



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA
CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO

fol
02431

SILVA, A. de S. e MAGALHÃES, A.A.

SISTEMA DE PRODUÇÃO COM ÁGUA DO
ESCOAMENTO SUPERFICIAL (SAES)^{1/}

Sistema de produção com água
1979 FL-02564



Setembro, 1979

^{1/} Contribuição do (CPATSA/EMBRAPA), Caixa Postal, 23.
56.300, Petrolina (PE).

SISTEMAS DE PRODUÇÃO COM ÁGUA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL (SAES) ^{1/}

Aderaldo de Souza Silva*

Arnóbio Anselmo de Maralhões*

INTRODUÇÃO

Cerca de 40% do Nordeste Brasileiro se caracteriza por apresentar regiões áridas e semi-áridas, com precipitações pluviométricas muito irregulares no espaço e no tempo, indo do quase desaparecimento até as violentas chuvas que assumem proporções cataclimáticas. Dos problemas do sertão nordestino é, portanto, menor o da falta de chuvas do que o da irregularidade de incidência do fenômeno. Tem pouco em comum com os problemas de outras regiões áridas tais como: Austrália, Egito, Litoral Peruano e Sudeste dos Estados Unidos, onde a falta de chuvas faz com que haja uma redução significativa na produção SUDENE (1972).

Basicamente, o sistema de produção com água de escoamento (SAES) que está sendo planejado para áreas específicas do Nordeste (baixa precipitação), consta da coleta de água em áreas de solo imprestável para o cultivo (podendo ser pedras de grande porte ou pequenos morros), e seu armazenamento

^{1/} Contribuição do (CPATSA/EMBRAPA), Cx. Postal, 23 Petrolina (PE).

* Pesquisadores em Manejo de solo e água do (CPATSA/EMBRAPA)

em barreiros para suprimento hídrico suplementar quando neces
sário.

Considerando as implicações do sistema de produção com água de escoamento superficial, as áreas circunvizinhas aos barreiros são destinadas ao cultivo. Ainda, considerando as áreas de precipitação irregular, deve-se desenvolver um sistema de produção que seja viável para essa condição de chuva e solo.

Nesta unidade básica de pesquisa constituída pelo "Sistema de produção com água de escoamento superficial (SAES), serão estudadas novas alternativas de exploração agrícola por parte dos agricultores de baixa renda que utilizarão a Caatinga e outras regiões de baixa precipitação distribuídas no Nordeste com fins agropecuários, onde os principais fatores de produção, como: Avaliação de genótipos de diferentes culturas, adubação, sistema de cultivo e manejo de solo e manejo de água, serão pesquisados dentro de um enfoque multidisciplinar, CPATSA (1978).

1. Caracterização do modelo

Este modelo atenderá principalmente aos pequenos e médios agricultores das zonas áridas e semi-áridas do Nordeste, com elevado índice de desertificação, cujas propriedades apresentam um alto grau de escassez d'água, além dos pré-requisitos necessários à implantação dos elementos básicos peculiares à exploração de "Sistemas Agrícolas com Água de Escoamento Superficial (SAES)".

Este modelo, devido suas próprias características, será instalado preliminarmente naquelas áreas de alto risco de perdas de colheitas e de agricultores de baixo nível tecnológico. Por este motivo, as técnicas a serem desenvolvidas, não requerem grandes investimentos iniciais e todo o manejo da água

de chuva será realizado sem a aquisição de máquinas convencionais, mas sim aproveitando a energia proveniente do do vento e da própria água enquanto o manejo do solo será principalmente através de tração animal. Considera-se que desta maneira, os recursos naturais serão otimizados ao máximo e a pequena e média propriedade poderá ser explorada integralmente dentro de um enfoque sistêmico para o qual a pesquisa se propõe.

1.2. Escoamento Superficial

O aproveitamento da água que escoar na superfície do solo é uma técnica de captação de água de chuva que data de 4.000 anos atrás, sendo utilizada pelos agricultores da idade do bronze no deserto de Negev em Israel, que representa na atualidade mais de 60% do novo país (Evenari, Shaman e Tadmor, 1971). Esse povo coletava as pedras encontradas na superfície do solo para aumentar a quantidade de água a escoar. Também construíram tanques de armazenamento e diques divisores de água com a finalidade de captar e conduzir água em direção às partes baixas do campo para irrigar as culturas (Myers, 1967).

A técnica utilizada pelos agricultores de Negev, apesar de simplista, permitiu o desenvolvimento da civilização em uma região cuja precipitação média anual é de 100 mm (Evenari, Shamn e Tadmor, 1971).

Um dos primeiros estudos sobre o aproveitamento do escoamento superficial foi reportado por (Kenyon, 1929), sendo ainda hoje usado, 50 anos depois. Nesta publicação é descrito um sistema de captação de água de chuva artificial, cujo armazenamento é destinado ao consumo animal e humano nas fazendas. A área de captação foi construída de ferro galvanizado tendo 0,24 ha de área para um reservatório de 341 m^3 . Fez análises dos dados pluviométricos de 1878-1928, numa região de 305 mm de precipitação média anual, e demonstrou que mesmo nos anos de seca, o sistema de captação de água de chuva provia água suficiente para 6 pessoas, 10 cavalos, 2 vacas e 150 carneiros, durante todo o ano.

Talvez o mais conhecido sistema de aproveitamento do escoamento superficial, está em Gilbratar, onde o principal sistema de suplementação de água é o escoamento superficial, resultante de áreas de captação, construídas com cobertura metálica, rochas descobertas e cimento (Myer, 1967). São também comuns nas Ilhas Havaianas e nas Bahamas, onde o escoamento de solos porosos é muito baixo, embora o índice pluviométrico seja alto.

Nos Estados Unidos, existem poucas instalações de sistemas de água de escoamento superficial (SAES), isto é surpreendente dado o potencial existente. Onde 254 mm de chuva permitem captar 252 litros de água por metro quadrado, e a precipitação média anual do país, varia de 225 l/m^2 em Nevada, seu estado mais seco, a 2065 l/m^2 no Havaí (Myer, 1967). Enquanto para as zonas áridas e semi-áridas Nordeste é mais surpreendente ainda posto que estas apresentam um rendimento médio anual do escoamento superficial da ordem de 60 l/m^2 (Rebouças e Marinho, 1972).

A análise dos rendimentos pluviométricos do trópico semi-árido, permite determinar que este recebe anualmente uma contribuição de água de chuva da ordem de 700 bilhões de m^3 , assim distribuídos: 56 bilhões de m^3 se perdem por escoamento superficial, indo alimentar os rios, dos quais 20 bilhões são armazenados em barreiros (Rebouças e Marinho, 1972).

