



Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva

De 28 de setembro a 01 de outubro de 2009

LOCAL: FAFICA - Caruaru – PE



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



MODELO CONCEITUAL DO PROGRAMA CISTERNAS RURAIS: uma análise em Sergipe

Maria José dos Santos¹; Bernardo Barbosa da Silva²

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar a matriz conceitual de captação de água de chuva adotada pelo Programa Um Milhão de Cisternas Rurais executado no Semi-árido brasileiro. O modelo tecnológico adotado é a cisterna de placas pré-moldadas com capacidade para 16 m³ e o conceitual é a articulação em rede para execução das ações de forma participativa. Conclui-se que o volume máximo armazenado não é suficiente para o atendimento das necessidades básicas de uma família de cinco pessoas em estiagens prolongadas. Todavia, é uma experiência importante, não apenas pelo estoque de água para os períodos das secas, mas por estimular o processo de organização, mobilização social e de formação para a gestão de recursos hídricos.

Palavras-chave: captação de água de chuva, semi-árido, gestão participativa.

1. Química e pesquisadora da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Doutoranda em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Bolsista Internacional da Fundação Ford. Rua Rodrigues Alves, 1440, Cond. Sebastião Severo, Ap. 204D, Bela Vista, Campina Grande/PB, 58.428.795. E-mail: aquatunem@yahoo.com.br.

2. Meteorologista, Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba, PhD. Universidade do Arizona, Estados Unidos, Prof.da UFCG e vice-presidente da SBMET. E-mail: bernardo@dca.edu.br.

INTRODUÇÃO

As tecnologias de captação e manejo de água de chuva surgiram de maneiras diversas e independentes em muitas regiões do mundo e têm sido uma técnica de uso comum, notadamente nas áreas áridas e semi-áridas, onde as chuvas, além de irregulares, ocorrem por poucos meses. O fenômeno natural da seca, dramatizada por períodos de estiagem que ocorrem há séculos, torna os sistemas produtivos vulneráveis. Mesmo assim, o período chuvoso desta região permite a utilização de diferentes alternativas tecnológicas desenvolvidas e/ou adaptadas às condições do Semi-árido brasileiro, entre as quais as cisternas rurais, uma das principais formas de abastecimento da população, por meio da captação e armazenamento da água de chuva.

Diante desse cenário a Articulação do Semi-Árido (ASA) elaborou o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: Um Milhão de Cisternas Rurais - P1MC, que é formado por seis componentes principais: mobilização, controle social, capacitação, comunicação, fortalecimento institucional da sociedade civil e a construção de cisternas. Esta proposta é apresentada pela ASA como uma política específica para a região semi-árida brasileira configurando-a não apenas em termos de uma única estratégia ou de políticas compensatórias, mas como um sistema que abrange vários aspectos, entre os quais, a aplicação de tecnologias que possibilitem maximizar o aproveitamento das chuvas.

Este estudo tem por objetivo revisitar modelos de cisternas de captação de água de chuva e analisar a matriz conceitual do modelo proposto pelo Programa de Formação e Mobilização Rural para a Convivência com o Semi-Árido - Um Milhão de Cisternas Rurais.

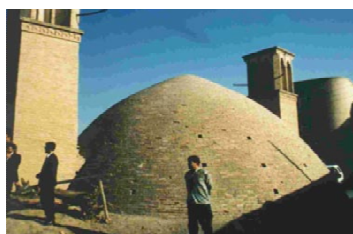
ALGUNS MODELOS DE CISTERNAS

A utilização da água de chuva pelo homem para a produção de alimentos, criação de animais e até mesmo consumo humano acontece há milhares de anos. Na Índia, um projeto de pesquisa denominado Sabedoria prestes a desaparecer (Dying Wisdom) enumera muitas experiências tradicionais de colheita de água de chuva nas 15 diferentes zonas ambientais do país (GNADLINGER, 2000). O mesmo autor afirma que no Irã se

encontram os Abanbars (Figura 1A), o tradicional sistema de captação de água de chuva comunitário.

Por sua vez, os povos Astecas e Mayas, da Península de Yucatán, hoje México, utilizavam técnicas pré-colombianas tradicionais de colheita e práticas de agricultura, que tinham por base o aproveitamento de água de chuva. As cisternas eram denominadas de Chultuns (Figura 1B), escavadas na própria rocha calcárea nas encostas das montanhas e construídas com revestimento impermeável (GNADLINGER, 2000).

Os modelos de cisternas que, segundo GNADLINGER (2000), também podem ser utilizados no Semi-Árido brasileiro são a cisterna de concreto com tela de arame, a cisterna de placas de cimento e a cisterna enterrada, que é construída de tijolos e argamassa de cal (Figura 2A). Esta cisterna fica praticamente enterrada e utiliza técnica semelhante a já conhecida pelos agricultores para construir fornos para produzir carvão.



1A



1B

Figura 1. Sistemas de armazenamento de água: Abanbars no Irã (A) e Chultuns no México (B). Fonte: Gnadlinger (2000).



2A



2B

Figura 2. Cisternas enterráveis: cisterna enterrada de tijolo e cal -2A (GNADLINGER, 2000) e cisterna de polietileno enterrável -2B (CACUPÉ, 2003).

Uma das suas vantagens é que, exceto o cimento, o restante do material necessário para construção pode ser encontrado na propriedade, podendo ser fabricada pelo próprio agricultor.

Existe ainda um novo modelo de cisterna enterrável (Figura 2B), feita em polietileno, com grande resistência e baixo peso. O modelo para 5 mil litros pesa apenas 230 quilos e pode ser assentado diretamente no solo (CACUPÉ, 2003).

No Brasil, o P1MC adota a cisterna cilíndrica de placas de cimento pré-moldadas com capacidade de armazenar 16 mil litros de água como modelo tecnológico. Este Programa tem como meta atender a 1.000.000 famílias rurais do Semi-Árido brasileiro, juntamente com a mobilização social e educação ambiental da população.

O MODELO CONCEITUAL DO PROGRAMA CISTERNAS RURAIS

O P1MC surgiu durante a 3ª Conferência das Partes da Convenção contra a Desertificação e a Seca (COP3), em 1999, na cidade de Recife, resultando do debate acerca da convivência com o Semi-Árido que conferiu visibilidade às questões da região e mobilizou setores da sociedade civil. Nesta oportunidade foi elaborada, também, a estratégia de ação política dos movimentos sociais da região Nordeste sob a tutela da Articulação do Semi-árido (ASA), com o objetivo de fortalecer o Programa de Convivência com o Semi-Árido.

Nesse contexto, foi assinado Convênio Nº 0019/2001 entre a Articulação do Semi-Árido e o Ministério do Meio Ambiente, com objetivo principal de elaborar um programa voltado para o Semi-Árido, que tivesse uma ótica afetivamente participativa, envolvendo um número significativo de atores de forma que estes se sentissem co-responsáveis pelo processo. A principal premissa desta ação é o estabelecimento da convivência menos conflitante da população desta área com a sua realidade climática (DIACONIA/ASA, 2005).

Dado o caráter inovador do P1MC, a Articulação do Semi-Árido desenhou uma proposta de arquitetura institucional, modelo conceitual, metodológico e gerencial ajustado às exigências de um processo participativo. Foi elaborada uma configuração conceitual específica considerando que a sua concepção, processo de preparação e gerenciamento foi fundamentado em ampla mobilização e envolvimento de representantes da sociedade civil significando que os exemplos tanto governamentais como não-governamentais existentes, seriam insuficientes para cumprir os objetivos a que se propôs.

As concepções básicas para a elaboração da matriz conceitual do P1MC têm como ponto de partida o caráter transitório da sua ação. Por conseguinte, esta deve incentivar

a criação e/ou apoiar o surgimento de grupos de base que sejam instrumentos da organização das pessoas, investindo na sua formação.

Os princípios e ações do P1MC foram concebidos com base nos seguintes pilares: *gestão compartilhada/descentralização; mobilização social/educação-cidadã; direito social; desenvolvimento sustentável; transitoriedade* (ASA, 2006).

O P1MC abrange os estados da região Nordeste onde o clima semi-árido se apresenta com maior intensidade e, conseqüentemente, necessitam de ações estruturantes para enfrentar os efeitos das secas que são: Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba, Ceará e Piauí, e mais, o Norte do Estado de Minas Gerais e Nordeste do Espírito Santo (ASA, 2006).

A estrutura de gestão e execução está representada na Figura 3 trazendo os principais componentes da rede de articulação formada. O modelo espacial de articulação elaborado origina-se no município e congrega as microrregiões operacionais. O conjunto destas microrregiões se somaria no espaço de um estado da Federação e o conjunto dos estados constituiria a totalidade do projeto. Cada um destes níveis tem funções de decisão e tarefas de execução.

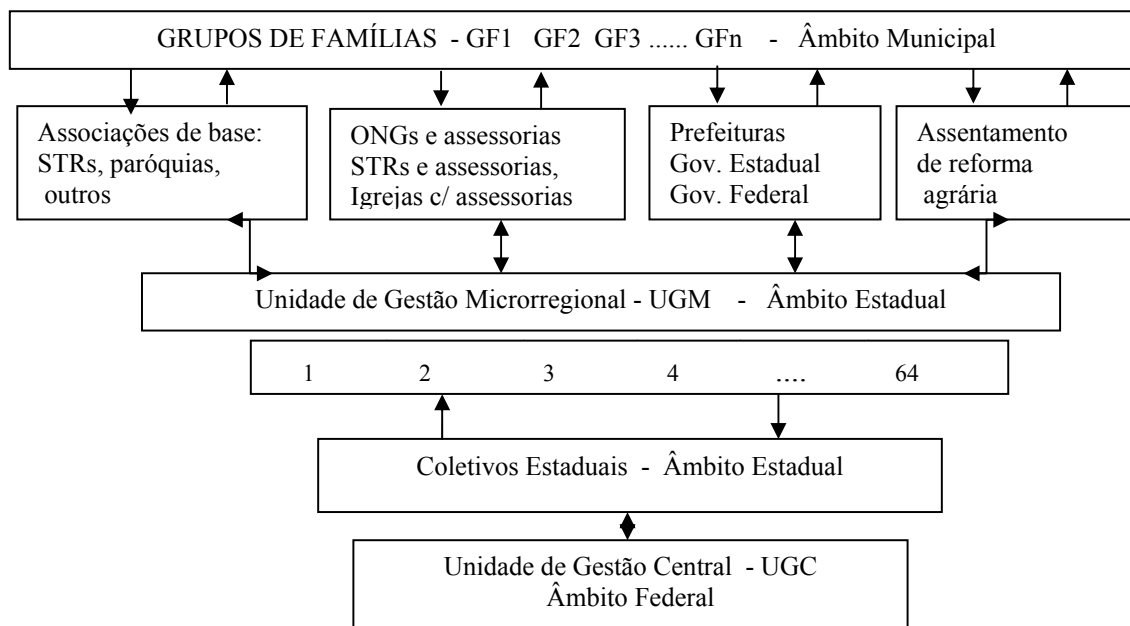


Figura 3. Estrutura de Gestão Política e Administrativa do P1MC. Fonte: ASA, 2003.

Complementando o paradigma conceitual, o P1MC estabelece como principais objetivos contribuir, por meio de um processo educativo, para a transformação social, visando o acesso, o gerenciamento, à valorização da água como um direito essencial à vida e da cidadania, acoplando outras ações de políticas públicas, tais como, quebra do

monopólio do acesso à água, à terra e outros meios de produção e de preservação; uso sustentável e recomposição ambiental dos recursos naturais do Semi-árido para atendimento às necessidades básicas da população.

Os fundamentos estabelecidos pelo Programa são: i) contribuir para a implementação de políticas públicas focadas na mitigação dos efeitos da seca e na identificação de modelos de desenvolvimento sustentável; ii) ofertar alternativas tecnológicas para o aproveitamento das águas de chuva; iii) desenvolver e disponibilizar técnicas e métodos de dimensionamento, construção e manejo de sistemas de abastecimento d'água de chuva; e iv) desenvolver um processo educativo e de mobilização social, visando ampliar a compreensão e a prática de convivência sustentável com o Semi-Árido. Assim como, capacitar técnicos, pedreiros e mestres-de-obras das instituições e famílias a serem beneficiadas pelo Programa e gestores para utilizar recursos públicos, dentro da perspectiva colocada pelo P1MC.

O treinamento em gestão de projetos voltados às organizações de base comunitária objetiva fortalecer o seu entendimento a respeito dos processos que permeiam as suas diversas fases: elaboração, negociação e execução, de modo a facilitar a participação e o pleno envolvimento com o P1MC. Considerando que as Unidades Gestoras são responsáveis por essa habilitação, serão necessários treinamentos específicos para cumprir tal responsabilidade. A capacidade operativa previu a implantação de 64 Unidades Gestoras (UGs), distribuídas por microrregiões do Semi-Árido. Cada instância operacional exerce a função de captação e alocação de recursos em nível federal, estadual, municipal, da contrapartida das famílias e de financiadores externos a exemplo de órgãos de cooperação internacional.

Os principais participantes do Programa são: a “Articulação no Semi-Árido Brasileiro - ASA” que é o espaço de articulação política regional da sociedade civil organizada que congrega em torno de 800 entidades, na sua maioria de organizações de base comunitária e instituições governamentais federais. O Programa conta com o financiamento e a parceria de organismos nacionais e internacionais, entre os quais estão: Ministério do Meio Ambiente, Ministério do Desenvolvimento Agrário, o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, Federação Brasileira de Associação dos Bancos – FEBRABAN, Conferência dos Bispos do Brasil, Comunidade Solidária, Cáritas e Pastoral da Criança, Banco Mundial - BIRD, UNICEF, OXFAM-BLF. Todos os

financiadores e envolvidos podem monitorar a execução do Programa através do SIGA-programa que consolida todos os dados desde a seleção das famílias até a conclusão da construção das cisternas.

Dimensionamento do Modelo Tecnológico Adotado pelo P1MC

De acordo com a ASA (2006), as primeiras cisternas construídas de placas pré-moldadas de forma cilíndrica na região semi-árida surgiram no município de Simão Dias, no Estado de Sergipe, idealizadas e construídas por Manoel Apolônio de Carvalho, conhecido por Nel. Estas foram construídas com o apoio do Centro Comunitário de Serviços de Pintadas da Bahia, do Movimento de Organização Comunitária (MOC), do Centro de Assessoria e Apoio aos Trabalhadores e Instituições Não-Governamentais Alternativas (CAATINGA) e do Centro de Pesquisa Tecnológica do Semi-Árido (ASA, 2006).

Entre os tipos diferentes de cisternas usados na tentativa de resolver o problema do fornecimento de água nas áreas rurais do Nordeste, a cisterna cilíndrica de placas de cimento pré-moldadas com capacidade máxima de 16 mil litros foi o modelo tecnológico escolhido pelo P1MC (Figura 4).



Figura 4. Cisternas de placas pré-moldadas, modelo P1MC. Fonte: Pesquisa de campo, 2008

Segundo o P1MC, uma cisterna desse tipo raramente vaza, e se isso acontecer, poderá ser facilmente consertada. É igualmente adequada também para pequenos e grandes programas de construção de tanques de armazenamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo: município de Tobias Barreto/Sergipe

O município de Tobias Barreto está localizado na região centro sul do Estado de Sergipe, mesorregião do Agreste Sergipano e microrregião geográfica de Tobias

Barreto. Dista 127 km de Aracaju e possui 1.119,11 km² de extensão e 47.265 habitantes (IBGE, 2005). A escolha do município de Tobias Barreto vai além do fato de estar inserido na região semi-árida do Estado de Sergipe, este faz parte do Programa PIMC desde o início da sua execução, ainda no plano piloto, ocorrido no ano 2000. Possui precipitação anual média de 763 mm e clima tipo megatérmico semi-árido de transição para seco e sub-úmido, com temperatura média anual de 24,2°C (PINTO, 1999).

A Figura 5A apresenta a localização geográfica do Estado de Sergipe no Nordeste no Brasil e a Figura 5B mostra a delimitação da região semi-árida do Estado de Sergipe com o município de Tobias Barreto em destaque.

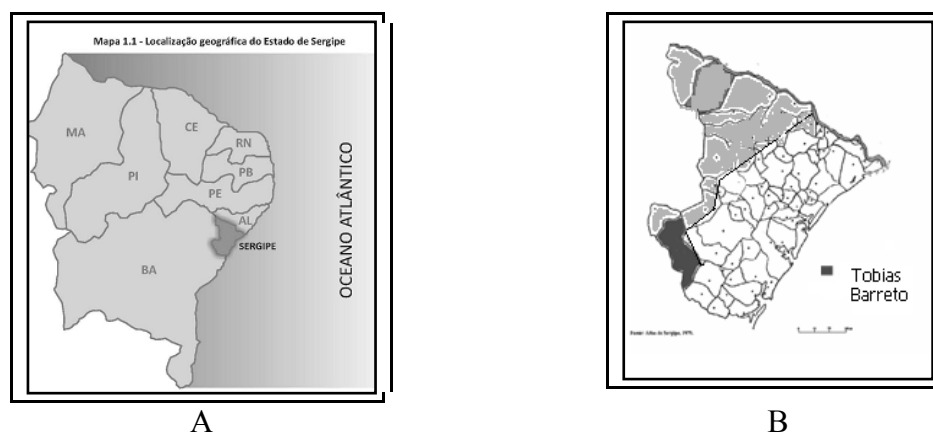


Figura 5. (A) Localização de Sergipe na Região Nordeste, (B) Região Semi-árida de Sergipe com Tobias Barreto em destaque. Fonte: SERGIPE (2009).

A Formação do PIMC em Tobias Barreto segue as diretrizes estabelecidas pela ASA, a Comissão Municipal é constituída por 15 representantes de organizações sociais representativas das comunidades. Segundo os critérios estabelecidos pela Articulação, foram selecionadas as comunidades: Caraíbas, Caripau, Curtume, Macacos e Mocambo, nas quais foram criadas três comissões, cada uma delas com três membros da própria comunidade, ficando um deles, geralmente o presidente da associação comunitária, como o responsável pelo acompanhamento das atividades relacionadas com a construção das cisternas (SANTOS, 2006).

Foram utilizados os seguintes instrumentos de coleta: observação direta dos sistemas de captação, contatos técnicos junto às Unidades Gestoras do PIMC em Sergipe para coleta dos dados primários, aplicação de questionários e entrevistas semi-estruturadas aos os chefes das famílias beneficiárias, pesquisa bibliográfica, documental, acessos por meio eletrônico para obtenção dos dados secundários.

Das comunidades atendidas pelo P1MC em Tobias Barreto foi escolhido o povoado Mocambo para a coleta dos dados necessários à análise dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Articulação do Semi-Árido em consonância com as instituições parceiras e de financiamento, estabeleceram metas e cronograma de execução (Tabela 1). A meta inicial estabelecida foi construir, ao longo de cinco anos, um milhão de cisternas beneficiando famílias de pequenos agricultores pobres, levando-os a ter uma nova visão sobre o Semi-árido e a conviver com maior harmonia com a região.

