 mil poços perfurados e bem mais de 70 mil açudes, sendo 257 públicos, armazenando 57% do volume superficial, num montante de 11 bilhões de m^3 , Guerra (1975). Em alguns casos, estes reservatórios possibilitam o uso da irrigação e a exploração da agricultura de vazante.

Mesmo apresentando grande potencial hídrico, com frequência, o TSA é vítima do fenômeno da seca. Seus efeitos são fundamentalmente de agricultura, de emprego no setor agrícola, de saúde, de migração. Só no ano de 1981, a SUDENE vem atuando em cerca de mil municípios, através do Programa de Emergência Contra a Seca, com dispêndio de mais de Cr\$ 3 bilhões por mês no pagamento de mais de 550 mil chefes de famílias, BRASIL. SUDENE (1981). Segundo esta mesma fonte, mais de mil caminhões-pipa estão distribuindo água nas cidades mais atingidas pela estiagem.

A análise das considerações anteriores fez com que o CPATSA estabelecesse três enfoques básicos de pesquisa em manejo de água e solo para a região Semi-Árida, que são: aproveitamento do escoamento superficial, aproveitamento das águas já armazenadas em reservatórios superficiais ou subterrâneos e desenvolvimento de métodos não convencionais de irrigação. Dando ênfase especial à pequena irrigação, o CPATSA vem desenvolvendo e adaptando tecnologias capazes de estabilizar e aumentar a produção das culturas alimentares, permitindo ainda, o aprendizado do produtor sobre técnicas de irrigação, despertando-o para as inúmeras vantagens da agricultura irrigada. É objetivo deste trabalho apresentar algumas das tecnologias do referido programa e as estratégias básicas para o processo de transferência de tecnologia.

ALGUMAS TÉCNICAS DE UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA ÁREAS RURAIS DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO DO BRASIL.

Antes da descrição das alternativas técnicas, julga-se necessário sugerir alguns conceitos básicos para determinadas expressões técnicas que serão utilizadas ao longo desse trabalho, quais sejam: pequena irrigação e irrigação de salvação.

Pequena irrigação - é a irrigação conduzida a nível de propriedade rural, através de qualquer método de aplicação de água, em módulos médios irrigáveis, definidos em função dos tipos de fontes de água, dos métodos de irrigação, da época de utilização e das necessidades totais da propriedade.

Irrigação de salvação - é a irrigação suplementar, realizada através de pequenas lâminas de água, geralmente ao redor de 30 mm, para atender ao requerimento mínimo de água das culturas, após a ocorrência de déficits hídricos.

SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PROVENIENTE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL PARA O CONSUMO HUMANO (SAES-CH)

Cisternas Rurais

Um dos graves efeitos da seca, nas regiões áridas e semi-áridas, é a escassez de água potável para o consumo familiar. À medida que as fontes habituais de água vão se esgotando, as famílias passam a utilizar as não-habituais, geralmente partilhadas com animais, agravando a situação devido à péssima qualidade da água, que concorre para uma maior incidência de doenças no meio rural.

A técnica de captação e armazenamento de água de chuva na pequena propriedade rural, para o consumo humano, tem sido usada secularmente nas zonas urbanas, porém foi pouco difundida no meio rural, particularmente no Nordeste Semi-Árido. Consiste em aproveitar os telhados das casas como área de captação e os depósitos ou cisternas como área de armazenamento. Esses telhados se apresentam como uma das mais eficientes áreas de captação que se conhece, posto que permite escoar totalmente o volume precipitado.

O sistema SAES-CH é constituído de três elementos básicos: Área de captação (Ac), Sistema condutor (Sc) e Tanque de armazenamento (Ta), ou cisterna propriamente dita.

Área de captação (Ac). É formada pela cobertura das construções rurais dos mais diferentes tipos de materiais (lajes, telhas, plásticos etc). Seu dimensionamento é função da área coberta, tipo de material usado na cobertura e da ocorrência pluviométrica, a 50% de probabilidade.

Sistema condutor de água (Sc).. O Sc é formado pelas calhas ou bicas e pelo tubo condutor de água, que permite coletar toda a água proveniente do telhado e transportá-la para o Tanque de armazenamento (Ta) ou Cisterna. O dimensionamento do Sc é função do volume de água a coletar na Ac. Na sua confecção, utilizam-se folhas de zinco, tubos de PVC, troncos de árvores, etc.

Tanque de armazenamento (Ta) ou Cisterna. O Ta (depósito ou cisterna) pode ser construído em alvernaria de tijolos de uma vez, com argamassa de cimento e areia, com traço de 1:4 e espessura de 20 cm; ou de pedra, de forma quadrada, retangular ou cilíndrica, como se observa na Figura 1.

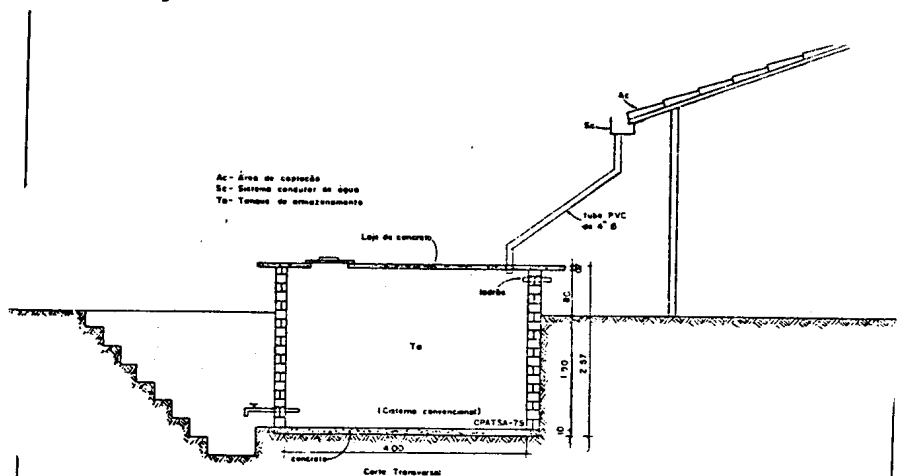


FIG. 1. Cisterna rural com capacidade para 30 m^3 .

O tipo de cisterna convencional mais adequada é o cilíndrico, por apresentar economia de material, melhor distribuição do peso da coluna líquida e maior facilidade de dimensionamento.

A quantidade de água necessária ao consumo familiar e o dimensionamento do sistema são fundamentados em informações técnicas existentes sobre escoamento superficial, Daker (1973).

O dimensionamento do Ta é função do consumo diário da família, principalmente durante o período de estiagem mais longa, na maioria dos casos estimado em dez meses para a região Nordeste. Estima-se, para cada pessoal adulta, um consumo diário de 10 a 30 litros de água.