O aproveitamento de 2 bilhões de m^3 dos 36 bilhões que se perdem através dos rios, utilizando-se técnicas melhoradas e adaptadas de controle do escoamento superficial permitirá a estabilização das produções agrícolas a nível de subsistência, em áreas da ordem de 1 milhão de hectares irrigados, não convencionalmente, naquelas áreas dependentes de chuva, que ultrapassaria em dobro a área irrigada existente atualmente no país.

Estas perspectivas apresentadas, tem vantagens adicionais como:

- Incorporações de áreas não agricultáveis ao processo produtivo.
- Fixação do homem ao campo mesmo em períodos de seca.
- Implantação de infraestruturas de irrigação, não convencionais, em solos inadequados a implantação de perímetros irrigados.
- Nível tecnológico de simples a intermediário a custos reduzidos.

1.2.1. Objetivo: Antes de desenhar as diferentes estruturas utilizadas na conservação do solo e da água, é conveniente ter informação da quantidade provável da água proveniente da chuva, assim como a medida sobre o escoamento máximo que possa ser apresentado para um certo período de retorno.

Se o objetivo é reter ou armazenar água de chuva, então é suficiente conhecer o volume esperado, baseado nos dados de precipitação média e a área drenada; para o desenho de canais, represa de controle de sedimentos, canais de desvio e algumas outras estruturas usuais para resolver problemas comuns de conservação do solo e da água, é necessário estimar os escoamentos máximos para diferentes períodos de retorno.

1.2.2. Definição:

Escoamento superficial; é a porção da precipitação que flue em direção aos rios, açudes barreiros, lagos ou ~~aceas~~ aceas nos como corrente superficial.

Na definição anterior é considerado que só uma parte da precipitação forma o escoamento superficial, uma vez que o restante pode ser interceptada pela vegetação, armazenada em pequenas depressões, infiltrada e retida no solo ou evaporar-se. Esta distribuição da precipitação consiste o ciclo hidrológico.

gico. Conclui-se que para estimar os escoamentos, é necessário considerar a porção da precipitação que é interceptada em diferentes formas e posteriormente estimar a quantidade de chuva que forma parte do escoamento.

Para armazenar volumes de água, basta conhecer o escoamento médio da bacia, porém para a maior parte das obras de conservação, é necessário determinar os escoamentos máximos.

1.2.3. Fatores que afetam o escoamento superficial.

Os fatores que afetam o escoamento podem ser divididos em dois grandes grupos: a) aqueles associados com a precipitação e, b) associados com as características da bacia ou área de drenagem.

1.2.4. Probabilidade de chuva

Algumas vezes, nos sistemas de conservação, é necessário realizar obras de armazenamento; portanto, tem que ser conhecido com certo grau de certeza o volume de precipitação no próximo ciclo de chuva e assim planejar o uso deste recurso. Para obter os dados acima descritos pode-se considerar a precipitação média da área, o qual teria certo grau de aproximação, porém se é necessário uma precisão maior, é conveniente calcular a probabilidade de chuva esperada.

Para calcular a chuva esperada são considerados os valores da chuva obtidos numa estação durante os vários anos de registro (isto pode ser por dia, mes ou ano), são ordenados de maior a menor e é estabelecida a probabilidade de ocorrência, de acordo com a seguinte fórmula:

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100$$

onde:

P = probabilidade de ocorrência (%)

m = Número de ordem

n = Número total de observações.

Exemplificando o procedimento para o cálculo de probabilidade de chuva:

Tendo observações de precipitação para o mes de agosto em uma estação experimental, calcular a chuva esperada neste mes com uma probabilidade de 50%.

Procedimento:

- a) Agrupar as observações de precipitação, de acordo com os anos de registro.
- b) Ordenar os valores da chuva em ordem decrescente.
- c) Aplicar a fórmula

ANO	PRECIPITAÇÃO (mm)	ANO	PRECIPITAÇÃO ORDENADA (mm)	Nº DE ORDEM	PROBABILIDADE DE (%)
1951	370.0	1951	370.0	1	10
1952	105.0	1959	216.5	2	20
1953	191.0	1958	211.0	3	30
1954	182.0	1955	203.0	4	40
1955	203.0	1953	191.0	5	50
1956	122.0	1957	122.0	6	60
1957	122.0	1952	105.0	7	70
1958	211.0	1956	82.0	8	80
1959	216.5	1954	82.0	9	90

A chuva esperada com 50% de probabilidade é de 191,0 mm ou mais, o que significa que a cada dois anos se terá um com uma precipitação igual ou maior que 191,0 mm.

Do exemplo anterior conclui-se que ao aumentar a probabilidade de que ocorra uma determinada chuva, o valor desta decresce, uma vez que aumenta a certeza.

Com este procedimento e baseado no grau de certeza desejado, pode-se estimar a chuva esperada para um próximo ciclo, com o qual é possível determinar o escoamento médio esperado para certas obras de armazenamento. Vale salientar que foi descrito um método mais simplificado, métodos mais complexos poderão ser usados como função gamma, etc.

1.3. Diagnóstico sobre a necessidade das obras de captação in situ.

Uma vez realizado a análise da precipitação e a análise do consumo de água pelo cultivo selecionado, o passo seguinte é determinar se são necessárias as obras de captação, para o qual pode ser feito um quadro das demandas de água do cultivo por mês, durante o ciclo de desenvolvimento e da precipitação nos meses, de tal forma que se possa analisar as deficiências ou excessos de água, como se observa no quadro 1.

Na coluna (3) do quadro 1, é demonstrado que na etapa de desenvolvimento do cultivo observa-se deficiências de água e estas são da ordem de 13 mm, o que indica que é necessário realizar obras de captação para destinar áreas adicionais ao escoamento e assim poder atender as demandas do cultivo.

Na fig. 1 são graficados os valores de probabilidade da chuva a 50% e uso consuntivo, onde se observa que a área achuriada indica necessidade de água.

Quadro 1. Avaliação do deficit e excedentes de água ao comparar o uso consuntivo mensal com a chuva mensal para uma determinada área. (Probabilidade de chuva a 50%).

MES	CHUVA MÉDIA (1)	USO CONSUN TIVO (mm) (2)	BALANÇO HÍDRICO (mm) (3)
Abril	33	67	-34
Maio	123	109	+14
Junho	152	129	+23
Julho	95	113	-18
Agosto	95	100	-5
TOTAL	493	518	-20

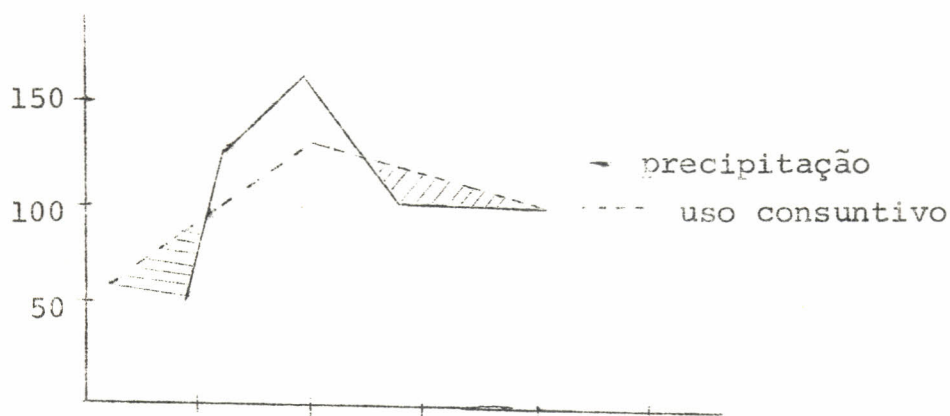


Fig. 1. Balanço hídrico entre a chuva mensal com uma probabilidade de 50% e o uso consuntivo do milho para uma determinada área.

