

Métodos de captação de água de chuva "in situ" e irrigação

O trópico semi-árido brasileiro, com um área de 1.150.000 km², correspondente a 70% da área da região Nordeste e 13% do país, apresenta uma grande diversidade de quadros naturais, compreendidos em 120 unidades geoambientais, com grandes diferenciações de ordens física, biológica e socioeconômica (Silva *et al.* 1993). A escassez e a má distribuição das chuvas, as limitações de solos, as práticas agrícolas adotadas, entre outros fatores, constituem aspectos limitantes para o desenvolvimento agrícola da região.

Os solos predominantes da região são de origem cristalina, normalmente rasos, silicosos e pedregosos, com baixa capacidade de infiltração e baixo teor de matéria orgânica. Associadas a estas características, as altas intensidades de precipitação pluviométrica proporcionam perdas de água por escoamento superficial "runoff" e, conseqüentemente, erosão hídrica.

Dadas as características da região, é conveniente considerar, no planejamento agrícola da propriedade, mecanismos que possibilitem ao produtor explorar sua propriedade com menor risco de insucesso, tornando-a capaz de produzir satisfatoriamente, apesar das limitações que o ambiente oferece.

Vários métodos de captação de água de chuva "in situ" foram desenvolvidos e/ou adaptados pela EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária através do CPATSA, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, utilizando tanto força motriz como tração animal. Neste trabalho, são apresentadas as principais técnicas de captação de água de chuva "in situ" mais adequadas às condições dos produtores do semi-árido brasileiro.

FATORES DETERMINANTES NA IMPLANTAÇÃO DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA "IN SITU"

Para se estabelecer um sistema de captação de água de chuva in situ, é necessário se dispor de informações sobre uma série de fatores, tais como, o tamanho da área a ser cultivada, solo, topografia, quantidade e distribuição das chuvas, cultura (anual ou perene) e disponibilidade de equipamentos e de mão-de-obra. Estes requisitos devem estar associados a fatores socioeconômicos, a fim de viabilizar o investimento da tecnologia.

J. Barbosa dos Anjos, L. Teixeira de Lima Brito y M.S. Lopes da Silva,
EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA),
Petrolina, Brasil

Apostila do Curso de Capacitação sobre Manejo e
Melhoramento do Solo com Ênfase em Métodos de
Preparo Efetivos do Solo, 1997, Ibadan, Nigéria

No município de Petrolina - PE, o período chuvoso concentra-se nos meses de dezembro a abril, considerando-se esse período o ano agrícola. Os dados de precipitações mensais, para um período de 10 anos (1985/1994), mostram uma grande variabilidade na distribuição das chuvas, com maior concentração no mês de março (Tabela 1). No ano agrícola 1994/95, ocorreram 781,60 mm de precipitação, com 210,60 mm no mês de janeiro, enquanto que em 1992/93 ocorreram apenas 164,50 mm, sendo 140,20 mm nos meses de novembro a janeiro.

TABELA 1

Precipitação pluviométrica mensal registrada em Petrolina, Pe, Brasil no período de 1985 a 1994

Mês	Ano									
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
JAN	286,6	36,5	4,8	99,2	27,5	34,2	103,0	344,1	34,4	121,4
FEV	84,9	78,5	30,7	31,7	21,0	90,3	111,2	122,1	12,0	41,0
MAR	172,0	184,1	162,8	256,8	216,7	25,7	207,4	49,4	5,5	156,5
ABR	151,6	25,1	19,8	117,3	154,6	42,8	47,6	33,4	20,8	78,4
MAI	15,6	14,0	73,3	29,8	78,5	6,6	52,7	4,0	3,8	5,9
JUN	69,9	0,8	0,8	44,9	0,0	9,0	21,8	4,0	5,9	9,9
JUL	5,6	7,7	47,4	5,9	14,1	61,6	0,0	0,9	1,4	14,8
AGO	19,9	1,3	0,0	0,0	5,4	0,3	4,3	0,0	5,8	0,0
SET	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,9	0,8	1,0
OUT	3,4	3,6	54,6	14,4	0,0	0,0	0,0	0,0	25,7	0,0
NOV	95,1	3,3	0,0	56,1	6,2	61,3	73,3	31,9	55,5	0,0
DEZ	174,0	29,5	12,8	105,0	369,3	18,8	13,1	68,1	16,2	42,2
Total	1.078,6	385,1	407,0	761,1	893,3	351,0	634,8	658,8	187,8	471,1

A época de plantio é outro fator de extrema importância para o sucesso da agricultura dependente de chuva. Silva *et al.*, (1982) mostram que, para a cultura de feijão caupi, a melhor época de plantio no município de Petrolina - PE é de 2 a 6 de março; já para o milho, este período é de 17 de janeiro a 9 de fevereiro, coincidindo com o período de maior concentração na distribuição das chuvas.

No que se refere à erosão do solo, a chuva é um dos fatores climáticos que mais afeta a erosão, sendo a sua intensidade o fator mais importante. No semi-árido brasileiro, o regime hídrico é caracterizado por chuvas de curta duração, mas de alta intensidade, com o preparo do solo muitas vezes ocorrendo em condições inadequadas de umidade, pulverizando-o demasiadamente, o que o torna, conseqüentemente, mais vulnerável à erosão. Segundo Lopes e Brito (1993), o período crítico em relação à erosividade das chuvas em Petrolina - PE, é de fevereiro a abril, quando ocorrem, em média, 64,76% do total anual do índice de erosividade (EI30).

Segundo Doorembos e Kassam (1994), a cultura do milho (*Zea mays* L.), dependendo das condições climáticas, e sem considerar outros fatores de produção, necessita, em seu ciclo, de 500 a 800 mm de água, bem distribuídos de acordo com suas fases fenológicas, principalmente as fases de floração e enchimento de grãos para se obter a máxima produção.

