

Soluções para o Suprimento de Água de Comunidades Rurais Difusas no Semi-Árido Brasileiro: Avaliação de Barragens Subterrâneas

José Almir Cirilo, Gustavo H. F. G. Abreu, Margarida R. Costa,
Déborah Goldemberg e Waldir D. Costa

Departamento de Engenharia Civil – Grupo de Recursos Hídricos – UFPE
Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n – Cid. Universitária 50670-901 Recife – PE
almir.cirilo@terra.com.br

Alexandre M. Baltar, Luiz Gabriel T. Azevedo
Área de Recursos Hídricos do Banco Mundial

Recebido: 05/02/02 – revisado: 11/03/03 – aceito: 29/10/03

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados de pesquisa desenvolvida sobre a construção e utilização de barragens subterrâneas no Nordeste do Brasil, em particular no Estado de Pernambuco, onde há maior incidência desse tipo de obra. A partir da identificação de 500 barragens implantadas, foram selecionadas 151 para uma primeira inspeção, distribuídas espacialmente em áreas com características diferentes e implantadas sob óticas distintas (decisão governamental, pesquisa, ação de ONGs, diferentes níveis de participação da comunidade). Após essa primeira avaliação, foi selecionada uma amostra menor de 50 barragens para levantamento mais detalhado em campo, tanto dos aspectos técnicos como sócio-econômicos. As causas de sucesso e insucesso, os cuidados a serem tomados e as perspectivas para adoção desse tipo de obra em larga escala são discutidos neste artigo.

Palavras-chave: Comunidades rurais; semi-árido; barragens subterrâneas.

INTRODUÇÃO

Historicamente, a região Nordeste do Brasil tem sofrido de forma contínua os efeitos de freqüentes e prolongadas estiagens, com sérias conseqüências para a população. As causas são demasiadamente conhecidas, mas ainda não enfrentadas de forma consistente e estruturada. A região semi-árida do Nordeste do Brasil tem no correto aproveitamento dos seus escassos recursos hídricos a condição absolutamente indispensável, embora não suficiente, à superação da sua situação de subdesenvolvimento econômico e social.

A política de acumulação de água em açudes, típica da região, tem sido feita sob duas formas. A primeira, em grandes reservatórios, com capacidade de regularização plurianual, em bacias hidrográficas de maior porte. Esse tipo de reservatório, com capacidade da ordem de centenas de milhões de m³, encontra-se presente em diversos estados da região, porém em pequeno número. A segunda é a acumulação em pequenos e médios reservatórios, os chamados *barreiros*, espalhados aos milhares por toda a região. Os altos índices de evaporação, da ordem de 2000mm ao ano, trazem sério problema à política de acumulação de água, principalmente à pequena açudagem, que não resiste aos efeitos da seca prolongada. Ao final, uma vez deflagra-

da a situação de emergência, sempre tão repetitiva, repete-se a política usual de carros-pipa, cestas básicas e as chamadas frentes de emergência que não passam de paliativos.

A Figura 1 mostra, como exemplo, distribuição espacial de açudes na Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú, região agreste de Pernambuco, na qual, em área de cerca de 2400km², foram identificados por meio de imagens de satélite cerca de 840 pequenos e médios açudes (SECTMA, 1998). Essa é uma situação típica de toda a região semi-árida do Nordeste.

AS PEQUENAS OBRAS HÍDRICAS E A PARTICIPAÇÃO DE ORGANIZAÇÕES NÃO GOVERNAMENTAIS

Além dos barreiros já citados, que ainda se constituem no tipo de obra mais desejado e executado para o atendimento da população rural difusa, os poços e cisternas são as formas de captação de água mais comuns na região.

Pelo fato de a maior parte da região semi-árida do Nordeste ser constituída por formações cristalinas, a perfuração de poços como solução para o suprimento das diferentes necessidades está sujeita às seguintes limitações:

- Baixas vazões, na maioria dos casos até 2 m³/h;

- Teor de sais, em parcela significativa dos poços, superior ao recomendado para consumo humano;
- Alto índice de poços secos, dadas as peculiaridades geológicas.

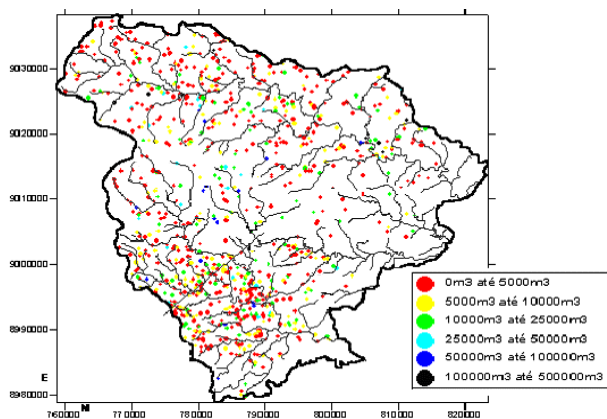


Figura 1 - Bacia do Rio Mundaú, Agreste de Pernambuco - Área de aproximadamente 2400km² com cerca de 840 açudes identificados por imagens de satélite

Apesar das limitações citadas, a perfuração de poços é uma das ações mais desejadas pela população e dirigentes municipais, o que eleva à ordem de cem mil poços perfurados na região.

Estados como Pernambuco e Ceará e a CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais têm promovido cadastramento de poços, identificando as suas características. A Figura 2 mostra a distribuição espacial de 8.000 poços cadastrados em Pernambuco (AGRA, 1998). Os poços indicados por cor clara indicam aqueles cujas águas são adequadas para o consumo humano (considerando teor de sais inferior a 500mg/l).

Outra solução bastante empregada no Nordeste do Brasil para a acumulação de água destinada ao consumo humano é a cisterna. Em um contexto mais amplo, os registros sobre cisternas e outras formas diretas de captação e armazenamento de água de chuva remontam a dois mil anos atrás, em regiões como a China e o deserto de Negev, hoje território de Israel e Jordânia (Gnadlinger, 2000), passando posteriormente por experiências pré-colombianas dos povos Astecas e Maias. Iniciativas desenvolvidas na China dão notícia de construção de um milhão de cisternas em determinada região. Embora não exista ainda no Brasil programa sistemático de larga escala para execução desse tipo de obra, muitas iniciativas pontuais de estados, prefeituras e entidades governamentais têm multiplicado o número de cisternas no Nordeste do Brasil.

A Figura 3 mostra cisterna executada pelo IRPAA - Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada, ONG instalada em Juazeiro, Bahia.

As cisternas, com capacidade de acumulação normalmente entre 7 e 15 m³, representam a oferta de 50 litros diários de água durante 140 a 300 dias, admitindo-a cheia no final da estação chuvosa e nenhuma recarga no período. Tomados os devidos cuidados com a limpeza do telhado, da cisterna, calha e tubulação, é uma solução fundamental para o atendimento das necessidades mais essenciais da população rural difusa. Embora existam aos milhares, espalhadas por todo o Nordeste, a quantidade de cisternas ainda é ínfima, quando comparada à necessidade da população rural difusa.

O trabalho das ONGs tem sido essencial para o aperfeiçoamento técnico, redução dos custos e envolvimento da população com a execução e cuidados com as cisternas. A ANA - Agência Nacional de Águas estabeleceu parceria com diversas ONGs da região para incentivo à execução de cisternas no Nordeste.

ASPECTOS GERAIS SOBRE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS

A barragem subterrânea é uma obra singela e de baixo custo, já sendo conhecida na bibliografia desde mais de 50 anos (Tigre, 1949). Trabalhos anteriores são descritos, como nas regiões agrícolas das Calábrias e da Sicília, com irrigação de pomares e plantações de hortaliças a partir de barragem subterrânea. Também existem referências ao “dique subterrâneo” no rio Los Sauces, na Argentina, com uma barragem subterrânea que teria capacidade para irrigar 1.000ha.

Indo mais ao passado, há registros do uso de barragens de fluxo da água subterrânea reportando-se a construções que remontam à época do Império Romano, na Sardenha, e a civilizações antigas no Norte da África.

Esse tipo de obra se caracteriza por um barramento artificial do fluxo de água subterrânea (Figuras 4 e 5), construído comumente encaixado no leito de riachos, com o fim de manter elevado o nível freático, aumentar o armazenamento de água e estabelecer condições favoráveis de captação a montante. Tais características evitam que a água no aquífero aluvial continue a escoar até que se esgote com o fim do período de chuvas. Nos exemplos indicados, o barramento do fluxo é feito por uma lona plástica, havendo outras formas de reter o escoamento, como septo de argila compactada, bastante usual.

CRITÉRIOS ADEQUADOS PARA A LOCAÇÃO DE UMA BARRAGEM SUBTERRÂNEA

Apesar da simplicidade desse tipo de intervenção, alguns critérios básicos devem ser observados, sob pena de incorrer nos riscos de não utilização pela população, armazenamento de água insuficiente ou ainda salinização. A

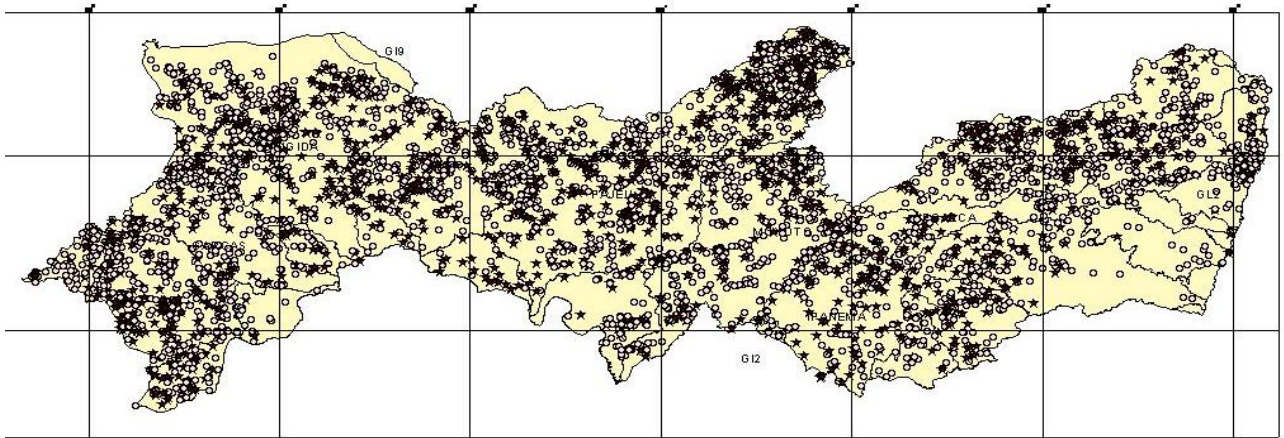


Figura 2 - Poços cadastrados no Estado de Pernambuco, com os ícones claros indicando águas com teor de sais inferior a 500mg/l e ícones escuros com valores superiores a esse indicativo.



