
CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA EM PROPRIEDADES RURAIS

MARTINS, Camila Aparecida da Silva¹
NOGUEIRA, Natiélia Oliveira¹

Recebido em: 2014.09.30

Aprovado em: 2015.04.10

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.1342

RESUMO: O aumento do crescimento populacional fez com que o homem passasse a explorar os recursos naturais de forma inadequada, facilitando a ocorrência de desastres naturais de enormes proporções. Com a exploração dos recursos hídricos de forma não sustentável surge atualmente uma escassez desses recursos, ocasionando sérios problemas de ordem ambiental, social e econômica. Esse processo tem ocorrido não somente em relação à quantidade de água, como também na redução de sua qualidade, comprometendo a sua destinação aos múltiplos usos. Neste sentido, é necessário adotar medidas preventivas ou mitigadoras, para preservar os recursos hídricos, amenizando assim, os problemas expostos. O objetivo deste trabalho foi abordar os principais aspectos da captação de água superficial das chuvas em propriedades rurais. Assim, conclui-se que a captação e o armazenamento da água oriunda da precipitação é uma forma de conscientização que ajuda a preservar esse recurso natural, utilizando-a de maneira racional, contribuindo para preservação da natureza, para redução de custos da propriedade e água com padrões mínimos de qualidade. Diversas práticas de cultivo associadas aos sistemas de captação de água das chuvas, são alternativas viáveis para uso no meio rural, quando se visa produção sustentável.

Palavras-Chave: Recursos hídricos. Meio ambiente. Agricultura sustentável.

AREAS RAINWATER CAPTURE IN RURAL PROPERTIES

SUMMARY: Due to the increase of population growth, man started to explore natural resources in an inadequate way, therefore facilitating the occurrence of natural disasters in enormous proportions. Lately, with the exploitation of water resource in an unsustainable manner is causing a shortage of these resources and consequently leading to serious environmental, social and economic problems. This process has occurred not only in relation to water quantity, but also in reducing its quality, and compromising its allocation to multiple uses. In this sense, it is necessary to adopt preventive or mitigating measures to preserve water resources, thus easing the exposed problems. The objective of this study was to address the main aspects of water catchment of rainfall in farm properties for multiple purposes. Thus, it is concluded that the capture and storage of water coming from the precipitation is a form of awareness which helps preserve this natural resource, using it in a rational way, contributing to the preservation of nature, to reduce the property and water costs with minimum quality standards. Several farming practices associated with the capture of rainwater systems are viable alternatives for use in rural areas, when it seeks sustainable production.

Keywords: Water resources. Environment. Sustainable agriculture

INTRODUÇÃO

O solo é um dos recursos naturais de maior importância para a vida do homem. Possui várias funções (sustentação das plantas; determina o destino da água na superfície da terra; desempenha a função de reciclagem de nutrientes e destino que se dá aos corpos de animais e restos de plantas que morreram na superfície da terra; é o habitat de muitos organismos; e fornece o material (tijolos, madeira) para a construção de casas e edifícios e também é a base para as estradas, aeroportos, casas e edifícios que

¹ Engenheira Agrônoma com Mestrado e Doutorado em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo.

construímos). Sendo assim, importante para a sustentabilidade dos sistemas naturais e fundamental na produção de alimentos.

A degradação ambiental faz parte do processo evolutivo do homem, sendo que a medida que a população cresce, os recursos naturais são mais utilizados, sendo em muitos casos levados a exaustão (PEREIRA et al., 2007).

A água é um recurso natural que merece grande importância, pois, mantê-la em condições ideais é fundamental para vida no planeta (PRADO et al., 2004). Para os mesmos autores, devido os seres humanos explorar os recursos hídricos de forma não sustentável, estes estão se tornando cada vez mais escassos, causando sérios problemas no âmbito ambiental, social e econômica. Assim, se faz necessário adotar medidas preventivas ou mitigadoras, para preservar este recurso essencial pra vida no planeta.

A existência de solos degradados nas propriedades rurais ocorre devido a ausência de conhecimento dos proprietários e funcionários, em relação as práticas conservacionistas e ao manejo sustentável das atividades agropecuárias. Dessa forma, após o desmatamento e a formação de lavouras e pastagens, os solos foram sendo compactados pelo pastoreio excessivo, pela utilização de máquinas, pelo pé de grade formado no decorrer dos anos de intenso cultivo, entre outros fatores, reduzindo gradativamente a taxa de infiltração desses solos e, conseqüentemente, acelerando o escoamento superficial das águas de chuvas nas propriedades rurais, que por sua vez, provocam erosões, assoreamentos dos cursos d'água, contaminação das águas e enchentes (RIBEIRO; CAMPOS, 2007).

Assim, o procedimento de "captar a água da chuva" deve compreender diversas atitudes de respeito ao meio ambiente e a saúde dos próprios agricultores, tais como: uso racional de água, preservação da natureza, redução de custos da propriedade e água com padrões mínimos de qualidade.

O uso de água na agricultura representa cerca de 70% de todo o consumo mundial desta, enquanto a indústria utiliza 23% e o abastecimento humano, apenas 7% (ARAÚJO; KUHN; REIS, 2007). Desta forma, a água da chuva deve ser considerada como uma alternativa de abastecimento de água nas propriedades rurais. As águas de chuva são entendidas pela Legislação Brasileira como esgoto, pois ela usualmente sai dos telhados, e dos pisos para as bocas de lobo aonde, como "solvente universal", vai carregando consigo todo tipo de impurezas, dissolvidas, suspensas, ou arrastadas mecanicamente, para um córrego que vai desaguar em um rio, que por sua vez, supre uma captação para tratamento de água potável (AGUAPARÁ, 2005).

O risco da agricultura dependente de chuva e a escassez de água para consumo humano, assim como as pequenas criações constituem a principal causa da baixa qualidade de vida no meio rural, principalmente nas zonas áridas e semiáridas, que correspondem a 55% das terras mundiais e a 13% do território nacional (FERNANDEZ CIRELLI; VOLPEDO, 2002). No Brasil, esses efeitos são mais intensos no meio rural da região Nordeste, onde a produção e a produtividade agrícola são limitadas pela irregularidade na distribuição espaço-temporal da chuva, considerada mais grave do que sua escassez propriamente dita (MELO FILHO; SOUZA, 2006).

Neste sentido, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) vem desenvolvendo pesquisas para uso em pequenas propriedades e comunidades rurais de infra-estruturas hídricas, que possibilitem alterar o perfil da convivência do homem com as condições climáticas adversas, bem como proporcionar estímulos ao desenvolvimento do setor rural. Isto implica execução de obras e ações que permitam, de um lado, reduzir, até onde possível, os efeitos dos períodos de estiagem e, por outro lado, contribuir para viabilizar social e economicamente a região (LOPES et al., 2002).

Diante do exposto, verifica-se que os sistemas de captação de água das chuvas surgem como alternativas viáveis para uso no meio rural, como opção efetiva para reduzir a dependência das outras

fontes naturais, como os rios e o solo. Portanto, o objetivo deste trabalho foi abordar os principais aspectos da captação de água superficial das chuvas em propriedades rurais.

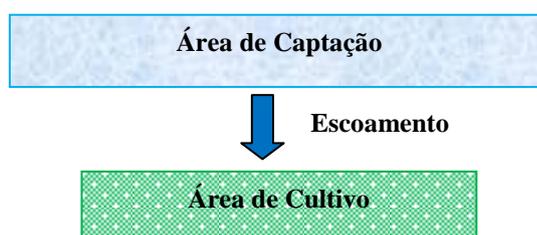
DESENVOLVIMENTO

1 CAPTAÇÃO DE ÁGUA DAS CHUVAS

Existem diferentes definições para as técnicas utilizadas para captar água das chuvas. Essas definições dependem, de certa maneira, do propósito de uso da água em diferentes regiões do mundo. De forma geral, pode-se definir a captação de água da chuva como o processo de concentrar, coletar e armazenar água para benefício das populações.