Associando as necessidades hídricas da cultura do milho, com os dados de precipitações médias de 400 mm para o município de Petrolina - PE, observa-se que, anualmente, ocorre

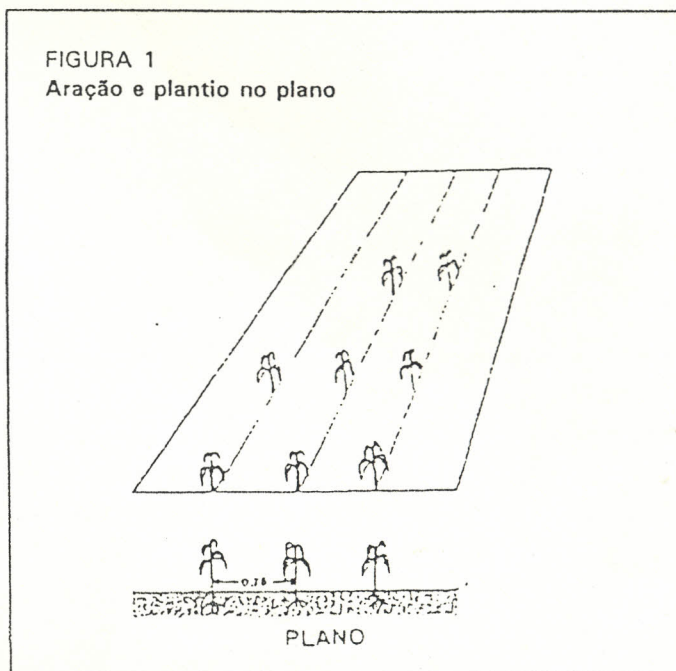
déficit hídrico na cultura, principalmente devido à irregularidade na distribuição das chuvas no tempo e no espaço.

MÉTODOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA "IN SITU"

O sistema tradicional de cultivo mínimo de semeadura em covas, com o auxílio da enxada, dá origem a uma pequena depressão, capaz de armazenar certa quantidade de água de chuva. Este sistema é aparentemente pouco agressivo ao meio ambiente, no entanto, como o solo não foi preparado (arado), a sua superfície apresenta-se ligeiramente compactada, dificultando a infiltração e facilitando o escoamento superficial, que contribui para o processo erosivo. Portanto, técnicas simples de preparo do solo, visando a captação da água de chuva "in situ" são as mais recomendáveis, e podem ser implantadas usando-se tanto a tração mecânica quanto a tração animal (Duret *et al.*, 1986).

Captação de água de Chuva "in situ": aração e plantio no plano

- A aração do solo visando a implantação de cultivos de sequeiro, constitui-se numa das técnicas de captação de água de chuva "in situ" em uso, principalmente na região semi-árida no Nordeste brasileiro, devido à formação de pequenas depressões decorrentes da aração, que têm por objetivo impedir o escoamento superficial da água de chuva, a qual fica armazenada no perfil do solo, e assim disponível por mais tempo para a cultura. Este sistema consiste na utilização de arados a tração animal ou tração motora, sendo o arado de aiveca tracionado por animais o mais simples de ser utilizado (Anjos, 1985). A (Figura 1) é um esquema do cultivo ao nível de campo.

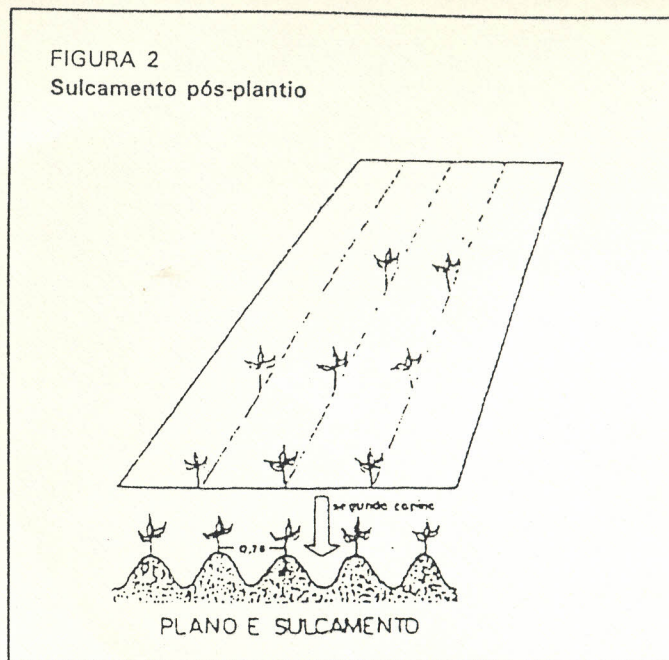


- Em tração animal, o equipamento mais simples é o arado de aiveca, com largura de corte de 8 polegadas (0,20 m). Seu custo é de aproximadamente US\$ 150,00, e o animal de tração US\$ 300,00, totalizando um investimento de US\$ 450,00. Em se tratando do aluguel do implemento com o animal de tração o custo é de US\$ 0,96/hora. Na tração motora, o aluguel do trator de pneus varia de US\$ 12,00 a 15,00/hora.

Captção de água de chuva "in situ": sulcamento pós-plantio

- O sulcamento pós-plantio é uma técnica de captação de água de chuva que consiste de uma aração da área e semeadura no plano, seguidas do sulcamento entre linhas de cultivo, efetuado por ocasião da segunda ou terceira capina, a depender da cultura e de seu estágio de desenvolvimento, através de sulcadores à tração animal ou mecânica (Figura 2). Quando as culturas como milho ou sorgo estão bem desenvolvidas é difícil utilizar a barra porta-implementos com mais de um sulcador. Logo, a solução é o uso do sulcador de uma linha, tracionado por um só animal, (equídeo ou bovino).

FIGURA 2
Sulcamento pós-plantio



A época mais adequada para o sulcamento do solo é de 30 a 40 dias após o plantio do feijão e de 20 a 30 dias após o plantio do milho.

O custo para aquisição de um sulcador de uma linha correspondem a, aproximadamente US\$ 80,00 e o animal de tração a US\$ 300,00, totalizando um investimento inicial de US\$ 380,00. O aluguel de um animal de tração e do sulcador de uma linha está em torno de US\$ 0,90/hora. O aluguel do trator de pneus varia de US\$ 12,00 a 15,00/hora.