As análises dos resultados apresentados no Quadro 1, demonstram claramente a necessidade de obras de captação de água de chuva, tanto através de irrigação de salvação, proveniente da água armazenada em barreiros, como também através da água de chuva coletada e armazenada diretamente na área de cultivo.

1.4. Sistema de produção com água proveniente do escoamento su perficial (SAES), proposto pelo (CPATSA/EMBRAPA).

As zonas áridas e semi-áridas do Nordeste, devido a fragilidade dos seus recursos naturais e a instabilidade climática aliadas à formulação de soluções divorciadas da realidade, têm condicionado uma baixa resposta aos estímulos governamentais ao longo do tempo no trópico semi-árido. Por este motivo, uma das proposições do (CPATSA/EMBRAPA), consiste na captação, armazenamento e distribuição da água de chuva proveniente do escoamento superficial, sendo esta usada para produção vegetal.

A técnica a ser utilizada, consta dos seguintes elementos básicos:

a) Área de captação de água de chuva - Esta área é formada geralmente de solos inadequados à agricultura, rasos, pedregosos ou rochosos, com declividade variável e limitada por um dique natural ou artificial o qual funciona como divisor de água. Esta deverá ser desmatada e nivelada, prevalecendo a maior declividade natural do terreno, a qual possibilitará o escoamento superficial d'água de chuva, através de drenos coletores, para o tanque de armazenamento (barreiros ou pequenos açudes).

b) Tanque de armazenamento - O tanque de armazenamento d'água do escoamento superficial terá que ser dimensionado e locado em conjunto com o sistema integrado de captação de água de chuva. Isto porque, o volume a ser armazenado, depende primeiramente das necessidades diárias de água e da distribuição da precipitação em função do tempo. Outros fatores, podem também influenciar a determinação da capacidade de armazenamento, como a existência de uma quantidade limitada de água no subsolo que poderia ser usada como fonte de água em situações de emergência.

Os tanques de armazenamento, em princípio, serão localizados geralmente abaixo da área de captação de água de chuva e um pouco acima das áreas de cultivo com a finalidade de evitar-se bombeamento. O excesso do escoamento superficial nos anos com precipitação acima da média, poderá ser utilizada em irrigações de salvação durante um segundo ciclo de cultivo.

Com o objetivo de reduzir os custos de distribuição de água através do moto-bomba, tubos coletores deverão ser instalados através do talude do tanque de armazenamento, com saída à jusante do mesmo, conectando a água armazenada aos canais de distribuição.

c) Área de cultivo - Esta área é dimensionada em função da necessidade do agricultor, da capacidade de armazenamento do reservatório e da área de captação. A localização desta área deverá ser a jusante do tanque de abastecimento, em condições de solos mais profundos, férteis e com declividade que permita sem muito movimento do solo cultivável, um manejo adequado dos recursos naturais, objetivando maior conservação do solo, água e nutrientes. Como também possibilite a aplicação de irrigação de salvação nos períodos críticos dos cultivos.

Neste modelo, também será aplicado a técnica de captação de água de chuva "in situ", na área de cultivo, com a finalidade de diminuir os riscos de produções quando se estiver utilizando o (SAES). Vale salientar, que através do modelo (SAES), proposto pelo (CPATSA/EMBRAPA), o agricultor das zonas áridas e semi-áridas do Nordeste, terá uma maior probabilidade de estabilizar suas produções, uma vez que, está utilizando técnicas adicionais de captação e armazenamento de água de chuva, e de captação de água de chuva "in situ", ou seja captação e armazenamento direto na área de cultivo.

1.4.1. Sistema de captação in situ da água da chuva

Um sistema de captação da água da chuva consiste em dedicar uma parte do terreno ao escoamento da água (área de escoamento -Ae) e outra parte do terreno para armazenar a água que previamente escoou (área de armazenamento -As). Ambas as áreas devem estar acondicionadas para que cumpram com seus objetivos.

Como exemplo de um sistema de captação é a bacia hidrográfica, onde a bacia representa a área de escoamento e o reservatório constitui a área de armazenamento. Outro exemplo, típico em áreas de baixa precipitação, está constituído pelos telhados das casas que correspondem às áreas de escoamento e os depósitos ou cisternas que atuam como área de armazenamento.

A captação in situ da água da chuva, para este caso, é diferente da captação geral basicamente em três aspectos:

- a) Porque o sistema de captação é realizado exclusivamente para ser empregado em cultivos básicos, forrageiros, industriais, vegetação nativa e frutíferas.
- b) Porque a área de escoamento (Ae), está formada por microbacias que mantêm quantidades adicionais, já que esta área (Ae) está adjacente à área destinada ao armazenamento (As).
- c) Porque a área de armazenamento (As) é o mesmo solo, no qual se desenvolvem as raízes dos cultivos.

Com estas considerações é importante:

- a) Buscar como aumentar a eficiência no escoamento de Ae, isto é, que escorra mais água para que aumente o volume que chega à área de armazenamento.

- b) Buscar como aumentar a capacidade de retenção de umidade do solo, para que armazene maior quantidade de água aproveitável na zona de raízes.
- c) Buscar como reduzir as perdas da água aproveitável que foi armazenada no solo, sejam estas, perdas, por evaporação do próprio solo ou por transpiração de plantas indesejáveis.

1.4.2. Acondicionamento das áreas de escoamento e da área de armazenamento ou plantio.

a) Acondicionamento da área de escoamento

- a.1. Limpeza da superfície correspondente ao (Ae). Esta é realizada com a finalidade de eliminar todo impedimento físico que possa obstruir o livre escoamento da água.
- a.2. Compactação da superfície da área de escoamento. Esta é feita com o propósito de evitar ao máximo as perdas por infiltração, da água no solo correspondente ao Ae; e que escoem mais água para o As.
- a.3. Modificação da pendente do Ae. Esta é levada a efeito caso seja necessário, para induzir o escoamento da água para a área de armazenamento.
- a.4. Produtos artificiais que cubram o Ae. Estes produtos podem ser: cimento, lâminas de papelão, ladrilho, polietileno, etc.
- a.5. Produtos químicos que ao serem aplicados ao Ae, provocam maior coeficiente de escoamento são eles: asfalto, azeites, sais, polímeros, materiais betuminosos, parafinas, etc.