Figura 3 - Cisterna em Juazeiro, Bahia

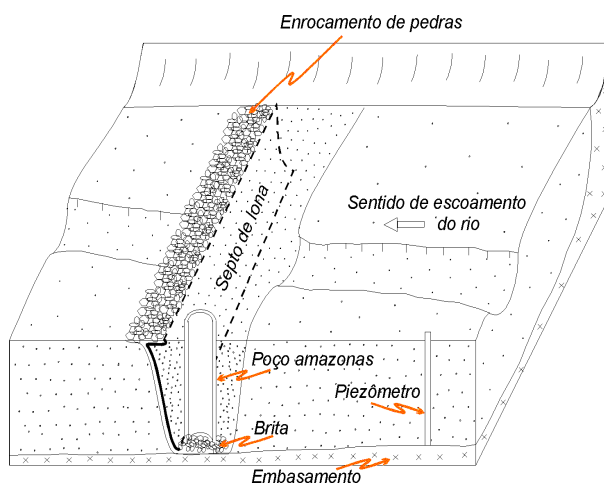


Figura 4 - Esquema construtivo de barragem subterrânea

escolha do melhor local para a construção de uma barragem subterrânea requer que se efetuem alguns estudos, a partir de aerofotos, mapas plani-altimétricos e procedimentos de campo, incluindo um levantamento da real necessidade e aceitação por parte da população local, além de sondagens, a fim de se evitar locais inadequados ou ainda locais em que a necessidade não seja absoluta.

Os principais aspectos a serem observados são a largura do depósito aluvial, trechos de estreitamentos, extensão a montante do local a barrar e relevo. No campo, deve-se observar a espessura e constituição do depósito aluvial (a partir de furos de trado), o local mais estreito do depósito para locar o eixo barrável, a melhor condição de acesso à população, a declividade do leito, a distância para a “cabeceira” do riacho, a existência de soleiras rochosas no leito do rio por já implicarem em barramento natural, a existência de obras de barramento superficial e ainda a qualidade da água (a partir das informações de pessoas do local, do tipo e aspecto do solo e da vegetação presente).

Apesar de ser uma tecnologia bem antiga e de simples execução, a barragem subterrânea não vinha sendo aplicada no Brasil como um tipo de obra hídrica estruturadora. Apenas alguns experimentos nas Universidades Federais de Pernambuco e Paraíba foram implementados, bem como no então CPTSA, em Petrolina-PE, hoje EM-BRAPA-Semi-Árido (Silva & Porto, 1982).

No início da década 80, pesquisadores da UFPE, sob a coordenação do Prof. Waldir D. Costa (Melo et ali, 1982, Costa, 1984), desenvolveram um tipo de barragem subterrânea que foi aprimorado paulatinamente.

Em 1986 esse modelo foi aplicado pela primeira vez na Fazenda Pernambuco, no município de São Mamede, Paraíba, ao longo do Rio Papagaio (rio intermitente). Quatro barragens foram implementadas e mais duas



Figura 5 - Construção de barragem subterrânea - escavação e colocação de manta impermeável

deverão ser executadas. Como resultado da operação das barragens subterrâneas associadas a açudes e implúvios, 40 ha com plantação de fruteiras são irrigados na fazenda, atendendo exportação de frutas continuamente.

Nos meados da década de 90, experiências bem sucedidas na construção e manejo de pequenas barragens subterrâneas foram implantadas pela organização não-governamental CAATINGA, no município de Ouricuri – PE, dando suporte à agricultura familiar na região. Em 1997, a então Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTMA interessou-se pelo tipo de barragem e efetuou experiências com a construção de seis unidades experimentais no município de Caruaru. Face às boas perspectivas do empreendimento, o Governo do Estado na época passou a admitir como um dos seus programas de Convivência com a Seca a construção de barragens subterrâneas no Agreste e Sertão do Estado (Costa et alli, 1998, 2000).

Além da iniciativa governamental citada, ONGS como CAATINGA, AS-PTA e DIACONIA vêm construindo barragens subterrâneas em parceria com os habitantes da zona rural do Nordeste, principalmente em Pernambuco.

No segundo semestre do ano de 1998, com a implantação no Nordeste de mais um ciclo das chamadas frentes produtivas de trabalho em função da seca que assolava a região, o Estado de Pernambuco optou por inserir entre as ações desenvolvidas pelas frentes a cons-

trução de barragens subterrâneas. Foram construídas nesse ano cerca de 500 barragens, cujos resultados precisam ser avaliados e monitorados, a fim de que sejam corrigidas as falhas e as deficiências construtivas e possibilitando a otimização do uso dessas barragens. Paralelamente às ações técnicas, também será necessário um trabalho de conscientização da população local para que haja um melhor aproveitamento das águas disponíveis nestas obras hídricas.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

Depois de constatada a existência de condições adequadas para a construção da barragem, em que são consideradas a espessura da camada aluvial, a sua composição granulométrica, a inclinação do terreno, a inexistência de soleiras rochosas, a relação morfológica do vale, a distância da área de recarga e a qualidade da água, procede-se à sua construção, mediante as seguintes etapas:

Escavação da vala - Escava-se uma vala transversalmente à direção de escoamento do rio, com largura total do vale e profundidade até encontrar a rocha inalterada. Essa escavação pode ser mecanizada, utilizando-se um trator de esteira ou uma retro-escavadeira, ou ainda realizada manualmente;

Impermeabilização - A vala deve ser impermeabilizada com argila compactada ou, de maneira mais simples, rápida

e econômica, através de uma lona recobrimdo a parede da vala que fica oposta ao sentido de procedência do escoamento superficial;

Construção de poço amazonas - Na parte mais profunda da vala deve ser construído um poço amazonas para captação da água. Um modo rápido de execução consiste na justaposição de anéis semiporosos pré-fabricados, de 1,0 a 1,2m de diâmetro por 0,5m de altura. Os anéis são colocados justapostos até alcançarem a superfície, ficando o último totalmente acima do nível do terreno. Antes de colocar o primeiro anel deve ser colocada uma camada de brita para proporcionar maior permeabilidade do meio, bem como impedir a entrada de areia no poço. Nos maiores barramentos é interessante colocar também tubos semi-horizontais, na parte mais profunda da vala, com a parte superior do tubo devidamente ranhurada, que servirão de drenos para o poço amazonas, aumentando consideravelmente a entrada de água no mesmo.

A utilização de anéis pré-moldados deve ser condicionada à permeabilidade satisfatória dos mesmos, de modo a permitir a velocidade de fluxo adequada. A necessidade de maior vazão pode ser atendida com poços amazonas de maior diâmetro, executados no local com parte da parede em tijolos vazados como indicado na Figura 6.

Enrocamento - Como as chuvas do Nordeste são, na maior parte das vezes, de regime torrencial com escoamento muito rápido e curto período de duração, o processo de infiltração e recarga dos aluviões pode até nem ocorrer, não havendo então acumulação em determinados eventos de chuva. Assim, embora não seja imprescindível, é aconselhável a construção de um enrocamento de pequena altura (cerca de 0,5m) sobre a barragem, a jusante do poço amazonas, a fim de proporcionar maior infiltração da água que fica retida por alguns dias na superfície, favorecendo a infiltração da água no sub-solo (Figura 7).

Enchimento da vala - Concluídas as operações de enlombamento da parede da vala e de construção do poço amazonas, procede-se ao enchimento da vala com o mesmo material dela retirado.

Piezômetros - É aconselhável também a implantação de piezômetros, a montante da barragem, no propósito de melhor monitorar o rebaixamento do nível d'água com o tempo.

Na Figura 8 apresenta-se a execução de uma dessas barragens subterrâneas por frente de emergência.



Figura 6 - Poço amazonas construído com tijolos furados na parte inferior e tijolos maciços na parte superior, observa-se a presença de cascalho colocado entre a parede do poço e o revestimento.



Figura 7 – Enrocamento de pedras colocado a jusante da barragem já fechada

RESULTADO DA AVALIAÇÃO GERAL EM CAMPO

No universo das cerca de 500 barragens subterrâneas construídas em Pernambuco, foram visitadas na primeira fase do trabalho 151 distribuídas em treze municípios, divididos regionalmente de acordo com o gráfico da Figura 9 a seguir. Note-se a pequena participação da Zona da Mata, devido ao fato de que nesta região existem poucas barragens subterrâneas face à maior disponibilidade hídrica natural.