Dimensionamento Hipotético do Sistema

Condições mínimas de uso de água:

. Número de pessoas por famílias	= 5
. Consumo/família/dia	= 50 l
. Consumo/pessoa/dia	= 10 l
. Precipitação média (Pm) anual da região	= 400mm = 0,4m
. Volume (V) da cisterna	= 15m ³
. Coeficiente de escoamento (C), estimado para a Área de captação (telhado)	= 0,7
. Área do telhado ou Área de Captação (Ac)	= 10 x 6m = 60m ²

A área de captação necessária para encher esta cisterna será:

$$Ac = V/C \times P = 15 \text{ m}^3 / 0,7 \times 0,4 \text{ m} = 54 \text{ m}^2$$

Como se dispõe de uma área coberta de 60m², esta será suficiente para captar a água exigida pela cisterna.

Condição regular de uso de água:

. Número de pessoas por família	= 5
. Consumo/família/dia	= 100 l
. Consumo/pessoa/dia	= 20 l
. Precipitação média (Pm) anual da região	= 0,4 m
. Volume (V) da cisterna	= 30 m ³
. Coeficiente do escoamento (C) estimado para a Área de captação (telhado)	= 0,7
. Área do telhado ou Área de captação (Ac)	= 10 x 6 m = 60 m ²

A área de captação necessária para atender esta cisterna será:

$$Ac = V/C \times P = 30 \text{ m}^3 / 0,7 \times 0,4 \text{ m} = 107 \text{ m}^2$$

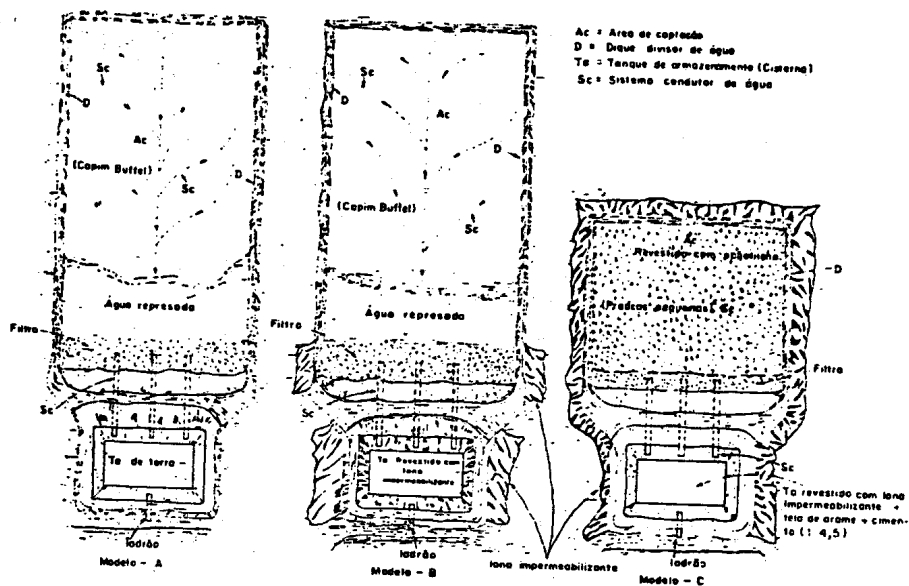


FIG. 2. Diferentes modelos de cisternas rurais (A, B e C)

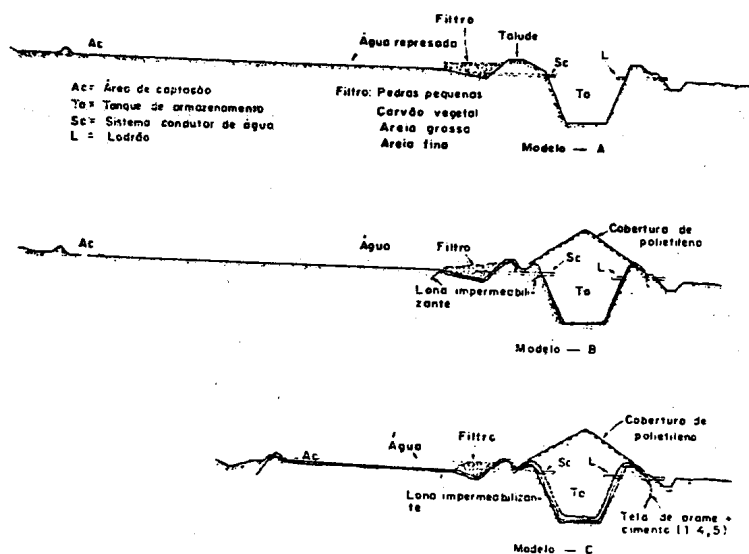
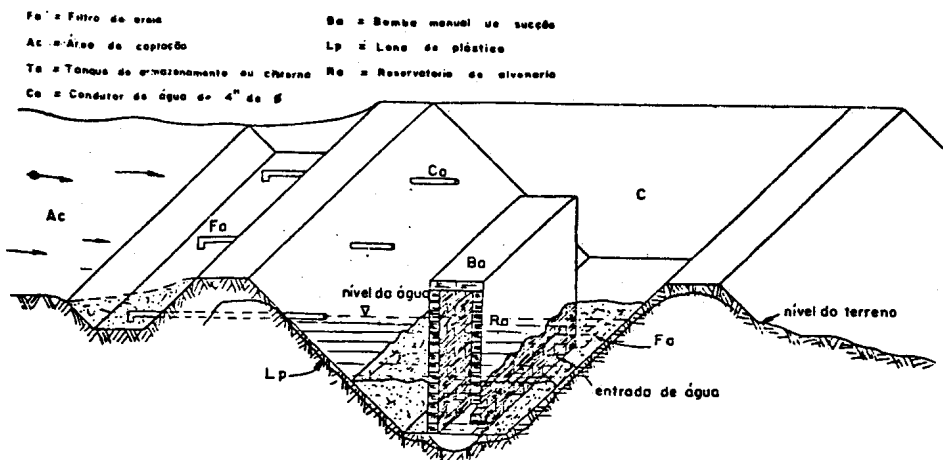


FIG. 3. Corte longitudinal nos modelos de cisternas rurais A, B e C.

Como se dispõe de uma área coberta de 60 m², esta será insuficiente para captar a água exigida para encher a cisterna, havendo necessidade de ampliar-se a área coberta.

Por outro lado, a cisterna apresentada na Figura 1 tem um custo atual (fev. 1982) estimado em Cr\$ 135.000,00 (aproximadamente US\$ 1.000,00). Isto ocasiona duas limitações na instalação de cisterna no meio rural, principalmente para os pequenos produtores: a primeira é a insuficiência da Área de captação (Ac), em grande parte das residências rurais, para a coleta de volumes de água adequados; a segunda consiste nos elevados custos, quando as cisternas são construídas em alvenaria com tijolos de uma vez, argamassa de cimento e areia, e laje de concreto.

O CPATSA, visando eliminar essas limitações, vem estudando vários tipos de cisternas, utilizando materiais mais baratos e simplificando a técnica de construção. Estas cisternas têm como Área de captação (Ac), Sistema condutor (Sc) e Tanque de armazenamento (Ta), o próprio solo. Nas Figuras 2 e 3, apresentam-se três modelos de cisternas, A, B e C, para diferentes condições sócio-econômicas das comunidades rurais, enquanto na Figura 4 encontra-se um modelo mais sofisticado de cisterna, com dois sistemas de filtragem.