A utilização dos diferentes processos e dos diferentes produtos, assim como a combinação deles, assinalados os pontos anteriores (e os que são assinalados para a área de armazenamento) dependerá basicamente da disponibilidade deles, dos recursos que se tem para empregar, das deficiências de água e do próprio critério.

b) Coeficiente de escoamento (C)

O coeficiente de escoamento é a percentagem da água de chuva que não é interceptada, infiltrada, nem evaporada e que escoar para um reservatório.

É expressada em termos fracionários (0.0.-1.0).

O coeficiente de escoamento depende de vários fatores:

b.1. Precipitação: Afeta o escoamento, de acordo com a intensidade, a duração e a frequência com que são apresentadas as chuvas.

b.2. Solo: Os fatores que influem no escoamento são: textura, estrutura, porosidade, profundidade do solo, matéria orgânica, grau de compactação do terreno e o conteúdo de umidade que tenha o solo.

b.3. Acondicionamento do Ae

É obvio que o (C) pode ser modificado, dependendo do acondicionamento que se faça da microbacia ou Ae.

b.4. Pendente do Ae

Com maior pendente, o (C) aumenta para um mesmo terreno.

O coeficiente de escoamento estimado para terrenos com pendentes de 0 a 5% é de 0.30 para solos de textura grossa, de 0.5 para textura média e de 0.60 para solos de textura fina e compacta. No quadro 2 são apresentados coeficientes de escoamento de alguns materiais que podem ser utilizados como impermeabilizantes aplicados sobre a área de escoamento.

Quadro 2 - Coeficiente de escoamento (C) para diferentes materiais aplicados sobre a área de escoamento ou de captação.

Asfalto	de	0.70	a	0.95
Concreto	de	0.80	a	0.95
Ladrilho	de	0.70	a	0.85
Polietileno	de	0.85	a	0.95
Parafina	de	0.70	a	0.75
Sal comum	de	0.50	a	0.64

A importância do coeficiente de escoamento, radica principalmente em duas situações:

- 1º Quanto maior o coeficiente de escoamento, maior quantidade de água captada que pode chegar a área de armazenamento em benefício ou prejuízo do cultivo, se a quantidade de água for excessiva.
- 2º Para determinar o tamanho da microbacia que para o caso é o Ae, é preciso estimar o (C) uma vez que, se ele é maior, a microbacia pode ser reduzida em tamanho e ao contrário, caso o (C) seja menor.

O tamanho da microbacia estará em função de:

- i) a quantidade de água requerida para o cultivo selecionado, e
- ii) o coeficiente de escoamento (C) que dependerá do acondicionamento de Ar.

Para trabalhos de maior precisão pode ser calculado o valor de (C) na área de escoamento para cada localidade. A determinação do valor de (C) deverá ser feito mediante o estabelecimento de parcelas de escoamento de 1 m de largura por um comprimento equivalente a área de escoamento e determinando o coeficiente depois de cada chuva. O valor de (C) será então o promedio obtido durante um ciclo de observações.

- c) Acondicionamento da área de armazenamento e plantio As.

c.1. Práticas de tratos culturais no As.

São realizadas para melhorar as condições físicas do solo e para aumentar sua capacidade de armazenamento. Algumas práticas são: subsolagem, aração, gradagem e modificação ou inversão de perfil, como o que se realiza ao plantar frutíferas, onde a capa mais profunda do solo da cepa é depositado na parte mais superficial e vice-versa.

c.2. Adição de matéria orgânica na área de armazenamento e plantio

São feitas com a finalidade de melhorar a estrutura do solo, aumentar a capacidade de retenção de umidade e em consequência, a quantidade de água armazenada. Alguns produtos que podem ser adicionados são: adubos verdes, esterco, resíduos de colheita, compostos, etc.

c.3. Cobertura sobre a área de plantio (As)

As coberturas são colocadas sobre o As, com a finalidade de reduzir as perdas por evaporação da umidade do solo. Algumas coberturas que se empregam são: restolho, pedra, resíduos de colheita, polietileno, etc.

D- Métodos de captação in situ utilizando a fórmula de Anaya et al (1976) para determinar a área de escoamento.

Conhecendo as quantidades de água que necessita um cultivo e que não podem ser satisfeitas pela chuva, utiliza-se uma fórmula de fácil aplicação encontrada por Anaya e colaboradores, com a qual é possível determinar as superfícies que devem dedicar-se ao escoamento e ao armazenamento dentro de um sistema de captação in situ.

Nesta fórmula considera-se que a área de captação (Ac) é a superfície que os agricultores tradicionalmente dedicam a cada cultivo em particular (quando não foi realizado uma obra de captação). Ex: Existem lugares onde acostuma-se plantar o milho com o espaçamento de 90 cm entre fileiras e 50 cm entre plantas, o que dá uma superfície de captação (Ac) de $90 \times 50 = 45.00 \text{ cm}^2/\text{planta}$.

Pode-se dizer então que dentro destes 45.00 cm^2 estão considerados tanto o As como Ac. Outro exemplo é no caso do feijão, o qual é plantado com espaçamento de 70 cm entre fileiras e 15 cm entre plantas, o que dá uma superfície de captação de 1050 cm^2 ; porém, se para estes cultivos é realizado obras de captação in situ, provavelmente a distância entre fileiras aumente por exemplo a 112 cm para o milho e 82 cm para o feijão, ficando a mesma distância entre planta que existia antes de efetuar a obra de captação.

Resumindo, a distância entre fileiras para cada cultivo que os agricultores de cada zona costumam utilizar tradicionalmente, será para a fórmula de Anaya et al, a área de plantio (As), por outro lado a área de escoamento (Ac), será a superfície adicional que se agregue ao As.

A fórmula é a seguinte:

$$Ac = As + \frac{1}{c} \left(\frac{UC - P}{P} \times As \right) \text{ ----- (1)}$$

onde:

Ac = tamanho da microbacia

As = área de plantio que os agricultores tradicionalmente utilizam segundo o cultivo.

C = coeficiente de escoamento no Ac (ver quadro 2)

Uc-P = total de deficiência mensais de água durante o ciclo vegetativo do cultivo.

P = total da chuva que cai durante o desenvolvimento do cultivo a 50% de probabilidade.

A seguir, citar-se-ão dois exemplos da aplicação da fórmula de Anaya et al., para determinar a área de captação in situ.