Figura 8 - Trabalhadores de frente de emergência executando escavação para barramento do fluxo subterrâneo

Foram avaliados os seguintes aspectos:

- Quantidade de barragens em atividade;
- Identificação de problemas construtivos;
- Tipo de utilização;
- Qualidade da água;
- Envolvimento da comunidade beneficiada na escolha e execução;
- Aceitação da comunidade;
- Razão de escolha dos locais;
- Custos;
- Benefícios auferidos.

Quanto ao uso, as barragens foram distribuídas em duas classificações:

- 94 barragens ativas: aquelas que já foram utilizadas pela comunidade ao menos uma vez após a sua construção;
- 57 barragens inativas: nunca foram utilizadas pela comunidade após a sua construção. Estas se dividem em dois grupos:
- 20 barragens inativas por motivo associado à população: são aquelas que estão em bom estado técnico, que

têm acumulado água de boa qualidade, mas nunca foram utilizadas pela comunidade por motivos diversos, discutidos a seguir;

- 37 inativas por motivo técnico: barragens em que foram detectados preliminarmente problemas técnicos que impossibilitaram o uso pela comunidade. As razões de natureza técnica serão discutidas posteriormente.

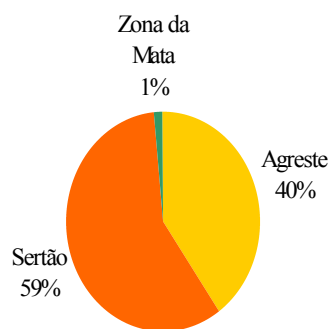
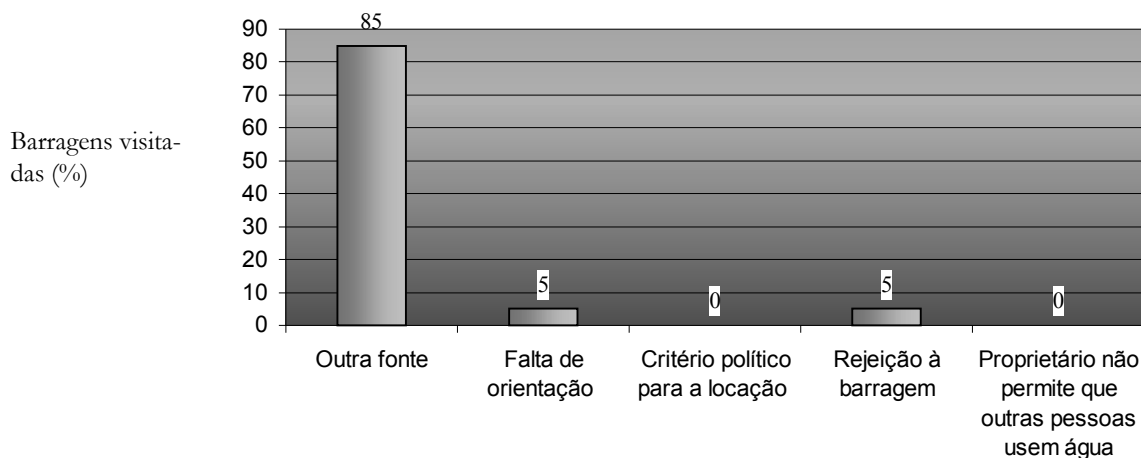
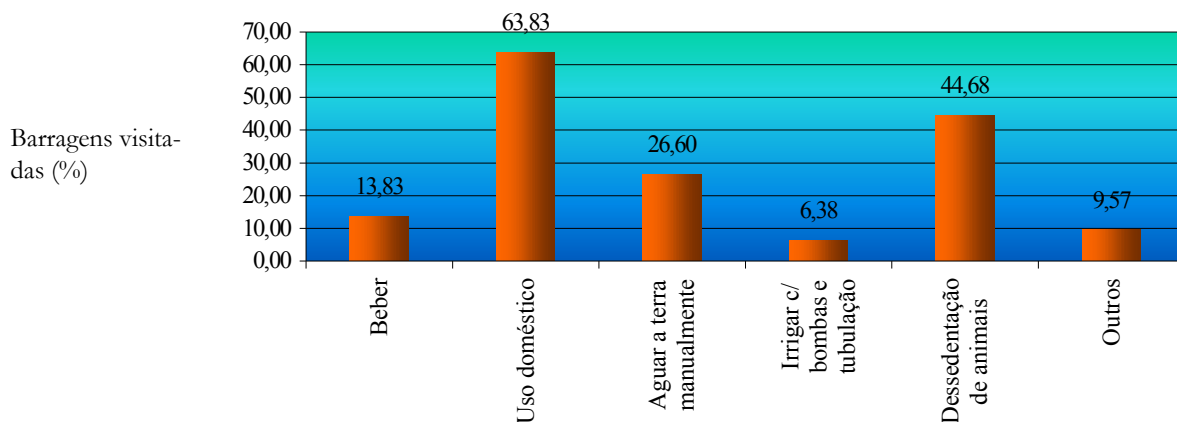


Figura 9 – Distribuição percentual das barragens escolhidas por mesorregião



MOTIVOS PARA NÃO UTILIZAÇÃO

Figura 10 – Motivos de natureza diversa para não utilização das barragens



USOS DIVERSOS DAS ÁGUAS ARMAZENADAS

Figura 11 – Usos da água nas barragens analisadas

Quanto às razões que levaram à ausência de utilização da água sem motivo de natureza técnica:

- Existência de outras fontes de suprimento de água (especialmente no período chuvoso);
- Falta de orientação para usar a barragem;
- Critério político na localização da barragem, sem necessidade da obra por parte do beneficiário;
- Rejeição da barragem por falta de esclarecimento de como ela funciona (comparação com o barreiro, onde a água está visível à superfície);
- O proprietário do terreno não necessita nem permite que outros usem a água;
- Troca do dono da terra onde se encontra a barragem;
- Dificuldade de captação: por falta de bomba, o usuário se recusa ou tem dificuldade de realizar esforço de retirada manual da água.

Conforme se pode observar na Figura 10 a seguir, a razão preponderante para que barragens com água de boa qualidade não cheguem a ser utilizadas foi a existência de outras fontes para atender às necessidades da população.

Foi identificado que 24 das 94 barragens ativas parecem ter tido algum impacto na atividade econômica do proprietário do terreno. Esta análise foi aprofundada na próxima etapa da pesquisa.

Os usos mais comuns identificados das barragens subterrâneas (Figura 11) foram:

- Uso doméstico (lavar roupa, limpeza, para cozinhar);
- Dessedentação de animais;
- Produção de capim para o gado;
- Molhação da terra manualmente, para pequenos cultivos;
- Água para consumo humano;
- Pequena irrigação com bombeamento;
- Manufatura de tijolos e construção.

RESULTADO DA AVALIAÇÃO DETALHADA

Os municípios escolhidos para a análise mais detalhada foram São Caetano, Ouricuri e a região de Mutuca, compreendendo os municípios de Pesqueira, Belo Jardim e Jataúba (localização indicada na Figura 12). Da primeira fase da pesquisa, a equipe entendeu que há três situações representativas das barragens subterrâneas em Pernambuco:

- Barragens de profundidade até 3m, construídas durante o período mais crucial da seca, com a mão de obra das frentes de emergência e sem uso de máquinas, em locais determinados pelas comissões municipais, com algum apoio técnico para aprovação do local; pouca ou nenhuma orientação posterior para o uso apropriado das barragens; situação típica no município de São Caetano e na maior parte do Estado;
- Barragens mecanizadas, de profundidade até 10m, construídas com acompanhamento técnico em regiões onde há alguma tradição de pequena agricultura irrigada e nas quais houve algum estímulo ao uso adequado da água; situação identificada na região de Mutuca;
- Barragens de pequeno porte, em solos rasos como no primeiro caso, construídas em parceria entre ONGs e os proprietários da terra, com acompanhamento para o uso da água e do solo, destinadas à agricultura familiar; situação característica da região de Ouricuri.

A IMPLEMENTAÇÃO DAS BARRAGENS EM SÃO CAETANO

Um ponto fundamental a respeito das barragens subterrâneas de São Caetano está associado à sua forma de execução: todas foram construídas pela mão de obra das chamadas “frentes produtivas de trabalho”, com execução manual. Apesar da precariedade que caracteriza esse tipo de ação, pode-se afirmar que o projeto de barragens subterrâneas teve uma implementação razoável em São Caetano, no sentido do baixo índice de barragens inativas por razão técnica. Isso se deu por três razões:



Figura 12 – Localização dos municípios de Ouricuri, Belo Jardim e São Caetano.

- Iniciativa da Secretaria de Agricultura local em se capacitar, usar de seu conhecimento técnico e social sobre as localidades, coordenar e monitorar a localização e construção das barragens;
- A implementação ter-se dado de forma participativa, a partir de reuniões comunitárias, inclusive dando o poder de veto de locação para a comunidade;
- A Comissão Municipal ter tido uma atuação apolítica na definição da locação das barragens e condução da implementação, mesmo porque nenhum recurso do Município foi gasto, à exceção de eventual suporte às equipes de locação.

Devido a estes três fatores predominaram os seguintes critérios de localização das barragens:

- 1) Divisão do Município em três áreas climáticas e opção pela área semi-árida por ser a região mais seca e mais carente;
- 2) A partir do conhecimento da equipe da Secretaria Municipal de Agricultura sobre os locais e sobre pessoas cooperativas, foram pré-escolhidos 16 possíveis locais;
- 3) Ida de técnicos do Estado para analisar os locais sugeridos – 11 foram aprovados.

No entanto, apesar de a maioria das barragens ser tecnicamente adequada, não houve a utilização das mesmas pelas comunidades na geração de alguma atividade produtiva, principalmente agricultura. Percebeu-se, a partir das entrevistas, que há necessidade de um trabalho complementar com a comunidade para que a barragem subterrânea da região de São Caetano venha a ser utilizada para algo mais que uma fonte de água emergencial, quando as demais forem exauridas.