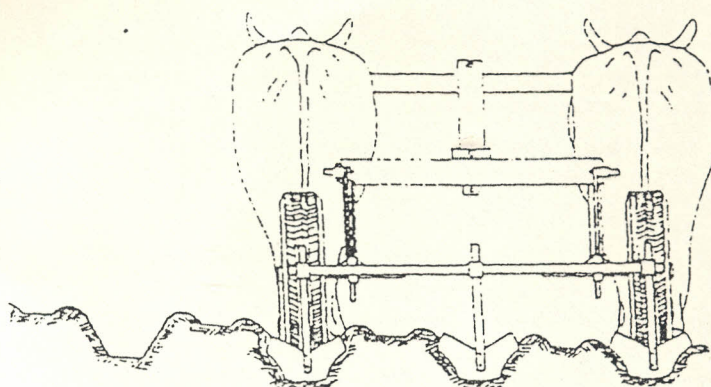
Captção de água de chuva "in situ": sulcamento pré-plantio

- A técnica de captação de água de chuva in situ, através do sulcamento em pré - plantio, consiste de uma aração da área seguida pelo sulcamento e semeadura sobre os camalhões. Após a aração da área, faz-se a abertura dos sulcos distanciados entre si de 0,75 m. Neste sistema, as capinas são realizadas utilizando-se sulcadores entre as linhas de plantio e complementadas com o auxílio de enxadas manuais, entre as plantas de uma mesma linha.

Este sistema permite um maior aproveitamento da água da chuva e, além de otimizar os tratos culturais e fitossanitários, possibilita a mecanização devido o camalhão definir a linha de plantio (Figura 3). A presença de tocos, pedras e pendentes superiores a 5% limitam a sua utilização.

- O custo de um chassi porta-implementos é de US\$ 1.500,00 e a junta de bovinos de tração em torno de US\$ 1.000,00. No caso de utilizar tratores de pneus, o custo do aluguel é de US\$ 12,00 a 15,00/hora.

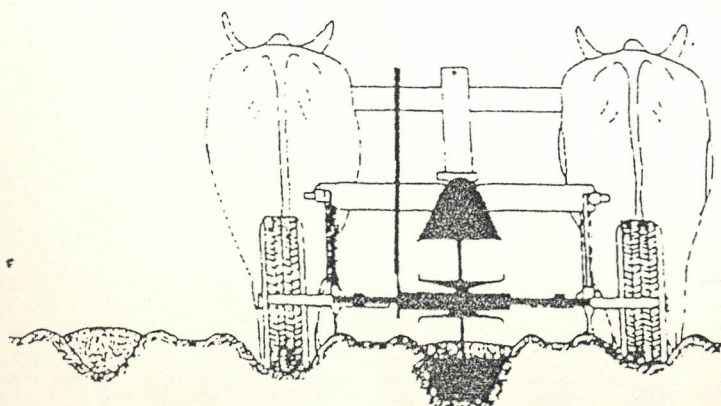
FIGURA 3
Sulcamento pré-plantio



Captação de água de chuva "in situ": sulco barrado

- O sistema de captação de água de chuva "in situ", através de sulcos barrados, foi desenvolvido pela EMBRAPA-CPATSA, e consiste de uma aração e sulcamento do solo com 0,75 m de distância entre sulcos, seguidos da operação de barramento, que são pequenas barreiras dentro do sulco, com a finalidade de impedir o escoamento superficial da água de chuva. O barramento dos sulcos efetuado com implementos a tração animal (Figuras 4 y 5), deve ser realizado antes da semeadura que é efetuada sobre os camalhões.

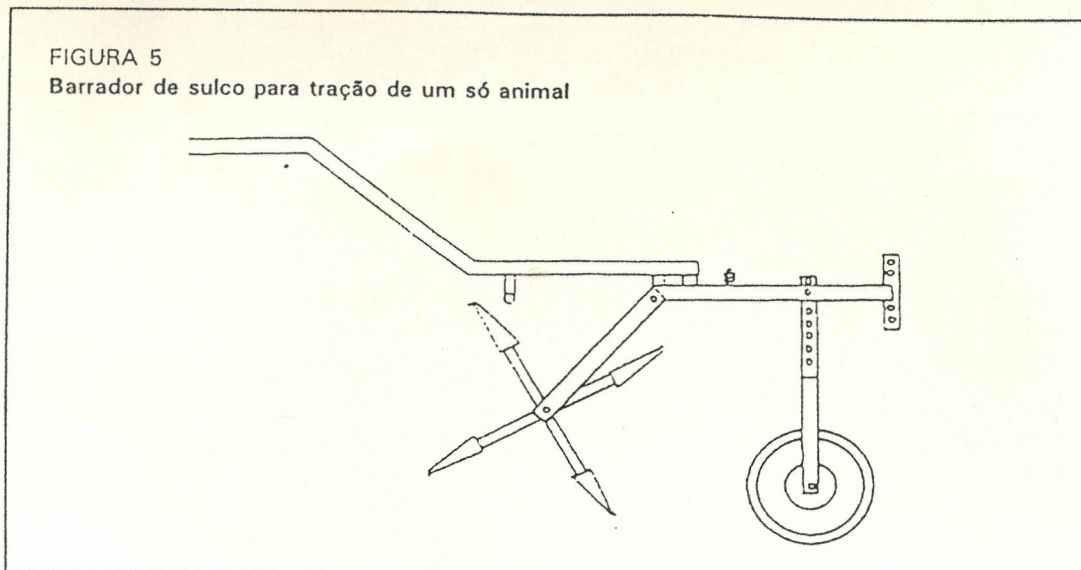
FIGURA 4
Barramento de sulcos efetuado com chassi porta implementos



As intercepções ficam distanciadas entre si de 2 a 3 metros, sendo o controle feito pelo operador do barrador, tendo-se o cuidado de deixá-las com uma altura inferior à dos camalhões destinados às linhas de plantio (Figura 6). Neste sistema, as capinas são realizadas utilizando-se sulcadores entre as linhas de plantio e repasse com o auxílio de

FIGURA 5

Barrador de sulco para tração de um só animal



enxada manual, entre as plantas.

- O barrador de sulcos pode ser construído em pequenas oficinas, por artesãos locais, e apresenta um custo em torno de US\$ 180,00. Exige pouco esforço de tração, podendo ser utilizados animais de pequeno porte, como os asininos que custam em média US\$ 70,00. Os custos com aluguel do sistema está em torno de US\$ 0,90/ha.