1º - Do exemplo citado anteriormente, do caso do feijão, no procedimento geral para diagnosticar a necessidade da obra de captação, tem-se o seguinte:

Mês	Chuva (50% PROB.) (mm)	Uso Consuntivo (mm)	BALANCE Hídrico (mm)
Junho	53	93	- 40
Julho	47	97	- 50
Agosto	37	60	- 23
Total	137	250	- 113

substituindo os valores na fórmula (1)

$$Uc - P = 113$$

$$P = 137$$

As = 70 cm - separação entre fileiras para o caso do feijão (método tradicional).

C = 0.50 (textura média com menos de 5% de pendente e compactada).

aplicando a fórmula (1) obtem-se:

$$Ac = 70 + \frac{1}{0.50} \left(\frac{113}{137} \times 70 \right)$$

$$Ac = 70 + 2.00 (0.8 \times 70)$$

$$Ac = 70 + 2.00 \times 56$$

$$Ac = As + Ac$$

$$Ac = 70 + 112$$

$$Ac = 182 \text{ cm}$$

Isto quer dizer que, em lugar de plantar o feijão a uma distância de 70 cm entre fileiras, **deverá** plantar-se a uma distância de 182 cm aproximadamente para satisfazer as necessidades hídricas do cultivo. A distância entre plantas permanece inalterada.

2º O próximo exemplo, é o descrito anteriormente para o cultivo de milho, no qual se obtiveram os seguintes dados:

Mês	Chuva 50% Prob. (mm)	Uso Consuntivo (mm)	Balance Hídrico (mm)
Abril	33	67	-34
Maior	123	109	+14
Junho	152	129	+23
Julho	95	113	-18
Agosto	95	100	- 5
Tatal	498	518	-20

substituindo os valores na fórmula (1) obtem-se

$$UC - P = 20$$

$$P = 498$$

$$As = 90 \text{ cm entre fileiras para milho}$$

$$C = 0,50 \text{ (textura média, menos de 5\% da superfície não é compactada).}$$

Aplicando a fórmula temos:

$$Ac = 90 + \frac{1.0}{0,50} \left(\frac{20}{498} \times 90 \right)$$

$$Ac = 90 + 2 (0,04 \times 90)$$

$$Ac = 90 + 2 (3,6)$$

$$Ac = 90 + 7,2$$

$$Ac = 97 \text{ cm}$$

Quando o valor calculado da área de escoamento que vai ser agregado a área de plantio é menor que o 10% com respeito ao As como no caso anterior, não é recomendável considerar, portanto é mais conveniente continuar com a distância tradicional.

Quando há recursos econômicos e materiais necessários para impermeabilizar o Ac com o objetivo de aumentar o coeficiente de escoamento superficial, a distância entre as fileiras pode ser reduzida. A redução da distância entre as fileiras é recomendável quando a área de escoamento é maior que 10% da área de plantio. A redução da distância entre as fileiras é recomendável quando a área de escoamento é maior que 10% da área de plantio. A redução da distância entre as fileiras é recomendável quando a área de escoamento é maior que 10% da área de plantio.

eficiente de escoamento da área, e em vez de reduzir seu tamanho, o único que se deve fazer é substituir na fórmula o valor do coeficiente de escoamento do material empregado para tal fim (ver quadro 2). Deve ser mencionado que esta fórmula representa uma importante ferramenta de pesquisa e ou experimentação para encontrar o tamanho da microbacia de captação de água da chuva para cultivos em fileira, consos e frutíferas.

Aplicação da fórmula de Anaya et al para cultivos em fileiras.

a) Desenho

Dentro do sistema de captação da chuva in situ, para cultivos em fileira, o método mais recomendável é o de distanciamento entre fileiras, o qual consiste em plantar o cultivo selecionado em sulcos cuja separação é calculada mediante a fórmula, mencionada anteriormente, sem esquecer topografia do terreno no qual se vai trabalhar, nem a disponibilidade de implementos com os quais conte o agricultor.

Para utilizar a fórmula de Anaya et al., as unidades de As devem estar dadas em cm para que o Ac obtido esteja nas mesmas unidades.

b) Delineamento

Para os delineamentos de cultivos em fileiras deve ser considerado, em primeiro lugar, o valor da distância calculada para a separação entre fileiras que deve ser empregado para a região, e o cultivo selecionado. Como passo inicial, são traçadas sobre o terreno curvas de nível que servirão como guia a construção de sulcos.

Quando há disponibilidade de maquinaria, a separação dos arados sobre a barra porta-implemento deve ser igual a distância calculada para a separação entre fileiras de plantas. Se, não houver disposição somente de arados de tração animal, se deve ter cuidado de traçar os sulcos sobre o terreno à distância calculada, seguindo-se o traço no sentido transversal a pendente.

c) Construção

Para facilitar a infiltração da água na área de plantio (As) é recomendado subsolear e dar um passo de arado, cinzel ou outro implemento para propiciar um melhor desenvolvimento das raízes.

Posteriormente com um arado de asa, uma pequena enleiradora ou um arado modificado, são construídos os sulcos seguindo as curvas de nível.

Uma sugestão para a construção é o emprego de um arado de aiveca modificado, esta modificação consiste em agregar uma chapa de metal ou de madeira à asa do arado. A função deste implemento é que ao construir os sulcos, a chapa acoplada ao lado da asa, distribua de maneira uniforme a terra que fica ao redor da asa do arado, dando a pendente adequada ao talude do sulco superior.

O comprimento da chapa deve ser igual a distância que existe entre o fundo do sulco e a parte mais alta do mesmo, considerando o talude mais largo do sulco.

O método de plantio que deve ser empregado neste sistema deve adaptar-se principalmente às condições do solo e precipitação. Se as chuvas são de alta intensidade e o solo é de textura pesada, é recomendado plantar no talude ou no alto do sulco para evitar o efeito da inundação, e que o sistema radicular não esteja bem arajado, sobretudo nas primeiras etapas do

cultivo. Se são chuvas de baixa intensidade, ou se o solo apresenta alta permeabilidade, é recomendado plantar no fundo do sulco para ter a máxima concentração de água.

Outra forma de efetuar o plantio sob este sistema, consiste em seguir o método tradicional, ou seja, o de preparar o terreno mediante subsolagem, aração (se é necessário) e um ou dois passos de grade; posteriormente a esta preparação a cultura é plantada em fileiras, para a distância calculada. Chegando o momento da primeira limpeza, é utilizado uma cultivadora para eliminar as ervas daninhas e resolver ligeiramente a superfície do solo entre as fileiras. Uma vez realizada esta operação, é construído o talude do sulco, requerindo para isso um sulcador modificado.

Uma vantagem que apresenta este sistema é que há possibilidade de eliminar as ervas daninhas em forma mecânica, propiciando um melhor arejamento do solo à planta, além de que os sulcos, depois deste trabalho, estão em condições de concentrar água na área vizinha à área das raízes, o que reduz as possibilidades de que possam ser efetuadas por efeitos de inundação.