O Quadro 2 apresenta os resultados consolidados obtidos pelo Programa P1MC, durante o período de 2000 a 2008 e demonstra que da meta física total almejada pelo Programa, foi atingido, até o presente, 23,58%, que equivalem a 235.860 cisternas em toda área.

Quadro 2. Resultados até 21 de Novembro de 2008.

AÇÃO	NÚMEROS ALCANÇADOS
Cisternas construídas	235.860
Famílias Mobilizadas	249.632
Famílias capacitadas em Gerenciamento de Recursos Hídricos	228.687
Pedreiros executores capacitados	5.706
Municípios atendidos	1.031

Fonte: ASA (2008).

Para discussão e análise do P1MC no Estado de Sergipe foram utilizados os dados obtidos por meio da aplicação dos questionários e realização de entrevistas a 31 chefes de família, do universo de 64 famílias atendidas até 2008, no povoado Mocambo.

Em referência à percepção da população relativamente ao P1MC e ao seu modelo tecnológico obtiveram-se os seguintes resultados: quando inquiridos sobre a importância do Programa observa-se que 90,32% o perceberam como muito importante para o estabelecimento da convivência com a estação seca, considerando-o como uma ação básica estruturante. A maioria dos entrevistados, 74,19%, também considerou a captação da água de chuva muito importante e que a qualidade de vida deverá melhorar porque gerou a expectativa de que a água armazenada será suficiente para o suprimento de água durante o período de estiagem. 96,77% dos entrevistados demonstraram satisfação com a utilização dos sistemas de captação de água, assim como com as ações desenvolvidas pelo P1MC.

A elaboração do modelo conceitual do P1MC tem por base as inúmeras experiências bem-sucedidas de captação e armazenamento de água de chuva, em

cisternas, e surge de um quadro de transição das políticas públicas remetendo a um modelo cujos contornos ainda estão em construção. Consideram, também, as várias dimensões dos atores locais, regionais e o envolvimento das famílias na sua execução, manutenção e, teoricamente, monitoramento do Programa.

A Tabela 1 apresenta os resultados sobre gestão participativa e aspectos conceituais do modelo elaboração para o P1MC.

Tabela 1. Aspectos Conceituais do P1MC Mocambo/SE

Questão	Beneficiários				
GESTÃO PARTICIPATIVA					
Resposta	Quantidade	%	Resposta	Quantidade	%
1.Você classifica o Programa Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) como?					
Muito importante	28	90,32	Importante	3	9,68
Pouco importante	0	-			
2.Qual grau de importância você confere ao aproveitamento de água de chuva?					
Sim	28	90,32	Possivelmente	3	
3.O P1MC pode minimizar os problemas resultantes da seca?					
Sim	28	90,32	Possivelmente	3	
4-A qualidade de vida vai melhorar com o uso da cisterna?					
Sim	23	74,19	Não	0	
Talvez	8	25,81			
5. Você e sua família estão satisfeitos com o funcionamento da cisterna					
Sim	30	96,77	Não	1	3,23
6.Você entendeu o conceito de gestão participativa?					
Sim	5	16,13	Não	26	83,87
2.Quais os objetivos do P1MC que você conhece?					
Acesso e valorização da água	9	29,03	Promoção da cidadania	0	-
Convivência com o Semi-árido	2	6,45	Nenhum	21	67,74
Transformação social	2	6,45			
3 Quais os princípios do P1MC que você conhece?					
Gestão compartilhada	0	-	Descentralização	0	-
Educação cidadã	1	3,23	Mobilização social	1	3,23
Direito social à água	7	22,58	Nenhum	23	74,19
Desenvolvimento sustentável	5	16,13			
4. Você sabe quais são as responsabilidades da ASA na execução do P1MC?					
Sim	8	25,81	Não	23	74,19
5.Você sabe quais são as responsabilidades das associações/cooperativas junto ao P1MC?					
Sim	11	35,48	Não	20	64,52
6.Você sabe quais são as suas responsabilidades junto ao P1MC?					
Sim	31	100	Não	0	-
7.Você sabe quem financia o P1MC?					
Sim	4	12,90	Não	27	87,10
8.Você considera a técnica e o manual de captação da água de chuva:					
De fácil entendimento	27	87,10	De difícil entendimento	4	12,90
9. A família participou da construção da cisterna?					
Sim	27	87,10	Não	4	12,90
10. Qual a classificação que você confere ao treinamento/capacitação?					
Ótimo	1	3,23	Bom	16	51,61
Regular	14	45,16	Ruim	0	-

Fonte: pesquisa de campo (2008).

Analisando o sistema em estudo, se observa que 83,87% da população que respondeu aos questionários, desconheciam o conceito de gestão participativa, enquanto 67,74% e 74,19% não conheciam, respectivamente, nenhum dos objetivos e princípios do Programa.

As variáveis referentes ao conhecimento das responsabilidades dos segmentos envolvidos no processo, parte importante do processo participativo, tiveram resultados bastante preocupantes quanto à ciência das responsabilidades das instituições executoras. A maioria dos entrevistados desconhecia as atribuições da ASA, 74,19% e 64,52% não tinham noção das responsabilidades das entidades que os representam. Porém, ressalta-se que 100% dos entrevistados declararam conhecer as suas responsabilidades no processo, apesar das dificuldades em relatá-las além dos cuidados com a cisterna. Nesse aspecto em 87,10% das respostas a tecnologia de captação de água de chuva foi considerada de fácil entendimento e 51,61% do público classificaram o curso de capacitação como bom e 45,16% o conferiram grau regular. Estes dados servem de base para as conclusões apresentadas no item a seguir.

CONCLUSÕES

A concepção inovadora e os objetivos do P1MC buscam a construção de uma nova visão da região, considerando a sustentabilidade e o protagonismo dos atores sociais locais como o eixo e finalidade de suas ações, a partir da construção de cisternas rurais para as famílias mais pobres do sertão. Nesse sentido o Programa possui uma especialização expressiva, pois atende um grande número de municípios em todos os estados abrangidos pela região Semi-árida brasileira.

O fortalecimento da cidadania, o estímulo à auto-estima da população do Semi-Árido são os pressupostos do P1MC, e pretende situar a comunidade criticamente no contexto sociopolítico, ambiental, histórico e cultural por meio da prática da co-responsabilidade e da operacionalização do mecanismo de aprender-fazendo.

O volume de 16 mil litros de água armazenado nas cisternas permite o consumo diário de 13 litros por pessoa e, segundo a ASA, devem ser utilizados exclusivamente para beber, cozinhar, lavar as mãos e utensílios domésticos de uso imediato. Caso o período de estiagem se estenda por 6 a 8 meses, o dimensionamento das cisternas é insuficiente para o atendimento das necessidades básicas de uma família de cinco pessoas, conforme recomendação da Organização Mundial de Saúde, que estabelece o

mínimo de 50 L/hab/dia de água potável, atentando, também, para o fato de que existem outros usos da água para higiene, por exemplo, que são absolutamente necessários tendo em vista que a essencialidade do acesso à água deve ir além da simples sobrevivência.

A política de parcerias estabelecida pelo P1MC não garante uma possível retirada do Estado, arriscando a abrangência e a continuidade do Programa, além disto, parece ser a própria presença deste que atrai outras parcerias, sem a qual estas não estariam dispostas a investir no Programa.

Ainda assim, a captação e o armazenamento da água da chuva é uma experiência válida, pelo estoque de água armazenada, ainda que insuficiente e por introduzir um processo de organização, mobilização e formação para a gestão de recursos hídricos e a viabilidade da convivência com o Semi-Árido.

Recomenda-se, além da determinação de metas de desempenho, a definição de indicadores de sustentabilidade a serem integrados ao sistema de avaliação e monitoramento do Programa, um elemento estratégico essencial à maximização dos resultados positivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTICULAÇÃO DO SEMI-ÁRIDO/ASA. Programa de Formação e Mobilização Social Um Milhão de Cisternas Rurais: resultados. <<http://www.asabrasil.org.br>. Acessado em fev/2008.

ARTICULAÇÃO DO SEMI-ÁRIDO/ASA. FEBRABAN. <<http://www.asabrasil.org.br>. Acessado em jun/2006.

ARTICULAÇÃO DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO. ANEXO II do Acordo de Cooperação Técnica e Financeira FEBRABAN e AP1MC. Recife, 2003. 48 p. il.

CACUPÉ METALÚRGICA. Instruções para instalação. Disponível em: <http://www.bellacalha.com.br/index_bra.html>. Acesso em: 12 jun. 2003.

DIACONIA/ASA. Programa de Formação e Mobilização para a Convivência com o Semi-Árido. Um milhão de cisternas rurais. Disponível em: <<http://www.diaconia.org.br>>. Acesso em 15 maio/ 2005.

FRANCA, Dalvino Troccoli. Plano de convivência com a seca: abastecimento da população rural difusa no Semi-Árido do Nordeste do Brasil. Eleventh International Conference on Rain Water Catchment Systems. Abstracts. Texcoco, Mexico. August 2003. 83 p.

GNADLINGER, J. Colheita de água da chuva em áreas rurais. FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA.2., Haia, Holanda. Anais.. Haia, Holanda, 2000.

LOPES, P. R. C. Alternativas de manejo de solo e água para o semi-árido brasileiro. Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Juazeiro, 2003. Disponível em CD Room.

PINTO, J. E. S. de S. Os reflexos da seca no Estado de Sergipe. São Cristóvão: NPGE/UFS, 1999. 179 p. il.

SANTOS, Daisy Maria dos. A poeira, as pedras e a água: o P1MC em Tobias Barreto (SE). Dissertação de Mestrado. PRODEMA/UFS. Aracaju, 2005. 113 p. il.

SERGIPE. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. Estado de Sergipe: caracterização do território. <<http://www.se.gov.br>>. Acessado em 22/04/2009.



Simpósio
Brasileiro
de Exploração
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



UTILIZAÇÃO DO GPR PARA LOCAÇÃO DE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO.

Alexandre de Oliveira Lima¹; Anderson de Medeiros Souza¹; José Antonio Beltrão Sabadia²; Albert Casas³ & Francisco Pinheiro Lima-Filho⁴

RESUMO - Este trabalho tem como objetivo avaliar o uso do GPR para locação de barragens subterrâneas em aluviões existentes em drenagens situadas na região semi-árida brasileira. Os testes iniciais consistiram do levantamento de perfis GPR, perpendiculares ao canal fluvial, com o objetivo de imagear o aluvião e seu contato com as rochas do embasamento cristalino. Foram escolhidos três municípios situados nos polígonos das secas, sendo dois no Rio Grande do Norte (Parelhas e Pedro Avelino) e um no Ceará (Tamboril). Os critérios utilizados para seleção dos municípios foram: existência de locais para construção de barragens subterrâneas (aluviões com pacote sedimentar aquífero); existência de programas de construção de barragens subterrâneas em andamento no município e que as condições ambientais locais representassem bem o contexto geral encontrado na grande parte dos municípios do semi-árido brasileiro. Nas perfilagens foi utilizado o equipamento o GPR Sir 3000 (GSSI) com as antenas de 200 Mhz e 400 Mhz. Verificou-se que o GPR se mostrou eficiente no imageamento da interface entre os sedimentos aluvionares e o embasamento cristalino, nas condições estudadas. Assim, a metodologia proposta se mostrou eficaz podendo ser recomendada para ser testada em larga escala.

Palavras chaves: barragem subterrânea, *sand storage dam*; *underground dam*; GPR, semi-árido.

¹Doutorando PPGG, E-mail: alexandrelimarn@uol.com.br; ²Departamento de Geologia da UFC; ³Faculdade de Geologia – Universidade de Barcelona; ⁴Departamento de Geologia da UFRN, Laboratório de Análises Estratigráficas, Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG), Caixa Postal 1639, CEP: 59078-970, Natal-RN, Brasil, E-mail: pinheiro@geologia.ufrn.br

INTRODUÇÃO

Uma alternativa tecnológica que apresenta um considerável potencial para atender a demanda hídrica de uma representativa parcela de famílias que vivem em comunidades rurais difusas, em regiões de clima árido e semi-árido, são as barragens subterrâneas. Essas tecnologias hídricas, sub-superficiais, estão sendo construídas, em várias partes do mundo, para superar períodos de escassez de chuva ou de secas, de forma a viabilizar a disponibilidade de água para cultivos de subsistência para milhares de famílias que moram em regiões de clima árido e semi-árido (Quilis *et. al.* 2008).

Essa forma de armazenamento de água de chuva pode ser construída em aluviões de rios e riachos intermitentes nos períodos considerados “secos”, quando o nível freático nesses reservatórios encontra-se baixo ou quando não há fluxo de água subterrânea. A obra constitui-se de uma trincheira aberta perpendicular ao leito do rio, escavada de forma manual ou com retro escavadeira, a depender da espessura do aluvião e/ou da disponibilidade financeira de quem está construindo a obra. Posteriormente, é revestida com lona plástica, ou utilizada outra forma de impermeabilização (muro, camada argilosa, etc.), podendo atingir ou não o substrato impermeável, constituído de rochas ígneas ou metamórficas. Desta forma é possível parar ou apenas retardar a velocidade de passagem da água subterrânea e com isso aumentar o nível piezométrico a montante da barragem.

Atualmente, percebe-se um considerável aumento na construção destas obras hídricas induzidas por programas dos governos Federal/Estadual ou por intermédio de organizações não governamentais. Entretanto, verifica-se que apesar do aumento significativo do número de barragens subterrâneas construídas em todos os estados nordestinos ainda há uma carência de informações técnico-científicas relacionadas a critérios de locação, construção, cálculo de reserva hídrica, qualidade de água e gestão deste bem mineral. Principalmente, no que tange a adoção das novas tecnologias atualmente já disponíveis.

Os principais trabalhos publicados tratam principalmente das técnicas de construção como, por exemplo, os de Brito *et.al.* (1999) e Costa (1997) que afirmam que apesar da sua simplicidade de construção a barragem subterrânea requer alguns cuidados na construção, devendo-se observar principalmente a escavação da trincheira. Lima *et. al.* (2003) consideram que se faz necessária a utilização de rigorosos critérios na locação e construção das barragens subterrâneas. Da mesma forma, considera-se também, neste trabalho, que um dos pontos primordiais para construção de uma barragem subterrânea é a sua locação, além do perfil do produtor que é essencial para o bom funcionamento da barragem subterrânea.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



As informações geológicas do aluvião que terá a função de reservatório, quando for construída a barragem subterrânea, são imprescindíveis para o sucesso da tecnologia. Observa-se que as barragens subterrâneas estão sendo construídas sem o conhecimento prévio de informações básicas do corpo aluvionar como, por exemplo, sua espessura, porosidade efetiva, permeabilidade, variação lateral e vertical de fácies (de canal e da planície de inundação), além do gradiente do rio ou riacho. Informações estas essenciais para a própria instalação da barragem subterrânea como também para o cálculo de reserva hídrica e para a gestão deste recurso natural.

Informações geoquímicas sobre a água que corre no rio durante o período de chuvas são também importantes. Deve-se realizar, uma série de análises químicas envolvendo a determinação de teores de metais pesado, coliformes, pH e salinidade antes da instalação da barragem subterrânea. A destinação do uso potencial deste recurso é fruto também da natureza e da qualidade da água que corre na superfície do rio. A partir destas análises pode-se, *a priori*, definir seu uso potencial. Se apenas para irrigação, ou também para dessedentação animal ou mesmo para consumo humano. É importante, no momento da locação, já dispor destas informações mínimas para que não sejam criadas falsas expectativas ao agricultor.

Dessa maneira o presente trabalho propõe a associação de uma nova tecnologia para locação de barragens subterrâneas, com o uso associado do GPR e GPS, que permitem a aquisição não invasiva, georreferenciada e contínua de toda a superfície de contato entre o corpo aluvionar e o embasamento cristalino.

MÉTODO GRP (*Ground Penetration Radar*)

O Radar de Penetração no solo (GPR) é um termo geral aplicado para a técnica que emprega ondas eletromagnéticas, tipicamente entre 2.5 Giga e 15 Mhz de frequência, para mapear estruturas e feições no subsolo. O GPR tem sido muito utilizado mais recentemente como um importante método de imageamento não invasivo. O método GPR permite que seja obtida uma imagem de alta resolução da subsuperfície rasa, através da transmissão de um curto pulso de alta frequência para gerar ondas eletromagnéticas (EM), que por sua vez é repetidamente radiada para dentro da terra por uma antena transmissora colocada na superfície. A propagação do sinal EM depende da frequência do sinal transmitido e das propriedades elétricas dos materiais (condutividade elétrica, permissividade dielétrica e permeabilidade magnética) (Annan, 2001).



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**
27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



METODOLOGIA DE TRABALHO

Escolha e localização da área de teste do GPR.

Foram escolhidas três barragens para testar a metodologia proposta, em dois municípios do estado do Rio Grande do Norte e um no Ceará.

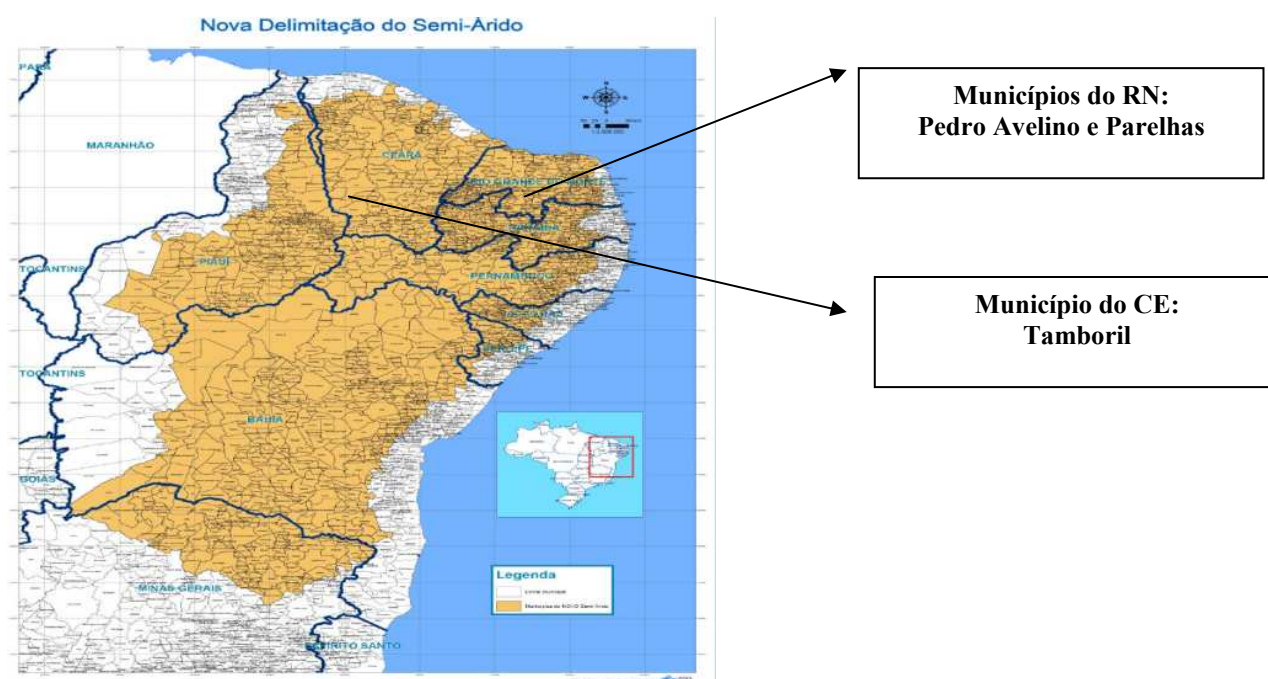


Figura 1. Mapa de localização das áreas onde foram realizados os testes de locação de barragens subterrâneas, com GPR, em regiões de clima semi-árido nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará. Fonte: MIN (2005)

Os critérios adotados para escolha das áreas para realização do teste de locação das barragens subterrâneas com o GPR consistem em: a) locais que estivessem inseridos em condições típicas do conjunto de municípios que compõem o semi-árido brasileiro; b) que estivessem participando de programas governamentais e de Organizações Não Governamentais de construção de barragens subterrâneas; e c) que possuíssem aluviões com características que permitisse a perfilagem com GPR.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



Radar de Penetração no Solo (GPR).