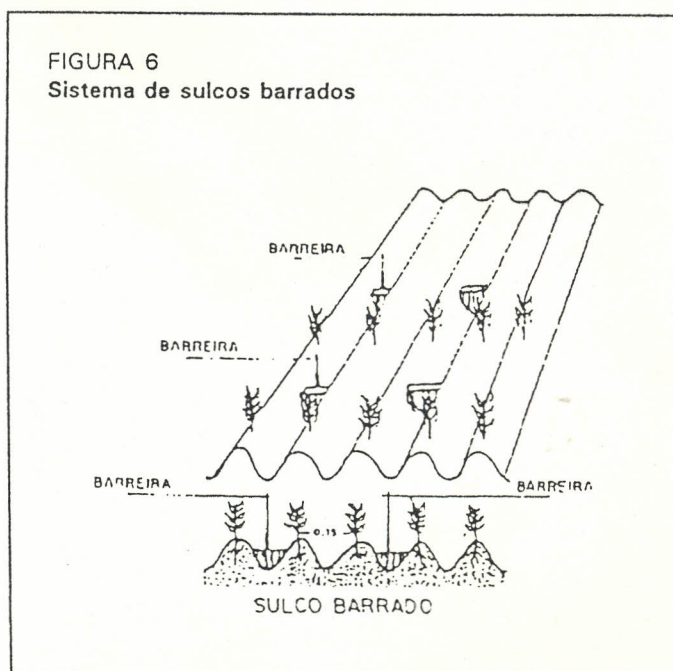
Captação de água de chuva "in situ": aração parcial

- O sistema de captação de água de chuva "in situ" através da aração parcial, consiste em duas passagens sucessivas com o arado de aiveca reversível a tração animal, deixando-se uma distância de 0,60 m a partir da muralha da segunda leiva do solo arado, e assim sucessivamente, reduzindo, desta maneira, o tempo de trabalho operativo em 50%, devido à aração ser realizada em faixas. A parte do solo não arado entre duas faixas de aração é responsável pela captação e condução da água até a zona de plantio (Figura 7).

Nesse sistema, a semeadura é feita com plantadoras manuais sobre a segunda leiva deixada pelo arado em cada faixa, sendo a distância entre linhas de cultivo de 1,0 m. O sistema é refeito a cada ano, promovendo, assim, a rotação gradual da área de cultivo. As capinas podem ser efetuadas manualmente com enxada; no entanto, quando

FIGURA 6

Sistema de sulcos barrados



as plantas atingirem uma altura de 0,10 m, pode-se utilizar o arado de aiveca reversível, arando-se a parte não trabalhada para eliminar as ervas e chegar terra à planta (abacelamento) (Figura 8).

- O investimento para adoção do sistema é baixo. O arado apresenta um custo de US\$ 150,00 e um equídeo em torno de US\$ 300,00. Além disso, o arado utilizado no preparo do solo para a semeadura é o mesmo para efetuar a capina mecânica. O aluguel do implemento corresponde a US\$ 0,70/hora.

FIGURA 7
Sistema de aração em faixas

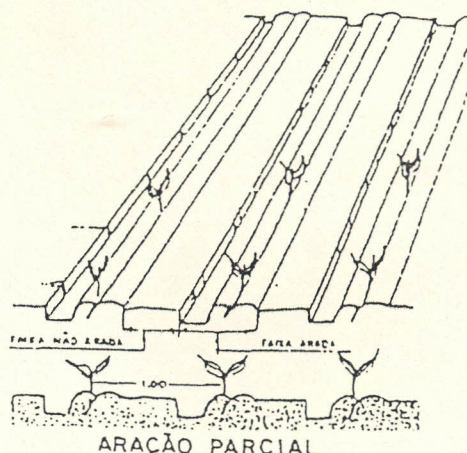
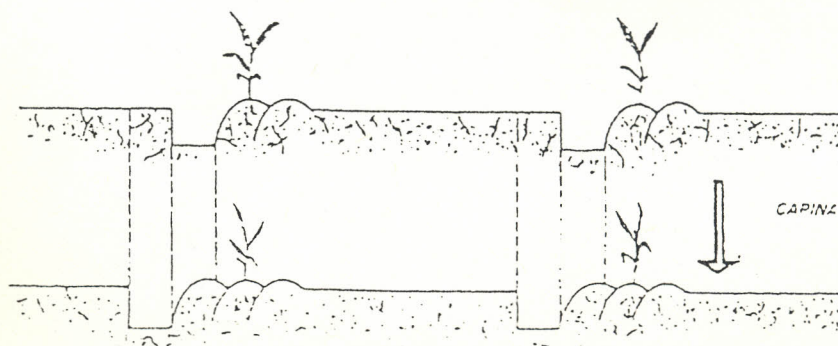


FIGURA 8
Método de efetuar a capina mecânica com tração animal



Captação de água de chuva "in situ": método guimarães duque

Segundo Silva *et al.* (1982), a primeira técnica de captação de água de chuva "in situ", adaptada às condições do semi-árido nordestino foi desenvolvida pelo INFAOL (Instituto Nordeste para o fomento do Algodão e Oleaginosas), denominada Método Guimarães Duque de Lavoura Seca. Este método foi adaptado pela EMBRAPA-CPATSA para exploração de culturas anuais, principalmente milho e feijão caupi.