Uma das definições mais utilizadas é a proposta por Critchley e Siegert (1991), que define a captação de água de chuva como o método para a coleta do escoamento superficial para usos produtivos (Figura 1). O escoamento pode ser captado dos telhados, na superfície do solo, assim como nos cursos de rios intermitentes ou efêmeros. Há diversas classificações das técnicas de captação de água de chuva (BERNAL, 2007). A FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) produziu um CD na tentativa de homogeneizar os termos utilizados nos sistemas de captação de água de chuva, e difundir assim as técnicas utilizadas em vários países (SIEGERT et al., 2003: versão português, 2006).

Figura 1. Princípio da captação de água de chuva.



Fonte: Adaptado de Critchley e Siegert (1991).

A classificação adotada pela FAO relacionadas aos diferentes tipos de técnicas de captação de água de chuva é apresentado no Quadro 1. De acordo com Goins (2002), os sistemas de captação de água de chuva podem ser classificados em passivos ou ativos.

Os sistemas passivos são aqueles onde se fazem pequenas alterações na paisagem, para aproveitar a gravidade e para direcionar o escoamento gerado a partir da precipitação. Já os sistemas ativos redirecionam a água e incorporam a coleta e armazenamento temporário da água de chuva, sejam em cisternas, açudes ou outros tipos de reservatórios. Esses dois sistemas podem ser aplicados conjuntamente ou separados, segundo as necessidades e características da população, e sempre considerando os aspectos de clima, topografia e solos da região onde são implantados (GOINS, 2002).

Quadro 1. Classificação das técnicas de captação de água de chuva

	Tipo de captação				
	Captação de água de chuva (fonte local)			Captação por inundação (fluxo em canal)	
	Captação em telhado	Captação do escoamento (fluxo na superfície do solo)			
Armazenamento	Cisterna	Açudes, barragens	Perfil do solo	Açudes	Barragens subterrâneas (solo)
Uso	Abastecimento de água para consumo humano	Dessedentação animal e uso agrícola (irrigação)	Produção agrícola	Dessedentação animal e uso agrícola	Produção agrícola
Classificação para produção agrícola		<i>Runoff farming</i> Captação para agricultura por escoamento		<i>Floodwater harvesting</i> Captação de água de cheias	
Sub divisão		Micro áreas (captação em pequenas áreas)	Macro áreas (captação em vertentes extensas)	Plantio em planícies de inundação	

Fonte: Adaptado de Critchley e Siegert (1991).

De acordo com Goins (2002) a retenção de água de chuva na camada superficial do solo, para fins agrícolas, é classificada com o termo *runoff farming*, ou seja, captação para agricultura por escoamento, enquanto que a retenção da água oriunda de desvio de cursos d'água é classificado como *floodwater harvesting*, ou seja, captação de águas de cheias. Na literatura verifica-se que os sistemas de *runoff farming* ou captação para agricultura por escoamento são subdivididos em: microcaptação e macrocaptação.

Vale ressaltar que a microcaptação corresponde aos sistemas que angariam o escoamento de uma pequena área de captação para posterior retenção no perfil do solo, após a água ser concentrada em uma pequena microbacia de infiltração. Enquanto que a macrocaptação abrange os sistemas que aproveitam o escoamento de grandes áreas de captação externas à área de cultivo (GOINS, 2002).

1.1 SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DAS CHUVAS

Os sistemas de captação de água para múltiplos fins podem ser realizados por meio da captação de água superficial e de água subterrânea, com a utilização de pequenas barragens, poços e cisternas, entre outros. Dentro deste contexto, o proprietário rural também pode se tornar um “produtor de água”, colaborando com a captação de água por meio de medidas simples, como por exemplo, com a construção de caixas secas na margem de estradas rurais e de lavouras de café.

Nesta perspectiva, alternativas de manejo do solo e da água com objetivo de captar e armazenar água da chuva começou a ser desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), desde a década de 80 e estão sendo implantadas nas propriedades e comunidades rurais do Semiárido do Nordeste em parceria com órgãos públicos, por meio das Secretarias Municipais e Estaduais de Agricultura, fontes financiadoras de projetos, principalmente Banco do Nordeste, por meio de programas e

projetos, tais como: Projeto Barraginhas, Programa de Apoio ao Pequeno Produtor Rural do Nordeste (PAPP), Projeto Padre Cícero, entre outros; Organizações não Governamentais (ONG'S). Assim, as principais alternativas tecnológicas desenvolvidas são: barraginhas, barragem subterrânea, captação de água de chuva “in situ”, cisterna rural, entre outras (ALBUQUERQUE; DURÃES, 2008).

Os sistemas de captação de água superficial das chuvas parece, aparentemente, ser um recurso específico de regiões áridas e semi-áridas, para resolver parte de seus problemas de escassez de água. Mas as regiões semi-úmidas também sofrem com os momentos de excesso de chuvas, que provocam a degradação dos solos, pelas erosões, principalmente em solos compactados (BARROS, 2003). Com a infiltração natural prejudicada e o aceleração das enchentes, a efetividade das chuvas decresce e uma precipitação anual de 700 a 1.000 mm pode despencar para índices de 500 a 700 mm, agravando a situação de seca e prejudicando a agricultura de sequeiro e a irrigada, pois os lençóis, não se restabelecendo, prejudicarão também as nascentes, os córregos e as fontes de sustentação de projetos de irrigação (ALBUQUERQUE; DURÃES, 2008).

1.1.1 Captação de água das chuvas por meio das barraginhas

O uso de leguminosas herbáceas perenes como cobertura viva permanente vem sendo avaliado como alternativa para proteção do solo. Esta prática associa os aspectos de conservação do solo e a manutenção da fertilidade como consequência da adubação verde (PERIN, 2001).

De acordo com Barros (2003) esta forma de captação de água surgiu devido ao “Projeto Barraginhas”, desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG, a partir do ano de 1995, que revolucionou as comunidades rurais mineiras, levando para regiões com problemas de erosão e ausência de chuvas uma tecnologia que auxilia na recuperação do solo e revitaliza manancial e córregos. As pequenas barragens já foram implantadas em mais de 50 municípios de regiões secas e pobres no Estado de Minas Gerais. Em áreas antes erodidas, houve elevação do nível de água nas cisternas, umedecimento das baixadas e surgiram minas. As barraginhas captam as águas das chuvas, e assim, evita que estas escoem e provoquem erosão do solo e enchentes (BARROS, 2003).

Para Albuquerque e Durães (2008) este sistema consiste em dotar todas as propriedades degradadas com inúmeros miniaçudes ou “barraginhas”, construídas dispersamente por onde houver enxurradas, coletando-as. Além disso, este sistema tem ocupado maior espaço em propriedades com topografia ondulada e plano-ondulada, com declividade abaixo de 15%, geralmente em regiões com pastagens degradadas do Brasil Central, destacando-se as regiões de pastagens de Minas Gerais, Goiás, Tocantins e Bahia (ALBUQUERQUE; DURÃES, 2008).

Num primeiro momento, esse sistema atua na conservação dos solos e da água, contendo as enxurradas, as erosões e os assoreamentos e em um segundo momento, as águas contidas nas barraginhas infiltram-se, recarregando e elevando o lençol freático (Figura 2). A ação de encher e esvaziar as barraginhas tem uma recorrência de 10 a 15 vezes, durante o ciclo chuvoso, dependendo do ano pode ser “bom ou ruim” de chuvas (ALBUQUERQUE; DURÃES, 2008).