1.4.2. Dimensionamento de áreas de captação e tanques de armazenamento.

1. Objetivo: Captar e armazenar água (Manual de conservación del suelo y del agua = Chap.)

Volume por controlar = É calculado baseado nos dados de precipitação média e área drenada (área de captação).

Cálculo:

$$Vm = Ac \times C \times Pm \text{ ----- (1)}$$

Onde:

$$V_m = A_c \times C \times P_m \text{ ----- (4)}$$

A_c = Área de captação (m^2)

C = Coeficiente de escoamento que varia
(0,10 a 1.0)

P_m = precipitação média a 50% de probabilidade
(mm).

Procedimento:

a) É estimado o coeficiente de escoamento baseado nas características da textura, cobertura vegetal e topografia da bacia ou área de captação (quadros 3, 4 e 5)

QUADRO 3. Valores do coeficiente de escoamento (Manual de conservação de solos e água).

TOPOGRAFIA	TEXTURA DO SOLO		
VEGETAÇÃO	Franco Arenoso (Grossa)	Argila Franco-Limosa (média)	Argilosa (Fina)
Bosque			
Plano (0-5% pendente-	0,10	0,30	0,40
Ondulado (5-10%)	0,25	0,35	0,50
Escarapado (10-30%)	0,30	0,50	0,60
Pastagens			
Plano (0-5%)	0,30	0,50	0,60
Ondulado (5-10%)	0,40	0,60	0,70
Escarapado (10-30%)	0,52	0,72	0,82

QUADRO 4. Coeficiente de escoamento (Manual de Técnica de Bueiros e Drenos da ARMCO)

NATUREZA DA SUPERFÍCIE	VALORES DE C
Telhados perfeitos, sem fuga	0,70 a 0,95
Superfícies asfaltadas e em bom estado	0,85 a 0,90
Pavimentação de paralelepípedos, ladrilhos ou blocos de madeira com juntas bem tomadas	0,75 a 0,85
Para as superfícies sem as juntas bem tomadas	0,40 a 0,50
Estradas macadamizadas	0,25 a 0,60
Estradas e passeios de pedregulhos	0,15 a 0,30
Superfície não revestidas, pátios de estrada de ferro e terrenos descampados	0,10 a 0,30
Parques, jardins, gramados e campinas, dependendo da declividade do solo e natureza do subsolo	0,01 a 0,20

QUADRO 5. Coeficiente de escoamento (Daker, 1973)

TIPOGRAFIA		TIPOS DE SOLOS		
VEGETAÇÃO		ROXA	ARENOSA	MASSAPÉ
CULTURAS ANUAIS	(0-2,5%)	0,40	0,44	0,50
	(2,5-5%)	0,48	0,52	0,60
	(5-10%)	0,54	0,59	0,68
	(10-20%)	0,61	0,66	0,76
CULTURAS PERMANENTES	(0-2,5%)	0,31	0,34	0,40
	(2,5-5%)	0,38	0,41	0,48
	(5-10%)	0,43	0,46	0,54
	(10-20%)	0,48	0,52	0,61
PASTAGENS LIM-PAS	(0-2,5%)	0,25	0,27	0,31
	(2,5-5%)	0,30	0,32	0,38
	(5-10%)	0,34	0,37	0,43
	(10-20%)	0,38	0,41	0,48
CAPOEIRAS	(0-2,5%)	0,17	0,19	0,22
	(2,5-5%)	0,21	0,23	0,26
	(5-10%)	0,23	0,25	0,29
	(10-20%)	0,26	0,28	0,33
MATAS	(0-2,5%)	0,12	0,13	0,15
	(2,5-5%)	0,14	0,15	0,18
	(5-10%)	0,16	0,18	0,20
	(10-20%)	0,18	0,20	0,22

Obs: Para áreas menores que 500 ha.

b- É realizado um levantamento planialtimétrico da área a ser instalado o Sistema de Produção, com água armazenada do escoamento superficial (SAES).

Esta área também poderá ser obtida de cartas topográficas ou fotografias aéreas.

Os estudos topográficos que requerem a elaboração de um sistema (SAES), são os seguintes:

(i) Divisor de águas: A identificação deverá ser feita mediante um recorrido de campo intensivo, deixando bandeiras em pontos adequados, que posteriormente serão locados e registrados através de um levantamento planialtimétrico.

(ii) Levantamento planialtimétrico: O levantamento deverá ser realizado em toda a área do sistema. Não é requerido grande precisão e a malha poderá ser de 20 a 30 metros, conforme o tamanho da área, seja de 5 a 10 ha, respectivamente.

Esta recomendação é dirigida mais a instalação do sistema (SAES), quando não locado em uma linha de drenagem natural. Quando a área de captação de água de chuva, por toda uma pequena bacia hidrográfica, o levantamento deverá apenas identificar a bacia através da determinação do divisor de água e a declividade média da mesma. Entretanto a área correspondente a localização do reservatório e da área do cultivo deverá ser estudada em malhas de 20 metros, porque necessita de uma maior precisão.

(iii) Curvas de nível: são determinadas de maneira que permita na planta topográfica, o traço de curvas de níveis com 0,50 m no máximo.

(iv) Curvas com pendentes: são locadas no terreno, em base ao planejamento pré-estabelecido na planta da área. Servem para locação dos drenos coletores e canais de distribuição, principalmente nos solos que não tenham a capacidade de armazenar o volume de chuva máxima em 24 horas com um período de retorno de 5 anos.

(v) Pendente média da área de captação: É obtido mediante a seguinte fórmula:

$$S = \frac{H}{L} \times 100$$

Onde:

S = Pendente média da área de captação %

H = Diferença de nível entre o ponto em que será instalado o barreiro e parte mais distante da área de captação (próximo ao divisor de águas.

c- Precipitação média anual a 50% de probabilidade. É obtida dos estudos realizados por Dr. Hargreaves, 1973, ou determinada diretamente, através de informações locais das estações meteorológicas, como foi descrito anteriormente.

I - Exemplo: Determinar a área de captação necessária para ter um volume médio anual armazenado da ordem de 3000 m³, onde os terrenos são ondulados (declividade média = 5,5%), de textura média, e precipitação média anual de 378 mm, a 50% de probabilidade.

Procedimento:

a) É selecionado o valor de 0,35 do quadro 3, como coeficiente de escoamento (C), de acordo com as características da bacia.

b) $P_m = 378$, $C = 0,35$ $V = 3.000 \text{ m}^3$, então:

$$V_m = A_c \times C \times P_m \quad \text{Onde:}$$

$$A_c = \frac{V_m}{C \times P_m} = \frac{3.000}{0,35 \times 378}$$

$$A_c = 2,27 \text{ ha}$$

II - Exemplo: Determinar o volume de um **reservatório** que armazene o escoamento superficial proveniente de uma pequena bacia hidrográfica natural, onde 60 ha de área são de terrenos planos com cultivos e de textura franco-arenosa e 30 ha da área são de terrenos ondulados (5-10%) com bosques e de textura argilosa.