Conservação de água da cisterna

A água proveniente das chuvas no Trópico Semi-Árido brasileiro é normalmente pura, não contendo substâncias estranhas, nem microbios. Entretanto, geralmente é captada nos telhados, e estes ficam expostos a poeira, excrementos de pássaros etc, durante os meses sem

chuva. A orientação prática para se evitar sujar a água da chuva é não coletar as primeiras águas. Para isto, o tubo condutor que coleta água das calhas deve ter um dispositivo que permita fechar, quando necessário, a passagem de água para a cisterna, jogando fora a água do começo da chuva. Após algum tempo de duração da chuva, a água entrará bastante limpa na cisterna.

A qualidade da água poderá ser melhorada se for instalado, entre o tubo condutor e a cisterna, um filtro formado por camadas superpostas de pedra britada, areia grossa, carvão triturado e areia fina lavada. Todavia, as primeiras águas que passam pelo filtro ainda são sujas, devido à própria lavagem do material que o compõe. Por este motivo, os materiais que constituem o filtro devem ser bem lavados antes da sua confecção. Mesmo assim, a existência do filtro não dispensa a eliminação das águas das primeiras chuvas.

A cisterna deverá ser toda fechada, exceto na parte posterior, onde uma tampa possibilita a limpeza de ano em ano. As limpezas poderão ser mais freqüentes, se a cisterna for dividida ao meio, por parede, porque os usuários consumirão primeiro uma parte, permitindo a limpeza desta, que serviria para armazenar água de chuvas eventuais. Nas cisternas de forma quadrangular ou retangular, os cantos das paredes poderão ser arredondados, para facilitar a limpeza periódica.

A cisterna deverá ser mantida bem fechada, evitando-se, principalmente, a entrada de luz e insetos. A ausência de luz dentro da cisterna evita a criação de algas. Por outro lado, os baldes usados para retirar água são fontes permanentes de contaminação. Devido a isto, aconselha-se a instalação, sempre que possível, de um tubo plástico com torneira na parte mais baixa da cisterna, que permita a retirada de água, sem nenhuma contaminação.

SISTEMA DE APROVEITAMENTO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL PARA CONSUMO VEGETAL (SAES-CV) ATRAVÉS DE BARREIRO PARA USO DE "IRRIGAÇÕES DE SALVAÇÃO"

O SAES é constituído de três elementos básicos: Área de captação (Ac), Tanque de armazenamento (Ta) e Área de plantio (Ap), como se observa na Figura 5, correspondendo a uma área aproximada de 5 ha. Maiores detalhes técnicos são descritos por Silva, Porto & Gomes (1981). A fórmula utilizada no dimensionamento do SAES corresponde a:

$$Ac = VB/C \times P, \text{ onde:}$$

$$Ac = \text{Área de captação desejada (m}^2\text{)}$$

$$VB = \text{Volume bruto de água a ser armazenada (m}^3\text{) no barreiro}$$

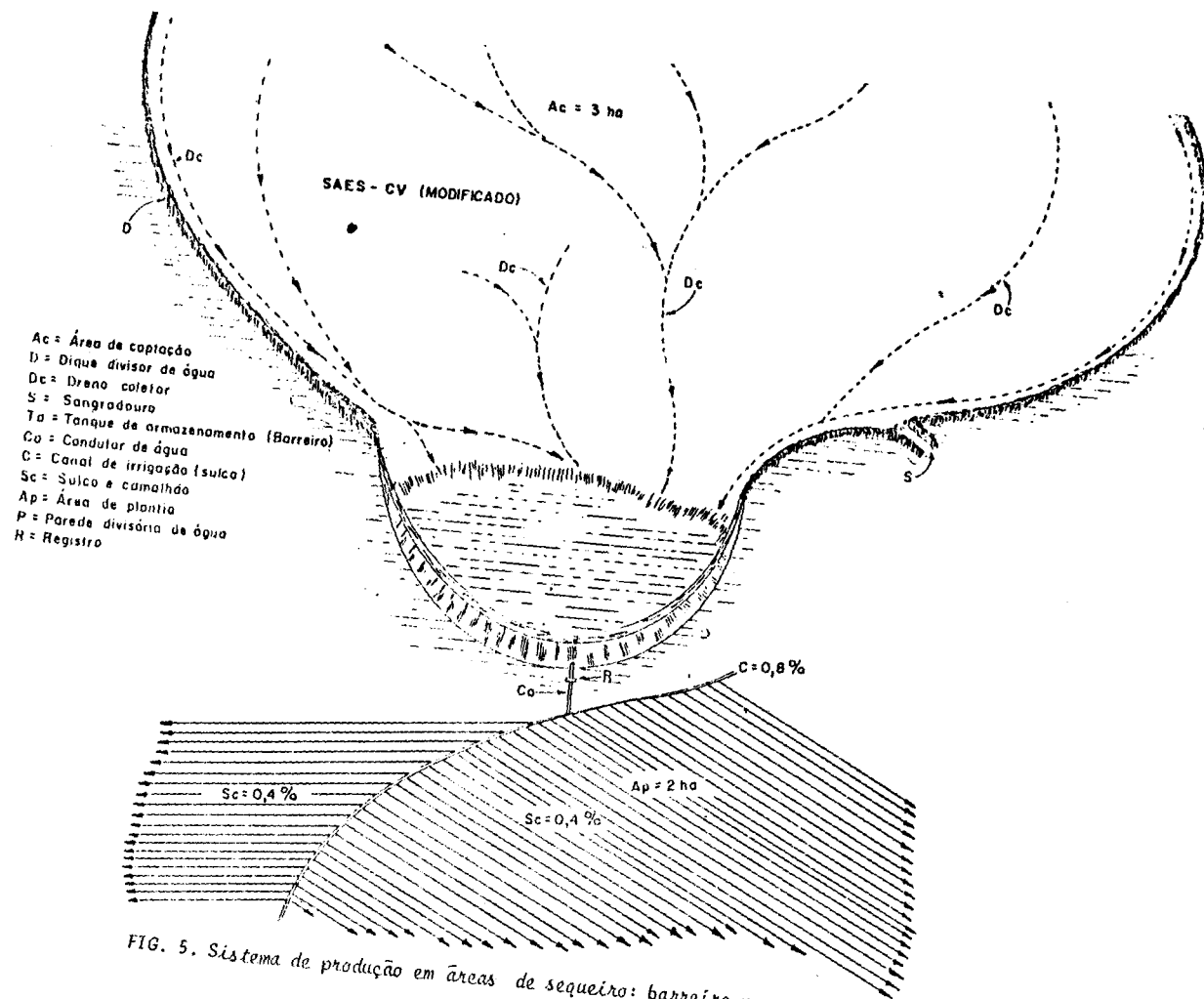


FIG. 5. Sistema de produção em áreas de sequeiro: barreiro para uso em irrigação de salvação.