Figura 2. Sequência de fotos mostrando aspectos ambientais característicos do sistema de “barraginhas”. A - Erosão carreando assoreamento aos córregos; B - Barraginha cheia após chuvas intensas; C - Infiltração de água após quatro dias em Latossolo poroso; D - Barraginha assoreada após seis anos; E - Desassoreamento da barraginha; F - Barraginha para contenção de estradas



Fonte: Albuquerque e Durães (2008).

Com a elevação do lençol freático, as baixadas são umedecidas, favorecendo as culturas de sequeiro e amenizando os veranicos, que ocorrem normalmente durante o ciclo de chuvas. Esse enriquecimento do lençol freático é também garantia de revitalização dos mananciais mantenedores de nascentes, açudes, córregos e rios, de tal modo que suas águas ainda poderão retornar, via irrigação, principalmente para a suplementação da primeira safra, e, posteriormente, para uma segunda (safrinha) (ALBUQUERQUE; DURÃES, 2008).

O sistema de captação de água superficial das chuvas pelo sistema barraginhas deve ser complementado com práticas conservacionistas, tais como: plantio em faixas, plantio direto, terraceamento, entre outras (ALBUQUERQUE; DURÃES, 2008). Todas essas situações descritas favorecem tanto a lavoura de sequeiro quanto a irrigada, porque se cria uma parceria do sistema com a irrigação suplementar, que será menor, porque o solo já está previamente umedecido, favorecendo e tornando o custo da irrigação barato, além de promover irrigação subterrânea naturalmente nas lavouras de sequeiro, nas baixadas úmidas.

O sistema também pode gerar alimentos para a família e os animais, e ainda excedentes comerciáveis, gerando renda e emprego para a família e terceiros, além de revitalizar áreas degradadas, ou prestes a se degradar. Em síntese, cria-se desenvolvimento regional, além de proteção ambiental e garantia de sustentabilidade agrícola às gerações futuras.

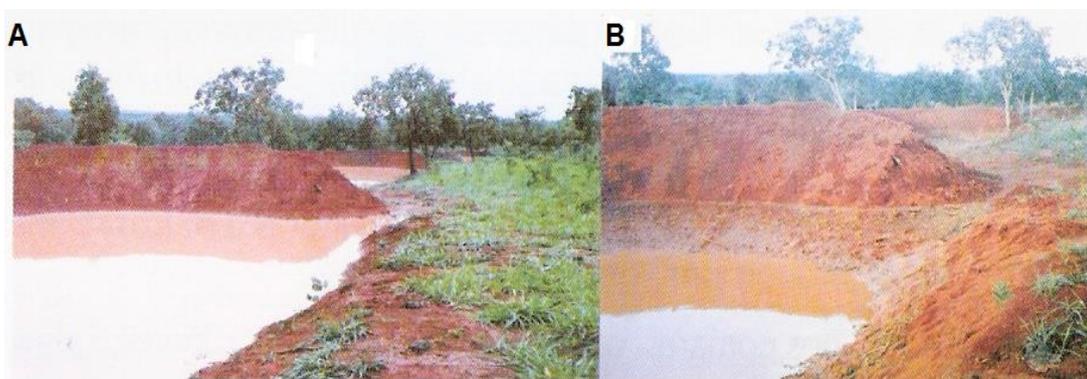
Na Região dos Cerrados de Minas Gerais, que apresenta precipitação anual de 1.200 mm a 1.600 mm, em solos porosos e profundos, predominantemente Latossolos Vermelhos e Amarelos, as barraginhas construídas nas partes médias e altas do local não necessitam ser grandes

(BARROS, 2003). Possuem dimensões de 12 m a 16 m de diâmetro e de 1,5 m a 2,0 m de profundidade, e armazenam, aproximadamente, 100 mil litros ou 10 caminhões-pipa de água. Essas barraginhas cheias infiltram suas águas no período de 7 a 10 dias, de tal forma que a próxima frente de chuvas que vier a ocorrer as encontrará vazias. A recorrência de encher e de esvaziar pode acontecer de 10 a 15 vezes, dependendo da distribuição das chuvas no ano. Assim, cada barraginha transfere ao lençol freático, em média, $1.200 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ (BARROS, 2003).

No Vale do Jequitinhonha, cuja precipitação média oscila de 700 mm a 1.000 mm de chuva por ano, nos seus solos mais rasos e menos porosos, principalmente aqueles das partes médias e baixas, foram construídas as barraginhas. Isso porque a região é repleta de morros, com constantes espigões, consequentemente com a mesma quantidade de eixos de drenagem. Nessas áreas encontram-se as nascentes, que correm apenas durante o período das águas. Uma vez que tais nascentes não possuem aquela calha típica de córregos, com barrancos definidos, torna-se possível praticar a agricultura e pastagens no seu interior (BARROS, 2003).

A adaptação sofrida pelas barraginhas para compensar essa menor infiltração foi a dobra do diâmetro de sua semicircunferência, que passou de 25 m para 30 m. Assim, elas passaram a armazenar mais de 500 mil litros, o que evita o sangramento de excedentes de enxurradas. As barraginhas levam de dois a três meses para que se esvaziem. Mas, ao final, cada uma delas armazena e transfere ao lençol freático a mesma quantidade de água em comparação às do Cerrado (Figura 3) (ALBUQUERQUE; DURÃES, 2008).

Figura 3. Barraginhas. A - Latossolo nos Cerrados; B - Semiárido no Vale do Jequitinhonha.



Fonte: Albuquerque e Durães (2008).

Como os solos são rasos nos eixos de drenagem da Região do Vale do Jequitinhonha, cada barraginha provoca umedecimento imediatamente abaixo dela, proporcionando, assim, plantio de hortas, pomares e canaviais, e gerando sustentabilidade agrícola e familiar. Quando são construídas, duas a três barraginhas sucessivas criam-se um eixo tão úmido, que chega a perenizar cacimbas e minadouros, os quais acabam por eliminar a antiga dependência (BARROS, 2003).

Na Fazenda Paiol, em Sete Lagoas-MG, 30 barraginhas, distribuídas em 70 hectares (ha), umedecem 25 ha de baixadas, amenizando os efeitos de veranicos na agricultura de sequeiro e perenizando um açude que irriga 5 ha de olerícolas em uma segunda safra (ALBUQUERQUE; DURÃES, 2008).

O efeito maior das barraginhas consiste na regeneração de áreas degradadas, ou mesmo na interrupção, ou mesmo na interrupção do processo de degradação dos solos. Após a instalação do sistema barraginhas, interrompe-se o processo erosivo, inicia-se a recuperação do solo mais rápida ou lentamente, o que dependerá do tipo de solo, do proprietário, da sua motivação para ajudar a natureza, com a reposição de nutrientes, como calagens, adubos orgânicos, bagaços e restos de culturas e outros. O maior insumo é a água (BARROS, 2003).

Assim, nos pomares, onde há mangueiras, abacateiros, cafezais, entre outros, nas lavouras de milho e outras, passam a “vingar” maior quantidade de flores, diminuindo a taxa de abortos, e o enchimento dos grãos e a formação dos frutos são viabilizados. Quando isso é percebido pelos produtores, eles se motivam e passam a explorar mais intensivamente o potencial de suas propriedades, gerando empregos, renda, alimentos, além de terem água de boa qualidade, para o consumo humano e o animal (ALBUQUERQUE; DURÃES, 2008).

Em Regiões onde se pratica irrigação, utilizando-se poços artesianos como fonte de suprimento de água, como vem acontecendo maciçamente no Norte do Estado de Minas Gerais, é de fundamental importância à recarga dos lençóis freáticos, evitando-se o seu rebaixamento, como já experimentaram, com sucesso, vários países (ALBUQUERQUE; DURÃES, 2008).