Além disso, a acumulação da água com muito pouca utilização é um fato preocupante, dada à possibili-

dade de salinização. Isso revela com clareza as fragilidades da implementação:

- 1) ausência de meios para o agricultor aproveitar melhor a barragem - instruções de como controlar a salinidade (monitoramento e operação) e dispositivos para captação da água e irrigação;
- 2) ausência de um trabalho de conscientização da comunidade para que ela assuma a manutenção da barragem. Isso envolve a reversão da mentalidade assistencialista “de que o governo tem que trazer tudo e cuidar de tudo”, do vício das comunidades no carro-pipa e da própria resistência das comunidades a tecnologias novas e desconhecidas.

O impacto das barragens - Verificou-se que o impacto econômico das barragens para o proprietário em São Caetano é restrito, dado o contexto econômico de estagnação das localidades onde se encontram as barragens. Outros fatores determinantes estão ausentes para proporcionar esse tipo de impacto, como inexistência de energia elétrica em algumas localidades, ausência de capital para investimento e falta de tradição de plantio irrigado.

Como conclusão, pode-se afirmar que houve realmente um baixo índice de barragens totalmente inativas, devido às razões citadas, mas a percepção das comunidades captada na pesquisa de campo indica que as barragens têm sido pouco utilizadas, sobretudo devido à existência de outras fontes de melhor qualidade. Outra conclusão decorrente da pesquisa de campo é que a barragem não parece ter sido ainda integrada no imaginário da comunidade como um recurso importante. Possíveis explicações para o fato: faltou um trabalho mais intenso junto à comunidade; há realmente outras fontes e a estiagem após a construção não foi rigorosa (isso ocorreu depois da pesquisa de campo concluída); trata-se de tecnologia nova – as pessoas “gostam de ver a água”.

Barragens da região de Mutuca

Mutuca é um distrito urbano do Município de Pesqueira, localizado próximo à região rural onde se encontram 19 barragens subterrâneas construídas ao longo do Riacho Mimoso e outros, como resultado de parceria entre a Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente e a Secretaria Estadual de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco-SECTMA, até o ano de 1998. A região de Mutuca foi escolhida por ter solos relativamente profundos, condição importante para esse tipo de obra. A localização das barragens foi feita por geólogos com base em critério estritamente técnico e a construção foi feita por uma empresa contratada utilizando

retro-escavadeira (Figura 13). As barragens subterrâneas construídas no local são de média a grande profundidade (3,8 a 10 metros) e extensão (30 a 110 metros). Posteriormente, devido às boas condições geológicas e à concentração de várias barragens subterrâneas próximas umas das outras, foi criada em Mutuca uma base de pesquisa da UFPE.

A locação e implementação das barragens em Mutuca foi feita sob supervisão de um Engenheiro de Minas. A localização das barragens foi definida por critério estritamente técnico.

Segundo dados obtidos por meio do questionário inicial aplicado, o contato com a comunidade foi superficial. O entendimento sobre as barragens subterrâneas por parte dos proprietários entrevistados é que elas foram construídas pelo governo estadual. A metade dos proprietários recebeu alguma explicação sobre as barragens e a outra metade não.

Impacto das barragens subterrâneas - Para avaliação, foram entrevistadas as pessoas residentes no Sítio Mimoso, no qual foram implantadas 6 das 19 barragens da região de Mutuca. Existe um consenso entre a maioria dos agricultores proprietários das barragens e o líder comunitário de Mimoso de que a barragem subterrânea aumentou a retenção de água ao longo do aluvião. O aumento no nível da água nos poços permitiu que esses proprietários aumentassem o nível de irrigação ou mesmo iniciassem essa prática onde não existia. Dados quantificando o impacto econômico das barragens são sistematizados adiante.

A água dos poços que hoje se encontram mais cheios é bombeada para caixas d'água para consumo doméstico. Cerca de 50% das famílias tem caixa d'água no Sítio. Ao longo do ano de 2001, caracterizado pela ausência de chuvas, observou-se a tendência de secamento das barragens. O impacto das chuvas ocorridas no verão de 2002 em quase toda a região ainda não foram avaliados.

Estima-se que 55 famílias se beneficiam pelo aumento do nível de água nos poços na área onde foi feita a pesquisa com a comunidade também para abastecimento, não de forma contínua, mas principalmente quando as outras fontes secam.

Fica difícil quantificar os benefícios que o aumento no nível de água nos poços proporcionou à saúde das famílias, porque seria impossível estabelecer causalidade respectiva à quantidade de água extra que a barragem permitiu acumular no poço. Pode-se dizer que as famílias que bombeiam água destes poços para a caixa d'água e a utilizam para uso doméstico se beneficiaram por ter mais água disponível.

No que se refere à *segurança alimentar*, há dificuldade em medir o impacto das barragens, devido ao fato de a implantação ser recente.

Foi detectada a preocupação por parte de algumas pessoas de não usar a água da barragem para irrigação para que o poço não seque e que os habitantes venham a precisar da água para uso doméstico na seca.

Nas 6 barragens do complexo do Sítio Mimoso foi possível perceber uma tendência comum. A barragem subterrânea possibilitou o aumento do nível de água nos poços amazons existentes antes do projeto que já eram usados para irrigação e outros fins. O que possibilitou esse aproveitamento foi:

- 1) Os proprietários terem poços amazons construídos;
- 2) Os proprietários terem bombas que eram usadas para irrigação ou para dar água aos animais;
- 3) Os proprietários e a comunidade em geral terem tradição de culturas irrigadas (cenoura e beterraba).

No aspecto econômico o grande diferencial foi o contexto socioeconômico em que foram inseridas as barragens subterrâneas. Como demonstrou a história econômica da localidade, as pessoas já tinham tradição e infraestrutura de cultura irrigada desde o ciclo da irrigação que se instalou a partir de 1970 por uma série de razões. Talvez, também a existência de uma atividade não agrícola geradora de renda, os rendados do tipo renascença feitos por muitas mulheres da região, possa ter possibilitado a compra de equipamento e aumentado o poder de aproveitamento dos recursos por parte dos agricultores.

O entrave principal desta comunidade, desde 1992, tem sido a falta de água para irrigação. Se esse recurso se torna disponível para eles, há como aproveitá-lo. Isso não quer dizer que outros obstáculos não existam, como a dependência do atravessador para o escoamento da produção agrícola, mas o primeiro entrave a ser superado é sempre a falta d'água.

No sentido de aumento da produção agrícola, o impacto foi extremamente positivo. Na maioria das barragens implantadas, em que pese o desperdício de água por irrigação em horários impróprios, a produção tem se sustentado de forma praticamente ininterrupta. Foram acompanhados plantio e colheita de até 4 safras de cenoura e beterraba em 12 meses.

A Figura 14 mostra uma dessas áreas pouco antes da colheita.

Barragens de Ouricuri

As informações sobre a implementação de barragens subterrâneas neste município foram obtidas por meio de entrevista com o coordenador de programas da ONG CAATINGA, que acompanha o processo desde o início.

Os pontos mais significativos da entrevista estão destacados a seguir:



Figura 13 – Escavação no leito do riacho Mimoso para implantação de barragem subterrânea



Figura 14 – Plantio de cenoura no leito do riacho Mimoso, a montante de barramento subterrâneo.

A proposta da barragem subterrânea era testar uma tecnologia de pequeno porte, que pudesse ser construída manualmente e que possibilitasse trazer melhoria na alimentação das famílias proprietárias da barragem. É de interesse notar que não havia intenção de beneficiar a comunidade em geral para produção, porque as obras são localizadas em terreno particular e são de pequeno porte.

Tampouco para captação de água, porque não há poço nas barragens do CAATINGA. A geração de renda seria bem-vinda na visão do CAATINGA e para isso houve tentativa de induzir culturas como caju e banana, mas essa não era a prioridade do projeto.

O *arranjo institucional* para implementação das barragens é muito interessante e significativo. O custo de construção das barragens foi coberto pelo agricultor interessado através de um empréstimo de 7 anos do fundo rotativo do CAATINGA. O CAATINGA mantém esse fundo rotativo para essa e outras atividades, composto com dinheiro de instituições internacionais que apóiam seu trabalho. Era feito um pacote para cada agricultor, dependendo da necessidade de cada um para construção da barragem (mão de obra, material etc...), sendo que o pacote incluía capacitação e acompanhamento técnico subsidiado pelo CAATINGA (o custo não é repassado para o agricultor). Orientação para possível manutenção da barragem também está incluída. Um contrato é assinado entre as partes.

O contato inicial com os agricultores para proposição da idéia da barragem subterrânea ocorreu por meio de reuniões ou contatos informais com agricultores que já participavam de outras atividades do CAATINGA (há vários no Sítio Lagoa Comprida). Com agricultores interessados foram feitas visitas de intercâmbio para locais aonde já havia barragens subterrâneas. Posteriormente houve a locação, capacitação para construção e manutenção da barragem e finalmente a construção supervisionada por técnicos da ONG.

O *critério de locação* foi: 1ª) interesse do agricultor e 2ª) visita técnica para ver se a área seria adequada geologicamente para tal.

Impacto das barragens subterrâneas: a avaliação dos benefícios sobre as famílias proprietárias foi pesquisada com base em entrevistas semi-estruturadas com sete famílias.

Foi comum a todos os agricultores que eles tiveram o primeiro contato com a barragem subterrânea por meio dos técnicos do CAATINGA e se inspiraram na experiência do agricultor precursor. Todas as barragens foram construídas manualmente, seguindo o modelo de implementação já descrito. Nenhum agricultor tem poço construído na área de barragem, portanto todo o benefício provém da terra umedecida pela mesma.