C = Coeficiente de escoamento superficial, estimado para A_c

P = Precipitação média anual da região ou a 50% de probabilidade (m)

Para o dimensionamento do sistema, em uma região com precipitação média anual de 400 mm, partiu-se de três premissas: (a) Que 100mm de água armazenada por ha, à disposição do produto, são suficientes para reduzir sensivelmente os efeitos das estiagens prolongadas, que acontecem durante o período chuvoso; (b) Que dois ha. explorados com culturas alimentares são suficientes para que o produtor tenha a alimentação básica da família e tenha algum excedente que possa ser comercializado para cobrir o financiamento do sistema; (c) Que perdas totais por infiltração e evaporação no barreiro seriam correspondentes a 50% do volume útil (Vu) a ser usado. Portanto, no caso específico da região mencionada acima, o volume bruto (Vb) de água necessário para o SAES é de 3.000 m³.

Na Tabela 2, apresentam-se as Áreas de captação (A_c) que são necessárias para coletar 3.000 m³ de água de chuva em uma região com precipitação média de 400 mm, quando as A_c são cobertas por diferentes tipos de materiais ou tipos de vegetação. Vale salientar que certas variações na A_c são devidas aos fatores que influenciam no valor do coeficiente de escoamento superficial, tais como: topografia do terreno, cobertura vegetal, comprimento da A_c , textura, porosidade, profundidade do solo, teor de matéria orgânica, grau de compactação do terreno, teor de umidade do solo e intensidade, duração e frequência com que se apresentam as chuvas.

Na Tabela 3, demonstra-se como varia o coeficiente de escoamento superficial, em função da precipitação, tipo de cobertura e declividade da A_c . Em regra geral, quanto maior a quantidade de chuva, maior será o coeficiente de escoamento. Porém, a intensidade com que ocorre a chuva é de fundamental importância, como pode ser visto no caso específico da precipitação pluviométrica de 23,2 mm produzir maior volume de escoamento, que a de 31,2. Também, observa-se que os dois primeiros tratamentos apresentam valores iguais. Isto é devido ao curto espaço de tempo decorrido após o plantio, não permitindo uma maior cobertura do solo para o plantio em covas.

Analisando as Tabelas 2 e 3, verifica-se que é fundamental a caracterização dos fatores que afetam o escoamento superficial da Área de captação (A_c). Isto porque um coeficiente C superestimado fará com que o barreiro não armazene água suficiente para as necessidades da cultura, enquanto que, se subestimado, aumentará bastante a A_c , desnecessariamente.

TABELA 2. Áreas de captação necessárias para coletar 3.000 m³ de água de chuva, em uma região com precipitação média de 400 mm, em função de diferentes tipos de matérias e de cobertura.

MATÉRIAS E TIPOS DE COBERTURA VEGETAL DAS ÁREAS DE CAPTAÇÃO	C	Ac (ÁREA)
Ac cobertura com asfalto	0,83	0,90 ha
Ac cobertura com concreto	0,88	0,85 ha
Ac cobertura de polietileno	0,90	0,83 ha
"Informações obtidas no CPATSA"		
. Ac com solo desnudo (raspado c/lâmina)	0,41	1,83 ha
. Ac cultivares com drenos coletores e sulcos	0,20	3,80 ha
. Ac com pastagem e drenos coletores	0,15	5,00 ha
. Ac cultivares com plantio em covas	0,07	10,71 ha
. Ac cobertura com caatinga de dois anos	0,07	10,71 ha
. Ac cobertura com pedras pequenas	0,02	37,50 ha

TABELA 3. Coeficientes médios de escoamento superficiais (C), em função de diferentes precipitações pluviométricas e tipos de cobertura vegetal - CPATSA 1981.

TIPOS DE COBERTURA DA Ac	DECLIVIDADE DA Ac	COEFICIENTES (C) PARA DIFERENTES PRE CIPITAÇÕES (P) EM mm			
		P= 31,2	P= 23,2	P= 36,6	P= 17,2
Ac cultivada, com drenos nos coletores, e com sulcos e camalhões	2,5 a 4,5%	0,24	0,38	0,57	0,06
Ac cultivada, com plantio em covas	2,5 a 4,5%	0,24	0,38	0,57	0,06
Ac cobertura com vegetação nativa de dois anos	2,5 a 4,5%	0,05	0,09	0,27	0,03
Ac coberta com pedras pequenas	2,5 a 4,5%	0,13	0,15	0,29	0,11

Perdas Totais de Água do Barreiro (PTA)

Segundo Silva, Porto & Gomes (1981), as perdas totais de água do barreiro são de 50% do volume útil (Vu). A Tabela 4 apresenta as perdas totais reais de água, ocorridas em dois barreiros novos, na região de Petrolina-PE, com capacidade máxima de 3.758,64 m³ a 4.033,55 m³, respectivamente, e as Equações estimativas.

Em um estudo desenvolvido em Petrolina-PE, identificou-se que as perdas totais de um barreiro com fins de irrigação de salvação, durante um cultivo de 80 dias, foram de 935 m³, confirmando os dados citados por Silva, Porto & Gomes (1981). Por outro lado, estas perdas podem ser reduzidas sensivelmente através do controle das perdas por evaporação, conforme mostram os primeiros resultados de Barros, Porto & Souza (1981).

TABELA 4. Perdas Totais de Água (PTA) em barreiros para uso com "irrigações de salvação".

Nº DE DIAS	BARREIRO - I (mm)	BARREIRO - II (mm)	PRECIPITAÇÕES OCORRIDAS
0	0	0	
2	3	4	
7	55	41	Dia 1 = 0,3 mm
9	65	65	Dia 4 = 0,8 mm
16	82	88	Dia 5 = 5,0 mm
21	120,5	122,5	Dia 6 = 2,6 mm
28	159	145	Dia 19 = 4,6 mm
33	189	177	
40	288	236	Obs: Período (dezembro de
44	317	259,5	1980 a janeiro de
49	349	278	1981)
54	400	328	

Equações estimativas das Perdas Totais de Água:

- a) Barreiro I: $PTA_1 = 14,26 + 1,32 D$ ($r^2 = 0,98$): (D=número de dias).
 b) Barreiro II: $PTA_2 = 2,94 + 5,85 D$ ($r^2 = 0,90$).

Modificações no sistema SAES-CV

Na atualidade, os reservatórios (barreiros) dos sistemas SAES-CV, instalados no Trópico Semi-Árido brasileiro (TSA), apresentam, em média, uma área coberta pelas águas (bacia hidráulica) de 2.025 m^2 . Tem-se observado que uma precipitação pluviométrica diária inferior a 30 mm praticamente não produz escoamento superficial nas áreas de captação (Ac), para possibilitar irrigações de salvação, de vido à insuficiência de carga hidráulica nesses barreiros, provocada pelo tamanho da bacia hidráulica.