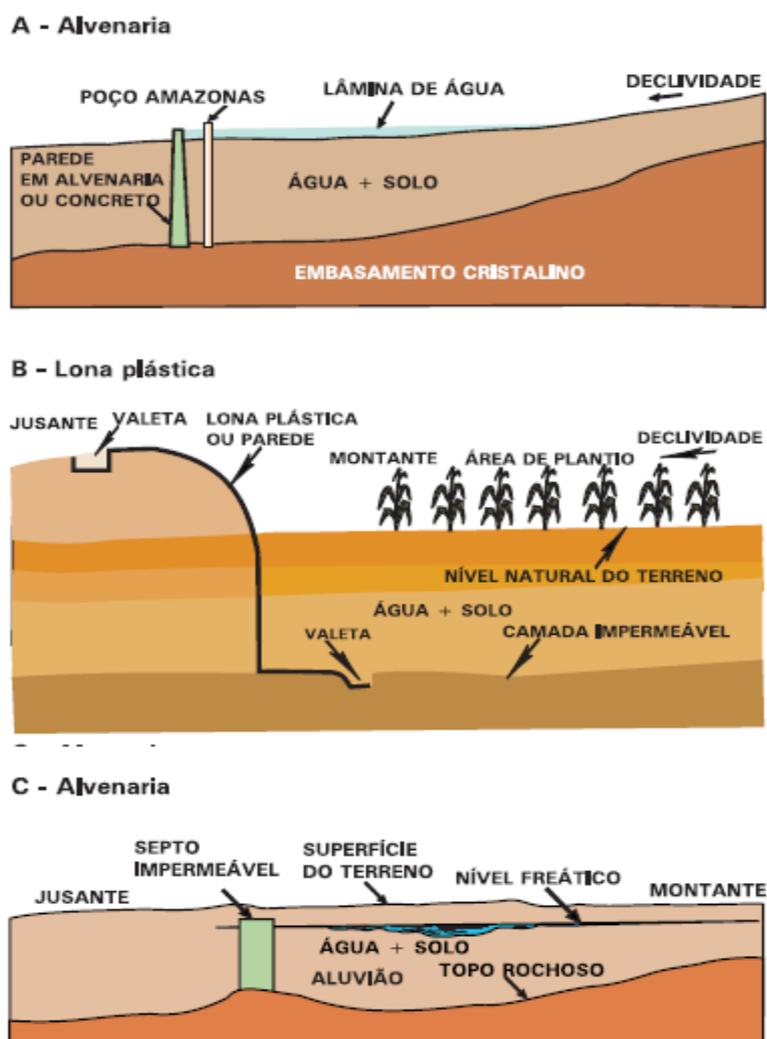
Como por exemplo, na Índia, que nos últimos 50 anos, o lençol freático nas regiões irrigadas passou de 30 m de profundidade para 150 m. Sendo possível questionar: “até quando essa moringa aguentará, utilizando um sistema potencialmente suicida”? Para que isso não ocorra no território brasileiro, é necessário, então adotar essas áreas com um sistema de conservação do solo e água, integrando-se terraços às lavouras e às pastagens, açudes nas calhas e coletores de drenagem, barraginhas contetoras de enxurradas dispersas nas pastagens, nas beiras de estradas, e em outros locais, e a adoção de práticas de plantio direto, para se coletar a maior quantidade possível de água superficial de chuvas, favorecendo sua infiltração e transferência ao lençol freático (ALBUQUERQUE; DURÃES, 2008).

1.1.2 Captação de água das chuvas por meio de barragem subterrânea

A barragem subterrânea, assim como poços rasos, é importante, principalmente, para o reuso da água na agricultura (BRITO, 1999). Para mesma autora, além da implementação da barragem subterrânea em comunidades rurais de baixa renda, seria interessante implementar juntamente um sistema de irrigação de baixo custo e métodos de agroecologia para combater à erosão do solo.

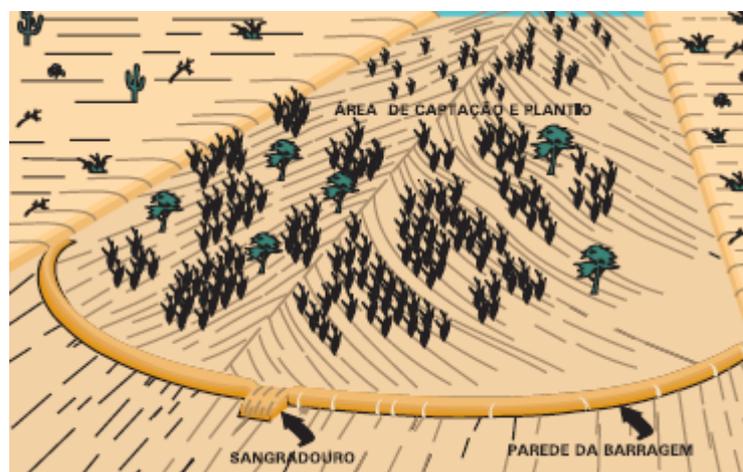
Esta técnica de armazenar água da chuva no subsolo tem como função interceptar o fluxo de água superficial e subterrâneo através de uma parede (septo impermeável) construída transversalmente à direção das águas. A água proveniente da chuva se infiltra lentamente, criando e elevando o lençol freático, que será utilizado posteriormente pelas plantas (Figuras 4 e 5).

Figura 4. Tipos de barragem subterrânea.



Fonte: Brito (1999).

Figura 5. Vista parcial de uma barragem subterrânea.



Fonte: Brito (1999).

Para Brito (1999) esse barramento armazena água dentro do solo com perdas mínimas de umidade, mantendo o solo úmida por um longo período de tempo, até quase o fim do período seco no semiárido (setembro-dezembro). Sendo composta por: **1) Área de Captação** ou área de Plantio, representada por uma bacia hidrográfica formada por divisores de água topográfico e freático; **2) Parede da Barragem** ou septo impermeável, que tem a função de barrar o fluxo de água superficial e subterrâneo. Pode ser construída com camadas de argila compactada (barro amassado), alvenaria, concreto, lona plástica de polietileno; e **3) Sangradouro**, que elimina o excedente de água da área de captação e plantio.

Para construir uma barragem subterrânea tem-se que selecionar áreas em leito de rio, riacho ou linhas de drenagem natural, conhecidas por córregos (por onde durante os períodos de chuvas escoam quantidade suficiente de água) de preferência em solos aluviais com profundidade da camada impermeável (conhecida como piçarra, salão, cabeça de carneiro, massapé) de no máximo 3 a 4 m e, de textura média a grossa, com declividade entre 0,8 a 2 %. Dar preferência a solos não salinos, para evitar problemas com salinidade do solo em áreas de cultivo, pois o acúmulo de sais na camada superficial do solo é prejudicial ao desenvolvimento das culturas. A vazão média anual do rio/riacho ou linhas de drenagem não deve ser muito grande para não comprometer a estrutura da barragem (BRITO, 1999).

1.1.3 Captação de água das chuvas *In Situ*

A captação de água de chuva “in situ” é uma forma de preparar o solo para o plantio de culturas, principalmente anuais, tais como milho, feijão, mandioca, exploradas em condições dependentes de chuva (ANJOS; BRITO; SILVA, 2000).

Este sistema consiste na modificação da superfície do terreno, de maneira a formar um plano inclinado entre dois sulcos sucessivos, em curva de nível, comumente denominados camalhões, que funciona como área de captação de água da chuva. O sistema tradicional de cultivo na região semiárida é a semeadura em covas, no plano, com o auxílio de uma enxada, o que dá origem a uma pequena depressão, capaz de armazenar certa quantidade de água de chuva (ANJOS; BRITO; SILVA, 2000).