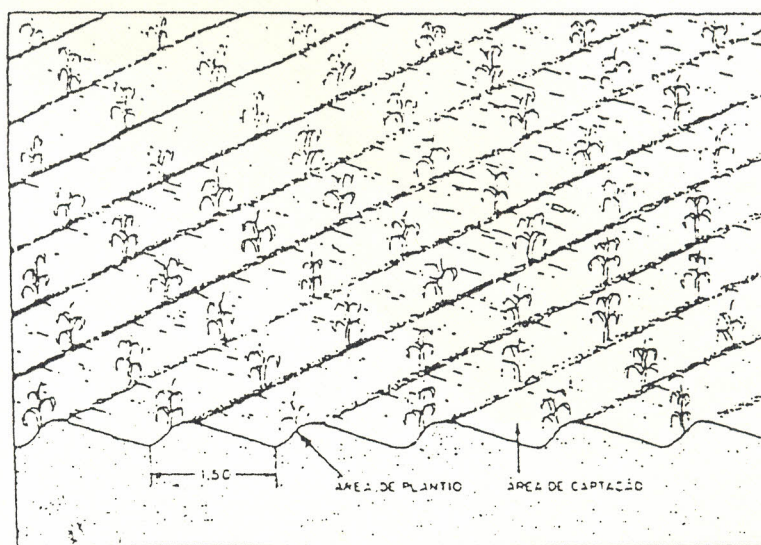
- O método Guimarães Duque consiste na formação de sulcos, seguidos por camalhões altos e largos, formados através de cortes efetuados em curva de nível, usando um arado

de disco reversível, com três discos. Para fazer o sistema, recomenda-se retirar o disco que fica mais próximo dos pneus traseiros do trator, sendo o trabalho efetuado com os outros dois discos do arado.

O operador (tratorista) inicia a aração tomando por base as curvas de nível direcionando a leiva de solo arado no sentido da pendente do terreno. Depois do primeiro sulco, para fazer o segundo, deve-se ter cuidado ao manobrar o trator, para que os pneus passem sobre o solo que ainda não foi arado, isto é, margeando o sulco anterior e assim, sucessivamente. Este procedimento permite a formação da área de captação entre os camalhões, sendo o espaçamento entre linhas de cultivo de 1,50 m. (Figura 9).

FIGURA 9

Camalhões altos e largos sistema do método "Guimarães Duque"



Este sistema é semi-permanente, com duração de três a cinco anos, podendo ser manejado a cada cultivo com arados de aiveca a tração animal, mobilizando a zona de plantio.

- O aluguel de trator de pneus é de US\$ 12,00 a 15,00/ha, e em média gasta-se 1,6h/ha para implantação do sistema.

Captação de água de chuva "in situ": agricultura de vazante

- A agricultura de vazante é uma prática que consiste na utilização dos solos potencialmente agricultáveis dos açudes, rios e lagos que ficam cobertas pelas águas na época chuvosa (Duque, 1973 e Guerra, 1975).

A captação de água de chuva "in situ" é uma técnica de preparo do solo, associada ao armazenamento de água de chuva, proveniente do escoamento superficial, que vem sendo muito estudada nas duas últimas décadas. É provável que tenha surgido bem antes, isto é, no período do Brasil colonial, quando da implantação dos cultivos de cana-de-

açúcar, no sertão semi-árido do Nordeste brasileiro, através do sistema de aberturas de covas retangulares.

O sistema é utilizado até hoje, por propiciar uma melhor conservação da umidade no solo em virtude de a terra oriunda da escavação das covas ser distribuída nas adjacências, impedindo a perda de água, devido à descontinuidade da capilaridade. As vazantes atualmente são exploradas, principalmente, por produtores que, na sua maioria, utilizam ferramentas manuais e, em menor escala, a tração animal, sendo mais cultivados o arroz, o feijão, a batata-doce e o milho (Carvalho, 1973).

Segundo Silva e Porto (1982), há mais de 70.000 açudes (públicos e privados) distribuídos no Nordeste brasileiro. Isso permite a sobrevivência de três milhões de pessoas, mesmo em anos de seca intensa, através da exploração de suas vazantes (Guerra, 1975).

- O implemento mais utilizado pelos agricultores é o arado de aiveca a tração animal, com largura de corte de 8 polegadas (0,20 m), seu custo é de aproximadamente US\$ 150,00, e o animal de tração, US\$ 300,00, totalizando um investimento de US\$ 450,00. No caso de aluguel de implementos com animal de tração o custo é de US\$ 0,96/hora. O aluguel do trator de pneus varia de US\$ 12,00 a 15,00/hora, no entanto, é difícil de ser manejado em solos com alto teor de umidade, devido a problemas de patinação e peso excessivo da máquina, que inviabilizam seu deslocamento nessas condições.

NOÇÕES SOBRE IRRIGAÇÃO

É interessante observar que as antigas civilizações tiveram suas origens em regiões áridas, onde a produção só era possível graças a irrigação. Assim grandes aglomerações que há mais de 4.000 aC., se fixaram nas margens fertilíssimas dos rios, Huang Ho e Kiang, no vasto império da China, do Nilo no Egito, do Tigre e Eufrates na Mesopotâmia e do Ganges na Índia, foram nascidas e conservadas graças à utilização dos recursos hídricos, (Daker, 1988).

O uso pouco racional da água de irrigação no Nordeste brasileiro, tem provocado a formação de lençol freático que se aproxima da superfície do solo em lugares e épocas determinadas, criando condições impróprias para o desenvolvimento das culturas, limitando sua produtividade e deteriorando a sua qualidade.

O excesso de água de irrigação tem seus aspectos negativos que se resumem, principalmente, na lavagem de nutrientes solúveis, altos custos de energia para recalque de água, além de dar origem a problemas de má drenagem e, conseqüentemente, a salinidade. A necessidade de água pela planta está associada ao seu estágio de crescimento e às suas condições de clima. As plantas apresentam uma faixa de tolerância relativa ao conteúdo de umidade no solo. Deste modo, tanto a escassez como o excesso de água afetam negativamente a produtividade das culturas.

- A principal fonte de água na produção agrícola no sertão semi-árido do Nordeste brasileiro, é ainda a água de chuva. Outro grande potencial à exploração agrícola, são as águas superficiais de rios perenes, sendo o rio São Francisco o principal deles, e as armazenadas em açudes construídos no leito de rios de regime regular. Uma fonte

importante e pouco explorada, é o das águas subterrâneas, de origem pluvial ou fluvial armazenadas, no "subsolo".