A barragem traz diversificação da atividade agrícola, especialmente para frutas. O impacto da barragem na geração de renda monetária é quase inexistente, posto que a comercialização que ocorre é irregular e pequena.

Não há dúvida que a barragem proporcionou melhorias na alimentação das famílias em termos de diversificação da alimentação, principalmente em que eles têm mais acesso a frutas e verduras. A maioria dos entrevistados

aponta para um aumento na quantidade de alimentos disponíveis. Nesse item, há uma variação maior entre as famílias de acordo com as seguintes variáveis:

- a) poder de compra de alimentos na cidade antes da barragem subterrânea;
- b) número de pessoas na família (varia de 2 a 15 em uma casa).

Obviamente, a disponibilidade de frutas varia com a época do ano. Também depende da duração e intensidade de chuva em cada ano, pois fica claro que, pelo pequeno porte, as barragens não suportam longas estiagens.

O que é importantíssimo nesse contexto é o acesso a uma variedade de alimentos para famílias que nunca tinham renda o suficiente para tal. Principalmente em uma comunidade que apresenta alto índice de desnutrição infantil, isso pode ser visto como uma grande conquista, apesar de que a produção ainda fica dependente de chuvas.

Há também o impacto de ganho de renda daqueles que compravam esses itens na feira. Esse grupo sempre teve acesso a frutas, mas tinha que dispensar renda gerada para aquisição destes itens. Calcular a dimensão desta economia é muito difícil, pois essas famílias não tinham padrão de consumo, comprando quando havia dinheiro.

Em termos de segurança alimentar, a maioria dos entrevistados não vê a barragem como algo que poderia sustentar a alimentação durante período de seca, porque há a compreensão de que a barragem também seca quando não chove.

No entanto, alguns entrevistados perceberam que isso depende de alguns fatores, como:

- a) o inverno que antecedeu a seca;
- b) o tamanho da barragem;
- c) o mês em que se inicia a seca e a proximidade da safra.

Dependendo de como esses fatores se apresentam, a barragem poderia segurar o plantio por alguns meses e ainda proporcionar alguma safra.

Há unanimidade na visão de que a barragem subterrânea altera a atividade agrícola, principalmente por proporcionar uma faixa de terreno molhado onde é possível plantar culturas além do milho e feijão (sequeiro).

No entanto, há unanimidade também de que esse beneficia só se sustenta se chover. Ou seja, a barragem não é um milagre ou uma solução para o problema da seca – “não é solução, mas ameniza”, por suas próprias palavras. Os agricultores encaram as possibilidades da tecnologia com grande maturidade: é um instrumento muito bom e quando chove dá um bom resultado, pois permite o plantio de culturas em áreas molhadas.

AVALIAÇÃO GERAL DOS RESULTADOS

Em função dos resultados obtidos, apresenta-se a seguir avaliação sucinta da prática de implantação e utilização de barragens subterrâneas no Estado de Pernambuco.

Aspectos Técnicos - tipologia das barragens implantadas

Conforme se observou nas duas fases do trabalho, há três tipos de barragens subterrâneas implantadas no Estado:

- Barragens de pequeno porte, executadas manualmente pela mão de obra das chamadas frentes de emergência, com profundidade entre 1,5 a 3m no local do barramento. A impermeabilização é feita com lona plástica e um poço executado com anéis de concreto visa permitir a captação de água;
- Barragens de maior porte, com profundidade do aluvião no local do barramento de até 10m, também usando lona plástica como elemento de vedação do fluxo; poços de anéis de concreto ou caçimbões tipo Amazonas, de maior diâmetro; escavação mecanizada;
- Barragens de pequeno porte como no primeiro caso, executadas sob supervisão de ONGs como o CAA-TINGA; septo impermeável constituído por terra compactada, como as barragens de terra tradicionais; nenhum poço para a captação da água.

Problemas construtivos - Os principais problemas construtivos detectados em algumas das barragens subterrâneas foram:

- Erro de locação: local impróprio por apresentar bacia de contribuição pequena, e assim baixa capacidade de retenção de água;
- Escavação insuficiente, sem alcançar a rocha no fundo da aluvião;
- Problema com a lona na hora de sua colocação, sem alcançar o leito rochoso, permitindo fuga por baixo;
- Solos com baixo nível de infiltração;
- Poço com baixa permeabilidade, dificultando a entrada de água;
- Barragens construídas em solos salinizáveis.

Esses problemas ocorreram em diferentes locais, em decorrência quase sempre da falta de acompanhamento técnico adequado. De todos os problemas encontrados, o mais freqüente foi a baixa porosidade do concreto utilizado nos anéis dos poços, que não proporcionava a vazão adequada. Uma situação comum constatada nas barragens foi

o poço seco ou quase seco e a barragem com claras evidências de estar com bastante água acumulada. Na região de Mutuca, por exemplo, o projeto de pesquisa da UFPE e os proprietários construíram diversos poços amazonas de grande diâmetro para permitir a vazão necessária à irrigação.

Capacidade de armazenamento - Um fator determinante para a locação de uma barragem subterrânea decorre da sua capacidade de acumular água. Essa capacidade está associada proporcionalmente à presença de vazios no interior do aluvião e varia conforme as características do solo. Essa capacidade, para os solos aluvionares mais promissores da região, pode chegar até a 20% em uma estimativa grosseira, como também ser muito baixa para solos mais argilosos. Outro fator decisivo para essa quantificação é o alcance a montante da barragem da acumulação da água no solo, que depende da sua caracterização física, da declividade do terreno e do leito rochoso.

Considerando um caso típico de uma barragem de médio porte da região de Mutuca, com profundidade média do manto de aluvião de 4m, largura de 50m, alcance longitudinal de 500m e coeficiente de armazenamento de 10%, ter-se-ia um volume de água possível de acumulação de 10.000 m³. Isso corresponde a uma disponibilidade média diária de aproximadamente 30 m³ ao longo de um ano, sem considerar a reposição da água extraída sempre que houver recarga por chuvas. Embora só parte do volume de água acumulado no solo possa ser captado, é um volume significativo para o pequeno porte e simplicidade da obra.

A precipitação na região - As Figuras 15 e 16 a seguir ilustram a sazonalidade da precipitação na região de Mutuca, típica do Agreste Pernambucano. É clara a necessidade de água para cultivo nos meses mais secos, tendo em vista a carência de chuvas. Também se evidenciam os períodos de seca que se repetem sistematicamente. O quadro é similar para as outras regiões do Estado, com antecipação da quadra chuvosa para a região do Sertão.

Embora a variação da precipitação seja eventualmente significativa de uma região para outra, em função da presença de microclimas, os dados do posto em questão refletem bem o comportamento médio dos locais pesquisados. A presença da seca é notada na precipitação anual: para média de 547mm no período observado, o total anual em 1998 foi de 148mm e em 1999, 286mm. No ano de 2000 a precipitação ficou em 445mm, cerca de 80% da média de longo período. Neste ano de 2000, de forma geral, a precipitação no semi-árido pernambucano ficou um pouco abaixo ou pouco acima da média, dependendo de fatores locais.

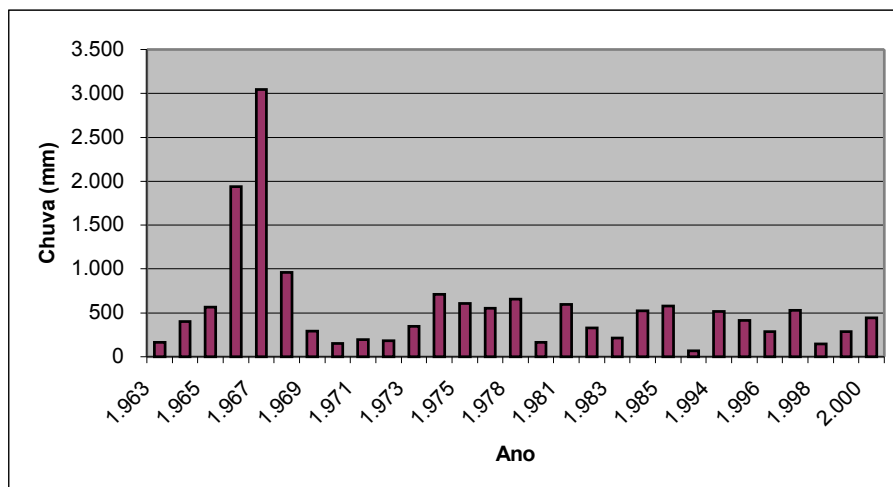


Figura 15 – Precipitação anual observada no posto de Pescaira, no período 1963/2000.

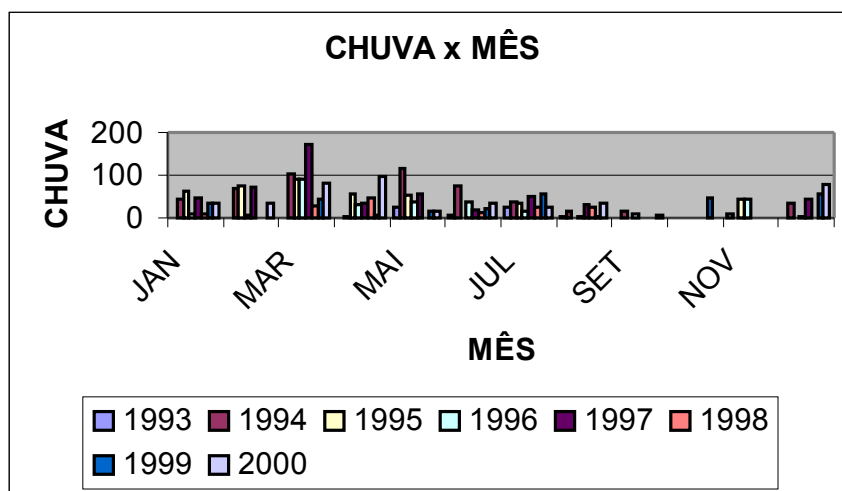


Figura 16 – Distribuição mensal da chuva em oito anos

Qualidade da água e riscos de salinização - Os mapeamentos dos solos e as análises de água dos cursos de água intermitentes ou perenes, elaborados a partir da década de 60, permitiram que se avançasse mais na avaliação dos processos de salinização. Tem-se verificado que descargas com maior teor de sais ocorrem em regiões cobertas por solos arenosos com camadas argilosas mais impermeáveis subjacentes e com sais. É o caso dos solos classificados como Planossolos e Solonetz seguidos dos Litólicos, Vertissolos e Bruno não Cálculos. Os escoamentos percolam através da camada arenosa mais superficial que, em contato com a argila subjacente, dilui os sais. Esta, depois de saturada, instala um fluxo subterrâneo que alcança os rios e riachos dias após as chuvas que iniciaram a percolação. Outro fator causador de salinização é a evaporação da umidade na camada mais próxima à superfície, que deixa sais acumulados, permitindo que os mesmos sejam carrea-

dos para os corpos d'água e provocando a esterilidade dos solos.