A precipitação média anual é de 576 mm.

Procedimento:

a) com os valores do quadro 3, são obtidos os seguintes valores:

Condições da área de captação	Superfície (ha) (1)	(C) (2)	(1) x (2)	(C) Ponderado
Terreno plano com cultivo e Textura Franco-Arenosa	60	0,3	18	C = $\frac{33}{90}$ C = 0,37
Terreno Ondulado	30	0,5	15	
Total	90	-	33	

b) $P_m = 576 \text{ mm}$, $C = 0,37$ e $A_c = 90 \text{ ha}$

$$V_m = 90000 \text{ m}^3 \times 0,37 \times 0,576$$

$$V_m = 19.180 \text{ m}^3 \text{ de água}$$

O volume do reservatório será aproximadamente =
 19.180 m^3

Nas figuras 2 e 3, são apresentadas alternativas de utilização do Sistema SAES). Na primeira alternativa não se utiliza cultivo na área de captação, pois esta é localizada em solos, rasos inadequados a agricultura, enquanto na segunda alternativa a área de cultivo, poderá também estar na área de captação.

Legenda

Tca = Técnica de Captação
de água de chuva "in
situ"

Ac = Área de Captação

Dc = Dreno coletor

Ts = Tanque de sedimenta-
ção

Ta = Tanque de Armazena-
mento

Cd = Caixa de distribui-
ção

Cdl = Canal de distribuição

Ap = Área de plantio com irriga-
ção não convencional

Ap1 = Área de plantio sem irrigação

Escala: 1:200

Local:

Ta = 4000 m³

Ac = 1,00 ha

Ts = 6 m³

Ap = 3 ha

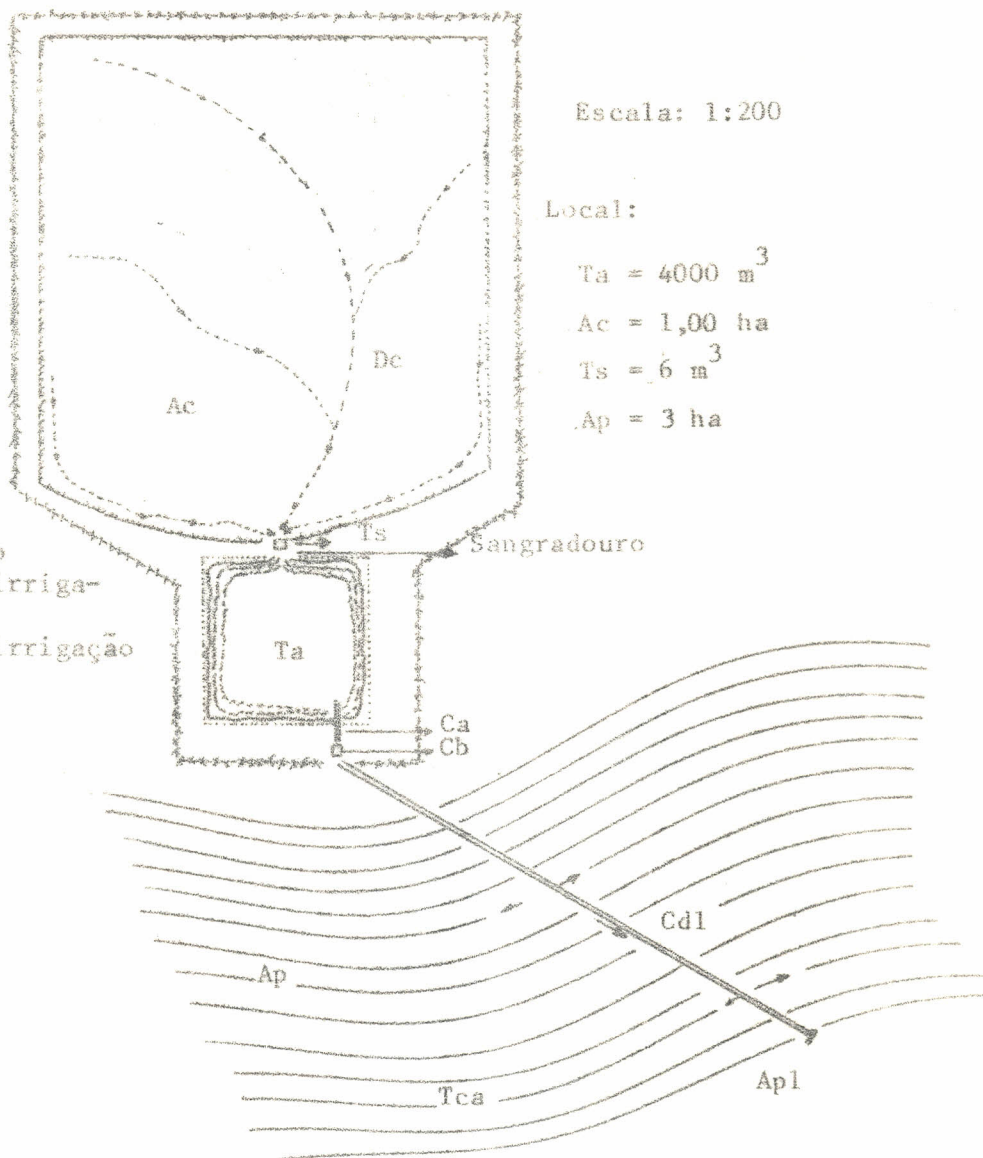


Figura 2 - Alternativa de utilização do sistema (SAES), sem cultivo na área de captação.

Legenda

- Tca = Técnica de Captação de água de chuva "in situ".
- Ac = Área de Captação
- Dc = Dreno coletor
- Ts = Tanque de sedimentação
- Ta = Tanque de Armazenamento
- Cd = Caixa de distribuição
- Cd1 = Canal de distribuição
- Ap = Área de plantio com irrigação não convencional
- Ap1 = Área de plantio sem irrigação