- A captação, elevação e a distribuição de água na agricultura irrigada é efetuada através de diversas maneiras. Em rios perenes utilizam-se rodas d'água que aproveitam o potencial da energia hidráulica, moinhos de vento (cata-ventos) que acionam pequenas bombas, outras são movidas com motores elétricos ou de combustão interna, que consomem combustíveis derivados de petróleo, ou extraídos da biomassa (álcool, biogás e vegetais gaseificados).
- Águas com teores acima de 3,0 g de sais solúveis por litro, são consideradas salinas e não recomendáveis para uso na agricultura. Outro parâmetro básico na classificação de águas de irrigação é o sódio, acima de 0,3 g de Na por litro, é considerada prejudicial (Valdiviezo Salazar e Cordeiro, 1985). O solo e o subsolo são indicativos que explicam as variações de qualidade da água dos pequenos rios temporários. A Tabela 2, mostra como varia a condutividade média da água que escoam nos rios temporários em função do tipo de solo, no entanto, essa condutividade elétrica da água não é um dado preciso, todavia é um indicador de perigo para a irrigação.

TABLA 2

Condutividade elétrica (média) de água nos pequenos rios, em função do solo da bacia hidrográfica

Tipo de solo	Condutividade elétrica (média) da água (micromhos)
Areia quartzosa	98
Latossolos	188
Podzólicos	226
Bruno no cálcicos	339
Vertissolos	484
Litólicos eutróficos	621
Solonetz	2 817
Planossolos	4 596

Fonte: Leprun.(1983)

Métodos de irrigação

A escolha de determinado método de irrigação depende de vários fatores, como disponibilidade e qualidade da água, topografia, tipo de solo, recursos financeiros para sua implantação, entre outros.

- Irrigação por Inundação o sistema caracteriza-se pela aplicação de água no solo, em forma de lâmina estagnada ou contínua, cobrindo totalmente a superfície do terreno, (Soares, 1988).
- Irrigação por sulcos a estrutura de irrigação pode ser obras de engenharia (canais de distribuição) mas na maioria das vezes é construída utilizando ferramentas manuais e solo do próprio local, e a irrigação é feita sem controle, direcionando a água através de tapagens com terra, utilizando-se enxada manual, quando o ideal seria o uso de sifões, de diâmetros apropriados ou outro tipo de dispositivo para o controle de vazão, a exemplo das áreas exploradas seguindo a um planejamento adequado.

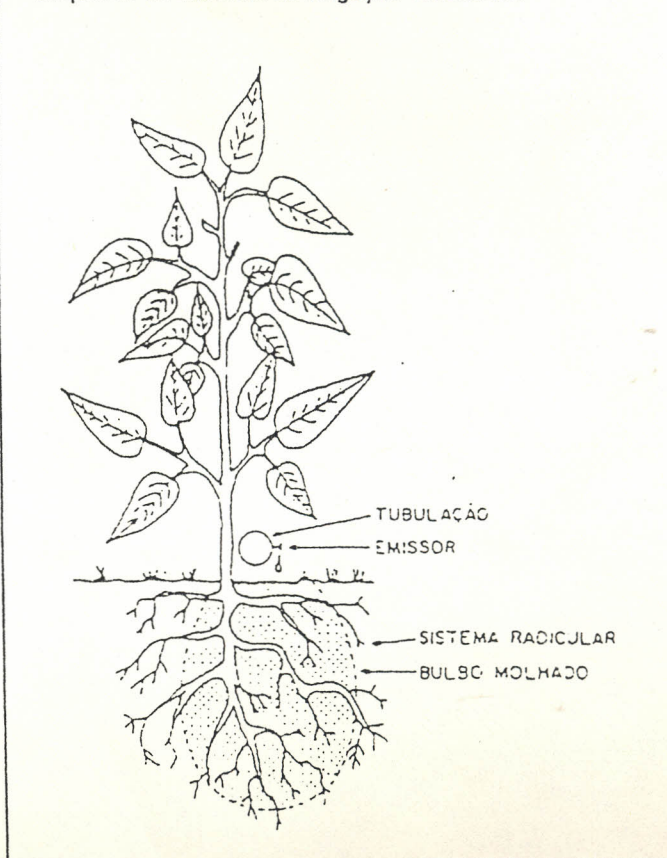
- Cápsulas porosas são recipientes com capacidade volumétrica de 0,6 a 0,7 litro, conectadas a uma rede hidráulica de alimentação de água, formando o sistema de irrigação. É confeccionada com argila, não expansível que é injetada na forma de pasta aquosa em um molde de gesso (gipsita) depois de desmoldada e desbastadas as arestas, abre-se o orifício onde será introduzida a tubulação de polietileno, que conduz a água de alimentação do sistema, é seca e queimada a 1.120 °C com a finalidade de dar resistência e obter uma porosidade em torno de 20% (Silva *et al.*, 1981). O método de irrigação por cápsulas porosas, funciona sob pressão, com baixo consumo de água, 5 litros por unidade dia.
- São recipientes com capacidade de 10 a 12 litros, confeccionados em argila, que depois de secos são queimados em fornos, com a finalidade de dar resistência e obter a porosidade. Normalmente os potes são interligados entre si por uma tubulação de polietileno, com diâmetro de ½ polegada (12,7 mm) que recebe água da fonte de abastecimento, diminuindo assim a mão de obra para abastece-los individualmente (Silva *et al.*, 1982).

O princípio de funcionamento de cápsulas e potes de barro se dá a medida que as plantas retiram água do solo, acarretam uma diferença de potencial de água entre o solo e a unidade porosa. Isso faz a água fluir em direção ao solo e suprir adequadamente as necessidades de uso de água pela cultura, esse é o princípio de funcionamento dos potes de barro e das cápsulas porosas.

- O método de irrigação localizada por gotejamento e microaspersão, caracterizam-se basicamente, pela aplicação da água numa fração do volume do solo explorado pelas raízes da planta, de forma pontual ou em faixa contínua, geralmente com distribuição pressurizada através de pequenas vazões e curtos intervalos de rega, mantendo níveis de umidade ideais para a cultura, (Bernardo, 1982). A Figura 10 ilustra o princípio de funcionamento dos dois sistemas de irrigação localizada.

FIGURA 10

Esquema do sistema de irrigação localizada



- A irrigação por aspersão é um dos sistemas mais difundidos nos últimos tempos. Caracteriza-se pela elevada uniformidade de aplicação de água, a boa eficiência do sistema, a facilidade para eliminar os perigos de erosão, a possibilidade de seu emprego nas mais diversas topografias e tipos de solos (Gomide, 1982).
- Pivô central é um tipo de irrigação por aspersão, a unidade pivô central consiste numa linha lateral com aspersores, auto-propelida, que se movimenta em círculo e em torno de um ponto a uma velocidade prefixada e constante. Em virtude de o sistema ser autopropelido, a mão de obra fica substancialmente reduzida na operação de irrigação, permitindo também a aplicação direta de fertilizantes e defensivos via água de irrigação, (Carvalho Guerra *et al.*, 1988).