Segundo estudos realizados por Cluff (1979), o princípio de redução da área superficial dos reservatórios e o controle da evaporação podem resolver em 50% o problema citado anteriormente. Com base nesses estudos, a equipe de Manejo de Solo e Água para regiões semi-áridas, do CPATSA, introduzirá modificações nos barreiros do sistema SAES-CV, visando reduzir as Perdas Totais de Água (PTA) e aumentar a eficiência de utilização da água armazenada, em aproximadamente 50%, sem custos adicionais para a tecnologia, conforme se pode observar na Figura 6.

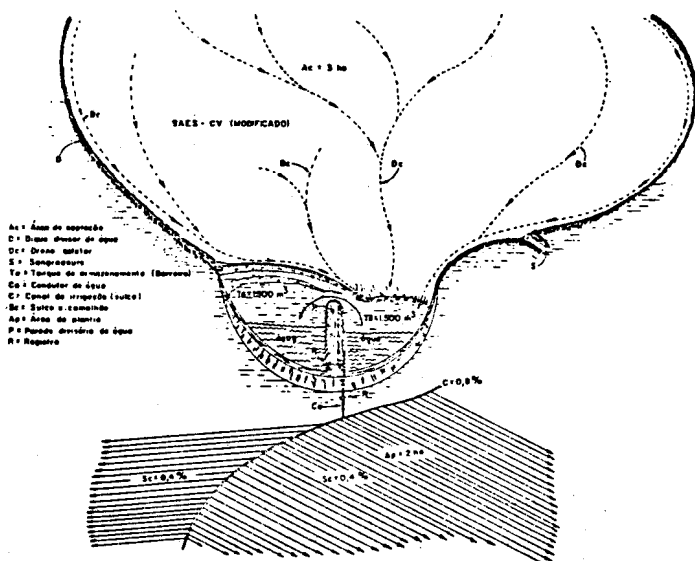


FIG. 6. Modelo esquemático modificado do sistema SAES-CV

Comparando-se a Figura 6 com a 5, observa-se que as principais modificações realizadas são:

1. introdução de uma parede divisória, que divide o barreiro do sistema SAES-CV em dois compartimentos iguais;
2. construção dos diques divisores de água, com acesso apenas a um compartimento;
3. instalação de tubo condutor de água, com acesso à utilização de água armazenada nos dois compartimentos.

Sistema de captação "in situ" da água da chuva

O sistema de captação de água de chuva "in situ" consiste na modificação do sistema de sulcos e camalhões de maneira que o terreno entre as fileiras de cultivo sirva de área de captação. Esta área apresenta uma inclinação, a qual intensificará a produção de escoamento ao mesmo tempo em que o conduz para a porção de solo explorada pelo sistema radicular da cultura. A Figura 7 apresenta um esquema do sistema.

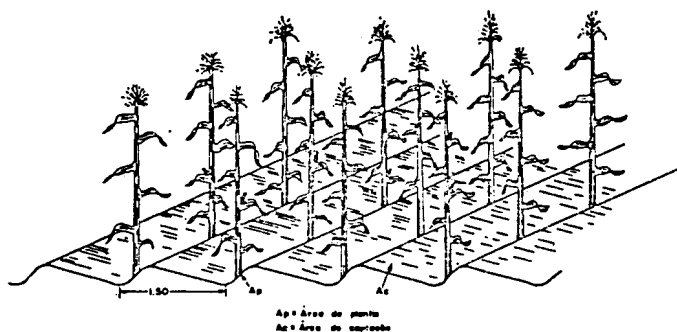


FIG.7. Esquema do sistema de captação de água da chuva "in situ"

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

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

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

* Shanan et al. (1981) e Evenari et al (1974) apontam a captação "in situ" como o mais viável dos sistemas de aproveitamento do escoamento superficial, pelas seguintes razões: a) a produção do escoamento superficial por unidade de área é inversamente proporcional ao tamanho da área. Nas condições do deserto de Negev, a captação "in situ" pode produzir de 10 a 30 vezes mais escoamento por unidade de área do que bacias hidrográficas de várias hectares; b) não necessita de equipamentos pesados.

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

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

Ac = Espaçamento entre fileiras para a captação

Es = Espaçamento tradicional utilizado pelo produtor

C = Coeficiente de escoamento

Uc = Uso consuntivo da cultura durante o ciclo, mm

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

Sistema SAES com captação "in situ"

A captação de água "in situ" em muito pode contribuir para a diminuição do número de irrigação de salvação a ser dado com o sistema SAES, visto haver uma maior disponibilidade de água para as plantas. A área de plantio (Ap) do sistema SAES é preparada em sulcos e camalhões através do Multicultor CPATSA. Os camalhões têm superfície plana de 1,20 m de largura e são limitados, lateralmente, por sulcos de 0,20 m de profundidade e 0,30 m de largura, sendo o es

paçamento entre sulcos de 1,50 m, cuja finalidade é a aplicação de água aos cultivos alimentares, durante as irrigações de salvação, Aragão (1980). O arranjo dos consórcios segundo Santos et al. (1981), deve ser de forma que as mesmas culturas sejam colocadas nas bordas do mesmo sulco, conforme Figura 8. O sistema de sulcos modificados para a captação de água de chuva "in situ" consta de sulcos, igualmente espaçados, sendo que, entre sulcos consecutivos, existem dois planos inclinados, onde o primeiro é formado pela borda do próprio sulco, com uma altura de 0,20 a 0,30 m, e o segundo, que é mais extenso, une a parte mais alta do primeiro plano ao fundo do segundo sulco. Neste sistema, tem-se três elementos básicos, a saber: o plano mais extenso, que serve de área de captação, o plano menor, que serve de área de plantio, enquanto os sulcos propriamente ditos servem como área de armazenamento. Por conseguinte, neste sistema, como só há possibilidade para colocação de apenas uma fileira de plantas para cada sulco, a densidade de plantio deve ser modificada e/ou a área de plantio aumentada, visto haver uma maior disponibilidade de água para irrigar.

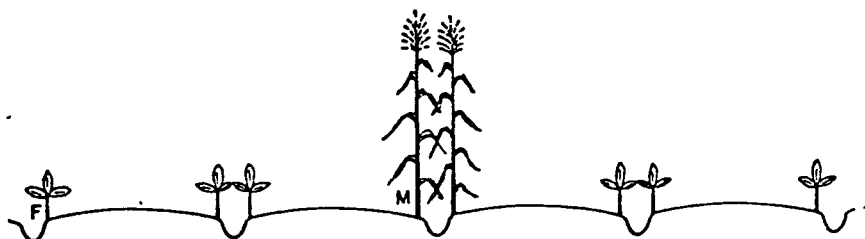


FIG. 8. Vista transversal dos sulcos e camalhões mostrando um modelo "satisfatório" de arranjar as culturas Feijão x Milho (F x M) no arranjo 3F:1M, sobre os camalhões. Santos et al (1981).

A associação do sistema SAES como captação "in situ" é extremamente importante para regiões de baixa precipitação.