Para realização desse trabalho foi utilizado o GPR Sir 3000 da *Geophysical Survey Systems Inc* (GSSI) que é compatível com todas as antenas da GSSI. Estas antenas possuem conectores resistentes, do tipo “miliar”, placas eletrônicas revestidas e seladas, blindagem para eliminar interferências geradas sobre o solo e operam em qualquer temperatura (de 20°C a 50°C). Este modelo foi projetado para facilitar a sua utilização em locais distantes, podendo ser configurado para aquisição de dados em medidas discretas (empilhamento) ou para perfilagem contínua.

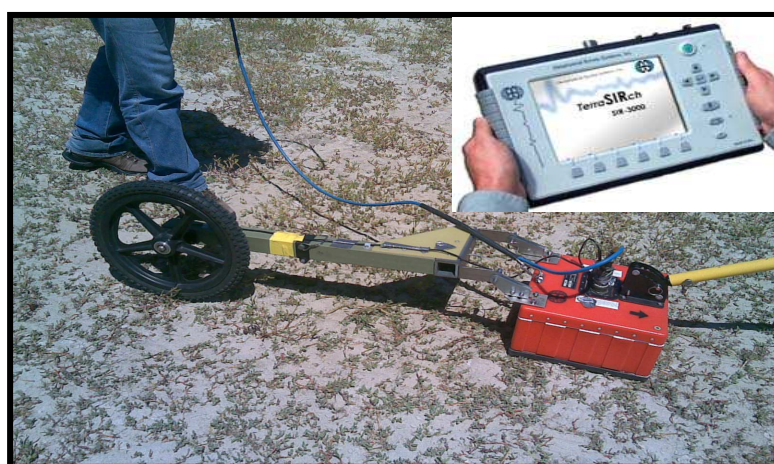


Figura 2. Sistema GPR SIR 3000 (GSSI) utilizado para locação de barragens subterrâneas.

METODOLOGIA E AQUISIÇÃO DE DADOS

Para utilização do GPR na locação de barragens foram adotados os seguintes procedimentos:

Direção da linha GPR.

Em todos os locais (rios e riachos) foi levantada pelo menos uma linha de GPR, perpendicular a direção do fluxo da água, atravessando o leito do rio ou riacho. Para facilitar o acoplamento da antena com o solo, em alguns casos, foi feita uma limpeza da área ao percurso da antena cruzando o rio ou riacho.



Simpósio
Brasileiro
de Exploração
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



Figura 3. Etapas da utilização de GPR para locação de barragem subterrânea. (A) Início da linha; (B) Linha aproximadamente no meio da calha do rio e; (C) Término da linha de GPR, no lado oposto do rio.

Essas linhas de GPR, de preferência, iniciavam no afloramento do cristalino de um lado do rio ou riacho e iam até o contato sedimento-embasamento do lado oposto. Esse procedimento teve o objetivo de melhor visualizar e acompanhar com maior nitidez os refletores do contato sedimento e embasamento ao longo da linha.

Para o caso do monitoramento das barragens já construídas foi feito uma linha longitudinal, ultrapassando o local onde estava localizada a parede impermeabilizada da barragem.

Frequência das antenas utilizadas.

A definição da frequência da antena é função do objetivo do levantamento que se vai realizar. Assim, uma dos procedimentos a serem adotados é avaliar se as ondas eletromagnéticas emitidas pelo GPR serão capazes de alcançar profundidade suficiente para o que alvo seja detectado. As antenas GPR se diferenciam basicamente pelo fato de serem blindadas (mais protegidas quanto ao efeito de fatores limitantes como redes de alta tensão e objetos metálicos) ou não e pela frequência central. A profundidade de investigação é inversamente proporcional a resolução espacial do produto (dimensão do corpo que pode ser imageado), ou seja, quanto maior a frequência central da antena, menor a profundidade de investigação e melhor a resolução do produto.

No caso das barragens subterrâneas o alvo a ser detectado será o contato entre a camada sedimentar depositado pelos rios ou riachos e a rocha que serve como embasamento. Nas condições do semi-árido brasileiro essas rochas geralmente são do tipo ígnea ou metamórfica. A prática obtida



Simpósio
Brasileiro
de Exploração
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



durante os inúmeros levantamentos realizados por nosso grupo mostra que em média as espessuras máximas atingem valores de 8 m. Desta forma, nos levantamentos geofísicos realizados as antenas mais indicadas foram de 400 e 200 Mhz.

Processamento dos Radagramas.

No processamento dos radagramas utilizou-se o software *Reflexw 5.0*, seguindo os seguintes passos:

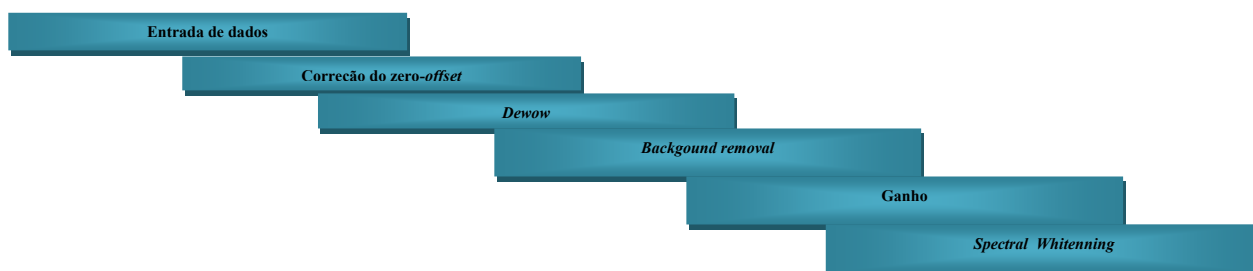


Figura 4. Representação esquemática do processamento realizado nas linhas de GPR com o *software Reflexw*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram encontrados, na literatura científica nacional nem internacional, trabalhos que avaliem o potencial de aplicação do GPR para determinação de espessuras de aluviões e consequentemente como instrumento de locação de barragens subterrâneas. Entretanto, mesmo que o GPR não tinha sido utilizado para este fim, é um método bastante conhecido dos geólogos e geofísicos com ampla utilização para o imageamento de aluviões e dos substratos rochosos (Menezes & Lima-Filho, 2001a; Menezes & Lima-Filho, 2001b; Lima-Filho & Menezes, 2001; Nobes *et al.* 2001; Gauw *et al.*, 2004; Lima-Filho *et al.*, 2002; Perez *et al.*, 2003; Souza 2006; Bowling *et al* 2005; Gawn *et al.*, 2006; Gauw, 2007).

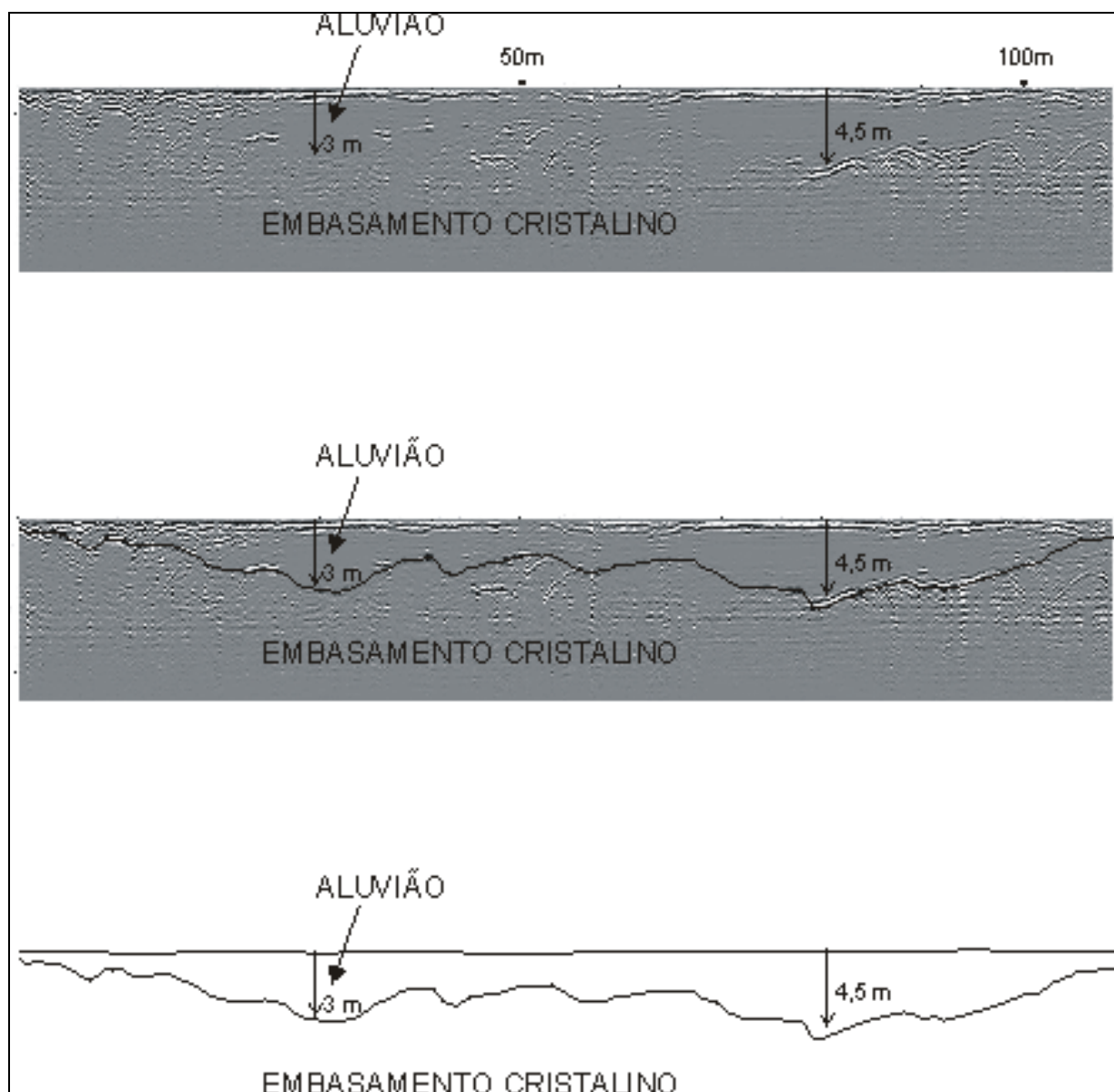


Figura 5. Radargrama, bruto e interpretado, de uma barragem subterrânea no município de Pedro Avelino/RN, mostrando o contato irregular do embasamento cristalino x aluvião.

Uma vez que esta técnica é bastante difundida e reconhecida sua aplicação para o imageamento de aluviões no meio geológico, é aqui apresentado um estudo de caso da utilização. O método GPR foi utilizado para o imageamento do contato do embasamento cristalino com os sedimentos depositados em três sistemas fluviais. Em um dos locais estudados estava sendo construída uma barragem subterrânea pelo Gov. do estado do RN/EMATERN no município de Pedro Avelino/RN, dentro de uma parceria com o Ministério do Desenvolvimento Agrário/MDA. Essa barragem possui uma extensão de aproximadamente 150 m de parede. Após o processamento do radargrama foi possível demonstrar muito claramente a irregularidade da base do canal e a existência de um



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



paleocanal com profundidade superior a inicialmente encontrada na parte inicial do leito do rio, conforme verificado em campo durante a escavação da trincheira para instalação da lona plástica.

Esse radargrama ilustra bem a importância da aplicabilidade do uso do GPR na locação das barragens subterrâneas. Com o radargrama pôde-se ter uma perfeita noção do comportamento topográfico do embasamento cristalino. Com essas informações pode-se realizar um planejamento mais preciso da escavação da vala e dos custos operacionais.

O segundo teste com o GPR foi realizado no município de Parelhas/RN, mais especificamente, na micro-bacia do Rio das Cobras. Nesse teste também se obteve resultados satisfatórios no imageamento do corpo sedimentar e o seu contato como embasamento cristalino, quando foi utilizada a antena de 200 MHz.

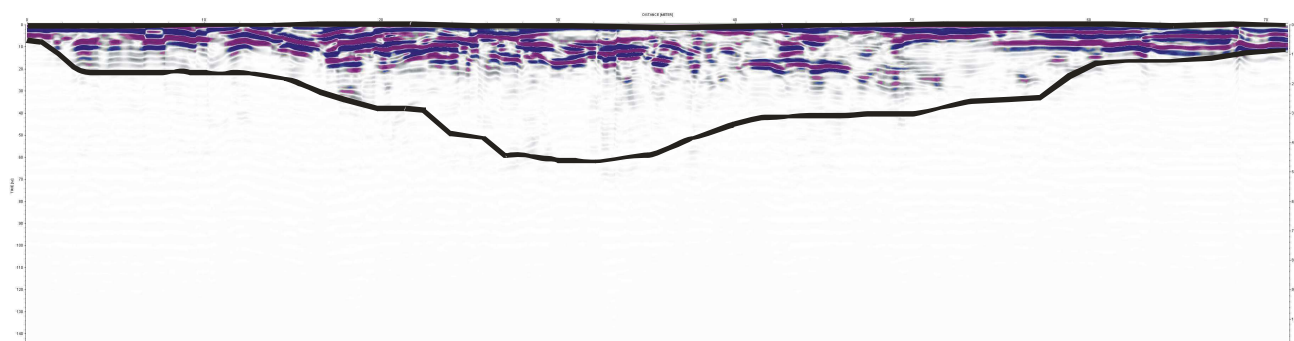


Figura 6. Interpretação do radargrama obtido com GPR, utilizando antena de 200 MHz, na Microbacia do Rio das Cobras, Parelhas/RN.

Outro levantamento com o GPR foi realizado no aluvião localizada no município de Tamboril/CE, onde já existe uma barragem subterrânea construída a mais de 10 anos, servindo para o abastecimento do assentamento São José com 28 famílias. Para o caso dessa barragem subterrânea o GPR também foi eficiente no imageamento do contato sedimentos x embasamento, mesmo com a água apresentando valores consideráveis de condutividade ou salinidade aparente (1.570 mS).

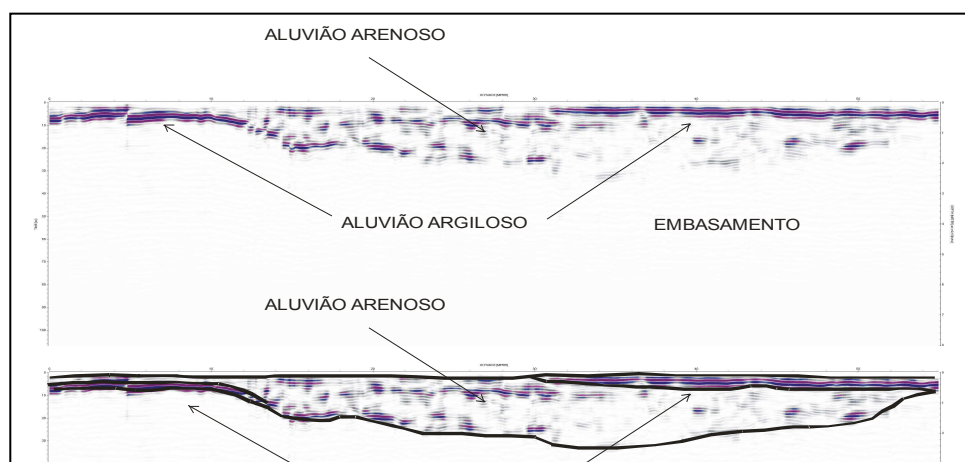


Figura 7. Interpretação do radargrama obtido com GPR, utilizando antena de 200 MHz no município de Tamboril/CE.

Existem muitos fatores limitantes para utilização do GPR (capacidade de atenuação do sinal eletromagnético emitido pelo equipamento), sendo a presença de água, a porosidade, a salinidade e o conteúdo de argila os mais importantes (Annan,2001.).

CONCLUSÕES

Pelo exposto pode-se afirmar que o GPR se mostrou eficiente no imageamento da interface entre os sedimentos aluvionares e o embasamento cristalino, nas condições estudadas no semi-árido brasileiro, mesmo em aluviões portando água com teores de salinidade consideráveis. Desta forma, a metodologia proposta para utilização do GPR na determinação da espessura de aluviões, um dos critérios para locação de barragens subterrâneas, se mostrou eficaz. Pode-se, portanto, recomendar sua aplicação de uma forma mais ampla. A não utilização de métodos, como o GPR, que permitam uma boa aproximação das espessuras do aluvião, onde será instalada a barragem subterrânea, pode levar a super ou subestimativa da reserva hídrica armazenada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CAPES pela bolsa de doutorado dos pós-graduandos do PPGG-UFRN envolvidos nesta pesquisa. Ao CNPq pelo financiamento do Projeto “MODELAGEM 3D DE DEPÓSITOS ALUVIAIS PARA VIABILIZAÇÃO DE INSTALAÇÃO E GESTÃO DE



Simpósio
Brasileiro
de Climatologia
e Meteorologia
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



BARRAGEM SUBTERRÂNEA”. Gostaríamos ainda e de expressar nosso sincero agradecimento ao revisor deste artigo pelas valiosas sugestões disponibilizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANNAN, A. P. Ground Penetrating Radar–Workshop Notes. Sensors & Software Inc. Mississauga, Ontari, Canadá.117p. 2001.

BENTLEY, L.R; TRENHOLM, N.M., 2002. The accuracy of water table elevation estimates determined from ground penetrating radar data. Journal of Engineering and Environmental Geophysics 7, 37– 53.

BERES, M., HAENI, F.P., 1991. Application of ground-penetrating radar methods in hydrogeologic studies. Ground Water 29, 375– 386.

BOWLING, J.C; RODRIGUEZ; A.B; HARRY, D.L & ZHENG, C. Delineating alluvial aquifer heterogeneity using resistivity and GPR data. Ground Water, vol. 43, N°6. 890-903p. 2005.

BRITO, L. T. de L; Silva,D. A; Cavalcanti, N de B; Barbosa dos Anjos, J. & do Rego, M. M. 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.