Manejo de solo água planta

O manejo de água no solo está diretamente relacionado com as culturas implantadas e o sistema de irrigação adotado. Em solos arenosos e areno-argilosos, são recomendados sistemas de irrigação por microaspersão e aspersão convencional. Nos solos argilo-arenosos e argilosos, deve-se dar preferência ao gotejamento, a irrigação por sulcos e até microbacias, (Merrian *et al.*, 1973).

A definição de manejo da água pode basear-se na medida de qualquer um dos componentes solo-planta-atmosfera. Quando se usa o tanque classe A, com base na evaporação diária, para estabelecer turnos de rega semanais, temos as seguintes equações:

- Cálculo da evaporação média diária (E_v)

$$E_v = \frac{E_{v_1} + E_{v_2} + \dots + E_{v_7}}{7} \quad (\text{eq. 1})$$

em que:

E_v = Evaporação diária média (mm);

$E_{v_1 \dots 7}$ = Evaporação diária (mm).

- Cálculo da lâmina de irrigação (L_b)

$$L_b = \frac{K_p \times K_c \times E_v}{c_u} \quad (\text{eq. 2})$$

em que:

L_b = lâmina de irrigação (mm);

K_p = Fator do tanque igual a 0,75

K_c = Coeficiente determinado para a cultura

c_u = coeficiente de uniformidade do sistema de irrigação (%), que deve ser determinado "in loco".

- Em irrigação por microaspersão e por gotejamento, o volume de água a ser aplicado em cada unidade de rega depende da lâmina de irrigação e do número de plantas por subunidade de rega.

Desse modo:

$$V_{ap} = \frac{L_b \times E_p \times E_f}{D} \quad \text{eq. 3)}$$

em que:

- V_{ap} = Volume de água aplicado por planta (lt/planta x dia);
 E_p = Espaçamento entre plantas(m);
 E_f = Espaçamento entre fileiras de plantas(m);
 D = Número de dias do intervalo de irrigação.

- O tempo de irrigação para aplicar esta lâmina será:

$$T_j = \frac{V_{ap}}{N \times q_e} \quad \text{(eq. 4)}$$

em que:

- T_j = Tempo de irrigação por unidade de rega(horas);
 N = número de emissores por planta;
 q_e = vazão do emissor(lt/h) este parâmetro deve ser obtido em testes de campo.

Quando o tempo de irrigação for superior a 3 horas, recomenda-se que seja fracionado em duas irrigações, a fim de evitar perdas excessivas de água por percolação profunda ou asfixia do sistema radicular.

- Nos sistemas semi-automatizados de gotejamento ou microaspersão, em que o manejo da água é feito à base de volume, deve-se determinar o volume de água por unidade de rega, conforme Soares(1995);

$$V = 10 \times L_b \times A \quad \text{(eq. 5)}$$

em que:

- V = Volume de água por unidade de rega(m³);
 A = Área da unidade de rega(ha).

Em irrigação por aspersão, segundo Azevedo *et al.* (1986), no período de desenvolvimento pleno de culturas como tomate, cebola, melão e melancia, a lâmina de irrigação deve ser calculada com base na evaporação acumulada do tanque classe A, para períodos semanais, conforme a equação.

- Então, a lâmina de irrigação será:

$$L_b = \frac{K_p \times K_c \times E_v}{E_i} \quad \text{(eq. 6)}$$

em que:

- L_b = Lâmina de irrigação(mm);
 K_p = Coeficiente do tanque classe A(igual a 0,75 ou usar tabela definida para o local);
 K_c = Coeficiente indicado para a cultura;
 E_v = Evaporação média diária do tanque(mm);
 E_i = Eficiência do sistema de irrigação obtido em teste de campo.

Quando o tempo de irrigação for superior a 3 horas, recomenda-se que seja fracionado em duas irrigações, a fim de evitar perdas excessivas de água por percolação profunda ou asfixia do sistema radicular.

- Nos sistemas semi-automatizados de gotejamento ou microaspersão, em que o manejo da água é feito à base de volume, deve-se determinar o volume de água por unidade de rega, conforme Soares(1995);

$$V = 10 \times L_b \times A \quad (\text{eq. 5})$$

em que:

V = Volume de água por unidade de rega(m³);

A = Área da unidade de rega(ha).

Em irrigação por aspersão, segundo Azevedo *et al.* (1986), no período de desenvolvimento pleno de culturas como tomate, cebola, melão e melancia, a lâmina de irrigação deve ser calculada com base na evaporação acumulada do tanque classe A, para períodos semanais, conforme a equação.

- Então, a lâmina de irrigação será:

$$L_b = \frac{K_p \times K_c \times E_v}{E_i} \quad (\text{eq. 6})$$

em que:

L_b = Lâmina de irrigação(mm);

K_p = Coeficiente do tanque classe A(igual a 0,75 ou usar tabela definida para o local);

K_c = Coeficiente indicado para a cultura;

E_v = Evaporação média diária do tanque(mm);

E_i = Eficiência do sistema de irrigação obtido em teste de campo.

Quando não se faz o controle de umidade do solo por qualquer método, deve-se considerar a disponibilidade de água no solo, em função de tabelas desenvolvidas e adaptadas à localidade, a fim de se determinar a reposição da próxima irrigação, (Tabela 3).

- O tempo de irrigação será:

$$T_i = \frac{L_b}{I_a} \quad (\text{eq. 7})$$

em que:

T_i = Tempo de irrigação (horas);

I_a = Intensidade de aplicação do aspersor, que deve ser medido em campo(mm/h).

Em irrigação por sulco, pode-se usar a equação 6 para calcular a lâmina de irrigação (L_b). O tempo de irrigação(T_i) será função dessas lâminas e o tempo de avanço da água no sulco(T_a) associado ao tempo de oportunidade de irrigação (T_o). O (T_a e o T_o serão determinados diretamente em testes de campo.