No entanto, técnicas simples de preparo do solo, que objetivam a captação da água de chuva “in situ” são mais apropriadas aos sistemas de produção adotados pelos agricultores, e podem ser implantadas usando-se tanto a tração mecânica quanto a tração animal. Nesse contexto, as principais técnicas de captação de chuva “in situ” são: Sulcamento Pré e Pós-plantio; Sulcamento Barrado; e Sistema Guimarães Duque (ANJOS; BRITO; SILVA, 2000).

Vale destacar que o Sulcamento Pré e Pós-Plantio é uma técnica de captação de água de chuva “in situ”, por meio de sulcamento em pré-plantio, que consiste de uma aração da área seguida do sulcamento e semeadura sobre os camalhões. Após a aração da área, colocam-se três sulcadores na barra porta-implementos do chassi, distanciados entre si de 0,75 m, para confecção dos sulcos e camalhões. Abertos os três primeiros sulcos, retorna-se o chassi de maneira que um animal, um pneu e um sulcador passem dentro do sulco que fica do lado da área a ser sulcada, servindo como guia (Figura 6) (ANJOS; BRITO; SILVA, 2000).

Figura 6. Representação do sistema de captação de água de chuva "in situ" com sulcamento pós-plantio.



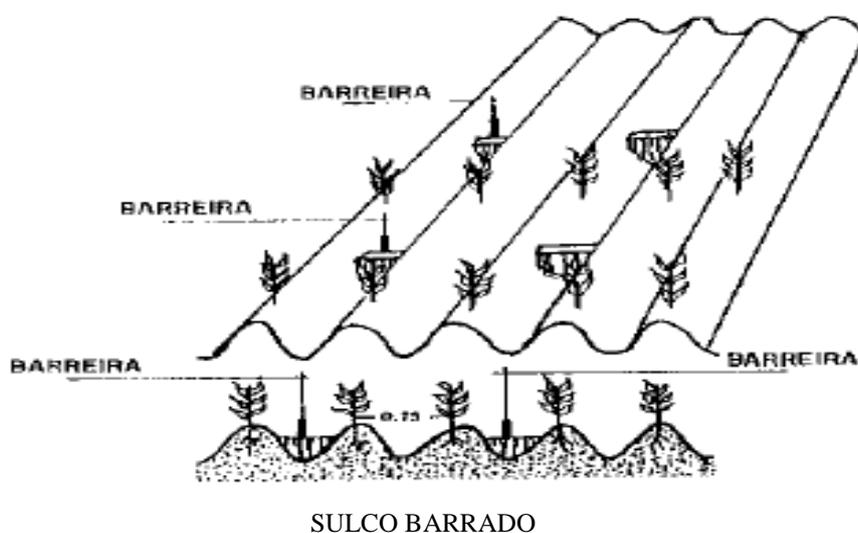
Fonte: Anjos, Brito e Silva (2000).

Para os mesmos autores, os Sulcos Barrados consiste em uma aração e sulcamento do solo com 0,75 m de distância entre sulcos, quando o trabalho é efetuado com chassi porta-implementos com rodas (pneus), seguidos da operação de barramento, que consiste na confecção de pequenas barreiras dentro do sulco, com a finalidade de impedir o escoamento superficial da água de chuva (Figura 7).

Segundo Anjos, Brito e Silva (2000) o barramento dos sulcos deve ser realizado antes da semeadura efetuada sobre os camalhões, embora o sistema permita também o barramento em operação de pós-plantio. O sistema pode ser desenvolvido com um chassi porta implementos tracionado por uma junta de bois ou por um barrador de sulcos tracionado por um só animal.

De acordo com os mesmos autores, a principal vantagem do sistema é que o uso de barrador de sulcos com um só animal pode ser adaptado a diversos sistemas de cultivo, seja em regime de sequeiro ou sob irrigação, pois o porte da cultura não interfere na utilização e desempenho do equipamento, o que não é possível quando o barrador é utilizado em chassi porta-implementos com pneus.

Figura 7. Representação do sistema de captação de água de chuva "in situ" com sulcos barrados.



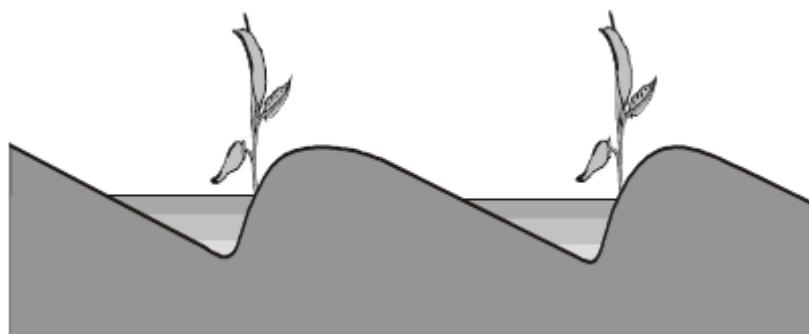
Fonte: Anjos, Brito e Silva (2000).

Na literatura, observa-se que o Sistema Guimarães Duque foi a primeira técnica de captação adaptada às condições semiárida brasileira, desenvolvida pelo Instituto Nordestino para o Fomento de Algodão e Oleaginosas (INFAOL) e adaptado pela Embrapa Semiárido para exploração de cultivos anuais, tais como: milho, feijão, mandioca, entre outros.

Para Anjos, Brito e Silva (2000) este sistema consiste na formação de sulcos, seguidos por camalhões altos e largos, formados por meio de cortes realizados em curva de nível, com o auxílio de um arado reversível de três discos. Para fazer o sistema retira-se o disco situado mais próximo dos pneus traseiros do trator, sendo o trabalho realizado com os outros dois discos do arado. O operador de máquina agrícola inicia a aração com base nas curvas de nível, direcionando a gleba de solo arada na direção da declividade da área, pelo fato da aração ser realizada em faixas (ANJOS; BRITO; SILVA, 2000).

Após o primeiro sulco, o trator retorna com os pneus passando 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. A Figura 8 apresenta o esquema do sistema em campo. A presença de tocos, pedras e pendentes superiores a 5%, apresentam-se como principal restrição ao sistema (ANJOS; BRITO; SILVA, 2000).

Figura 8. Representação do sistema de captação de água de chuva "in situ" Guimarães Duque em campo.



Fonte: Anjos, Brito e Silva (2000).

1.1.4 Captação de água das chuvas por meio de cisterna rural

De acordo com Galizoni (2004) a cisterna rural é representada por um reservatório fechado para armazenar a água da chuva, para consumo humano e de pequenos animais. Essa técnica de caráter permanente é destinada a captar, preservar e minimizar as perdas de água de chuva proveniente do escoamento superficial, para garantir não somente a quantidade e qualidade de água para consumo humano mas também a liberação de mão-de-obra, por se localizar próxima à moradia, principalmente naquelas áreas com recursos hídricos escassos. As cisternas podem ser construídas em alvenaria, blocos e placas pré-moldados de ferro e cimento (Figura 9).

Figura 9. Cisterna rural de placas pré-moldadas.



Fonte: Galizoni (2004).

A implantação destas alternativas vem aperfeiçoar a utilização dos escassos recursos financeiros disponíveis, reduzindo o uso de carros-pipa e as frentes de trabalho, até hoje acionadas no combate às estiagens que, embora dispendiosas, não passam de medidas paliativas (LOPES et al., 2002). Sendo uma ação conjunta dos órgãos governamentais municipais, estaduais e federais, assim como, das ONG's e das comunidades rurais. Essas tecnologias são viabilizadas totalmente por órgãos financiadores de projetos. Todavia, tem sempre a contrapartida dos beneficiários em mão-de-obra e outros recursos locais (LOPES et al., 2002).