GAUW, D. S.; LIMA FILHO, F. P.; PEREZ, Y.A.R.; FREIRE, R. C.; MOURA, M. V. M.; ARAUJO, V. D.; SANTOS, D. A. Aquisição de geometria de barras em pontal com GPR para modelagem determinística 3D. In: CD ROM. I Simpósio de GPR, Fortaleza-Ceará. Anais I Simpósio de GPR, Fortaleza-Ceará. 2004.

DOOLITTLE et al., 2006, Hydropedological investigations with ground-penetrating radar (GPR): Estimating water-table depths and local ground-water flow pattern in areas of coarse-textured soils.

GAUW, D. S.; MENEZES, L.; PÉREZ, Y. A. R.; FREIRE, R. C.; MOURA, M. V. M.; SOUZA, A. M.; ARAUJO, V. D.; SANTOS, D. A.; LIMA FILHO, F. P. Nova metodologia para aquisição de geometria (interna e externa) de depósitos fluviais recentes e modelagem determinística 3D: Exemplo do rio Assu. Revista de Geologia (Fortaleza), v. 19, p. 49-60, 2006.

GAUW, D. S. Estudo Integrado de Análogos a Reservatórios Petrolíferos Fluviais: Caracterização, Parametrização, e Modelagem de Depósitos Recentes do Rio Açu (Rio Grande do Norte/Brasil). Universidade federal do Rio Grande do Norte/Programa de Pós-Graduação em Geofísica e Geodinâmica, Natal. Dissertação de Mestrado. 99 pág. 2007.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



LIMA FILHO, F. P.; POLLETO, C. A.; TAVARES, G.; MENEZES, L.; BEZERRA, F. H. R.; PEREZ, Y.A.R. ; BARROS, D. N.; FLORENCIO, C. P. Stochastic Modeling in 3D of Fluvial Channels using of Petboul Software for the Viabilization of Special Oil Wells in an Environmentally protected area in Northeastern **Brasil. In: 2 Meeting on Reservoir Simulation, 2002, Buenos Aires. 2 bMeeting on Reservoir Simulation, 2002.**

LIMA, A. O.; Lemos, M. & Otoni, M. A. S. A contribuição do projeto Água é Vida da Visão da mundial para democratização dos Recursos Hídricos no semi-árido Brasileiro. In: 9ª Conferência sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, Juazeiro, BA. CD ROM. 2003.

LIMA FILHO, F. P.; MENEZES, L. Estudo de Afloramentos Análogos aos Reservatórios Fluviais da Formação Açú, Bacia Potiguar, Brasil. In: 1º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, Natal-RN. 1º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás. Natal-RN : ANP, v. 1. p. 371-371. 2001.

MENEZES, L.; LIMA FILHO, F. P. Técnicas para Parametrização de Reservatórios Utilizando Afloramentos Fluviais Análogos: Exemplo da Formação Açú, Bacia Potiguar. Revista Técnica de Energia, Petróleo e Gás, Rio de Janeiro, v. 0, n. 1, p. 07-13, 2001a.

MENEZES, L.; LIMA FILHO, F. P. Parametrização de Reservatórios Utilizando Afloramentos Fluviais Análogos da Formação Açú, Bacia Potiguar. In: 1º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2001, Natal-RN. 1º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás. Natal-RN : SBG, v. 1. p. 372-372. 2001b

MIN (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – BRASIL). Nova Delimitação do Semi-árido. 33p. 2005.

NOBES, D.C. *et. al.* Ground-penetration radar and sedimentological analysis of Holocene Floodplains: Insight from the Tuross valley, New South Wales. Australian Journal of Earth Science. 48. 437-355. 2001.

PEREZ, Y.A.R.; LIMA FILHO, F. P.; MENEZES, L.; PORSANI, J. L.; APPI, C. J.; ARAUJO, V. D; SOUZA, A. M. Caracterização da geometria de depósitos sedimentares da Formação Açú na borda sudoeste da Bacia Potiguar, NE do Brasil. Revista de Geologia (UFC), Fortaleza, v. 16, n. 01, p. 19-34, 2003.

QUILIS, R. O; HOOGLMOED, M; ERTSEB, M & FOPPEN, J.W. Measuring and modeling hydrological processes of sand-storage dams on different spatial scales. Physics and chemistry of the earth. 289-298p. 2008.



**Simpósio
Brasileiro
de Exploração
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



SOUZA, A. M. Uso do GPR na Geração de Modelos Estáticos para o Planejamento de Lavrar de Minerais Pesados Depositados em Dunas Eólicas. Universidade federal do Rio Grande do Norte/Programa de Pós-Graduação em Geofísica e Geodinâmica, Natal. Dissertação de Mestrado. 83p. 2006.

MODELOS COMPORTAMENTAL E GENÉRICO E A IMPORTÂNCIA DO INTERVALO DE TEMPO NA SIMULAÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUA DE TELHADO

Eduardo Cohim & Clériston Oliveira

RESUMO - Os grandes centros urbanos já enfrentam crises no abastecimento de água, tornando necessário se buscar maiores volumes em mananciais cada vez mais distantes, evidenciando, entre outras, a necessidade de uso racional deste recurso. Neste sentido, medidas tecnológicas de uso racional mostram-se mais eficazes a curto prazo, sem necessidade de mudança de hábitos (educativas). Entre estas medidas, a captação de água de chuva é uma importante fonte alternativa para abastecimento com um custo energético global inferior ao da água dos sistemas públicos, com resultados ambientais positivos diversos. Cabendo, portanto, a contínua investigação dos métodos de dimensionamento dos reservatórios de acumulação de água de chuva que resultem no volume adequado, nem super ou sub-dimensionado, visto que entre os itens que compõem um sistema de aproveitamento de água de chuva, o reservatório é, em geral, o item isolado responsável pelo custo final e definidor da eficiência de aproveitamento. Neste sentido, este trabalho analisou o modelo comportamental (MC) e seu algoritmo mais generalizado e aqui denominado de comportamental genérico (CG), utilizando dados diários e tri-horários de precipitação. Os resultados obtidos sugerem que a utilização de dados de precipitação inferiores a 24 horas para dimensionamento de reservatórios de água de chuva somente seja necessária para pequenos volumes ou elevadas demandas. Sendo que a utilização do CG, utilizando dados de precipitação diária, além da confiança necessária, apresenta a oportuna vantagem de se manipular uma quantidade significativamente inferior de dados, e de fácil obtenção.

Palavras chaves: Água de telhado, reservatório, simulação.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, o processo de industrialização e conseqüente aumento da demanda nos grandes centros urbanos, têm gerado a insuficiência e degradação dos mananciais próximos a estas regiões, gerando a necessidade de se buscar maiores volumes de água, em locais cada vez mais distantes, com encargos energéticos maiores (NASCIMENTO e HELLER, 2005).

Como exemplo, Tucci *et al.* (2000) citam a região metropolitana de São Paulo, que importa a maior parte da água da bacia do rio Piracicaba devido à contaminação dos mananciais vizinhos e que está praticamente sem opções de novos mananciais. Cohim *et al.* (2007) citam a cidade de Salvador, onde a demanda atual é suprida por mananciais distantes, incluindo o Rio Paraguassu, cuja bacia hidrográfica está inserida no semi-árido baiano, onde os conflitos e os problemas sociais devidos à escassez de água são de conhecida gravidade. Deste modo, enquanto a disponibilidade *per capita* de água potável de boa qualidade tem diminuído ou no mínimo se tornado menos acessível e, portanto, mais custoso, a demanda pela mesma água aumenta em função do ainda crescente contingente populacional, associado a seus demasiadamente elevados hábitos higiênicos, utilização de equipamentos com elevado consumo de água e baixo nível educacional. E isso já é suficiente para caracterizar um indicativo de crise no abastecimento de água e que, de acordo com Silva *et al.* (1999), gera a necessidade de se buscar alternativas capazes de reverter o estado atual de uso deste recurso e que contribuam para o uso eficiente da água pela sociedade.

Entre estas alternativas está o aproveitamento da água de chuva que, “mais do que uma tendência isolada, vem sendo considerada uma fonte alternativa, para fins potáveis ou não potáveis, dependendo da necessidade [...] (PHILIPPI *et al.*, 2006, p. 83)” e uma prescrição contra racionamentos (GROUP RAINDROPS, 2002).

Segundo Cohim e Kiperstok (2008), a captação das águas de chuva em regiões urbanas, como uma fonte substitutiva e complementar àquela fornecida pela concessionária, diminui a pressão da demanda nos mananciais locais e regionais, permitindo o direcionamento destes recursos para o atendimento dos consumos mais nobres, para uma parcela maior da população. Desta forma, considerando que o consumo de água destinado a usos não potáveis em uma residência pode chegar a 41% do total de água consumida (The Rainwater Technology Handbook, 2001, *apud* TOMAZ, 2003) – valor variável e dependente do clima, nível educacional, etc. - a captação das águas pluviais mostra-se economicamente atraente e ambientalmente desejável. Além disso, o conceito de substituição de fontes é a alternativa mais plausível para satisfazer as demandas menos restritivas,

liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres (ANA, 2005). Sendo, entretanto, necessário haver viabilidade econômica na implantação de Sistemas de Captação de Água de Chuva – SCAC, de modo a se ampliar sua utilização entre a população. E o principal item responsável pelo custo final e definidor da eficiência de aproveitamento de SCAC é o reservatório de armazenamento, já que todos os outros itens que compõem o sistema (calhas, tubulações verticais, etc.) têm valor fixo e independem do volume de reservação pretendido. Deste modo, cabe a investigação de seus métodos de dimensionamento de maneira a resultar no volume adequado, nem super ou sub-dimensionado. Cabe ressaltar, ainda, que diversos autores (PHILIPPI *et al.*, 2006, pg. 117, por exemplo) sugerem que o uso de intervalos de tempo menores na modelagem do funcionamento do reservatório leva a resultados mais confiáveis e econômicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados os dados pluviométricos tri-horários de Salvador de uma série histórica de 9 anos (1999-2007), disponíveis no site do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC. Os dados foram trabalhados para se obter, também, uma série com duração diária.

Em todos os casos, adotou-se demandas constantes, médias, ao longo do tempo. Para as simulações com dados diários, foram utilizadas demandas de 80, 100 e 120 L/pessoa.dia. Para as simulações com dados tri-horários, essas demandas foram distribuídas ao longo do dia em intervalos de 3 horas conforme percentuais mostrados no Quadro 01. Em todos os casos, adotou-se uma taxa de ocupação de 4 pessoas por casa.

Quadro 01 – Distribuição percentual de consumo

Hora	3 a 6	6 a 9	9 a 12	12 a 15	15 a 18	18 a 21	21 a 24	24 a 3
Percentual	3,4%	4,6%	19,0%	18,3%	13,6%	13,8%	15,9%	11,3%

Na simulação, variou-se a área de captação de 40 a 140 m² em intervalos de 20 m².

Os volumes de reservatório simulados foram de 250 a 10.000 litros, conforme Quadro 02.

Quadro 02 – Volumes dos reservatórios de água de chuva (L)

250	500	1000	3000	5000	10000
-----	-----	------	------	------	-------

Para a simulação utilizou-se o modelo comportamental. Esse modelo simula a operação do reservatório num período de tempo, simulando fluxos de massas com algoritmos que descrevem a

operação de um reservatório. Os dados de entrada são baseados em intervalos de tempo que podem ser de minutos, horas, dias ou meses (ANNECCHINE, 2005).

Neste modelo um algoritmo descreve a regra de produção antes do enchimento do reservatório (PAE) e o outro descreve a regra de produção depois do enchimento (PDE) do reservatório, conforme equações abaixo (JENKISN, 1978 *apud* FEWKES, 1999):

Produção antes do enchimento (PAE)

$$Y_t = \min \left\{ \frac{D_t}{V_{t-1} + Q_t} \right\} \quad \text{Equação (1)}$$

$$V_t = \min \left\{ \frac{V_{t-1} + Q_t - Y_t}{S} \right\} \quad \text{Equação (2)}$$

Produção depois do enchimento (PDE)

$$Y_t = \min \left\{ \frac{D_t}{V_{t-1}} \right\} \quad \text{Equação (3)}$$

$$V_t = \min \left\{ \frac{V_{t-1} + Q_t - Y_t}{S - Y_t} \right\} \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

Y : Produção de chuva no sistema, responsável por suprir a demanda (m³)

D: Demanda (m³)

V: Volume de chuva no reservatório de armazenamento (m³)

Q: Volume total de chuva coletado pelo sistema (m³)

S: Volume do reservatório de armazenamento (m³)

Latham (1983 *apud* FEWKES, 1999), utilizando o Modelo Comportamental, estabeleceu um outro modelo mais genérico para dimensionamento do reservatório, definindo um algoritmo mais generalizado para a operação do reservatório, conforme equações abaixo:

$$Y_t = \min \left\{ \frac{D_t}{V_{t-1} + \theta Q_t} \right\} \quad \text{Equação (5)}$$

$$V_t = \min \left\{ \begin{array}{l} (V_{t-1} + Q_t - \theta Y_t) - (1 - \theta) Y_t \\ S - (1 - \theta) Y_t \end{array} \right. \quad \text{Equação (6)}$$

Onde: θ é um parâmetro entre 0 e 1. Utilizando $\theta = 0$ o algoritmo descreve a regra de operação de PDE e com $\theta = 1$ o algoritmo descreve a regra de operação de PAE.

Nesse último modelo, aqui chamado de comportamental genérico (CG), utilizou-se o método de Monte Carlo para simular o valor de θ entre 0 e 1.

Foram feitas, para a série de chuvas, seis grupos de simulação: Tri horários PAE, PDE e CG; diários PAE, PDE e CG. Para cada simulação, foi gerado um resultado expresso como percentual da demanda atendida no período da série de precipitação utilizado.

No dimensionamento dos reservatórios não foi considerada a água perdida pelo descarte inicial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 03 apresenta os resultados para as simulações realizadas, onde observa-se que o modelo comportamental quando utilizado com dados diários e o algoritmo PAE resulta na superestimativa da eficiência de aproveitamento enquanto que o algoritmo PDE resulta em subestimativa. A diferença relativa entre os resultados obtidos pelos dois algoritmos cresce com o crescimento da demanda e com a área de captação e com a redução do volume do reservatório, chegando a cerca de 200%. Essas diferenças tendem a diminuir com o aumento do volume do reservatório, ficando sempre abaixo de 10% para volumes superiores a 3.000 L.

Comportamento similar é observado quando são utilizados intervalos de três horas para o balanço. Entretanto, nesse caso, as diferenças são menores, limitando-se, no caso extremo a 20%, o que é indicador de maior confiabilidade dos resultados. Os resultados mostram que, com volumes de 500 L, a diferença entre os resultados obtidos com os dois algoritmos é inferior a 10% em todos os casos.

Tais resultados sugerem a utilização de intervalos de balanço com duração inferior a 1 dia quando se quer simular o uso de reservatórios de pequeno volume e/ou grandes demandas para se obter resultados confiáveis, o que representaria um ônus de tempo no manuseio de uma quantidade maior de informações.

Para ilustrar o que foi dito, no gráfico da Figura 01 podem ser observadas as diferenças percentuais de atendimento da demanda entre os algoritmos PDE e PAE, para a área de captação de

80 m² e todas as demandas simuladas. É importante salientar que estas diferenças aumentam com a área de captação.