O uso de tensiômetros pode auxiliar no controle da irrigação, principalmente em áreas irrigadas por gotejamento e microaspersão automatizados. Adapta-se bem em solos onde a maior parte da água disponível está retida a tensões inferiores a -0,80 bar (Faria e Costa, 1987).

TABLA 3

Valores do coeficiente do tanque classe A (K_p) para valores estimativos da evapotranspiração de referencia (Eto)

UR % (média)	Vento (Km/dia)	Posição de tanque R(m) *	Exposição A Tanque circundado por grama			Exposição B Tanque circundado por solo nu		
			Baixa < 40%	Média 40-70%	Alta > 70%	Baixa < 40%	Média 40-70%	Alta > 70%
Livre < 175		0	0,55	0,65	0,75	0	0,70	0,80
		10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70
		100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65
		1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,50	0,60
Moderado 175 - 425		0	0,50	0,60	0,65	0	0,65	0,75
		10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65
		100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60
		1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55
Forte 425 - 700		0	0,45	0,50	0,60	0	0,60	0,65
		10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55
		100	0,60	0,65	0,75	100	0,45	0,50
		1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45
Muito forte > 700		0	0,40	0,45	0,50	0	0,50	0,60
		10	0,45	0,55	0,60	10	0,45	0,50
		100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45
		1000	0,55	0,60	0,65	1000	0,35	0,40

*R(m) * A menor distância (m) do centro do tanque classe ao limite da bordadura (gramado ou solo nu).

Obs: Para extensas áreas de solo nu reduzir os valores de K_p em 20% em condições de alta temperatura e umidade moderados.

Fonte: Tuler *et al.* (1983). vento forte, e de 5 a 10% em condições de temperatura, vento e umidade moderados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anjos, J.B. dos. 1985. Comparação entre tração motorizada e animal. In: *Simpósio sobre energia na agricultura, tecnologias poupadoras de insumos, integração de sistemas energéticos de alimentos*, 1., 1984, Jaboticabal-SP. Anais... Jaboticabal: FCAV, 1985. pp. 269-289.
- Azevedo, J.A. de.; Silva, E. M. da.; Resende, M.; Guerra, A.F. 1986. *Aspectos sobre manejo e irrigação por aspersão do Cerrado*. EMBRAPA-CPAC, Planaltina-DF. p. 52.
- Bernardo, S. 1982. *Manual de irrigação*. UFV, Viçosa. 463 p.
- Carvalho, O. de. (coord). 1973. Comportamento dos principais sistemas de produção da zona semi-árida. In: *Plano integrado para o combate preventivo aos efeitos das secas no Nordeste*, Brasília: MINTER. (Brasil. MINTER. Desenvolvimento Regional. Monografias, 1). pp. 105-119.
- Daker, A. 1988. *Irrigação e drenagem: a água na agricultura*, 7 ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: F. Bastos, v.3. 543 p. il.

- Doorembos, J.; Kassam, A.H. Milho. 1994. In: *Efeito da água no rendimento das culturas*. Campina Grande: UFPB. pp. 154 -159. (FAO. Série Estudos. Irrigação e Drenagem, 33).
- Duque, J.G. 1973. Algumas questões da exploração de açudes públicos. In: *Solo e água no polígono das secas*. 4. ed. Fortaleza : DNOCS, 1973. pp. 129-156. (DNOCS. Publicação, 154).
- Duret, T.; Baron, V.; Anjos, J.B. dos. 1986. "Systemes de cultures" experimentes dans le Nordeste du Brezil. *Machinisme Agricole Tropicale*, Antony, N. 94, pp. 62-74.
- EMBRAPA (Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido). 1988. *Irrigação por pivô central no Serviço de Produção de Sementes Básicas* (Bebedouro II): avaliação técnico - econômica. Petrolina, PE. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 51) 100 p.
- Faria, R.T. de.; Costa, A.C.S. da. 1987. *Tensiômetro: Construção instalação e utilização*. IAPAR, Londrina-PR. p.22.
- Gomide, R.L. 1978. *Determinação e análise da uniformidade da água do sistema de irrigação por aspersão*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Dissertação Mestrado. 87 p.
- Guerra, P. de B. 1975. Agricultura de vazante - um modelo agronômico nordestino. In: *Seminário nacional de irrigação e drenagem*, 3., Fortaleza, CE. Anais... Recife: DNOCS/ABID, 1976. v. 4, pp. 325-33.
- Lopes, P.R.C.; Brito, L.T. de L. 1993. Erosividade da chuva no Médio São Francisco. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 17, n.1, pp. 129-133.
- Merrian, J.L.; Keller, J.; Alfredo, J. 1994. *Irrigation system evaluation and improvement*. Logan, Utah State University. 1972 p.
- Silva, A. de S; Porto, E.R. 1982. *Utilização e conservação de recursos hídricos em áreas rurais do Trópico Semi-árido do Brasil: tecnologias de baixo custo*. Petrolina, PE. EMBRAPA - CPATSA. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 14). 128 p. il.
- Silva, D.A.; Silva, A.S.; Gheyi, H.R. 1981. *Pequena irrigação para o trópico semi-árido: Vazantes e cápsulas porosas*. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA. (EMBRAPA - CPATSA. Boletim de Pesquisa, 3). 59 p. il.
- Silva, F.B.R.E.; Riché, G.R.; Tonneau, J.P.; Souza Neto, N.C. de; Brito, L.T. de L.; Correia, R. C.; Cavalcanti, A.C.; Silva, F.H.B.B. da; Silva, A.B. da; Araújo Filho, J.C. de. 1993. *Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrosócioeconômico*. Petrolina, PE: EMBRAPA - CPATSA / Recife: EMBRAPA - CNPS, Coordenadoria Regional Nordeste. v. 1 il.
- Soares, J.M. *Sistema de irrigação por inundação*. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1988. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 55). 49 p. il.
- Valdiviezo Salazar, C.R.; Cordeiro, G.G. 1985. *Perspectivas do uso das águas subterrâneas do embasamento cristalino no Nordeste semi-árido do Brasil*. Petrolina, PE: EMBRAPA - CPATSA. (EMBRAPA - CPATSA. Documentos, 39). 40 p. il.