A solução do problema da “Seca do Nordeste” está longe de ser alcançada. Por isso, os brasileiros devem ter plena consciência de que se houver um esforço dirigido dos políticos em repassar recursos financeiros para os órgãos públicos de pesquisa e extensão, para em conjunto desenvolverem tecnologias simples e de baixo custo, bem como programarem ações de fortalecimento da infra-estrutura social e produtiva, com intuito de alcançar a melhoria da qualidade de vida da população rural (LOPES et al., 2002).

Quanto à introdução das cisternas rurais nas comunidades, o Programa “Um milhão de Cisternas Rurais”, que surgiu com a iniciativa do governo e da sociedade cível do Nordeste e Norte e Minas Gerais, destaca-se por ter proposto a construção de cisternas de placa para controle de água da chuva em comunidades rurais do semiárido brasileiro (GALIZONI, 2004). O mesmo autor ressalta que este programa teve como meta a construção de 1 milhão de cisternas de placa em 5 anos a partir de 2001 nos Estados de Sergipe, Bahia, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Ceará, Maranhão, Minas Gerais e Espírito Santo.

As cisternas de placa construídas são suficientes para fornecer 60 litros de água diários, suficiente para consumo de água familiar durante o período de 8 meses, período aproximado de estiagem no semiárido brasileiro. Deve-se lembrar que, como os demais problemas ambientais, o problema da água atinge desigualmente os segmentos da população, a renda influencia fortemente a percepção dos problemas relacionados a água (LOPES et al., 2002). Segundo Galizoni (2004), o fenômeno da "indústria da seca" favorece as elites regionais, pois transforma a seca em possibilidade de concentração de água, recursos e poder. O problema da seca no Brasil, portanto, não é apenas um problema climático, mas social e político.

1.1.4 Captação de água das chuvas por meio de caixas secas

Este sistema consiste na instalação de um reservatório na margem de estradas rurais para captação das águas de chuva, visando evitar enxurradas, a erosão, o assoreamento dos rios e a depredação das estradas pela chuva, e ainda aumentar o armazenamento de água, o abastecimento do lençol freático, além de favorecer as nascentes e a vazão dos rios (ALBUQUERQUE; DURÃES, 2008).

Esta técnica começou a ser implantada no Estado do Espírito Santo em abril de 2008, no Município de São Roque do Canaã, por meio do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), órgão vinculado à Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (SEAG), e que já demonstra resultados surpreendentes (COMÉRIO, 2010).

Foram construídas 530 caixas secas (Figura 10) em uma extensão de 10 quilômetros (km) de estrada. Após dois anos de funcionamento, o Incaper (2010) pôde constatar um aumento de 51% na vazão de uma das nascentes do rio Santa Júlia, que foi monitorada mês a mês. Além disso, foi confirmada a infiltração de aproximadamente 100 milhões de litros de água para o lençol freático e a retenção de 5.600 metros quadrados (m²) de sedimentos sólidos, que teriam ido parar nos rios, junto com outras partículas arrastadas pela água ao longo do caminho (COMÉRIO, 2010).

A técnica das caixas secas já existe há muitos anos, mas estava esquecida. A experiência de São Roque do Canaã é diferenciada por ter sido monitorada mês a mês, durante esses dois anos de implantação. Por isso, foi possível demonstrar resultados positivos comprovados pelo Incaper.

Para Comério (2010), a técnica controla o nível dos mananciais por favorecer a infiltração gradativa da água no solo. Os reservatórios construídos à beira das estradas (onde há margens íngremes) impedem que a água escorra morro abaixo, e arraste partículas sólidas que provocam o assoreamento dos mananciais e prejudicam a atividade agrícola. Dessa forma, a água retida nas caixas secas infiltra-se, contribuindo para o enriquecimento do lençol freático na época de chuvas, e o abastecimento das nascentes no período de secas (COMÉRIO, 2010),

Diante de tantos benefícios, a partir de uma prática relativamente simples de ser implantada, o Incaper tem incentivado a construção de caixas secas no Estado do Espírito Santo, um exemplo é o Município de Alegre-ES, onde foi implantada uma Unidade Demonstrativa da técnica para servir de parâmetro prático para outros agricultores que desejarem aderir o modelo (COMÉRIO, 2010).

Outra experiência no Estado que já demonstrou resultados e pode servir de base para agricultores capixabas é na Fazenda Experimental do Incaper em Marilândia. Ao longo de 930 metros de uma estrada de morro abaixo, foram construídas 35 caixas secas (COMÉRIO, 2010).

Segundo Comério (2010) em um ano (de maio de 2009 até o maio de 2010) as caixas retiveram 98 metros cúbicos (m³) de solo, no qual teria ido para dentro dos rios. Além disso, por meio de cálculos que envolvem a precipitação média anual de Marilândia e o diâmetro da estrada e das caixas, a técnica contribuiu para a infiltração de sete mil metros cúbicos de água no solo. Geralmente, para construir 60 caixas por quilômetro de estrada, o produtor irá gastar cerca de mil a 3 mil reais (COMÉRIO, 2010).

Para implantação do projeto são necessários alguns cuidados, tais como a realização de cálculos precisos, para o volume correto da escavação, levando em consideração o regime de chuvas de cada região, a largura e a declividade da estrada, entre outros fatores.

Figura 10. Caixa seca após a chuva em área cultivada com café.



Fonte: Comério (2010).

A técnica de caixa seca pode ser implantada em qualquer Estado, pois o proprietário rural pode fazer as caixas secas nas estradas de sua propriedade, principalmente se estas estiverem em desníveis, pois a água da chuva tende a escoar com maior velocidade e arrastar sedimentos (principalmente partículas de argila em suspensão) na base do talude. No entanto, se o agricultor não praticar técnicas de conservação do solo nas lavouras, apenas as caixas não vão resolver o problema da erosão.

2 IMPORTÂNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS NA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DAS CHUVAS

O solo constitui um dos componentes mais importantes para a implementação dos sistemas de captação de água das chuvas no campo. Tendo em vista que sem essa sustentação física não seria possível o funcionamento adequado de qualquer sistema de captação de água.

De acordo com Reichardt e Timm (2004) as propriedades biológicas, físicas e químicas do solo são responsáveis pelo crescimento, desenvolvimento e produção das culturas e pela resposta ecofisiológica das plantas à umidade retida no solo. Neste sentido, é necessário levar em consideração as características dos solos que promovem a captação de água das chuvas, tais como: textura, estrutura, profundidade, fertilidade e salinidade.

A textura do solo afeta a taxa de infiltração e a capacidade de retenção de água, em função do diâmetro das partículas minerais constituintes do solo (areia, silte e argila), que permitem definir a classe textural do solo. Dentro deste contexto, os solos com predominância de silte permitem a captação de água das chuvas, por geralmente apresentarem as qualidades nutricionais e atividades biológicas adequadas, além de permitir a infiltração e a retenção de água no perfil (COUTO; SANS, 2002). Os solos com textura argilosa também promovem boas condições de infiltração de água.

Uma vez que a água da chuva atinge a superfície do solo, pode infiltrar, escoar ou acumular nas folhas das plantas ou em pequenas poças de onde ela evapora e retorna novamente para atmosfera. Assim, de acordo com a FAO (2004) são necessárias três características do solo para que exista eficiência na

captação, na infiltração, no armazenamento e no uso da umidade do solo: a capacidade de infiltração; a capacidade de permitir o movimento ao longo do perfil, ou permeabilidade; a capacidade de armazenar a umidade na zona das raízes e liberá-la para o aproveitamento da planta, ou capacidade de retenção da água. Se qualquer uma dessas características não for adequada, a umidade potencial do solo perde-se por escoamento.