Quadro 03. Percentuais de atendimento da demanda obtidos com o MC e CG

320,0 l/dia															
Área	Vol.	PDE-TH	PAE-TH	PDE-D	PAE-D	CG-TH	CG-D	Área	Vol.	PDE-TH	PAE-TH	PDE-D	PAE-D	CG-TH	CG-D
40m ²	250	23,89%	26,22%	15,54%	30,01%	25,32%	24,49%	100m ²	250	32,27%	36,14%	19,10%	43,63%	34,64%	34,50%
	500	29,72%	30,94%	23,98%	33,16%	30,43%	30,02%		500	42,54%	44,81%	32,37%	49,58%	43,93%	43,52%
	1000	35,38%	36,07%	32,32%	37,24%	35,78%	35,57%		1000	53,33%	54,53%	47,80%	57,28%	54,04%	53,84%
	3000	44,02%	44,19%	42,93%	44,27%	44,13%	43,79%		3000	69,55%	69,89%	67,84%	70,50%	69,77%	69,56%
	5000	46,61%	46,68%	45,88%	46,32%	46,66%	46,12%		5000	75,83%	76,02%	74,44%	75,75%	75,97%	75,32%
	10000	48,40%	48,42%	47,91%	48,03%	48,42%	47,98%		10000	84,17%	84,28%	83,01%	83,80%	84,25%	83,53%
60m ²	250	27,86%	30,86%	17,29%	36,40%	29,69%	29,02%	120m ²	250	33,62%	37,73%	25,37%	45,90%	36,16%	36,33%
	500	35,68%	37,36%	27,93%	40,87%	36,68%	36,34%		500	44,56%	46,96%	33,75%	52,06%	46,04%	45,95%
	1000	43,78%	44,69%	39,57%	46,48%	44,31%	44,10%		1000	55,97%	57,20%	50,28%	60,18%	56,70%	56,73%
	3000	56,20%	56,49%	54,46%	56,77%	56,38%	56,01%		3000	73,25%	73,60%	71,44%	74,20%	73,50%	73,27%
	5000	61,18%	61,33%	60,35%	61,44%	61,27%	61,04%		5000	80,04%	80,25%	78,43%	80,00%	80,20%	79,44%
	10000	67,26%	67,31%	66,36%	66,80%	67,29%	66,60%		10000	87,93%	88,03%	86,70%	87,43%	88,00%	87,17%
80m ²	250	30,46%	33,99%	18,37%	40,68%	32,62%	32,19%	140m ²	250	34,70%	39,00%	20,05%	47,67%	37,37%	37,80%
	500	39,72%	41,80%	30,51%	46,08%	40,98%	40,50%		500	46,18%	48,70%	34,82%	54,08%	47,73%	47,80%
	1000	49,54%	50,66%	44,51%	52,98%	50,19%	49,91%		1000	58,03%	59,31%	52,28%	62,45%	58,78%	59,02%
	3000	64,28%	64,64%	62,54%	65,12%	64,52%	64,19%		3000	75,68%	76,06%	73,70%	76,64%	75,94%	75,66%
	5000	70,24%	70,43%	68,99%	70,31%	70,38%	69,84%		5000	83,11%	83,33%	81,34%	82,93%	83,27%	82,38%
	10000	78,22%	78,34%	77,06%	77,85%	78,31%	77,57%		10000	90,49%	90,58%	89,21%	89,89%	90,55%	89,58%
400,0 l/dia															
Área	Vol.	PDE-TH	PAE-TH	PDE-D	PAE-D	CG-TH	CG-D	Área	Vol.	PDE-TH	PAE-TH	PDE-D	PAE-D	CG-TH	CG-D
40m ²	250	20,03%	22,40%	12,43%	25,93%	21,51%	20,62%	100m ²	250	27,59%	31,73%	15,28%	39,26%	30,14%	30,00%
	500	24,91%	26,19%	19,34%	28,28%	25,70%	25,10%		500	36,67%	39,17%	26,25%	44,20%	38,23%	37,67%
	1000	29,59%	30,23%	26,47%	31,37%	29,96%	29,63%		1000	46,28%	47,70%	40,09%	50,66%	47,11%	46,82%
	3000	36,05%	36,20%	35,05%	36,27%	36,16%	35,84%		3000	61,36%	61,82%	59,23%	62,65%	61,66%	61,47%
	5000	37,90%	37,95%	37,25%	37,66%	37,94%	37,47%		5000	67,82%	68,07%	66,36%	68,12%	67,99%	67,49%
	10000	39,08%	39,09%	38,68%	38,78%	39,09%	38,76%		10000	75,35%	75,49%	74,25%	75,23%	75,45%	74,85%
60m ²	250	23,57%	26,70%	13,83%	31,90%	25,51%	24,78%	120m ²	250	28,84%	33,31%	15,71%	41,58%	31,62%	31,80%
	500	30,27%	32,04%	22,57%	35,29%	31,35%	30,83%		500	38,74%	41,41%	27,42%	46,90%	40,40%	39,99%
	1000	36,89%	37,86%	32,60%	39,63%	37,45%	37,26%		1000	49,18%	50,67%	42,41%	53,96%	50,06%	49,75%
	3000	47,61%	47,91%	45,86%	48,32%	47,80%	47,56%		3000	65,59%	66,07%	63,47%	67,01%	65,91%	65,79%
	5000	52,04%	52,21%	50,98%	52,24%	52,14%	51,81%		5000	72,25%	72,48%	70,78%	72,61%	72,41%	71,98%
	10000	56,02%	56,07%	55,26%	55,57%	56,05%	55,47%		10000	80,45%	80,59%	79,13%	80,23%	80,55%	79,84%
80m ²	250	25,92%	29,61%	14,69%	36,16%	28,19%	27,75%	140m ²	250	29,85%	34,57%	16,04%	43,44%	32,80%	33,32%
	500	33,95%	36,14%	24,70%	40,39%	35,30%	34,76%		500	40,33%	43,13%	28,32%	49,00%	42,08%	41,88%
	1000	42,29%	43,52%	36,92%	45,98%	43,01%	42,80%		1000	51,33%	52,90%	44,31%	56,35%	52,27%	52,10%
	3000	55,47%	55,86%	53,48%	56,42%	55,72%	55,41%		3000	68,83%	69,29%	66,52%	70,26%	69,14%	69,06%
	5000	61,18%	61,39%	59,92%	61,58%	61,32%	61,03%		5000	75,70%	75,92%	74,27%	76,04%	75,85%	75,51%
	10000	67,94%	68,05%	66,99%	67,78%	68,00%	67,47%		10000	83,91%	84,04%	82,59%	83,56%	84,00%	83,23%
480,0 l/dia															
Área	Vol.	PDE-TH	PAE-TH	PDE-D	PAE-D	CG-TH	CG-D	Área	Vol.	PDE-TH	PAE-TH	PDE-D	PAE-D	CG-TH	CG-D
40m ²	250	17,24%	19,64%	10,36%	22,92%	18,78%	17,87%	100m ²	250	24,13%	28,45%	12,74%	35,84%	26,78%	26,72%
	500	21,48%	22,77%	16,17%	24,81%	22,29%	21,59%		500	32,22%	34,85%	22,02%	39,84%	33,84%	33,22%
	1000	25,47%	26,08%	22,35%	27,16%	25,84%	25,41%		1000	40,72%	42,20%	34,31%	45,25%	41,58%	41,35%
	3000	30,50%	30,64%	29,55%	30,66%	30,60%	30,29%		3000	54,46%	54,94%	52,06%	55,74%	54,77%	54,49%
	5000	31,79%	31,83%	31,25%	31,62%	31,82%	31,44%		5000	60,53%	60,82%	58,87%	61,09%	60,72%	60,33%
	10000	32,60%	32,61%	32,31%	32,37%	32,61%	32,35%		10000	67,53%	67,66%	66,56%	67,49%	67,61%	67,13%
60m ²	250	20,44%	23,69%	11,53%	28,55%	22,44%	21,76%	120m ²	250	25,28%	30,01%	13,09%	38,27%	28,21%	28,47%
	500	26,32%	28,16%	18,89%	31,21%	27,43%	26,76%		500	34,20%	37,10%	23,03%	42,77%	35,99%	35,45%
	1000	32,01%	32,98%	27,66%	34,71%	32,57%	32,31%		1000	43,71%	45,33%	36,49%	48,84%	44,66%	44,32%
	3000	41,09%	41,43%	39,39%	41,89%	41,30%	41,04%		3000	58,88%	59,43%	56,46%	60,55%	59,23%	59,02%
	5000	44,67%	44,81%	43,68%	44,80%	44,76%	44,41%		5000	65,60%	65,90%	63,98%	66,25%	65,81%	65,43%
	10000	47,61%	47,64%	46,89%	47,20%	47,63%	47,06%		10000	73,22%	73,38%	72,09%	73,18%	73,33%	72,78%
80m ²	250	22,60%	26,43%	12,24%	32,74%	24,96%	24,57%	140m ²	250	26,22%	31,26%	13,37%	40,18%	29,35%	29,96%
	500	29,71%	31,99%	20,70%	36,13%	31,10%	30,45%		500	35,77%	38,87%	23,80%	44,98%	37,70%	37,28%
	1000	36,95%	38,18%	31,45%	40,65%	37,66%	37,45%		1000	46,00%	47,74%	38,24%	51,48%	47,04%	46,64%
	3000	48,65%	49,05%	46,55%	49,68%	48,90%	48,64%		3000	62,38%	62,93%	59,89%	64,23%	62,74%	62,66%
	5000	53,65%	53,88%	52,29%	54,15%	53,80%	53,54%		5000	69,32%	69,62%	67,77%	70,00%	69,53%	69,17%
	10000	59,35%	59,44%	58,54%	59,09%	59,40%	58,87%		10000	77,41%	77,56%	76,05%	77,21%	77,52%	76,80%

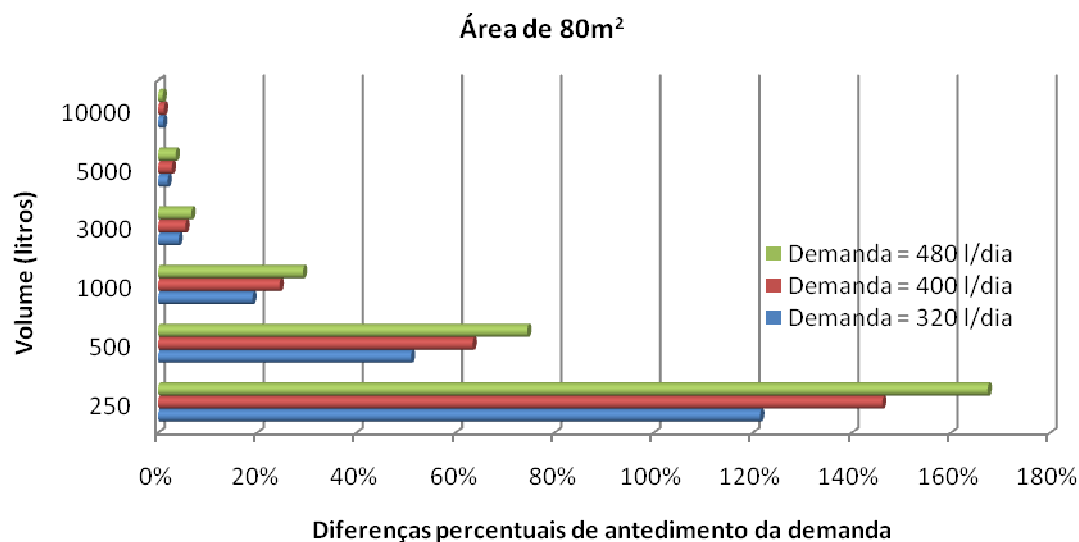


Figura 01. Diferenças percentuais de atendimento da demanda entre os algoritmos PDE e PAE

Isso fica mais claro quando as diferenças entre os resultados obtidos pelos dois algoritmos são apresentadas como uma função de parâmetros normalizados, conforme mostrado no Quadro 04. Os volumes (V) e as demandas (D) são expressos como uma parcela do produto da área de captação e da precipitação média anual. Os resultados são expressos pela relação entre o percentual de atendimento calculado pelos algoritmos PAE e o PDE.

Quadro 04. Relação entre os percentuais de atendimento para algoritmos PAE e PDE para parâmetros normalizados

V/(A.P)	D/(A.P)											
	0,25		0,5		0,75		1,0		1,5		2,0	
	TH	D	TH	D	TH	D	TH	D	TH	D	TH	D
0,0025	1,017	1,144	1,045	1,439	1,072	1,754	1,099	2,018	1,141	2,426	1,187	2,732
0,005	1,007	1,051	1,018	1,153	1,032	1,283	1,044	1,413	1,063	1,620	1,082	1,782
0,01	1,002	1,018	1,007	1,055	1,013	1,105	1,018	1,152	1,029	1,239	1,035	1,311
0,025	1,000	1,003	1,002	1,016	1,003	1,025	1,006	1,042	1,008	1,069	1,012	1,099
0,05	1,000	1,000	1,001	1,008	1,002	1,012	1,002	1,016	1,003	1,030	1,003	1,034
0,1	1,000	1,000	1,000	1,001	1,001	1,007	1,001	1,008	1,001	1,009	1,001	1,008

Analisando-se os dados do Quadro 03, observa-se ainda que os resultados obtidos pelo método comportamental genérico apresentam valores intermediários entre os algoritmos PAE e PDE, tanto

para os dados diários quanto para os tri-horários. Tal fato sugere que esse método se afasta dos extremos de super e sub estimativa, sendo, portanto, mais confiáveis.

Nota-se também que os percentuais de atendimento obtidos através do método comportamental genérico utilizando-se os dados diários não apresentam grande diferença quando comparados aos obtidos com os dados tri-horários, podendo-se atribuir a ambos o mesmo grau de confiabilidade. Esse fato é relevante uma vez que os dados diários são de obtenção muito mais fácil que os de intervalos inferiores a um dia e requerem menor espaço para armazenamento de informações.

Para as demandas médias de 320 l/dia e 480 l/dia e área de captação de 120m², observa-se nas Figuras 02 e 03 que as diferenças percentuais de demanda entre os dois algoritmos (PDE e PAE) são demasiadamente elevadas para volumes inferiores a 3000 litros. Tais diferenças chegam ao extremo de 192,25% para o menor volume de reservatório e a maior demanda simulada.

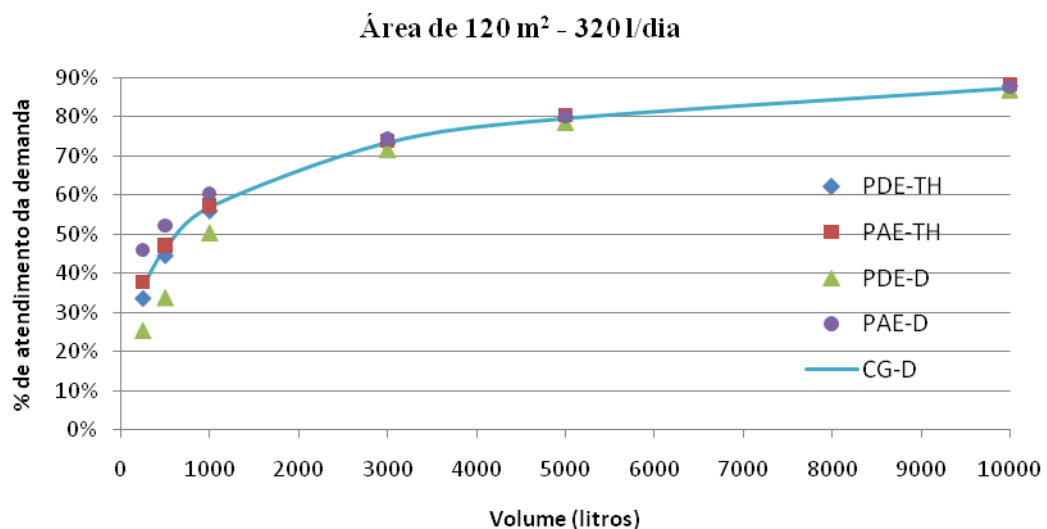


Figura 02. Percentuais de atendimento da demanda simulados

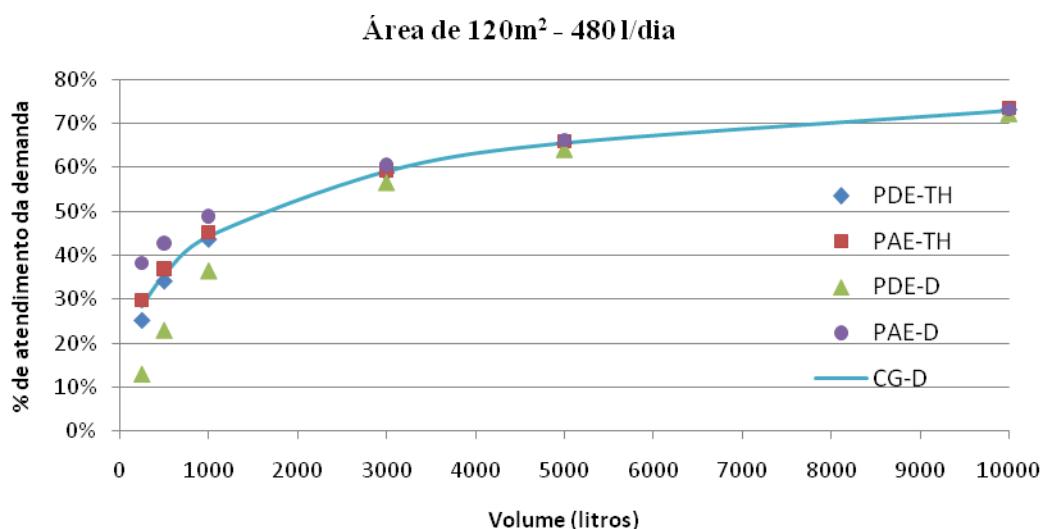


Figura 03. Percentuais de atendimento da demanda

Se fixados os percentuais de atendimento da demanda em 50, 70 e 90%, com uma demanda média de 100 L/hab.dia, área de captação de 100m², verificam-se os seguintes volumes de reservação capazes de atendê-la: 1,70; 7,0; e 40,2m³ (algoritmo PDE) e 0,96; 6,2; e 39,22m³ (algoritmo PAE); sob as mesmas condições, verifica-se os seguintes resultados para dados de precipitação tri-horários: 1,29; 6,12; e 35,28m³ (algoritmo PDE) e 1,19; 6,0; e 35,17m³ (algoritmo PAE).

Quando comparadas as diferenças percentuais entre estes volumes necessários para atendimento das demandas (50, 70 e 90%) entre os dois algoritmos utilizando dados diários obtemos: 77,1%; 12,9%; e 2,5%. Enquanto que utilizando, sob as mesmas condições, dados de precipitação tri-horários estes percentuais são de: 8,4%; 2,0%; e 0,31%.

A Figura 04 trás os percentuais de atendimento da demanda obtidos com CG e a média entre PDE e PAE com dados tri-horários (somente a título de comparação) para a área de captação de 80m² e demanda de 400 l/dia.

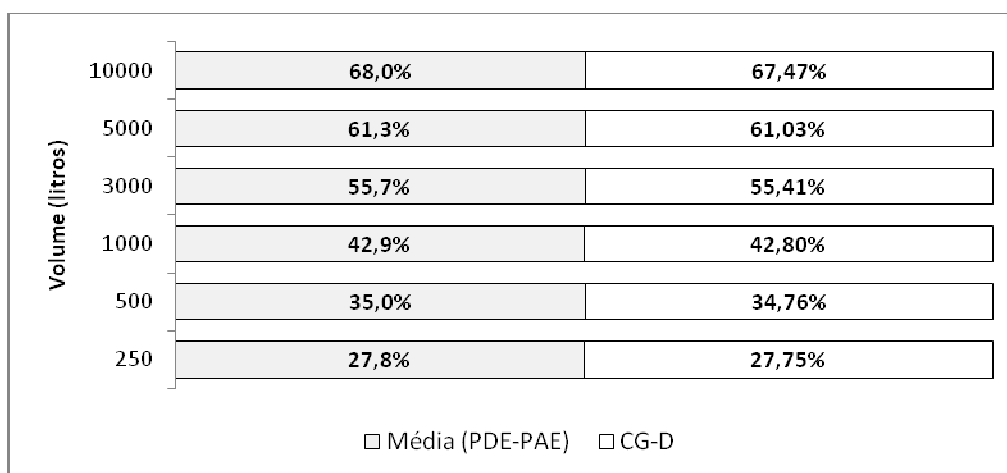


Figura 04. Ajustamento do CG com dados diários em relação à média entre PDE e PAE com dados TH.

Os resultados mostrados até aqui, portanto, ratificam a afirmação de que a utilização de intervalos de dados menores, como os aqui utilizados, resultam em dimensionamentos mais confiáveis, independentemente da regra de produção considerada, já que as diferenças percentuais de atendimento da demanda entre elas chegam a ser desprezíveis quando comparadas com as simulações com dados diários. Todavia, quase sempre, séries históricas com intervalos de dados de precipitação inferiores a um dia, consistidas e longas o suficiente para caracterizarem a sazonalidade de determinada região objeto de implantação do aproveitamento de água de chuva, são de difícil obtenção, especialmente em nosso país. Ainda, os resultados obtidos com o MC sugerem a utilização de intervalos de balanço com duração inferior a 1 dia somente quando se quer simular o uso de reservatórios de pequeno volume ou grandes demandas para se obter resultados confiáveis.

Diferentemente do Modelo Comportamental, que considera duas situações distintas, PDE ou PAE, o Comportamental Genérico, como aqui utilizado, desconsidera o que se poderia chamar de apenas o sistema binário dos valores de θ , e, utilizando o Método de Monte Carlo, opera com regras de produção mais flexíveis, considerando toda a faixa de possibilidades entre os extremos, e isso, como evidenciado pelos resultados, resulta em valores de reservação realistas e confiáveis, sem super-dimensionar ou sub-dimensionar o reservatório e com a oportuna vantagem de se trabalhar com dados de precipitação diários e de fácil obtenção.

A Figura 05, apresenta o volume mensal que escoo pelo telhado (Q_t), o volume mensal produzido (Y_t) e a demanda mensal para o período simulado (199-2007). O volume do reservatório de armazenamento, demanda a ser atendida com água de chuva e área de captação utilizados na simulação foram, respectivamente: 1000 litros; 80 litros/pessoa.dia; e 100 m².

Nesta simulação (figura 05) a confiança esperada para o sistema é de 59,0%, enquanto que a eficiência é de 44,4%. O percentual médio de atendimento da demanda é de 53,61%. Nota-se o elevado transbordo esperado, em função da elevada produção do telhado e reservatório de pequenas dimensões, produzindo esta confiança e eficiência.