Microbacias hidrográficas

Este sistema segue os mesmos princípios do SAES, diferindo apenas no que diz respeito à área de captação. Neste caso, a área de captação é formada de solos profundos, sendo explorada com a mesma cultura da área de plantio, conforme Figura 9.

A área de captação é toda preparada em sulcos e camalhões, em que as curvas de nível convergem para os drenos coletores. O escoamento é então conduzido para o barreiro, armazenando a água para irrigações de salvação. Essas, todavia, só podem ser feitas com o auxílio de bombeamento.

O sistema de microbacias hidrográficas é recomendado para regiões de média precipitação (600 - 1000 mm), onde a ocorrência de déficits hídricos verifica-se com menor frequência.

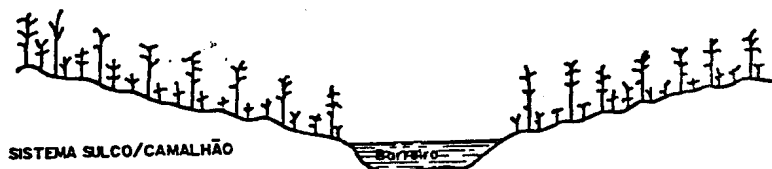


FIG. 9. Esquema do sistema agrícola em microbacia hidrográfica

Sistema de sulcos e camalhões para exploração de vazantes

A exploração de vazantes consiste na utilização de terrenos potencialmente agricultáveis, dos açudes e rios, que foram cobertos pelas águas na época chuvosa. Esses terrenos vão sendo lentamente descobertos, devido à diminuição da água armazenada durante o período da seca, permitindo que os agricultores utilizem este potencial subexplorado, Guerra (1975).

Como realizada tradicionalmente, a exploração de vazantes apresenta limitações devido a um inadequado manejo de solo e água. No que diz respeito ao manejo de solo, o plantio das culturas é fei

to em covas abertas, diretamente no solo, quando o teor de umidade está próximo da saturação, impedindo, também, um manejo racional de água.

O sistema de plantio em sulcos e camalhões propicia uma disponibilidade mais uniforme de umidade no solo, durante todo o ciclo da cultura, permitindo, inclusive, a aplicação de irrigações de salvação.

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 10 m aproximadamente. A linha de piquetes estará em curva de nível, depois que a água armazenada diminuir, conforme mostra a Figura 10. Os Sc são abertos, seguindo a linha de piquetes, a enxada ou a tração animal. O primeiro sulco servirá de linha básica para o traçado dos demais.

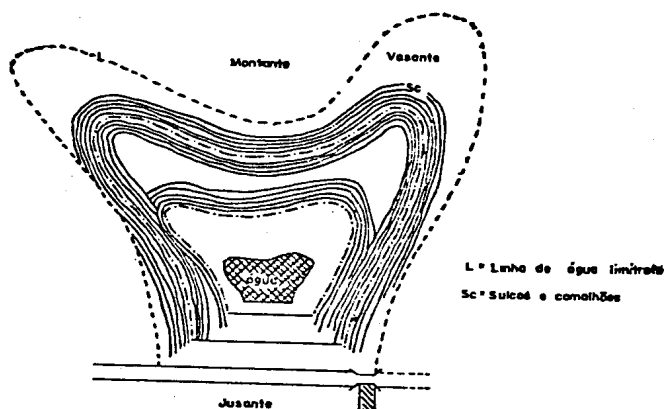


FIG 10. Modelo esquemático do sistema de vazantes de açudes.

Para uma bacia hidráulica de declividade de 2 a 3%, recomenda-se que o número de Sc de 1,50 m não ultrapasse de cinco. O número de Sc ideal é determinado nos anos subseqüentes. O momento de confecção de novos sulcos de referência somente deverá ocorrer quando a lâmina da água armazenada baixar o suficiente para que sejam traçados cinco novos sulcos em contorno. Os Sc permitirão, também, a aplicação de Irrigação de Salvação, quanto na época de déficit de umidade no solo, através do método de irrigação por mangueira ou tubos de PVC.

ESTRATÉGIA DE EXPLORAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

Na última década, várias Instituições Internacionais, tais como: ICRISAT, na Índia, ICRISAT (1975-76), IITA, na Nigéria, Okigbo (1974), IRRI, nas Filipinas, Harwood (1974a e 1974b) e o CIAT, na Colômbia, Francis (1974), têm preconizado a exploração das atividades agrícolas, dentro de um enfoque sistêmico.

Segundo Queiroz (1978), a pesquisa agropecuária no Brasil tem sofrido modificações substanciais nos últimos cinco anos, principalmente no Nordeste. Como conceito básico, tem-se adotado o enfoque sistêmico, proposto por Kampen (1979), EMBRAPA (1975), Tourte (1974) e Queiroz (1979). Mesmo assim, algumas tecnologias são difundidas isoladamente, sem se considerarem os aspectos globais que poderão tornar as propriedades agrícolas do TSA nordestino mais resistentes aos efeitos das secas periódicas, CPATSA (1979).

No enfoque do CPATSA, o manejo de solo e água constitui-se um dos componentes do sistema agrícola e, como tal, não deve ser implementado isoladamente, mas sim em harmonia com os demais. Isto porque, além de considerar o requerimento de água para a produção vegetal, deve-se levar em conta, também, o consumo familiar e animal, a fim de não comprometer as necessidades totais de água da propriedade, principalmente quando este recurso for escasso no imóvel.

Neste sentido, o CPATSA e a EMBRAPA vêm desenvolvendo esforços, juntamente com outras instituições, objetivando testar as técnicas de manejo de solo e água a nível de produtor e estabelecer uma estratégia racional para sua implementação.

RISCO DA AGRICULTURA DEPENDENTE DE CHUVA

Segundo Kampen (1979), a única fonte de água para a agricultura dependente de chuva é a precipitação pluviométrica caída na área. Por sua vez, a chuva é um fenômeno aleatório e imprevisível, a nível de propriedade rural, apresentando uma grande variabilidade no espaço e no tempo. Portanto, é excessivamente arriscada a atividade agrícola no TSA, Dillon et al. (1978). Isto é verdade, principalmente para a agricultura de subsistência, Mesquita (1978).

No caso específico de Petrolina-PE, onde a precipitação média anual é de 400 mm, o risco de perda envolvida na exploração de uma cultura de ciclo curto é de 90%, Liu et al. (1978). Em outras palavras, isto significa que as chances de sucesso são muito remotas, ou seja, uma em cada dez anos.

Considerando o risco a que está exposta a exploração agrícola no TSA, o manejo de solo e água, a nível de pequena e média propriedades rurais, deve ser enfatizado como uma maneira de deduzir sensivelmente os riscos, estabilizando e aumentando a produtividade agrícola.