As causas de funcionamento hidrológico inadequado do solo podem ser: o selamento superficial, a presença de crostas nas camadas superficiais do solo ou a presença de camadas compactadas, além da declividade acentuada do terreno que pode agravar esses problemas.

Para Couto e Sans (2002) a taxa de infiltração se apresenta de maneira diferente segundo o tipo de solo. Para os solos arenosos a velocidade de infiltração é mais rápida do que em solos de textura média e argilosa. Assim, por exemplo, uma taxa de infiltração muito baixa pode afetar a eficiência dos sistemas de captação de água de chuva. Por outro lado, uma taxa moderada de infiltração possibilita também a geração de escoamento, o que é ideal para a implementação desses sistemas. Os solos também devem permitir a ocorrência de infiltração para umedecer a área das raízes sem gerar problemas de saturação excessiva de água (COUTO; SANS, 2002).

A formação de crostas é um problema muito comum nas regiões áridas e semi-áridas. Isso gera problemas de escoamento superficial e reduzidas taxas de infiltração. A compactação do solo, por pisoteio ou pela introdução de máquinas e implementos agrícolas, também reduz as taxas de infiltração (BLANCO; LAL, 2008).

Para Bot e Benites (2005) a estrutura de um solo consiste no agrupamento de suas partículas em agregados. Uma boa estrutura de solo relaciona-se com solos siltosos e com a presença de matéria orgânica, a qual afeta as propriedades físicas e químicas do solo. As características que se veem influenciadas pela presença de matéria orgânica são a estrutura do solo, a capacidade retenção de umidade, a diversidade e atividade de organismos e a disponibilidade de nutrientes.

De acordo com Silva e Mendonça (2007) a transformação e movimento de materiais dentro do arranjo da matéria orgânica do solo depende da ação do clima, do tipo de solo e da interação entre vegetação e organismos presentes no perfil. Todos esses fatores operam dentro de uma escala com diferentes hierarquias espaciais. Os organismos do solo são responsáveis pela decomposição e circulação de micro e macronutrientes, e a sua atividade afeta a estrutura, qualidade e produtividade do solo. Neste contexto, uma cobertura contínua de plantas vivas sobre o solo facilita a captação e infiltração da água de chuva e protege o solo do impacto das gotas de chuva (SILVA; MENDONÇA, 2007).

Adicionalmente, uma camada de folhas ou resíduos orgânicos em decomposição proporciona uma fonte contínua de energia para macro e micro-organismos. O papel das raízes também é importante já que, ao se distribuírem em diferentes profundidades, permitem uma efetiva absorção de nutrientes e uma interação ativa com os micro-organismos. Essas condições riam um ciclo fechado de transferência de nutrientes entre solo e vegetação, o que gera condições físicas e hídricas favoráveis para o desenvolvimento da vegetação, sob essas condições micro-climáticas, a evapotranspiração aumenta, a porosidade do solo permite a absorção da umidade pelas raízes, facilitando a infiltração da água e diminuindo o escoamento superficial e a erosão (BOT; BENITES, 2005).

A matéria orgânica favorece a agregação das partículas do solo, permitindo boa infiltração superficial, melhor circulação do ar entre as partículas e melhor capacidade de retenção de água do que solos onde tem uma pobre estabilidade dos agregados das partículas (SILVA; MENDONÇA, 2007).

O bom desenvolvimento das raízes das plantas, o qual depende da estabilidade dos agregados do solo, permite que as mesmas atinjam maiores profundidades, de onde podem obter água e nutrientes

(FAO, 2004).

De acordo com Leroy et al. (2008), a textura do solo e a estabilidade dos agregados determinam a resistência à erosão e a facilidade de penetração das raízes. A agregação das partículas está intimamente associada com atividade biológica e a quantidade de matéria orgânica presente no solo. Esses dois elementos permitem a constituição, no perfil do solo, de estruturas internas e superficiais mais fortes criando condições favoráveis para a infiltração e armazenamento da água que fica disponível para o desenvolvimento da planta.

Neste sentido, a estabilidade dos agregados do solo pode ser melhorada com a implantação de ações de manejo do solo, como a aplicação de matéria orgânica e o uso de técnicas de conservação de umidade no solo.

Em climas tropicais a quantidade de matéria orgânica no solo é reduzida devido à rápida decomposição da mesma. Assim, a aplicação de matéria orgânica proporciona aumento de resíduos culturais, no sistema de plantio direto (conservation tillage), promovendo melhorias na estrutura do solo, além de favorecer a retenção de umidade (SILVA; MENDONÇA, 2007). Por isso, é importante conhecer o conteúdo de matéria orgânica no perfil do solo, pois este permitirá um incremento na capacidade de retenção de água no solo.

A capacidade de retenção de água dos solos também depende da profundidade do solo e do volume de poros no solo. Os solos profundos apresentam melhor capacidade de retenção de água, além de proporcionarem quantidades maiores de nutrientes, o que favorece o crescimento das plantas (REICHARDT; TIMM, 2004).

Os solos que apresentam menos de um metro de profundidade não são capazes de sustentar sistema de captação de água de chuva, embora seja difícil encontrar solos com essa característica (SIEGERT et al., 2003: versão português, 2006). Sendo assim, ressalta-se também a importância da porosidade superficial dos solos e sua influência nas taxas de infiltração. A compactação do solo por pisoteio ou uso de maquinaria modifica as funções hidrológicas do solo. A perda da porosidade no solo reduz a infiltração e aumenta o escoamento superficial, incrementando os processos erosivos (SIEGERT et al., 2003: versão português, 2006). Favorecer a infiltração com uso de sistemas de captação de água de chuva aumenta a umidade do solo superficial e pode incrementar a produção vegetal (CRITCHLEY; SIEGERT, 1991 citado por BERNAL, 2007).

Shaxson e Barber (2003) relatam que em várias regiões onde as técnicas de captação de água de chuva têm sido introduzidas, a falta de umidade e a baixa fertilidade do solo são os principais limitantes do crescimento das plantas. A deficiência de fertilidade dos solos em regiões áridas e semi-áridas pode e deve ser revertida com técnicas de tratamento e manejo dos mesmos, sobretudo em áreas exploradas e degradadas.

Mas, é importante evitar a implantação dos sistemas de captação de água em solos salinos, já que esses solos apresentam uma redução na disponibilidade de água, seja direta ou indiretamente, além de prejudicar o crescimento da planta. Em geral, as características do solo determinam, em última instância, o funcionamento adequado dos sistemas de captação por escoamento (SHAXSON; BARBER, 2003).

Nos ambientes áridos e semiáridos os eventos de escoamento sem controle podem gerar fortes processos de degradação do solo devido à erosão (PRINZ, 2001). Nesses casos as ações de conservação do solo e da água devem ser implementadas para prevenir a degradação do solo e preservar o ambiente. A captação de água das chuvas e, especificamente, o uso das técnicas de captação por escoamento viabilizam essa possibilidade e podem se tornar parte do gerenciamento dos recursos naturais nas áreas com déficit de água (PRINZ, 2001).

3 INFLUÊNCIA DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA NA PRODUTIVIDADE DAS CULTURAS

Tendo em vista que os diferentes sistemas de cultivo utilizados pelos agricultores na região semiárida do Brasil apresentam riscos de perda de cultivo devido às irregularidades das chuvas sendo, se faz necessário associá-los as práticas que proporcionam maior teor de umidade no solo. Diversos trabalhos foram realizados a partir da década de 80 utilizando diferentes práticas de cultivo associadas aos sistemas de captação de água das chuvas. Entre os quais se destacam o trabalho realizado por Brito et al. (2007) com o objetivo de avaliar a influência de diferentes métodos de preparo do solo sob a produtividade de milho (*Zea mays* L.).