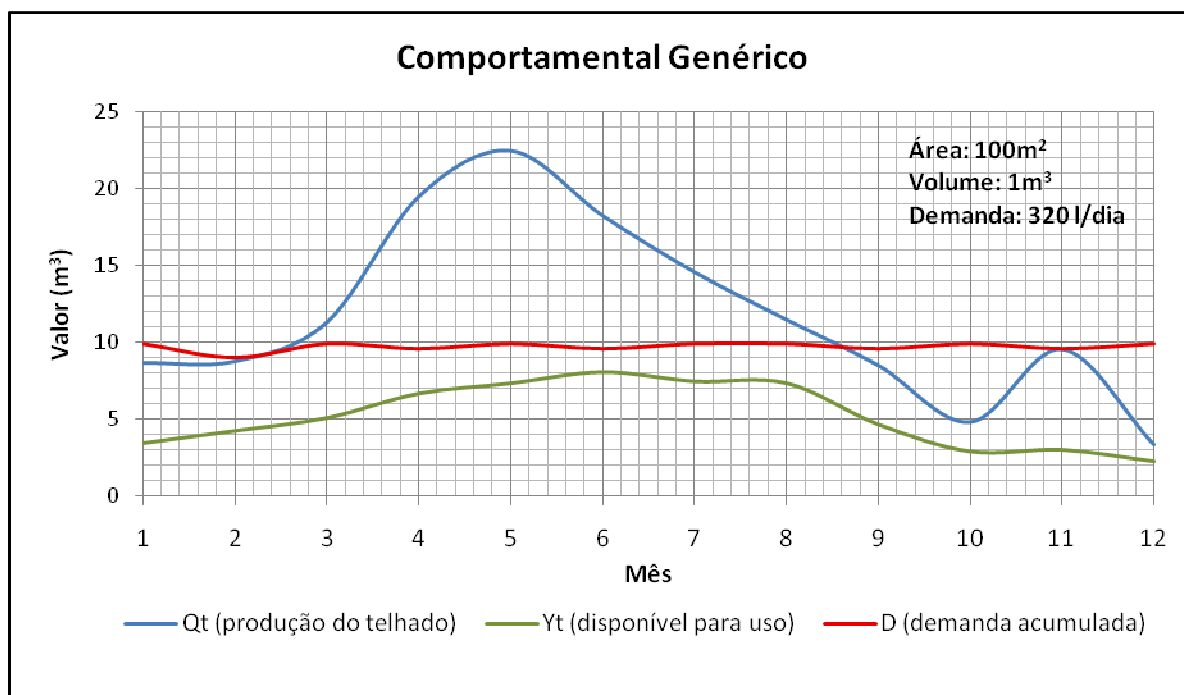


Figura 05. Simulação do balanço hídrico mensal médio

CONCLUSÕES

Os resultados demonstrados neste estudo evidenciaram a importância do intervalo de tempo dos dados da série histórica utilizados no dimensionamento do reservatório.

Contudo, demonstraram também a adoção do modelo de dimensionamento comportamental genérico permite a obtenção de resultados tão confiáveis quanto os obtidos com dados de menor intervalo. E isso significa ganho sem perda de qualidade.

O método comportamental genérico é suficientemente confiável para a escolha do volume de reservatórios de armazenamento de água de chuva utilizando-se dados de precipitação diária.

O mesmo não acontece com o modelo nos seus algoritmos PAE e PDE cujos resultados levam a valores super-estimados ou sub-estimados da eficiência de aproveitamento, respectivamente.

O uso do modelo comportamental genérico, conforme proposto aqui, apresenta a vantagem de gerar resultados confiáveis com dados de fácil obtenção e requerer o manuseio de uma quantidade inferior de dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - AGENCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Conservação e reuso da água em edificações. São Paulo: ANA/ FIESP/ SindusCon-SP, 2005.

ANNECCHINI, KARLA PONZO VACCARI. Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória (ES). Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Vitória: 2005.

COHIM, E. *et al.* Captação direta de água de chuva no meio urbano para usos não potáveis. in: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, 2007. CD-ROOM.

COHIM, E. & KIPERSTOK, A. Produção Limpa e Eco-Saneamento. In: KIPERSTOK, A. (Coord.). Salvador, Rede de Tecnologias Limpas da Bahia – Teclim/Universidade Federal da Bahia, 2008. 446 p. Título Original: Prata da Casa: construindo produção limpa na Bahia.

FEWKES, A. Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a generalized approach. *Urban Water* v.1, n. 4, p. 323-333, 1999.

PHILIPPI, L. S. *et al.* Aproveitamento da Água de Chuva. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). Rio de Janeiro: ABES, 2006. v.5. 352 p. (Projeto PROSAB, Edital 4). Título original: Tecnologias de



segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem, visando a redução do consumo de água e da infra-estrutura de coleta, especialmente nas periferias urbanas.

GROUP RAINDROPS. Aproveitamento da água da chuva. Curitiba: Organic Trading, 2002. 196 p.
Título original: Yatte Amamizu Riyo.

NASCIMENTO, N. O. & HELLER, L. Ciência, tecnologia e inovação a interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento. Revista Engenharia Sanitária, Vol.10 - Nº 1 – pg. 36-48. jan/mar 2005.

TOMAZ, P. Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis. SP: Navegar, 2003.

TUCCI, C. E. M., HESPANHOL, I., NETTO, O. de C. Cenários da Água no Brasil: Uma Contribuição para a “Visão Mundial da Água”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 5. n. 3. Jul/Set, 2000.

SILVA, R. T., CONEJO, J. G. L., GONÇALVES, O. M. Apresentação do programa: Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. DTA – Documento Técnico de Apoio nº A1. Brasília: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, 1999.

É SEGURO USAR ÁGUA DE CHUVA PARA BANHO?

Eduardo Cohim

Prof. Mestre do Curso de Engenharia Ambiental da FTC e Pesquisador da Rede de Tecnologias Limpas UFBA;
ecohim@ufba.br

Resumo

O processo de urbanização tem se exacerbado nas últimas décadas, resultando em pressão sobre os recursos naturais, principalmente a água. A água de chuva é uma alternativa a ser considerada na gestão sustentável da água em ambientes urbanos. Entretanto, em decorrência da natureza aleatória das chuvas, a viabilidade econômica de seu uso depende da frequência de sua utilização. Apesar disso, a água de chuva tem sido recomendada para usos como irrigação e descarga de vasos sanitários. O banho é responsável por mais de 30% do consumo doméstico de água, além de ser um uso frequente, o que favorece a viabilidade do aproveitamento de água de chuva. Entretanto, é necessário que se responda à pergunta: é seguro o uso de água de chuva para banho? Esse artigo pretende colaborar para a resposta a essa pergunta, apresentando o resultado da avaliação quantitativa de risco microbiológico para uso de água de chuva para banho.

Palavras Chave: Captação de água de chuva; usos para água de chuva; água de chuva para banho; avaliação quantitativa de risco microbiológico.

Introdução

Vivemos a era da urbanização. Em 1900, a população mundial era de cerca de 1,6 bilhões de habitantes e desses, apenas 160 milhões viviam em cidades. Em 2005, esse número era 20 vezes maior: 3,2 bilhões de habitantes, e, conforme previsões da Comissão de População e Desenvolvimento da ONU, em 2030 esse número será de 4,9 bilhões. Desse total, 80% estarão em países menos desenvolvidos [1](UN, 2007).

Tais concentrações populacionais apresentam grande demanda por água, alimento, bens e serviços, transporte, gestão de resíduos, etc., exercendo pressões crescentes sobre o meio ambiente. Um recurso ambiental sob forte pressão é a água.

Uma recomendação para melhorar a sustentabilidade do uso urbano da água é o aproveitamento das águas de chuva como fonte de abastecimento. Mas, diversos trabalhos apontam para a ocorrência de microrganismos nessas águas, resultando na sua indicação para usos menos nobres como descarga de vasos sanitários e irrigação de jardins, limitando a viabilidade econômica do seu uso.

Porém, sabe-se que nenhum sistema de abastecimento de água é 100% seguro durante todo o tempo [2](Gould, sd).

Admite-se aqui a impropriedade da água de chuva para bebida sem tratamento prévio. Mas, seria adequada para usos não consuntivos como banho, por exemplo?

O objetivo deste artigo é avaliar a aptidão da água de chuva, do ponto de vista microbiológico, para banho.

Material e Métodos

Utilizou-se a metodologia de Avaliação Quantitativa de Risco Microbiológico – AQRM. Adotou-se aqui uma abordagem estocástica, utilizando-se o Método de Monte Carlo, o que permite levar em conta a incerteza dos parâmetros utilizados. Para cada um deles, foi gerada uma série de 10 mil valores, que, combinados, configuram número igual de cenários. Adota-se como referência o valor da mediana dos resultados [4](Mara,2006).

As etapas da AQRM são descritas a seguir. 1-A identificação do perigo; 2- A caracterização do perigo; 3- A avaliação da exposição; 4- A caracterização do risco.

Foi feita uma revisão de artigos internacionais e nacionais sobre qualidade microbiológica da água de chuva, encontrando-se uma prevalência de 4,4% para *Campylobacter spp* e 1,4% para *Salmonella spp*. A principal fonte de contaminação por microrganismos na água de chuva é a partir de fezes de pássaros e os organismos mais freqüentemente isolados são *Salmonella spp* e *Campylobacter spp* [4](Fewtrell e Kay, 2007). *Campylobacter spp*, foi adotado como organismo de referência neste estudo devido a maior prevalência na água armazenada em cisternas e a menor dose infectiva quando comparada à *Salmonella spp*. Admitiu-se, de forma conservadora, que as amostras positivas obedecem uma distribuição normal. A freqüência e duração do banho adotada foi a obtida por [5]Wilkes et al. (2005). O volume ingerido foi estimado pelo autor, tomando como referência o valor adotado para ingestão de água durante banho recreativo com imersão total do corpo, de 20 a 50 mL em 1 hora [6] (WHO, 2001). As distribuições adotadas e os respectivos valores característicos estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1 – Descrição das variáveis

Variável	Unidade	Distribuição	
Campylobacter na água de chuva	NMP/L	Lognormal	Mínimo: 0,2
			Mediana: 1
			Máximo: 45
Frequência de amostras positivas	decimal	Normal	Média: 0,05
			Desvio padrão: 0,01
Frequência de banho	#/dia	Lognormal	Mínimo: 0,1
			Média: 0,9
			Máximo: 5,0
Duração de banho	min	Lognormal	Mínimo: 0,9
			Média: 8,3
			Máximo: 44
Taxa de ingestão de água durante o banho	mL/min	Normal	Média: 0,5
			Desvio padrão: 0,2

MODELO BETA-POISSON:

$$P_I = 1 - \left(1 - \frac{d}{N_{50}}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (equação 1)$$

Onde, P_I =risco de infecção em uma exposição; d =número de patógenos ingeridos; N_{50} = número de patógenos que infectará 50% da população exposta; α é um parâmetro de ajuste da curva. Para *Campylobacter spp*, N_{50} vale 896 e α , 0,145.

O risco anual fica caracterizado pela Equação 2, onde P_n é o risco anual e n o número de exposições no ano.

$$P_n = 1 - (1 - P_I)^n \quad (equação 2)$$

Uma vez que nem toda pessoa infectada adoece, é necessário que se faça uma estimativa da probabilidade de contrair-se uma doença, PD.

$$PD = PD:I \times P_I \quad (equação 3)$$

Onde PD= probabilidade de uma pessoa infectada tornar-se doente; PD:I= probabilidade de uma pessoa infectada desenvolver doença clínica, adotando-se o valor de 0,7 [3](Mara, 2006).

O impacto causado pela doença é medido por DALY (disability-adjusted life years), adotada e recomendada pela Organização Mundial de Saúde [3](Mara,2006), que leva em conta os anos perdidos por morte prematura e os anos vividos com deficiência, considerando-se a grau de severidade da doença. No caso de campylobacteriose, cada caso de doença representa uma perda (DALY) de $4,6 \times 10^{-6}$ anos.

Resultados e Discussão

O gráfico da Figura 01 apresenta os resultados na forma de curva de probabilidade acumulada.

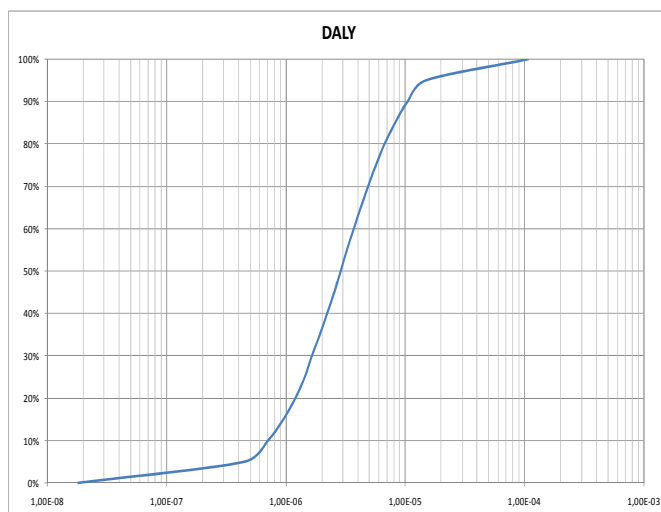


Figura 1 – Distribuição de frequência acumulada da DALY

Observa-se que o risco mediano seria de $2,86 \times 10^{-6}$ DALY (anos) por pessoa por ano ($6,2 \times 10^{-4}$ casos de doença), o que corresponde a cerca de 90 segundos por pessoa por ano. O número médio de casos de doenças gastrointestinais em países como o Brasil é de 2 por pessoa por ano. O uso da água de chuva para banho representaria um aumento de 0,03% que, segundo [7] Westrell et al. (2004) poderia ser classificado como insignificante, já que inferior a 0,1%.

O valor encontrado para a DALY é equivalente ao que a OMS recomenda para água de beber, igual a 1×10^{-6} DALY por pessoa por ano.

[4] Fewtrell e Kay (2007) elaboraram estudo semelhante para uso de água de chuva para descarga de bacia sanitária em uma comunidade hipotética na Inglaterra e encontraram o valor de $1,5 \times 10^{-8}$ DALY por pessoa por ano. Considerando as condições de exposição consideradas, pode-se dizer que o resultado encontrado neste trabalho está coerente.

Esse resultado pode ser comparado ainda com o impacto de outros fatores de risco no Brasil, medidos em termos de DALY e mostrados na Quadro 2. Observa-se que o impacto resultante do uso da água de chuva para banho é 30 mil vezes menor que a morte por câncer, 35 mil que homicídio, 4 mil que acidente de trabalho e 23 mil que acidentes de trânsito. Esses números indicam que existem prioridades bem mais urgentes que tratar água de chuva para uso em banho.

Quadro 2 - DALY para fatores de risco no Brasil

Acidente em Transporte	Acidente de Trabalho	Homicídio	Câncer
6,6E-02	1,2E-02	1,0E-01	8,5E-02

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Ministério da Saúde, 2008.

[8] Heyworth et al. (2006) realizaram estudos epidemiológicos na Austrália e concluíram que o consumo de água de chuva armazenada em cisternas não aumenta o risco de gastroenterite com relação ao consumo de água do sistema público em crianças de 4 a 6 anos, numa evidência do baixo risco representado pelo uso dessa fonte de água.

Cabe, entretanto, ressaltar que a manutenção de valores baixos de risco para uso de água de chuva para banho, ou mesmo sua redução, requer a operação cuidadosa e o manuseio adequado da água no interior da residência. Nesse sentido, é imprescindível o descarte das primeiras águas e a não introdução de objetos contaminados na cisterna.

Conclusões

Com base nos resultados, pode-se sugerir que a água de chuva, em condições normais, tem qualidade microbiológica compatível com o uso para banho, desde que se assegure cuidados mínimos na operação do sistema, tais como o descarte das primeiras águas e a limpeza e desinfecção periódica da cisterna.

Referências Bibliográficas

- [1] UN (2007), *Tendencias demográficas en el mundo - Informe del Secretario General*.
- [2] GOULD, J. (sd). *Is rainwater safe to drink? A review of recent findings*. Asal Consultants/ Lincoln University
- [3] MARA, D. (2006). *A guide to the guidelines. A numerical guide to the WHO Guidelines on Wastewater Use in Agriculture and Practical Advice to Transpose them into National Standards*. School of Civil Engineering. University of Leeds.
- [4] FEWTRELL, L. e KAY, D. *Quantitative microbial risk assessment with respect to Campylobacter Spp in toilets flushed with harvested rainwater*. Water and Environmental Journal vol 21, 2007, pp 275-280
- [5] WILKES, C. R. et al. *Probability distributions for showering and bathing water-use behavior for various U.S. subpopulations*. Risk Analysis vol 25, no. 2, 2005. pp 317-337.
- [6] WHO (2001) *Bathing Water Quality and Human Health*. Outcome of an Expert Consultation. Farnham, UK.
- [7] WESTRELL, T. et al. (2004). *QMRA (quantitative microbial risk assessment) and HACCP (hazard analysis critical control points) for management of pathogens in wastewater and sewage sludge treatment and reuse*. Water Science and Technology 50(2): 23-30.



[8]HEYWORTH, J. S. et AL (2006) *Consumption of untreated tank rainwater and gastroenteritis among young children in South Australia*. International Journal of Epidemiology. Vol 35 pp 1052-1058.

ANÁLISE ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA.

Eduardo Cohim (1) & Ana Garcia (2)

(1) Prof. Mestre do Curso de Engenharia Ambiental da FTC e Pesquisador da Rede de Tecnologias Limpas UFBA; ecohim@ufba.br

(2) Mestranda em Engenharia Industrial – PEI-UFBA

Resumo

Os mananciais mais próximos à zona urbana, tornam-se insuficientes ou tem sua qualidade comprometida devido ao aumento da demanda gerado pelo crescimento populacional e pelo processo de industrialização, tornando necessário buscar maiores volumes em áreas cada vez mais distantes. Este estudo objetivou a avaliação econômica da implantação de sistemas residenciais para captação e utilização de água de chuva. A partir dos resultados verificou-se que a escolha do reservatório influencia de forma significativa o custo do sistema de utilização de água pluvial, e que, quanto maior a parcela da demanda destinada para água de chuva menor o custo do m³ produzido pelo sistema, independente do tamanho do reservatório adotado.

Introdução

A coleta e utilização de águas pluviais pode ser considerada como uma fonte substitutiva para a água de abastecimento público, porém sua utilização necessita de estudos acerca da viabilidade e eficiência no atendimento das demandas a que será destinada observando as características locais. Segundo alguns autores o reservatório representa o item mais oneroso do sistema de captação e utilização de água pluvial devendo, portanto ser dimensionado de forma bastante criteriosa.

Material e Métodos

Neste estudo foi adotada planilha eletrônica (COHIM et. al., 2007)[1] que simula a utilização de água pluvial, a partir de dados de precipitação diária, área de captação, consumo e volume de reservação adotado. Foram utilizados dados diários de precipitação, do período de 1999 a 2007, da estação pluviométrica operada pelo CPTEC, localizada em Salvador. Nesta análise Foi considerada uma residência fictícia com área de telhado de 100m², 4 habitantes e consumo per capita de 120litros/pessoa.dia. Buscando avaliar o atendimento do sistema a diferentes demandas, considerou-se que parcelas, variando de 20litros/pessoa.dia até todo o consumo, poderiam ser atendidas com água de chuva. Visando avaliar a viabilidade de utilização do sistema para diferentes faixas de consumo foi também considerado o consumo per capita de 160 litros/pessoa.dia.