Escala: 1:200

Local:

$$Ta = 4000 \text{ m}^3$$

$$Ac = 1,46 \text{ ha}$$

$$Ts = 6 \text{ m}^3$$

$$Ap = 3 \text{ ha}$$

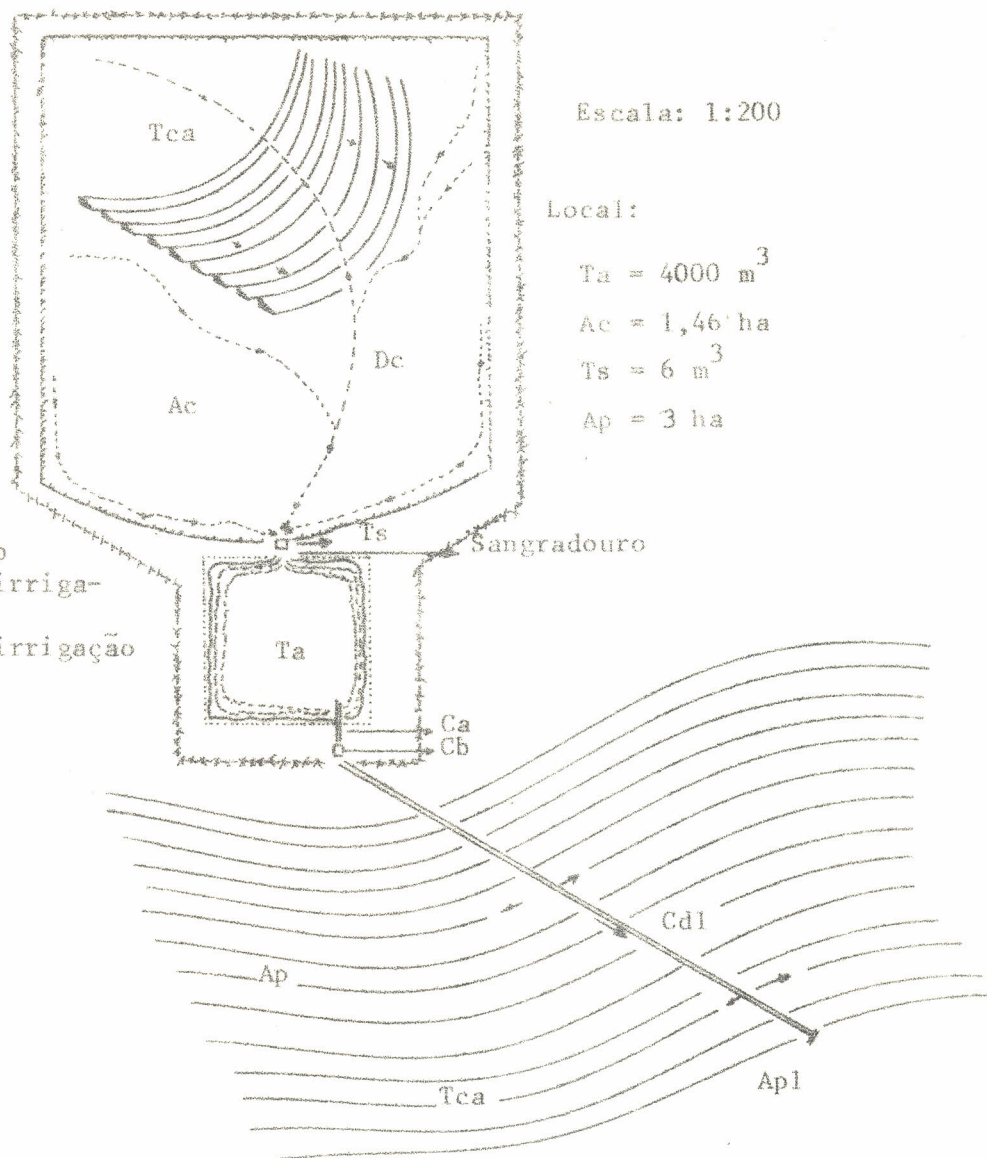


Figura 3 - Alternativa de utilização do sistema (SAES), com cultivo na área de captação.

ORÇAMENTO APROXIMADO PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO COM
ÁGUA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL (SAES).

ESPECIFICAÇÃO:

Área a ser desmatada - 6 hectares

Capacidade do barreiro - 3750 m^3

Capacidade da máquina (D-4)

- Desmatamento: 6 horas/ha

- escavação: $50 \text{ m}^3/\text{hora}$

Valor hora/máquina - Cr\$ 450,00

margem de segurança para o serviço de movimento de
terra - 30%

1. DESMATAMENTO:

6 ha x 6h x 450,00 _ _ _ _ _ 16.200,00

2. ESCAVAÇÃO DO BARREIRO:

50 m^3 - 1 hora

3750 m^3 - x $\therefore x = 75$ horas

$75 \times 1,30 = 98$ horas

98 h x 450,00 _ _ _ _ _ 44.100,00

3. CONFECÇÃO DE TALUDES:

30 horas c 450,00 _ _ _ _ _ 13.500,00

4. COSTRUÇÃO DE TANQUE DE SEDIMENTAÇÃO, DRENOS COLETORES
CANAIS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA.

E

5. ARAÇÃO, GRADAGEM E SULCAMENTO

Área - 3 hectares

Capacidade da máquina (MF - 65x)

- Aração: 4 h/ha

- Gradagem: 2 h/ha

- Sulcamento: 3 h/ha

Valor hora/máquina - 200,00

Custo - 9 horas x 3 x 200,00 _ _ _ _ _ 5.400,00

6. Aquisição de 1 (um) tubo de ferro galvanizado de 18 m de comprimento e 6" de o

7. 3 (três), traços de 2" de o de acordo com o tipo de solo _ _ _ _ _

8. 100 latas para amostragem de solo _ _ _ _ _

9. 1 (uma) estufa com capacidade de 200°C e corrente elétrica de 220 v _ _ _ _ _

10. 1 (uma) balança de precisão para pesagem de amostra até 2 kg _ _ _ _ _

Obs: Os custos com semente, manutenção, plantio, tratos culturais, poderão ser estimados, assim como o orçamento proposto para implantação deste sistema. _ _ _ _ _

LITERATURA CITADA

- DAKER, A. Captação, elevação e melhoramento da água. 4. ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1974. V. 2.
- EVENARI, H.; SHANAN, L. & TADMOR, N. The negev. Cambridge, Havard University Press, 1971. 345 p.
- GARCEZ, L.N. Hidrologia. Edgard Blucher, 1974. 249 p.
- MARGREAVES, G.H. Monthly precipitation probabilities for Northeast Brazil. Ohio, Utah State University, Department of Agricultural and Irrigation Engēneering, 1973. 423 p. (Contract-AID/CSD 2167).
- MÉXICO. SECRETARIA DE AGRICULTURA y RECURSOS HIDRÁULICOS. Manual de conservacion del suelo y del agua. Chapingo, México, Colegio de Postgraduação, 1977. 584 p.
- MYERS, L.E. Recent advances in water harresting. Journal of Soil and Water conservation, 22 (3):95-97.
- REBOUCHAS, A. da C. & MARINHO, M.E. Hidrologia das secas do Nordeste do Brasil. Recife, SUDENE, 1972. 126 p. (Série Hidrogeologia, 41).
- SILVA, A. de S. & ANAYA, H.G. Algunas consideraciones sobre manejo del suelo y del agua para el desarrollo de la agricultura tradicional en Noreste de Brazil. Relatório técnico. Petrolina, PE, EMBRAPA/CPATSA, 1979. 150 p.
- WISLER, C.O. & BRATER, E.F. Hidrologia. New York, John Wiley & Sons, 1964. 484 p.