Recentemente foi concluído para todo o Estado de Pernambuco mapeamento dos solos na escala 1:100.000. A análise desse mapeamento permite delinear as manchas de solos com potencial para salinização das águas, por suas características de textura e impedimento da camada inferior, como os Planossolos - PL e Solonetz - SS. Estes ocorrem em maior abrangência nas bacias dos rios Ipanema, Capibaribe, Ipojuca e Una. Manchas desses solos ocorrem também em rios do Sertão, em pequenas áreas.

Sobre as regiões das barragens nas quais se promoveu um levantamento mais detalhado, Ouricuri, no sertão, apresenta menores riscos de salinização das águas em função dos solos. São Caetano, na bacia do Rio Ipojuca, e a região de Mutuca, na bacia do Capibaribe, apresen-

tam maiores possibilidades de presença de água salobra a salgada, como de fato se verificou nas análises realizadas.

Projeto de pesquisa da UFPE vem realizando há 4 anos medições sistemáticas de qualidade da água, especialmente de parâmetros indicativos da presença de sais, a cada mês, nas 19 barragens de Mutuca. Embora a amostra não seja ainda significativa para definir alguma tendência, não se tem observado crescimento na amplitude da variação sazonal do teor de sais que pareça ter sido provocada pela presença das barragens em operação.

A qualidade da água nas barragens de Mutuca reflete bem o tipo de solo da área de contribuição de cada uma. Barragens implantadas em Planossolos e solos Litólicos apresentam água mais salobra, ao contrário daquelas implantadas sobre solos aluviais.

Análise da qualidade da água – Têm sido avaliados, dentre outros parâmetros, a condutividade elétrica, o potencial hidrogeniônico (pH), o sódio, o cálcio, o magnésio, o potássio, cloretos, sulfatos e Relação de Adsorção de Sódio (RAS).

Uma consideração que foi feita sobre a qualidade físico-química é que a mesma varia muito, principalmente quando se compara o período seco e chuvoso, sendo pior no fim do período de estiagem. No período após o inverno, em virtude da renovação das águas decorrente da recarga, a salinidade atinge os níveis mínimos, o que indica melhores condições qualitativas para a irrigação.

A maioria das amostras das águas do aquífero aluvial (em cerca de 75% dos casos), como mostra a Figura 17, apresenta salinidades variando geralmente entre as classes C2 e C3, prestando-se para cultivos menos exigentes, com sólidos totais dissolvidos em 42% dos casos examinados entre 300 e 600 mg/l, o que se situa na faixa de água razoavelmente aceitável para o consumo humano. Por outro lado, o risco de sódio é relativamente baixo, ficando suas águas na categoria S1.

Nas amostras analisadas, para o período seco os índices de turbidez registrados encontram-se, em geral, muito acima dos valores recomendados nos diversos padrões de potabilidade. Os valores de pH estão dentro dos recomendados pela OMS, salvo em raros casos, quando apresentam valores mais elevados.

Pela classificação de Legam, as amostras de água dos reservatórios subterrâneos são consideradas duras (acima de 200 mg/L de CaCO_3).

Em relação aos valores de cloretos, em geral, as águas das barragens apresentaram valores acima do permitido pela OMS, porém, geralmente abaixo do estabelecido pelo Decreto Federal nº 79637 de 09/03/77, o que era de se esperar, pois a área em estudo esta inserida em uma bacia leiteira.

Com relação aos índices de ferro total, a maioria das amostras apresenta-se com valores acima do recomen-

dado pela OMS, porém abaixo do estabelecido pelo Decreto Federal.

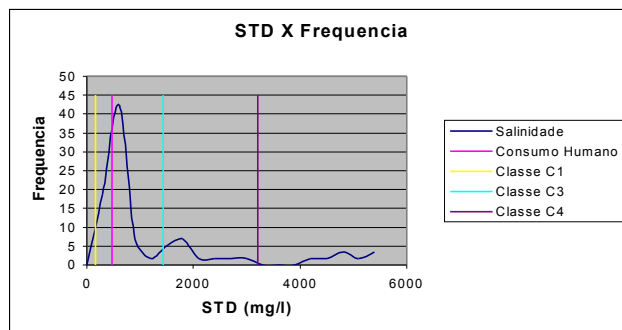


Figura 17 – Distribuição da freqüência dos sólidos totais nas amostras coletadas e padrões de consumo (a classe C1 coincide com a faixa de consumo humano).

As análises realizadas determinaram valores de nitrato (NO_3^-), em geral, dentro do permitido, enquanto que os valores das amostras de nitrito (NO_2^-), apresentaram-se acima do valor recomendado, o que mostra uma coerência com o perfil da área em estudo.

O valor máximo de fluoreto observado nas amostras de água coletadas foi em média de 0,25 mg/L, ou seja, índice bem menor do que os limites permitidos pelos diversos padrões de potabilidade. A OMS recomenda até 1,5 mg/L.

Já as análises microbiológicas indicam uma grande contaminação por bactérias do grupo coliformes, o que compromete a qualidade da água para abastecimento, exigindo a eliminação de tais bactérias. Isso se deve principalmente à circulação de animais na região das barragens. Assim, técnicas como a cloração são necessárias.

Alguns procedimentos básicos são recomendados para controlar o risco de salinização nas regiões onde esse risco existe potencialmente, em função do tipo de solo. Uma prática adequada é manter o nível da água no solo abaixo da superfície, fora da região mais afeta diretamente à evaporação da umidade do solo e conseqüentemente da maior concentração de sais. A não utilização da água é forma natural do crescimento do risco de salinização (o mesmo acontece na reservação de águas à superfície: muitos açudes no Nordeste têm apresentado crescimento na salinização, em função dos altos índices de evaporação).

Uma técnica interessante, tanto para controle da salinização como para recuperação de solos salinizados, é o plantio de variedades de atríplex (Figura 18). Essa planta, segundo estudos realizados pela EMBRAPA Semi-Árido e Universidade Federal Rural de Pernambuco, é capaz de extrair do solo cerca de 8 toneladas de sais por hectare por ano, quando implantada na área em espaçamentos de 5m.

A atriplex pode ser combinada com os cultivos tradicionais para o controle dos sais. Essa planta, por sinal, tem destino certo para alimentação animal.



Figura 18 - Cultivo de Atriplex Nummularia em área experimental da UFRPE e UFPE no Programa Xingó

Aspectos sociais e econômicos - Com base nos três casos estudados em maior detalhe: barragens de São Caetano, região de Mutuca e barragens do município de Ouricuri, evidenciam-se resultados distintos com algumas interfaces. O potencial de extrapolação de conclusões é restrito. No entanto, a experiência aponta para tendências importantes:

- Barragens subterrâneas em localidades que vivem em contexto de estagnação quase total da economia, como é o caso das localidades rurais de São Caetano, dificilmente terão impacto econômico transformador, no sentido de estimular novas atividades econômicas e gerar renda monetária, se não houver um trabalho complementar. Para se obter esse nível de impacto, outros fatores e recursos precisam estar presentes, como energia, capital de investimento e assistência técnica. É importante levar isso em consideração quando a localização da barragem for decidida, pois no caso de São Caetano e de todos os municípios be-

neficiados com a construção de barragens subterrâneas pelas frentes de emergência, o primeiro critério de locação foi a carência da região. Isso pode ser priorizado, se o objetivo da barragem for a segurança alimentar da população durante a seca, por exemplo. Mesmo para atender a esse objetivo, é necessário trabalho ativo junto à população, como o realizado em Ouricuri. No entanto, quando se visa impacto econômico no sentido de desenvolvimento da região é importante ter em mente a limitação da barragem por si só para este objetivo;

- A barragem subterrânea de maior porte, como as construídas na região de Mutuca, pode proporcionar projetos de pequena irrigação e gerar renda direta e indireta para os proprietários da terra e a comunidade. Foram claros os melhoramentos da produção agrícola, com proprietários colhendo até 4 safras contínuas em 12 meses. É importante aqui ressaltar a tradição e experiência no local para esse tipo de atividade, o que não ocorre, por exemplo, em São Caetano. Por outro lado, a dificuldade de escoamento da produção faz com que os preços de venda sejam muito baixos, inibindo a geração de renda, pela dificuldade de os agricultores comercializarem os seus produtos sem a presença do atravessador;
- O benefício da barragem subterrânea sobre a qualidade de vida da família, quando ocorre o devido estímulo como em Ouricuri, pode ser muito significativo, face ao aumento da quantidade, variedade e qualidade dos alimentos produzidos nas barragens. A geração de renda monetária sofre dos mesmos problemas já citados;
- A barragem subterrânea tem ainda uma função social importante na produção de alimento para os animais (capim) e no suprimento de água às atividades humanas. Quando a água é salobra, seu uso se inicia para as atividades de limpeza; contudo, quando secam as fontes de melhor qualidade, passa a saciar a sede das pessoas.