O custo do sistema levou em consideração preços de material e mão de obra praticados em Salvador. O atendimento a demanda para água de chuva foi transformado em economia na conta de água. Para esta análise foram consideradas as tarifas cobradas pela concessionária local.

Para determinar a amortização mensal do investimento foi utilizada a equação 1:

$$Amort = Ct \cdot Tx \cdot \frac{(1 - Tx)^T}{(1 - Tx)^{T-1}} \quad (1)$$

Onde: Ct é o custo total do sistema; Tx é a taxa de depreciação do sistema instalado. Para esta análise foi adotado T= 240 meses e Tx=0,9% ao mês.

O custo do metro cúbico de água produzido pelo sistema foi determinado pela razão entre a amortização mensal (Amort) e o volume médio mensal de água substituída por água de chuva, para os vários cenários simulados, comparando os resultados encontrados.

Resultados e Discussão

A partir da análise dos resultados das simulações e das curvas Atendimento a demanda (figura 01), Custo de implantação do sistema (figura 02) e Redução na conta de água segundo Volume do reservatório adotado, verifica-se que aumentado o volume de reservação o usuário terá um incremento sempre crescente no investimento a ser realizado, entretanto, a redução no consumo de água e no valor da conta pago à concessionária, não crescem na mesma proporção.

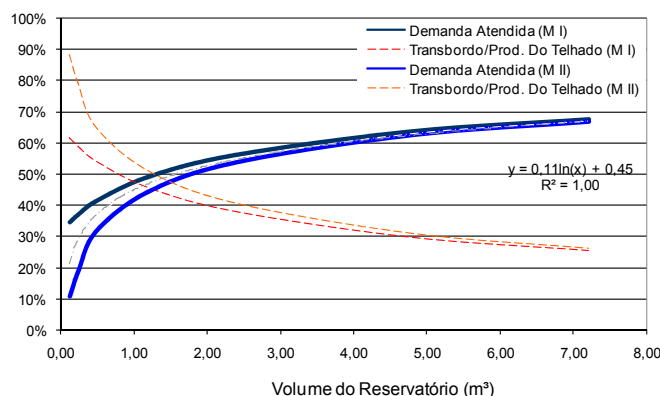


Figura 01. Atendimento a demanda destinada a água de chuva segundo volume do reservatório adotado.

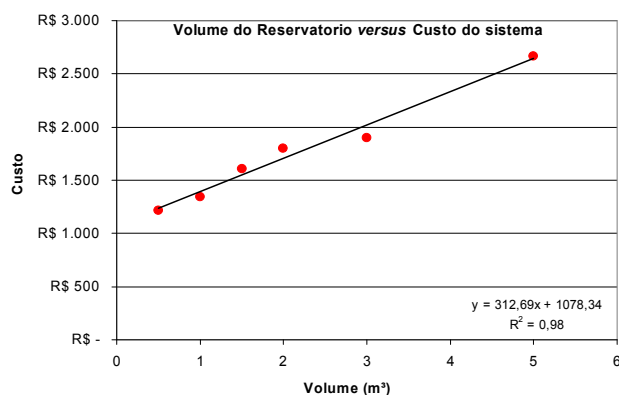


Figura 02. Custo do sistema segundo Volume do reservatório adotado.

Analisando o gráfico Custo do m³ produzido segundo Demanda para água de chuva, figura 03, verifica-se que quanto maior a parcela da demanda destinada para água de chuva menor o custo do m³ produzido pelo sistema, independente do tamanho do reservatório adotado. Observa-se ainda que o reservatório de maior capacidade (5m³) apresentou o maior custo por m³ produzido, independente da demanda para água de chuva considerada. Porém, o reservatório menor (0,5m³) não representou o menor valor.

Athayde Júnior e colaboradores (2008) [2] ao avaliar o aproveitamento de água pluvial em residências, verificaram que este seria economicamente viável apenas para residências de alto padrão e consumo.

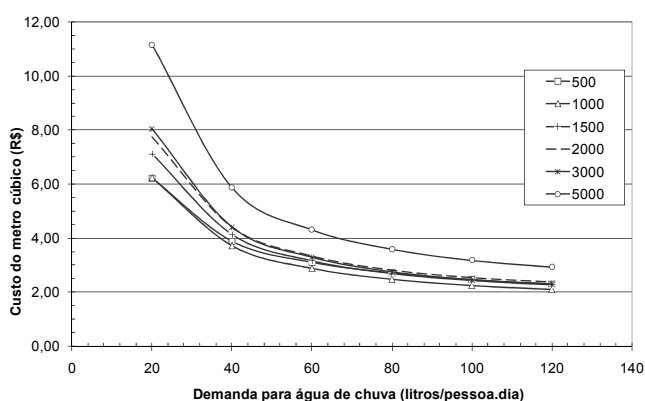


Figura 03. Custo do m³ produzido segundo demanda destinada para água de chuva (CP: 120L/hab.dia)

Já para cenários futuros de tarifas, a implantação desses sistemas representa uma alternativa economicamente viável independente do padrão residencial. Os autores avaliaram ainda que, para o padrão popular, reservatórios de acumulação com capacidade reduzida apresentam maiores razões benefício/custo e menores períodos de retorno.

Comparando os resultados encontrados para um consumo per capita de 120litros/dia (figura 04), o que enquadraria esta família na faixa de até 15m³ mensais, e para consumo per capita de 160litros/dia (figura 05), o que a enquadraria na faixa maior que 15 até 20m³ mensais, verifica-se que, em ambos os casos, aumentando a parcela da demanda destinada para água de chuva o tempo de amortização do sistema tende a diminuir. Porém no primeiro caso, CP= 120litros/pessoa.dia, verifica-se que a partir de determinado ponto os tempo de amortização se igualam, mesmo ampliando a demanda, verificado pela superposição das curvas. Tal fato deve-se a mudança na faixa de consumo que ocorre com a economia de água proporcionada pela implantação do sistema. Ou seja, ao atingir o padrão de 10m³/mês esta família passaria a pagar o valor mínimo. Assim, independente do incremento na redução do consumo de água, este não seria refletido no valor da conta paga.

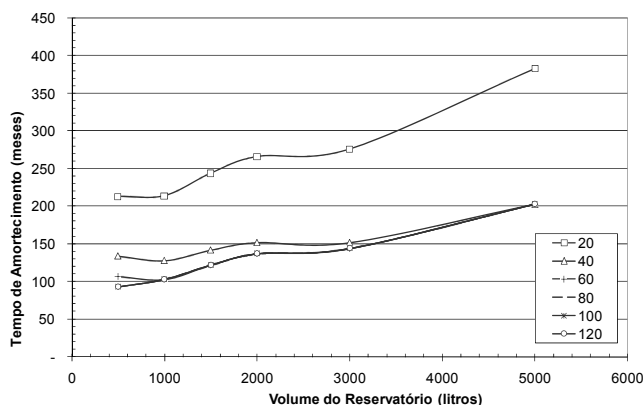


Figura 04. Tempo de amortização segundo volume do reservatório adotado e demanda destinada para água de chuva. (CP: 120L/hab.dia)

O mesmo não ocorre para um consumo per capita de 160 litros/pessoa.dia, pois este não alcançaria a faixa mínima, de forma que a redução no consumo, gerada pela ampliação da demanda atendida com água de chuva, continuaria refletindo na redução da conta de água. Verifica-se ainda que o tempo de amortização do investimento é menor para a residência que se enquadra na faixa de maior

consumo, e conseqüentemente de maiores tarifas. Assim, de acordo com o consumo médio mensal e com a estrutura tarifária, a utilização de um sistema de captação de água de chuva pode apresentar período de amortização do investimento mais ou menos longo, influenciando a viabilidade econômica da utilização de água de chuva.

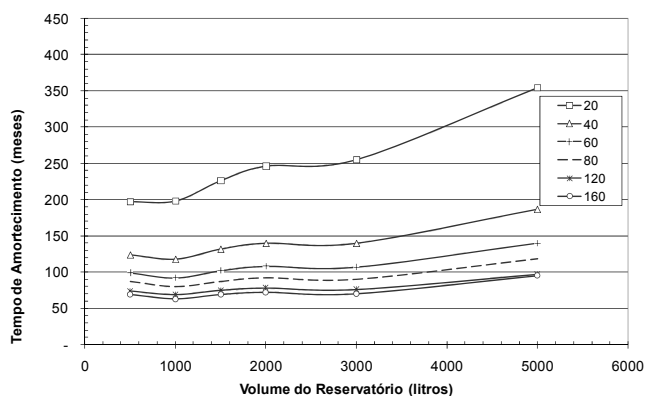


Figura 05. Tempo de amortização segundo volume do reservatório adotado e demanda destinada para água de chuva. (CP: 160L/hab.dia)

A partir destas informações identifica-se que a estrutura tarifária, com a determinação de faixa de consumo mínimo, praticado pelas concessionárias não estimulam a redução no consumo de água, mostrando-se como uma barreira a ações que visem o uso racional da água.

Num cenário em que se fortaleçam as medidas de gestão da demanda com reconhecimento do viés fortemente social do sistema de abastecimento de água, o consumo mínimo para efeito de tarifação cairia para algo em torno de 5 ou 6 m³, caindo, também, a tarifa que seria elevada para as faixas de consumo superiores. Assim, espera-se, haveria uma tendência à redução no consumo excessivo de água e no uso de fonte alternativas.

Conclusões

A partir das simulações efetuadas, conclui-se que a captação e utilização de águas pluviais se apresenta como uma alternativa viável de acordo com as características de consumo, tarifa e custo dos sistemas. Sua utilização necessita de estudos acerca da viabilidade econômica e eficiência no atendimento aos usos a que será destinada, evitando a implantação de projetos inadequados que comprometam os aspectos positivos da alternativa.

Referências



- [1] COHIM, E; GARCIA, A. P. A; KIPERSTOK, A. (2007). *Captação direta de água de chuva no meio urbano para usos não potáveis*. In: Anais do 24º Congresso de Engenharia Saitária e Ambiental, 24, Belo Horizonte. Rio de Janeiro: ABES, 2007. 13p. CD-ROM
- [2] ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; DIAS I. C. S.; GADELHA, C. L. M.. (2008) *Viabilidade econômica e aceitação social do aproveitamento de águas pluviais em residências na cidade de João Pessoa*. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 85-98, abr./jun. 2008. ISSN 1678-8621



DESINFECÇÃO SOLAR DA ÁGUA: A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DA ÁGUA PARA A SEGURANÇA NO TRATAMENTO DOMICILIAR

Jorge Gomes dos Santos¹; Garrido Márcia Maria¹ & Corrêa Ronaldo Antônio¹

RESUMO – A coleta de água de chuva para consumo humano e outros objetivos domésticos é praticada por indivíduos em quase todos os países do mundo. Estudos reportados na literatura revelam a prevalência de contaminantes microbiológicos na água de chuva coletada. Sistemas descentralizados de tratamento da água no ponto de uso são opções viáveis para melhorar a qualidade da água a nível doméstico. Neste sentido, a desinfecção solar (SODIS) da água torna-se atraente para tratar água de chuva coletada em cisternas dentro do programa P1MC. Neste trabalho foi feita avaliação detalhada do perfil da temperatura da água alcançada durante o processo SODIS nas estações verão e outono na cidade do Rio de Janeiro. Ao mesmo tempo testes relativos ao efeito exclusivo da temperatura na resistência de bactérias indicadoras de poluição fecal foram realizados em água inoculada previamente contendo estes contaminantes. Os resultados mostraram que o efeito da temperatura é o principal responsável pela inativação das bactérias nas intensas condições de insolação na cidade do Rio de Janeiro.

Palavras chaves: Água de chuva, desinfecção solar, água segura.

¹IEN – Instituto de Engenharia Nuclear, Caixa Postal 68550, CEP: 21.941-972, Rio de Janeiro -RJ, Brasil, E-mail: jg@ien.gov.br



INTRODUÇÃO

A qualidade da água de chuva em cisterna, era quase totalmente ignorada, mas, isto passa a ter outra conotação a partir do momento em que milhares de famílias resolvem o problema de água de beber usando água de cisternas dentro do Programa P1MC.

A escassez de água segura para o consumo humano ainda continua sendo um drama social para as populações que habitam o semi-árido brasileiro, principalmente durante as secas. Além disso, a falta de condições adequadas de disposição de resíduos domésticos, de captação, transporte, armazenamento de água, aliados as precárias informações sobre hábitos de higiene e da qualidade da água consumida aumentam ainda mais os riscos de enfermidades por veiculação hídrica em áreas rurais. O desenvolvimento de pesquisa para potabilização de águas de chuva armazenada em cisternas tem extrema importância no contexto atual, face ao Programa Um Milhão de Cisternas Rurais – P1MC concebido pela Articulação do Semi-Árido (ASA) e hoje incorporado pelo Ministério de Desenvolvimento Social (MDS). A EMBRAPA semi-árido realizou uma avaliação sobre o funcionamento destas cisternas em 100 comunidades de diferentes municípios e constatou que quase metade das cisternas havia algum tipo de contaminação microbiológica. Brito et. al analisaram a qualidade sanitária de água armazenadas em cisternas na comunidade de Atalhos, Petrolina-PE constataram que 73% das amostras apresentavam-se contaminadas por coliformes fecais. Resultados semelhantes foram verificados por Amorim e Porto. Estes resultados evidenciam riscos a saúde das famílias que consomem esta água. Como estas comunidades nem sempre dispõem de suprimento ou são refratárias ao uso de cloro, passa a ser vital para a sua segurança, dispor de técnica alternativa simples e de baixo custo, para a potabilização desta água. Existem diversas tecnologias disponíveis que melhoram a qualidade da água. Algumas destas tecnologias são, contudo, caras e sofisticadas, o que torna inviável a sua aplicação para pequenas comunidades. Além disto, a capacidade dos governos e das organizações privadas para prover água encanada para populações dispersas em comunidade rural é pobre devido ao alto capital exigido para construir e manter tal infra-estrutura. Nestes casos as pessoas deveriam ser estimuladas a usar o tratamento da água em casa como uma alternativa sustentável e imediata para obtenção de água segura.



Uma alternativa para o tratamento da água para este tipo de comunidade é a desinfecção solar (SODIS). A SODIS tem demonstrado ser uma técnica eficiente na inativação e destruição de bactérias patogênicas e vírus na água. Este método tem sido provado por diferentes instituições e países ao redor do mundo. Estudos prévios realizados por Conroy et al. mostraram resultados positivos no controle de doença diarreica em crianças menores que 6 anos de idade, com o uso da energia solar na desinfecção da água de beber. O método serve como forma de conter os riscos de epidemia em comunidades que vivem em regiões com más condições sócio-econômicas e higiênico-sanitárias.

O presente trabalho teve por objetivo prover informações relevantes sobre o efeito da temperatura no mecanismo de inativação de microorganismos que acontecem durante o processo de desinfecção solar e com isto auxiliar a definir metodologias para tratamento a nível doméstico de águas de chuvas armazenadas em cisternas de forma a adequá-las ao padrão de potabilidade estabelecido pela portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado nas instalações do Instituto de Engenharia Nuclear na cidade universitária – Ilha do Fundão – Município do Rio de Janeiro, Brasil, com coordenadas geográficas Latitude 22° 48' 47.8 S, Longitude 43° 11' 15.9 S.

A metodologia para o desenvolvimento nesta fase da pesquisa consistiu no monitoramento da intensidade de radiação solar natural UV-A, UV-B, UV-VIS alcançando a superfície terrestre de acordo com as variações estacionais e de nebulosidade para a latitude do Rio de Janeiro, assim como, a determinação do perfil de temperatura que a água contida na garrafa PET alcança com a sua exposição ao longo do dia. Como estratégia para melhor aproveitamento dos efeitos da radiação solar as garrafas PETs são dispostas na condição natural e com metade da face pintadas de preto para absorver e reter mais o calor e uso de concentrador solar.

Os testes de termo-resistência foram realizados com cepas de *E. coli* ATCC 11229, indicadora de contaminação fecal e *Serratia* como representante do grupo de coliformes totais. A quantificação das bactérias foram realizadas usando o método do substrato cromogênico definido ONPG-MUG (Kit colilert). Estes ensaios foram realizados em um banho termostático



microprocessado da marca Nova ética. As amostras eram inoculadas após água atingir a temperatura de ensaio. Não foi considerado nesta fase o eventual stress sofrido pelas bactérias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito dos fatores ambientais no crescimento

O crescimento dos microrganismos é grandemente afetado pelas condições físicas e químicas do ambiente onde se encontram, sendo que estas podem influir positivamente ou negativamente de acordo com o microrganismo em questão. A temperatura corresponde a um dos principais fatores ambientais que influenciam o desenvolvimento bacteriano. A medida que há um aumento da temperatura, as reações químicas e enzimáticas na célula tendem a tornar-se mais rápidas, acelerando a taxa de crescimento. Entretanto, em determinadas temperaturas inicia-se o processo de desnaturação de proteínas e ácidos nucleicos, inviabilizando a sobrevivência celular. Assim, todos os microrganismos apresentam uma faixa de temperatura onde desenvolvem-se plenamente. Nesta faixa de temperatura podemos determinar as temperaturas mínima, ótima e máxima (temperaturas cardeais), para cada microrganismo.

A figura 1 mostra as temperaturas cardeais dos microorganismos.

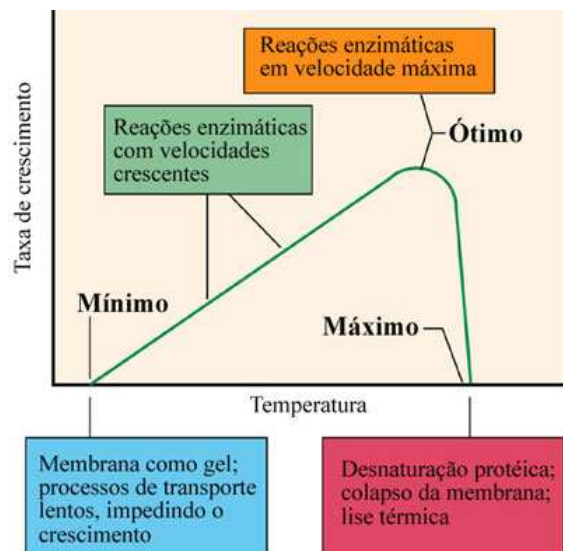


Figura 1 - Temperaturas cardiais dos microrganismos

Dentre os diferentes microrganismos observa-se uma ampla variedade de faixas de temperatura, onde para alguns o ótimo encontra-se entre 5 e 10°C, enquanto para outros é de 90 a 100°C. Assim, os microrganismos podem ser classificados em grupos, de acordo com os ótimos de temperatura. Microorganismos mesófilos crescem numa faixa de 20 a 40°C, com um ótimo em torno de 37°C, sendo os principais microrganismos encontrados em animais de sangue quente.