A diversidade de situações agroclimáticas e sócio-econômicas encontradas no TSA não permite o estabelecimento de normas prefixadas. Daí o CPATSA ter como preocupação básica a geração e adaptação de tecnologias em escala regional, procurando sempre transmitir seus resultados através de parâmetros relativos. Por outro lado, cabem às unidades estaduais de pesquisa as adaptações a nível local.

IRECÊ-BA e JAICÓS-PI: DOIS ESTUDOS DE CASO

Sendo a água o fator limitante na agricultura dependente de chuva do TSA, as técnicas de aproveitamento do escoamento são ferramentas imprescindíveis para uma utilização mais efetiva deste recurso.

Objetivando um planejamento racional na transferência de tecnologia em manejo de solo e água, o CPATSA está desenvolvendo um modelo simulado que permite avaliar as chances de sucesso na exploração de culturas de feijão, milho, sorgo e algodão herbáceo. Ao mesmo tempo, este modelo analisa o déficit hídrico sofrido pelas culturas e a potencialidade de produção de escoamento superficial para diferentes épocas de plantio, conforme pode ser visto nas Tabelas 5 e 6.

A simples inspeção visual das Tabelas permite identificar os períodos de plantio com maiores chances de êxito. Para Irecê, o máximo sucesso que pode ser esperado para a cultura do feijão é da ordem de 35%, ou seja, em uma sequência de 10 anos, em 6 é esperado haver frustração de safras e em apenas 4 o produtor terá êxito. Também, pode se identificar que o melhor período de plantio vai de 62 ao 64, ou seja nos primeiros quinze dias de novembro. Para Jaicós, a chance máxima de sucesso para o feijão, levando-se em consideração a distribuição pluviométrica é de 67%. O período de 6 de janeiro a 19 de fevereiro apresenta chances de êxito iguais ou superiores a 50%.

O déficit médio sofrido pela cultura, durante todo o seu ciclo, foi de 75 mm, para Irecê, e de 50 mm para Jaicós.

Por outro lado, a potencialidade de produção do escoamento superficial, para este mesmo período de plantio, é da ordem de 150mm, para Irecê, e de 200 mm para Jaicós.

TABELA 5. Estimativa de frequência dos níveis de rendimento, excedentes e déficit de água para o feijão mulatinho, em diferentes épocas de plantio - IRECE-BR.

PERÍODO (5 DIAS)	TOTAL DE CASOS	TIPO DE RESULTADO (%)				RUNOFF MÉDIO (mm)	DÉFICIT MÉDIO (mm)
		MAU M	REGUL. R	BOM B	ACEIT. $1=R+B$		
50	29	93.10	6.90	0.0	6.90	106.6	95.8
60	29	89.66	10.34	0.0	10.34	114.9	86.4
61	29	75.86	24.14	0.0	24.14	123.0	79.4
62	29	68.97	31.03	0.0	31.03	139.5	74.5
63	29	65.52	34.48	0.0	34.48	153.3	73.5
64	29	65.52	31.03	3.45	34.48	163.6	75.1
65	29	72.41	27.59	0.0	27.59	156.5	78.3
66	29	79.31	20.69	0.0	20.69	148.0	82.3
67	29	82.76	13.79	3.45	17.24	137.5	85.9
68	29	72.41	24.14	3.45	27.59	118.3	89.0
69	29	86.21	10.34	3.45	13.79	121.1	93.2
70	29	86.21	13.79	0.0	13.79	122.8	97.0
71	29	86.21	13.79	0.0	13.79	121.0	98.9
72	29	86.21	10.34	3.45	13.79	117.4	101.0
73	29	89.66	6.90	3.45	10.34	109.0	103.3
1	29	93.10	3.45	3.45	6.90	103.3	106.4

TABELA 6. Estimativa da frequência dos níveis de rendimento, excedente e déficit de água para o feijão mulatinho, em diferentes épocas de plantio Jaicós-PI.

PERÍODO (5 DIAS)	TOTAL DE CASOS	TIPOS DE RESULTADO (% DE ANOS)				REND. MÉDIO	EXCEDENTE MÉDIO DE ÁGUA (mm)	DÉFICIT MÉDIO (mm)
		MAU M	REGUL. R	BOM B	ACEIT. A=R+B			
70	40	75.00	25.00	0.0	25.00	0.3	161.6	80.1
71	40	67.50	30.00	2.50	32.50	0.3	173.6	73.7
72	40	70.00	27.50	2.50	30.00	0.4	192.8	67.6
73	40	65.00	32.50	2.50	35.00	0.4	208.0	62.0
1	40	67.50	27.50	5.00	32.50	0.5	213.2	56.2
2	40	47.50	45.00	7.50	52.50	0.5	216.9	52.1
3	40	47.50	42.50	10.00	52.50	0.5	214.3	48.3
4	40	42.50	50.00	7.50	57.50	0.5	212.9	45.6
5	40	32.50	52.50	15.00	67.50	0.6	209.9	44.6
6	40	35.00	42.50	22.50	65.00	0.6	205.8	44.4
7	40	37.50	45.00	17.50	62.50	0.5	202.4	45.1
8	40	42.50	45.00	12.50	57.50	0.5	191.7	45.1
9	40	50.00	37.50	12.50	50.00	0.5	175.0	46.6
10	40	47.50	42.50	10.00	52.50	0.5	155.7	49.2
11	40	55.00	35.00	10.00	45.00	0.5	141.6	53.3
12	40	52.50	37.50	10.00	47.50	0.5	130.2	59.4
13	41	58.54	36.59	4.88	41.46	0.4	123.7	67.1
14	41	60.98	36.59	2.44	39.02	0.4	113.7	77.0
15	41	73.17	24.39	2.44	26.83	0.3	99.5	88.4

Portanto, a captação, armazenamento do escoamento superficial e a sua posterior utilização como irrigação de salvação, pode reduzir tremendamente as chances de perda de cultura.

CONCLUSÕES

A instabilidade pluviométrica no TSA torna a exploração agrícola uma atividade de alto risco. As tecnologias de aproveitamento do escoamento superficial são alternativas capazes de aumentar sensivelmente as chances de êxito da agricultura dependente de chuva, estabilizando e aumentando a produtividade agrícola.

Os diferentes segmentos na propriedade agrícola são afetados pela instabilidade pluviométrica. Portanto, o manejo de solo e água, é apenas um dos componentes, não devendo, pois, ser implementado isoladamente, e sim de forma integrada com outros componentes, tornando a propriedade agrícola resistente aos efeitos da seca.

A heterogeneidade de situações agroclimáticas e sócio-econômicas no TSA exige adaptação, a nível local, das tecnologias de manejo de solo e água. O CPATSA está desenvolvendo um modelo simulado, que analisa os riscos envolvidos na exploração agrícola de culturas específicas, determinando período de plantio com maiores chances de êxito, nível de rendimento, déficit hídrico médio sofrido e potencialidade de produção de escoamento superficial.

REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, O.P. Alternativas para estabilização da agricultura de sequeiro. Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, 1980. 6 p. (EMBRAPA/CPATSA). Documento, 5].
- ANAYA, M.G.; TAVAR, S.J. & MACIAS, Y.A. Métodos de captacion de lluvia para zonas agrícolas com temporal deficiente. Chapíngo, México, Colégio de Postgraduados, 1976.
- BARROS, L.C.G.; PORTO, E.R. & SOUZA, O. Efeito da cobertura de águas na evaporação da água armazenada. Petrolina-PE., EMBRAPA-CPATSA, 1981. n.p. Trabalho a ser apresenta no IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia, Fortaleza, CE, Nov. 1981.
- BRASIL. Ministério do Interior. Comportamento dos principais sistemas de produção da zona Semi-Árida. In: _____ Plano integrado para o combate preventivo aos efeitos das secas do Nordeste. Brasília, DF., MINTER, 1973. Cap. 3. p. 111-12. (Desenvolvimento Regional. Monografias, 1].
- BRASIL-SUDENE. Departamento de Recursos Naturais, Recursos Naturais do Nordeste; investigação e potencial [Sumário] Recife, PE., 1972 108 p.
- CLUFF, C. B. The use of the comportmented reservoir in water harvesting agrisystems. In: INTERNACIONAL ARID LANDS CONFERENCE ON PLANT RESOURCES, Lubbock, Texas, 1979. Proceedings... Lubbock, Texas Tech University, 1981. p. 428-500.
- DAKER, A. Água na agricultura; irrigação e drenagem. 4. ed. Rio de Janeiro. Freitas Bastos, 1973. v. 3, 453 p. il.

DILLON, J.L. & SCANDIZZO, P.L. Atitudes dos agricultores nordestinos, de subsistência, em relação ao risco: abordagem amostral. Revista de Economia Rural. 16 (1):7-15, 1978.

DUQUE, J.G. Algumas questões da exploração de açudes públicos. In: _____. Solo e Água no polpigno das secas. 4. Ed. Fortaleza, Ce., DNOCS, 1973. p. 129-56. (Publicação, 154, Série I-A).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina-PE. Project for establishing a Center for Agricultural and Livestock Research for the Semi-Arid Tropics (CPATSA), Petrolina, PE 1975 21 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido - 1977-1978. Brasília, EMBRAPA/DID, 1979. 133 p. il.

EVANARI, M.; SHANAN, L. TADOR, N. The agricultural potencial of loess and loess-like soils in arid and semi-arid zones. In: SEMINÁRIO INTERNAZIONALE E SULLA VALUTAZIONE DELLE TERRE DELLE ZONE ARIDE E SEMI ARIDE DELL'AMERICA LATINA, Roma, 1974. Seminário ... Roma, ITALIA, 1974. p. 489-507.

FRANCIS, C.A. Impact of new technology on small - farm agriculture. In: International Workshop on Farming Systems, Hyderabad, India, 1974. Hyderabad, India, ICRISAT, 1975. p. 433-41.

GUERRA, P. de B. Agricultura de vazantes - um modelo agrônômico nordestino. In: Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem, 3., Fortaleza, CE, 1975. Anais. Fortaleza, CE, MINTER/DNOCS-ABID, 1976. v.4. p. 325-30.

HARGREAVES, G.H. Precipitation dependability and potenciales for agricultural production in Northeast Brazil. Logan, Utah State University, 1974. 123 p.

HARWOOD, R.R. Transfer of crop production technology from international Research Centers in Developing Countries - the IRRI experience. In: International Workshop on Farming Systems, Hyderabad, India, 1974. Hyderabad, ICRISAT, 1975a p. 525-28.

HARWOOD, R.R. Resource utilization approach to cropping systems improvement. In: International Workshop on Farming Systems, Hyderabad, India, 1974. Hyderabad, India ICRISAT, 1975a. p. 249-60.

ICRISAT Annual Report 1975-1976. Hyderabad, India. 223 p.

KAMPEN, J. Farming systems research and technology for the semi-arid tropics. Hyderabad, India, ICRISAT, 1979, 39 p.

KAMPEN, J. Watershed management and technology transfer in the semi-arid tropics. Andhra, Pradesh, India, ICRISAT, 1979. 18 p.

LIU, W.T.H. GARAGORRY, F.L. & LIU, B.W.H. Analysis of agricultural risk based on the information of climate, soil and crop conditions. Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, 1978. 12 p.

MESQUITA, T.C. & DILLON, J.L. Alguns aspectos das atitudes dos pequenos agricultores do sertão do Ceará diante do risco. Revista de Economia Rural, 16 (2):7-21, 1978.

OKIGBO, B.N. The IICA farming systems program. In: International Workshop on Farming Systems, Hyderabad, India, 1974. Hyderabad, India, ICRISAT, 1975. p. 261-76.

- PONTES, J.O. O DNOCS e a irrigação do Nordeste. In: Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem, 3., Fortaleza, CE, 1975. Anais. Fortaleza, MINTER/DNOCS - ABID, 1976. v.l.p. 34-42.
- QUEIROZ, M.A. de., Algumas considerações sobre "farming systems" Petrolina, PE. EMBRAPA-CPATSA, 1978. 8 p.
- QUEIROZ, M.A. de. Agricultural research for semi-arid Northeast Brazil. s. 1., Instituto Italo Latino Americano, 1979. 16 p. (IICA. Documento, 8).
- REBOUÇAS, A. da C. & MARINHO, M.E. Hidrologia das secas do Nordeste do Brasil. Recife, SUDENE - DRN, 1972. 126 p. (Brasil.SUDENE. Série Hidrogeologia, 40).
- SANTOS, M.X. dos & MENEZES, E.A. "Irrigações de Salvação" em Cultivo Consorciado: arranjo das culturas e economia de água. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1981. 2 p. (EMBRAPA-CPATSA. Comunicado Técnico, 6).
- SHANAN, L. & TADMOR, N.H. Micro-catchment systems for arid zone development a handbook for design and construction. 2. ed. rev. Jerusalem, Israel, Hebrew University, Centre of International Agricultural Cooperation, 1979. 73 p. il.
- SILVA, A. de S. & PORTO., E.R. Alguns modelos de pequena irrigação utilizados no Nordeste. Item - Irrigação e Tecnologia moderna, Brasília, (6):30-33, 1981.
- SILVA, A. de S. & PORTO., E.R.; AGUIAR FILHO, S.P. de & FREIRE, L. C. Barreiro para irrigação de salvação: um estudo de caso em Pernambuco. (Versão Preliminar - II). Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1981. 19 p.

SILVA, A. de S.; PORTO, E.R. & GOMES, P.C.F. Seleção de áreas e construção de barreiros para uso de irrigação de salvação no Trópico Semi-Árido. Petrolina, PE., EMBRAPA-CPATSA 1981. 43 p. (EMBRAPA-CPATSA-Circular Técnico, 3).

TOURTE, R. IRAT approach to development of intensive systems in peasant agriculture - a case study in Senegal. In: International Workshop on Farming Systems, Hyderabad, India, 1974. Hyderabad, India, ICRISAT, 1975. p. 529-38.