CUSTOS MÉDIOS DAS BARRAGENS E RECUPERAÇÃO DOS INVESTIMENTOS

Com base nas planilhas de custo da Secretaria de Agricultura de Pernambuco, durante a implantação das barragens em Mutuca e daquelas executadas pelas frentes de emergência, acrescendo-se os custos pelo acompanhamento dos técnicos da SECTMA-PE e dos pesquisadores da UFPE, e pelas informações obtidas do CAATINGA, foram levantados custos médios das barragens subterrâneas.

No caso particular de Mutuca, onde foram mais expressivos os ganhos com a implantação desse tipo de obra, foi feita análise do retorno dos investimentos. Desta forma, os valores se referem a custos médios estimados a

Tabela 1 – Benefícios avaliados e custos por barragem de Mutuca

Nº	Denominação	Benefício anual (R\$)				Custo (R\$)
		Economia de tempo	Produção Agrícola	Produção Animal	Total	EMATER
1	Fundão I - FI	-	-	-	-	6.825,00
2	Fundão II - FII	-	-	-	-	6.825,00
3	Cafundó I - CI	-	12.375,00	-	12.375,00	6.825,00
4	Cafundó II - CII	-	30.270,00	6.000,00	36.270,00	6.825,00
5	Cafundó III - CIII	-	-	-	-	6.825,00
6	Cafundó IV - CIV	-	-	-	-	6.825,00
7	João Vermelho – SJ	33,90	-	523,33	557,23	6.825,00
8	Jundiá-Faz. S. Clemente	-	-	2.400,00	2.400,00	6.825,00
9	Sítio Imbé - SI	1.287,00	-	7.520,00	8.807,00	6.825,00
10	Minador - SM	-	-	666,67	666,67	6.825,00
11	Conceição - SC	930,60	631,50	2.000,00	3.562,10	6.825,00
12	Mimoso I - MI	-	-	-	-	6.825,00
13	Mimoso II - MII	-	15.000,00	600,00	15.600,00	6.825,00
14	Mimoso III - MIII	-	6.600,00	5.183,33	11.783,33	6.825,00
15	Mimoso IV - MIV	-	15.360,00	-	15.360,00	6.825,00
16	Mimoso V - MV	-	-	1.516,67	1.516,67	6.825,00
17	Riacho do Salgado - RS	-	41.100,00	-	41.100,00	6.825,00
18	Travessão I - TI	396,00	882,40	243,33	1.521,73	6.825,00
19	Travessão II – TII	-	-	-	-	6.825,00
	Supervisão/apoio técnico					25.935,00
	Total	R\$ 2.647,50	R\$ 122.218,90	R\$ 26.653,33	R\$ 151.519,73	R\$ 155.610,00

partir de atualização de valores gastos anteriormente na execução desse tipo de obra no Estado, considerando no entanto os gastos com locação e acompanhamento da obra e do cultivo, bem como de trabalho junto à comunidade. Além disso, no caso de Mutuca, admitindo a implantação de um poço Amazonas de diâmetro em torno de 2,20m.

Avaliação Econômica das Barragens da Região de Mutuca

A Tabela 1 apresentada a seguir quantifica os benefícios avaliados pela presença de cada barragem e os custos médios de sua implementação. A Tabela 2 indica o retorno do capital investido de forma acumulada para as barragens da região de Mutuca, considerando os valores indicados na Tabela 1. O acompanhamento durante a construção e a intervenção posterior da equipe da UFPE

foram estimados como um incremento da ordem de 20% nos custos de execução.

A análise da rentabilidade econômica é aprofundada para as 19 barragens da área de Mutuca. Cabe inicialmente destacar que seis dessas barragens foram consideradas inativas, isto é, apresentam-se, em um ano de inverno normal, como não utilizadas. Mesmo assim foram incluídas na análise. A questão da inclusão ou não se prende a dois aspectos. O primeiro diz respeito à operacionalização do programa. O local das barragens nem sempre foi escolhido pelas comunidades envolvidas. Às vezes prevaleceram critérios técnicos, uma vez que se tratava de um projeto experimental. Acredita-se que, se a escolha fosse feita de comum acordo entre os técnicos e as comunidades envolvidas, a possibilidade de não utilização seria muito menor.

O resultado apresentado na Tabela 2 é notável. A relação Benefício / Custo apresenta-se praticamente igual a 1 já no primeiro ano. Isto é, apenas no primeiro ano de

utilização os benefícios já recuperam os custos, mesmo considerando que 31,6 % das barragens permaneceram inativas. Para a taxa de 12 % chega-se a 6,48 em 10 anos e 8,61 em 25 anos. Na medida que a taxa de desconto aumenta, os benefícios futuros diminuem, trazendo a taxa para baixo, no caso, 5,86 e 7,27, para uma taxa de 15% e 10 e 25 anos, respectivamente, e para 5,35 e 6,30, para uma taxa de 18% e horizontes de 10 e 25 anos. Em qualquer alternativa a relação benefício/custo é muito elevada, confirmando a elevada rentabilidade social da construção dessas barragens. Finalmente, se selecionados os locais com ampla participação dos envolvidos, as taxas seriam elevadas em pelo menos mais uns 25%. Como a análise se baseou em um ano quase normal do ponto de vista hidrológico, em que choveu na região 80% da precipitação média anual, e ainda que poderia haver alguma irrigação independente da presença do barramento subterrâneo, pode-se imaginar, por exemplo, uma situação limite em que os benefícios decorrentes da barragem fossem a metade dos apresentados na Tabela 1. Mesmo assim, pelo menos 90% do investimento voltaria no segundo ano, para as taxas de juros consideradas, e a relação benefício/custo seria de 4,31 ou 3,63 ou ainda 3,15 para as taxas de juros de 12, 15 e 18% respectivamente.

A conclusão inevitável é de que essa técnica, do ponto de vista sócio-econômico, é perfeitamente adequada às condições de semi-aridez do Nordeste do Brasil, podendo vir a se constituir em uma das melhores alternativas para melhorar a renda e as condições de vida de famílias de baixa renda da área.

Uma ressalva importante a ser feita diz respeito à recarga da barragem. Em se tratando de período longo de estiagem, naturalmente não haverá recarga suficiente para suprir de água, por exemplo, quatro plantios e colheitas consecutivos como ocorreu em uma das áreas abastecidas por barragem subterrânea. Assim, o benefício decorrente da construção da barragem será reduzido.

A Tabela 3 detalha os custos para uma barragem subterrânea de porte médio (profundidade da ordem de 4m e extensão do eixo em torno de 70m), a partir dos quantificadores levantados na pesquisa.

Evidentemente, estes custos podem ser sensivelmente reduzidos com a participação da mão de obra familiar, como tem ocorrido nas barragens construídas com a assessoria do CAATINGA. O custo médio de vinte barragens implantadas pela ONG entre 1996 e 1998 foi de R\$ 340,00. É importante se observar que a mão de obra familiar e o custo de assessoramento da instituição não estão computados nesse valor. Deve-se ressaltar ainda o peso do custo do poço amazonas, avaliado em R\$ 1,000,00 por unidade: as barragens implantadas pelo CAATINGA não tem poço e o septo impermeável é feito com solo compactado, sem a lona plástica.

Tabela 2 – Retorno do investimento das barragens de Mutuca para três taxas de juros

Período - (t) – anos	12%	15%	18%
0	0,97	0,97	0,97
1	1,84	1,82	1,80
5	4,48	4,24	4,02
10	6,48	5,86	5,35
15	7,61	6,67	5,93
20	8,25	7,07	6,19
25	8,61	7,27	6,30

CONCLUSÕES

Após a avaliação das 151 barragens implantadas em Pernambuco, com mais rigor de análise nos municípios de Ouricuri, São Caetano, Jataúba, Pesqueira e Belo Jardim (região de Mutuca) merecem ser destacados os seguintes aspectos:

- Como técnica de armazenamento de água, a barragem subterrânea é uma boa alternativa (ou complemento) aos tradicionais barreiros superficiais, muito expostos à elevada evaporação da região;
- Embora a barragem subterrânea seja uma obra de baixo custo, a sua construção deve atender aos cuidados para que a mesma possa atingir seus objetivos;
- Assim como nos aproveitamentos de água superficial, devem ser evitados os locais onde os solos têm potencial claramente salinizante. Embora se tenha conhecimento de redução do teor de sais pelo uso contínuo da água em barragens subterrâneas e recuperação do solo com plantas como atriplex, isso requer um manejo adequado, além do que se pode esperar de pequenos agricultores em geral;
- A exaustão periódica da barragem é inclusive uma condição desejada em solos mais propensos a salinizar as águas, como em parte da região de Mutuca; um cuidado complementar para evitar a salinização do solo é manter o lençol freático bem abaixo da superfície, de modo a evitar a retenção dos sais quando a água evapora. Esse é um cuidado que requer uma interação maior com os usuários, para a devida compreensão dos processos físicos e riscos envolvidos;