Brito et al. (2007) observaram que a maior produtividade de grãos foi obtida com o tratamento sulcos barrados (606 kg ha^{-1}), seguido pela aração parcial (370 kg ha^{-1}) e aração profunda (362 kg ha^{-1}) que não apresentaram diferença significativa pela análise de variância. A menor produtividade, que corresponde a aproximadamente 50% da maior, foi obtida com o sistema tradicional de plantio, no plano (302 kg ha^{-1}). Estes resultados apontam o método de preparo do solo com a captação de água das chuvas por meio de sulcos barrados como o mais promissor para as condições de semiárido do Brasil.

Apesar desses valores de produtividade da cultura do milho serem considerados baixos, quando comparados com os resultados citados por Wendling et al. (2002) que obtiveram 5.893 kg ha^{-1} , com um total de 816,8 mm de precipitação e de Suzuki e Alves (2004) com 5.258 kg ha^{-1} , com precipitação pluviométrica acima de 1.000 mm, deve-se ressaltar que em termos de região semiárida e nas condições em que foi desenvolvido os estudos, com uma precipitação acumulada no período de 322,8 mm, é um resultado considerável, visto que, em 2005 a produção média de milho nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas foi de 661, 497, 465, 402, 560 e 475 kg ha^{-1} , respectivamente, segundo dados do IBGE (2006), valores estes próximos da média total obtida ($392,4 \text{ kg ha}^{-1}$).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O procedimento de “captar e armazenar a água da chuva” deve compreender diversas atitudes de preservação meio ambiente e a saúde dos próprios agricultores, como uso racional de água, redução de custos da propriedade e água com padrões mínimos de qualidade.

Diferentes práticas de cultivo associadas aos sistemas de captação de água das chuvas são alternativas viáveis para uso no meio rural, quando se visa produção sustentável.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO FILHO, J. A. de. Avaliação de leguminosas arbóreas, para recuperação de solos e repovoamento em áreas degradadas, Quixeramobim-CE, **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2, p.1592- 1595, 2007.

AGUAPARÁ - Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Pará. **Educação Ambiental para Conservação dos Recursos Hídricos [II]**: Reuso da água da chuva. Belém: Série Relatórios Técnicos, n. 4, 2005.

ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURÃES, F. O. M. **Uso e manejo de irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 508p.

ANJOS, J. B.; BRITO, L. T. de L.; SILVA, M. S. L. da. Métodos de captación de água de lluvia in situ e irrigación. In.: FAO (Roma, Itália): **Manual de práticas integradas de manejo y conservación de suelos**. Roma, 2000. Cap. 15, p. 139-150. (FAO. Boletín de Tierras y Águas, 8).

ARAÚJO, G. L.; KUHN, A.; REIS, E. F. dos. Avaliação de sistemas de irrigação localizada (microaspersão) do ponto de vista de engenharia. XI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. São José dos Campos, SP, Brasil, **Anais...** 2007. p. 2311-2314. CD-ROM.

BARROS, L. C. de. Barraginhas para captação de água de chuvas, recuperação de áreas degradadas e regeneração de mananciais - A, B, C D E - Fases da mobilização. IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. Juazeiro, CE, Brasil, **Anais...** 2003.

BERNAL, N. A. H. Avaliação de técnicas de captação de água de chuva para recuperação ambiental na região semi-árida do Vale do Jequitinhonha, 2007. 131p. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

BLANCO, H., LAL, R. **Principles of soil conservation and management**. Ohio:OH, 2008. 638p.

BOT, A.; BENITES, J. **The importance of soil organic matter**. Key to drought-resistant soil and sustained food and production. FAO: Rome, 2005.

BRITO, L. T. de L. Alternativa tecnológica para aumentar a disponibilidade de água no semi-árido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.1, p.111- 115, 1999.

BRITO, L. T. de et al. Influência do preparo do solo na produtividade do milho (*zea mays* l.) no semi-árido brasileiro. VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. Belo Horizonte, MG, Brasil, **Anais...**2007. CD-ROM.

COMÉRIO, A. Importância da mobilização social na conservação do solo e água em microbacias hidrográficas. IX CONGRESSO LATINO AMERICANO Y DEL CARIBE CARIBE DE INGENIERÍA

AGRÍCOLA - XXXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. Vitória, ES, Brasil, **Anais...** 2010. CD-ROM.

COUTO, L.; SANS, L. M. A. **Características físico-hídricas e disponibilidade de água no solo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. (Circular Técnica, 21).

CRITCHLEY, W.; SIEGERT, K. **Manual for the Design and Construction of Water Harvesting Schemes for Plant Production**, FAO: Rome, 1991.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Drought resistant soils**. Optimization of soil moisture for sustainable plant production. FAO: E-conference, 2004.

FERNÁNDEZ CIRELLI, A.; VOLPEDO, A. V. Las tierras secas em Iberoamérica. **El Água En Iberoamérica**: De la Escasez a la Desertificación, p.11-26. 2002.

GALIZONI, F. M. **Notas sobre água e chuva**: o programa um milhão de cisternas no semi-árido mineiro. XIV ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS. Caxambu, MG, Brasil, **Anais...** 2004.

- GOINS, L. **An Introductory Guide to Water Harvesting in Ambos Nogales**. Soil, Water and Environmental Science Bureau of Applied Research in Anthropology University of Arizona, 2002.
- LEROY, B. L. M. et al. The quality of exogenous organic matter: short-term effects on soil physical properties and soil organic matter fractions. **Soil Use and Management**, v. 24, p.139-147, 2008.
- LOPES, P. R. C. et al. Captação e armazenamento de água de chuva no semi-árido do Nordeste do Brasil. Embrapa Semiárido. XIV REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. Cuiabá, MT, Brasil, **Anais...** Cuiabá: SBCS/UFMT-DSER, 2002. CD-ROM.
- MELO FILHO, J. F. de.; SOUZA, A. L. V. O manejo e a conservação do solo no Semi-árido baiano: desafios para a sustentabilidade. **Bahia Agrícola**, v.7, n.3, p.50-60. 2006.
- PRADO, R. B. et al. **Manual técnico de coleta, acondicionamento, preservação e análises laboratoriais de amostras de água para fins agrícolas e ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004.
- REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri, SP: Manole, 2004. 478p.
- RIBEIRO, F. L.; CAMPOS, S. Vulnerabilidade à erosão do solo da Região do Alto Rio Pardo, Pardinho, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.6, p.628-636, 2007.
- PRINZ, D. **Water Harvesting for Afforestation in Dry Areas**. Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, 2001.
- SHAXSON, F; BARBER, R. **Optimizing soil moisture for plant production**. The significance of soil porosity. FAO; Rome, 2003.
- SIEGERT, K.; PRINZ, D.; WOLFER, S. **Training course on water harvesting for improved agricultural production**. FAO: Land and water digital series #26, 2003. Versão em português, tradução de GNADINGLER J.; PALMIER, L.; HERNANDEZ-BERNAL, N., FAO: ABCMAC. Brasil, 2006.
- SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.275-374. 2007.
- SUZUKI, L. E. A. S.; ALVES, M. C. Produtividade do milho (*Zea mays* L.) influenciada pelo preparo do solo e por plantas de cobertura em Latossolo Vermelho. **Acta Scientiarum. Agronomy**. v.26, n.1, p.61-65, 2004.
- WENDLING, A. et al. Produtividade de grãos e massa seca de milho sob plantio direto no período de 1998-2002. XIV REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. Cuiabá, MT, Brasil, **Anais...** Cuiabá: SBCS/UFMT-DSER, 2002. CD-ROM.