Tabela 3 – Avaliação global dos custos de uma barragem subterrânea média

				Valor	(R\$)
Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Unitário	Total
1.0	Estudos Preliminares				414,00
1.1	Visita técnica - Locação - Uma barragem/dia	dia	1,00	100,00	100,00
1.2	Sondagem com mão-de-obra local	dia	1,00	30,00	30,00
1.3	Custo de deslocamento (técnico do governo sediado na EBAPE mais próxima)	Km	200,00	0,67	134,00
1.4	Hospedagem e refeições	dia	2,00	50,00	100,00
1.5	Visita técnica - Treinamento da família	dia	1,00	50,00	50,00
2.0	Construção Manual				1.993,76
2.1	Escavação de vala, profundidade entre 2 e 4m	m ³	300,00	2,00	600,00
2.2	Colocação de lona plástica em polietileno	M ²	150,00	0,50	75,00
2.3	Fornecimento, carga, transporte e colocação de cascalhinho para a execução de poço amazonas	M ³	0,50	45,00	22,50
2.4	Tubo PVC - 100mm para drenos radiais	m	24,00	3,33	80,00
2.5	Construção de poço amazonas em tijolos de diâmetro de 2,50m	ud	1,00	1.000,00	1.000,00
2.6	Reaterro de vala	M ³	331,13	0,56	186,26
2.7	Enrocamento - utilizando material e mão-de-obra locais	m	50,00	0,60	30,00
3.0	Construção Mecanizada				2.818,76
3.1	Escavação de vala, profundidade até 4m	M ³	300,00	2,75	825,00
3.2	Colocação de lona plástica em polietileno	M ²	150,00	0,50	75,00
3.3	Fornecimento, carga, transporte e colocação de cascalhinho para a execução de poço amazonas	m ³	0,50	45,00	22,50
3.4	Tubo PVC - 100mm para drenos radiais	m	24,00	3,33	80,00
3.5	Construção de poço amazonas em tijolos de diâmetro de 2,50m	ud	1,00	1.000,00	1.000,00
3.6	Reaterro de vala	m ³	331,13	0,56	186,26
3.7	Enrocamento - utilizando material e mão-de-obra locais	m	50,00	0,60	30,00
3.8	Mobilização e desmobilização de equipamentos	vb	1,00	600,00	600,00
4.0	Acompanhamento técnico				550,00
4.1	Visita técnica de um agrônomo durante um ano da seguinte maneira: Nos três primeiros meses 6 vezes; nos três seguintes 03 vezes; e nos seis meses restantes 02 vezes.	Dia	11,00	50,00	550,00
				TOTAL MANUAL	2.957,76
				TOTAL MECANIZADA	3.782,76

- A qualidade das águas das barragens subterrâneas sofre uma total influência do tipo de solo em que estão localizadas. Barragens implantadas em Planossolos e solos Litólicos apresentam água mais salobra, ao contrário daquelas implantadas sobre Solos Aluviais;
- A barragem subterrânea mais usual aproveita bacias de captação pequenas, servindo assim para atendimento familiar (com exceção de complexos hidro-agrícolas como a Fazenda Pernambuco).
- As barragens subterrâneas de maior porte, como as construídas na região de Mutuca, podem proporcionar projetos de pequena irrigação e gerar renda direta e indireta para os proprietários da terra e a comunidade. No local, foram claros os melhoramentos da produção agrícola;
- As barragens subterrâneas parecem funcionar melhor para produção agrícola se houver uma tradição local de aproveitamento dos aluviões para agricultura, como na região de Mutuca, ou se houver um estímulo, como ocorreu em Ouricuri. Sem isso, ocorre a situação de São Caetano: a água é vista como uma reserva para necessidade mais extrema, nos períodos de seca, ou, se de pior qualidade, como suprimento para animais e usos de higiene; esses são usos importantes e necessários, porém insuficientes: a falta de recirculação da água aumenta o risco de salinização;
- Os poços com anéis de concreto não funcionam adequadamente para uso intensivo como irrigação, pois, pela baixa porosidade, a vazão é baixa. Assim, o poço de alvenaria furada, de maior diâmetro, é mais indicado;
- As barragens subterrâneas não têm função de regularização plurianual, ou seja, sua capacidade de armazenamento é insuficiente para guardar água de um ano para outro, exceto se o uso for baixo (só para consumo humano) e o aluvião for profundo. Há, no entanto, uma regularização intra-anual, o que possibilita o uso da água nos meses secos do ano, possibilitando por exemplo a obtenção de diversas safras como em Mutuca;
- O fator humano é essencial para o sucesso das barragens subterrâneas: se não houver um trabalho junto à comunidade para que a mesma desperte quanto ao potencial da técnica e se aproprie de fato da obra, assumindo-a como sua posse e não como algo do governo, a manutenção e produção não ocorrem. Além disso, o auxílio técnico para a diversidade da produção é essencial, como ocorre em Ouricuri, visto que a tendência é produzir as culturas de sempre: milho, feijão e mandioca, reduzindo a segurança alimentar do ponto de vista qualitativo;
- Em lugares onde houver bom potencial de produção, como Mutuca, é importante um trabalho de organiza-

ção cooperativa, para aumentar o valor de venda da produção;

- A construção desse tipo de obra por frentes emergenciais de trabalho, apesar de as frentes serem por si só algo que só denigre a região (um pacto de mediocridade: o governo finge que paga, as pessoas fingem que trabalham) é sempre uma alternativa melhor do que os trabalhos usuais. A seleção pelos conselhos municipais em média dá resultados razoáveis, apesar do poder político local infiltrado. No entanto, é essencial o trabalho complementar de técnicos, na avaliação do local proposto, considerando agora o mapa de solos existente e as condições do terreno, no acompanhamento da construção, no treinamento dos futuros usuários e no auxílio ao plantio;
- A técnica pode ser perfeitamente estendida a outras regiões do Nordeste brasileiro, visto que as condições de solo e clima são similares. Da mesma forma, pode ser aplicada em outros lugares do mundo semi-árido em condições equivalentes. É importante lembrar que é necessária a presença de leito rochoso a baixa profundidade, para funcionar como elemento de impermeabilização, fechando o pacote sedimentar;
- A barragem subterrânea tem uma função social muito importante na produção de alimento para os animais e no suprimento de água às atividades humanas. Quando a água é salobra, seu uso se inicia para as atividades de limpeza; contudo, quando secam as fontes de melhor qualidade, passa a saciar a sede das pessoas.

Todo o estudo trouxe a certeza de que existem maneiras possíveis de convivência e atenuação dos efeitos da seca, através tanto da implantação de projetos adequados por parte dos órgãos de apoio, quanto da organização de agricultores na procura de atitudes antecipadas ao período de seca.

As deduções aqui expostas não indicam necessariamente a posição das instituições às quais estão ligados os autores, sendo fruto principalmente das suas experiências pessoais como técnicos envolvidos com a questão.

AGRADECIMENTOS

Ao Banco Mundial, por meio do Bank-Netherlands Water Partnership Program - BNWPP, e mais recentemente ao CNPq/CTHIDRO, pelo suporte financeiro à execução da pesquisa da qual resultou este artigo.

Às pessoas que compõem as ONGs CAATINGA, AS-PTA e Diaconia, pela presteza e cordialidade com que informaram e acompanharam os técnicos da equipe que desenvolveu este trabalho.

Ao Prof. Yony Sampaio, do Depto de Economia da UFPE, aos professores Suzana Montenegro, do GRH-UFPE e Abelardo Montenegro, da UFRPE, por sua coo-

peração ou fornecimento de informações em muitas fases da pesquisa. Ao Eng. Severino Lopes e a todos os estudantes de iniciação científica da UFPE que participaram do levantamento e análise de dados.

REFERÊNCIAS

- AGRA, M. C. M. (1998). Um sistema de informações geográficas como instrumento do planejamento e tomada de decisão em recursos hídricos, Monografia, Curso de Especialização em Engenharia Cartográfica, UFPE, Recife, PE.
- COSTA, W. D. (1984). Aquíferos aluviais como suporte agropecuário no nordeste. Anais do 3º Congr. Bras. de Águas Subterrâneas, V.1, 431/440 - Fortaleza-CE
- COSTA, WALDIR D. & COSTA, WALTER D. (1998). Presa subterrânea: uma opção para el semiarido. Anais do 4º Congresso Latinoamericano de Hidrologia Subterrânea., pp. 543-553 MONTIVIDEU-URUGUAI
- COSTA, W. D., CIRILO, J. A., ABREU, H. F. G. e COSTA, M. R. (2000). O aparente insucesso das barragens subterrâneas no Estado de Pernambuco. In: 1º Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. -ABAS/ALSHUD/IAH, Fortaleza-CE, Anais em CD.
- GNADLINGER, J. (2000). Rainwater Harvesting in Rural Areas, IRPPA, Juazeiro, BA.
- MELO, P. G., COSTA, WALDIR D., COSTA, WALTER D. e PESSOA, R. J. R. (1982). Barragem subterrânea: obtenção de água a baixo custo. Revista Agropecuária Tropical, n.25, Recife-PE
- SILVA, A. S. & PORTO, E. R. (1982). Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do trópico semi-árido do Brasil, Petrolina, CPTASA-EMBRAPA Documento nº 14.
- TIGRE, C. B. (1949). Barragens subterrâneas e submersas como meio rápido e econômico de armazenamento d'água. Anais do Instituto Nordeste, 13-29.
- SECTMA – Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco (1998), PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS, Recife – PE.

NGOs, different levels of community participation). After this initial evaluation, a smaller sample of 50 dams was selected for more detailed research in field, both of the technical and socioeconomic aspects. The causes of success and failure, care to be taken and the perspectives for the adoption of that type of structure are discussed in this article.

Key Words: Rural communities; semi-arid; sub-surface dams

Solutions to Supply Water to Diffuse Rural Communities in the Brazilian Semi-Arid: Evaluation of Subsurface Dams

ABSTRACT

This study deals with the research results developed on the construction and use of subsurface dams in Northeastern Brazil, mainly in the State of Pernambuco, where there is a greater number of such structures. Based on the identification of 500 dams that had already been built, 151 were selected for a first analysis, distributed throughout areas with different characteristics and implanted under distinct conditions (government decision, research objectives, action of