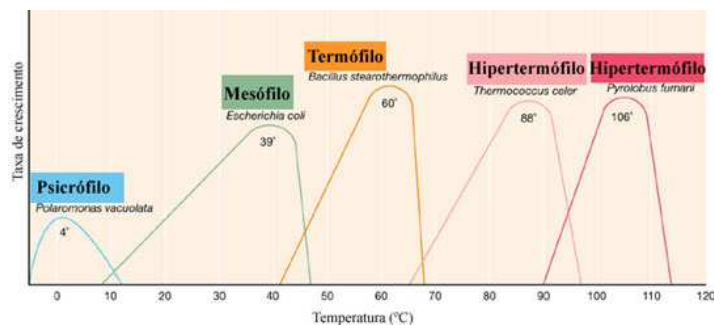


Figura 2 - Tipos de bactérias em relação à temperatura

As figuras 3, 4 e 5 mostram os valores médios da intensidade de radiação solar natural UV-A, UV-VIS disponível para as estações de verão e outono de 2008 e variações de nebulosidade para a latitude do Rio de Janeiro. A radiação solar se distribui de maneira irregular e sua intensidade depende além da latitude geográfica, da estação e da hora do dia.

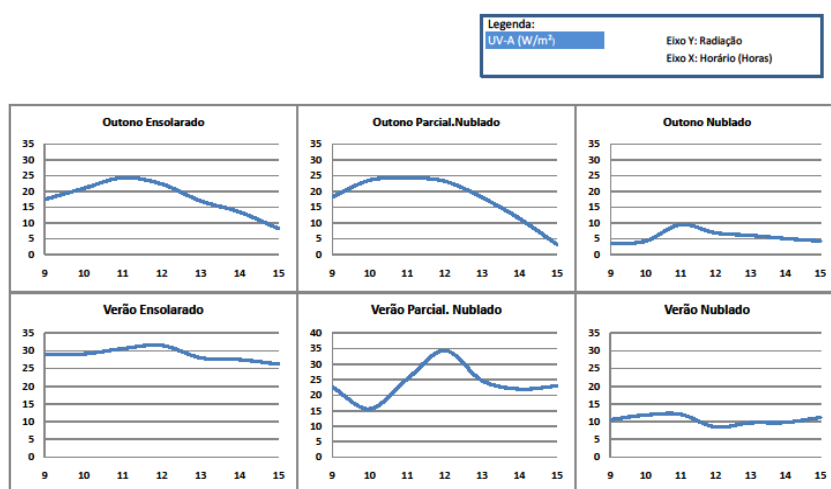


Figura 4. Média da radiação UV-A para verão e outono ao longo do dia.

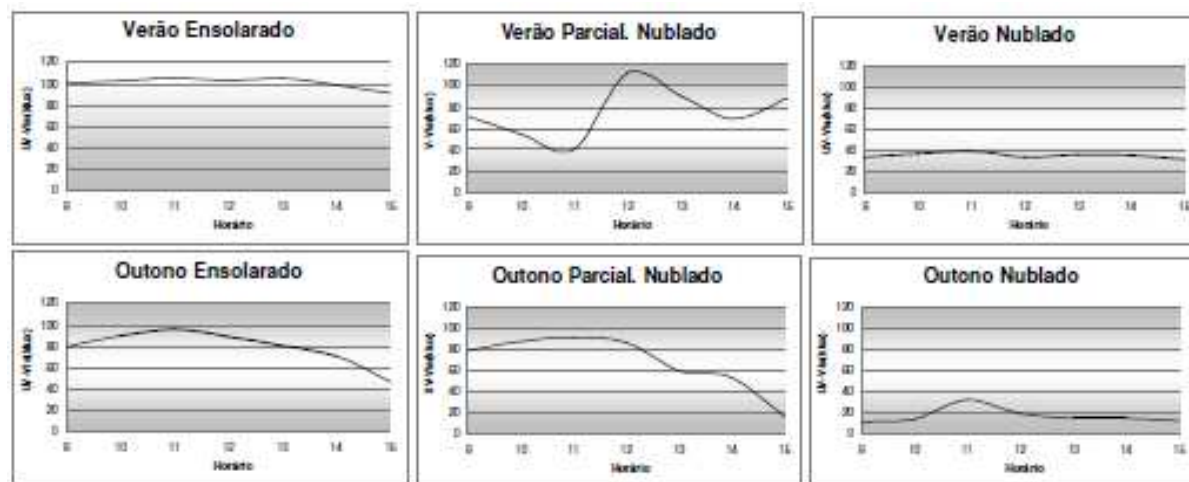


Figura 4. Média da radiação UV-Vis para verão e outono ao longo do dia.

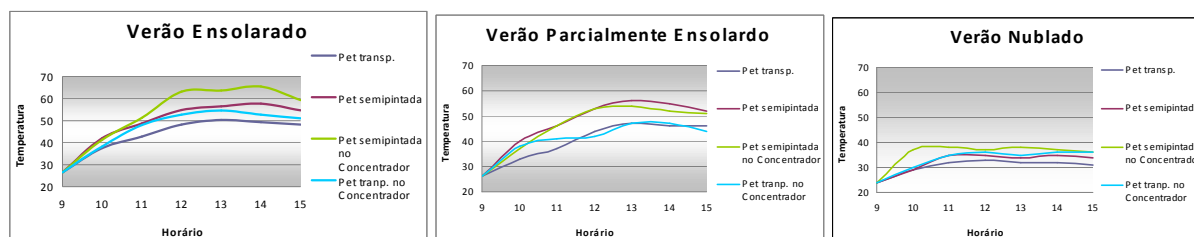


Figura 5. Distribuição da temperatura nas estações verão.

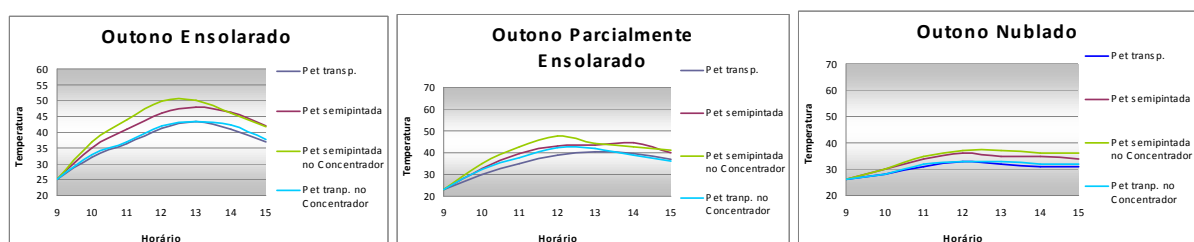


Figura 6. Distribuição da temperatura nas estações outono.

Os gráficos das figuras 3, 4, 5 e 6 revelam que as variações estacionais da radiação solar são importantes para a aplicabilidade do método de desinfecção solar da água. Antes da implementação do SODIS em um lugar específico, seria interessante determinar as intensidades estacionais da radiação com a determinação do perfil da temperatura.

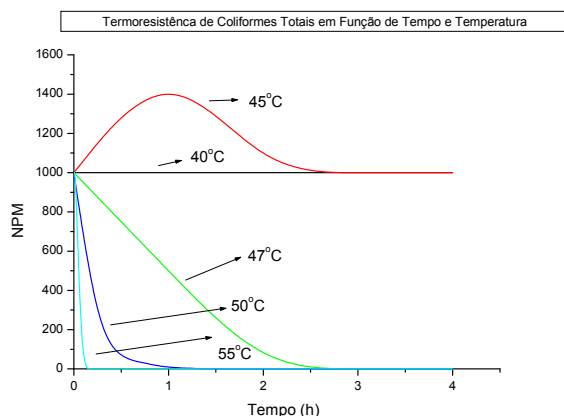


Figura 7 – termo-resistência de coliformes totais em função do tempo e temperatura.

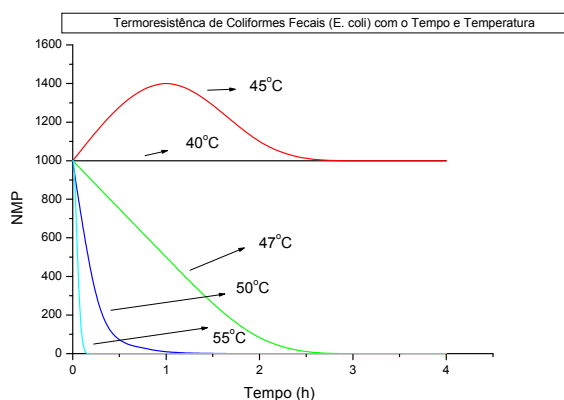


Figura 8 – termo-resistência de coliformes fecais em função do tempo e temperatura.

Os resultados dos testes de termo-resistência de coliformes fecais e totais foram exatamente iguais quando analisados usando kit colilert. Os resultados também revelam que a partir de 47°C é possível inativar a *E. coli* ATCC 11221 e *Serratia* para um período de exposição superior a 150 minutos. Já a partir de 50°C com período de exposição de 1 hora alcança-se a completa inativação destas bactérias indicadoras de contaminação. Essa temperatura é facilmente atingida com exposição ao sol em um dia de céu aberto, conforme verificado pela equipe.

Vários estudos sustentam que o SODIS possui uma grande parte da sua energia de desinfecção pela ação fotoquímica. Tem sido reivindicado que o segmento UV acompanhando a



porção visível é responsável pela ação germicida quando a água é exposta a luz solar. Nossos resultados mostram que o SODIS não opera sobre a base fotoquímica, mas num processo térmico de pasteurização.

Estudos de termo-resistencia de microorganismos em um tempo de exposição maior em temperaturas levemente acima da temperatura de incubação pode ser a garantia para entender plenamente como a temperatura da água afeta o ambiente SODIS.

CONCLUSÕES

Este trabalho mostrou que a temperatura alcançada pela água durante o processo SODIS é preponderante na eficácia do processo e que a partir de 1 hora de exposição a 50°C, é possível inativar pelo efeito térmico microorganismos termotolerantes indicadores de contaminação fecal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MADIGAN, et al., Prentice Hall, in Brock: Biology of Microorganisms, 12th Edition. 2003.
- BRITO, L.T. de L.; PORTO, E.R.; SILVA, A. de S.; MONTEIRO, M.A.R. Avaliação das características físico-químicas e bacteriológicas das águas das cisternas da comunidade de atalho, Petrolina –PE. IN: 5 Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 11 – 14 de julho: ABCMAC. 2005.
- AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R. Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no município de Petrolina-PE. IN: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, . 2001, Campina Grande. Anais. Campina Grande: ABCMAC. 2001. CD-room.
- WEGELIN, M., S. CANONICA, K. MECHSNER, T. FLEISCHMANN, F. PESARO, AND A. METZLER. Solar water disinfection: scope of the process and analysis of radiation experiments. J. Water Supply Res. Technol. Aqua 43:154–169. 1994.
- CONROY, R. M. et al. Solar disinfection of drinkable water protects against cholera in children under 6 year of age Arch Dis Child, 85, 293-295 (2001).



SANTOS, J. G.; Desinfecção solar simples e catalisada com TiO_2 suportado de esgoto secundário e de água de consumo humano em comunidades rurais ou regiões sem oferta de água tratada. Relatório FAPERJ, Processo N^o E-26/ 152.906/2006. 2009 – RJ.



ACESSO E MANEJO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA DA CHUVA NA COMUNIDADE DE TAPERA, JUAZEIRO – BA

*Elisson Alexandre Ferreira César¹; Erika Maria de Oliveira¹; Rita de Kásia de Lima Xavier¹;
Vinícius Diego de Souza Colares¹ & Juscelino Ribeiro da Silva¹*

RESUMO – A escassez de água no semiárido brasileiro para fins potáveis e para o uso na agricultura familiar, sobretudo durante as secas, tem se constituído historicamente como a justificativa para muitos dos problemas sociais e ambientais desta região que apresenta irregular distribuição das chuvas. A difusão de tecnologias adequadas ou adaptadas se apresenta como alternativa de mudanças profundas nos sistemas de produção agropecuária, presente na região Nordeste desde a colonização e que até hoje não correspondem às necessidades básicas da maioria da população. Buscando identificar os problemas relacionados à gestão dos recursos hídricos nesta sub-região do Nordeste brasileiro, propõe-se aprofundar as discussões e indicar alternativas sobre a convivência com o semiárido, o acesso e uso da água. Nesse sentido, o trabalho aponta a utilização de tecnologias apropriadas ao manejo sustentável deste recurso como já observado na comunidade de Tapera, próximo a cidade de Juazeiro – BA, que consiste na utilização de técnicas para captação e aproveitamento da água da chuva. Os resultados da pesquisa permitiram compreender a importância da participação direta da comunidade em todo o processo de acesso e manejo da água da chuva e das possibilidades de gestão participativa das famílias, portanto, preconiza-se a democratização destas técnicas como recursos alternativos que garanta a permanência da unidade de produção familiar.

Palavras chaves: convivência no semiárido, tecnologias sustentáveis, aproveitamento dos recursos hídricos.

¹UPE – Universidade de Pernambuco/Campus Petrolina, BR 203 Km 2 S/N, Campus Universitário, Vila Eduardo, CEP: 56300 - 000 - Petrolina – PE, Brasil, E-mail: elisson.cezar@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro é uma região marcada por fortes contradições, por um lado os aspectos fisiográficos contribuem com a elaboração de um conceito de área ressecada, sem possibilidades e fadada ao infortúnio, com uma avaliação mais detalhada, que leve em conta todas as características de forma isolada e inserida dentro da complexidade dessa região, teremos um ambiente com diversidade, porém, com possibilidades de convivência, exploração sustentável e altamente benéfica de seus vastos recursos.

A temática dos recursos hídricos e o seu uso adequado configuram-se como um assunto de grande debate no cenário mundial, tendo em vista a importância do manejo sustentável da água para o bem-estar das populações e para o desenvolvimento dos países.

No Nordeste brasileiro, este assunto adquire uma importância particular, pois a seca tem sido a justificativa para muitos dos problemas sociais e ambientais desta região que apresenta em suas características climáticas temperaturas elevadas, isto é, calor excessivo e chuvas concentradas e irregulares durante o ano.

A falta de água para consumo humano, o risco da agricultura dependente de água da chuva e as pequenas criações constituem os principais problemas enfrentados pelo pequeno produtor rural em especial da região semiárida onde esses efeitos são mais intensos. Nesta região a produtividade agrícola é limitada pela irregularidade na distribuição espaço-temporal das chuvas, considerada mais grave do que sua escassez propriamente dita (SILVA e RÊGO NETO, 1992).

Sabe-se, hoje, que o problema do semiárido não é a falta de chuva, mas a carência e insuficiências de políticas públicas que viabilizem esta região social e economicamente, uma vez que os fenômenos naturais ocorrem independente da vontade dos homens, e por si só não justificam todo o peso que a eles é atribuído, na análise de ANDRIGHETTI, 1998 são as condições econômicas e políticas que determinam a intensidade do flagelo social provocado pela natureza.

Para tanto, conviver com o semiárido significa, antes de tudo, proporcionar a seu povo usufruir dos recursos que lhe são permitidos, entre eles a água advinda das chuvas anuais e, por meio de tecnologias apropriadas, assegurar o armazenamento e manutenção de reservatórios essenciais à utilização humana em todos os seus aspectos.

A demanda por tecnologias adaptadas e de baixo custo tem seu foco na agricultura familiar, que ainda prevalece no Nordeste brasileiro. Com isso, propõe-se nada menos do que uma mudança profunda nos sistemas de produção agropecuária, desenvolvidos desde a colonização, que até hoje não correspondem de maneira satisfatória à melhoria das necessidades básicas da maioria da população. Cerca de metade das 4 milhões de unidades produtivas da agricultura familiar em todo o Brasil se encontram no Nordeste, a maior parte desses em situação de sustentação social e



econômica difíceis. Com toda esta abrangência, agrava-se a situação econômica regional e ocorre a crescente corrida aos recursos hídricos (CANIELLO, 2007).

O desafio secular consiste em encontrar não um, mas muitos e diferentes caminhos para reduzir as desigualdades e a pobreza e assim mudar a face do semiárido, mostrando sua viabilidade e diversidade. Entre os atores desta mudança destacam-se a articulação de alguns movimentos sociais e programas governamentais que ampliam o acesso da agricultura familiar a técnicas apropriadas e sustentáveis em prol de uma convivência com o semi-árido.

Nesta lógica as tecnologias para a captação de água da chuva e de poços profundos mostram-se eficazes no processo de distribuição da água, além disso, passam para as comunidades a responsabilidade de gerenciar seu próprio abastecimento de água e contribuem desta forma, para a sua organização e do desenvolvimento da consciência coletiva. Foi possível observar esta prática na localidade de Tapera, próxima à cidade de Juazeiro - BA, que já vivencia técnicas de aproveitamento de água da chuva de maneira que os moradores da comunidade não apenas captam e armazenam águas pluviais, como também gerenciam e reaproveitam a água que é utilizada nas atividades diárias.

Dentro desse contexto, medidas alternativas de manejo de água da chuva para captação e armazenamento são necessárias para o uso em pequenas propriedades e comunidades rurais, objetivando gerar ou adaptar infra-estruturas hídricas que possibilitem alterar o perfil da convivência do homem com 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.

MATERIAL E MÉTODOS

Partindo do pressuposto de que o semiárido é uma região com irregularidade pluvial e, portanto, da necessidade de alternativas sustentáveis para a captação da água da chuva, foi realizada uma pesquisa empírica de cunho qualitativo, sendo observada a comunidade da Tapera, no Distrito do Salitre (Figura 01), situado a Sudoeste da cidade de Juazeiro – BA, com a intenção de validar a eficácia de tais alternativas.

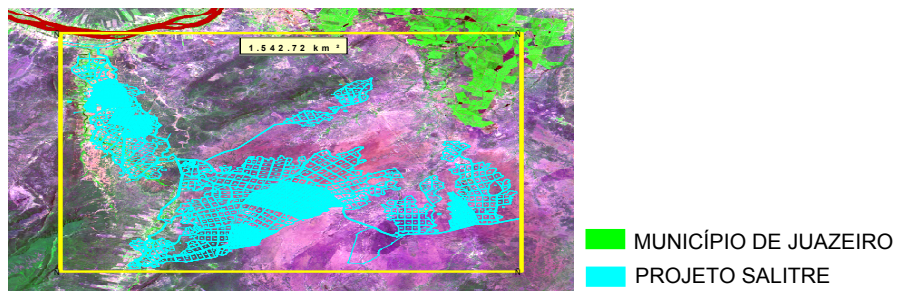


Figura 01 – Imagem de satélite da região do projeto Salitre no município de Juazeiro – BA. Foto: CODEVASF, 2008

uso e manejo sustentável da água em sua localidade. Nesse contexto, adotou-se uma reflexão crítica das relações sócio-ambientais, sócio-econômicas e da ocupação espacial e das atividades de uso do solo e dos recursos hídricos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Levando-se em consideração que a região onde se encontra localizada a comunidade de Tapera caracteriza-se pela presença de temperaturas elevadas com chuvas durante os primeiros meses e seguido de estiagens e sua hidrografia é composta por rios intermitentes, percebe-se a necessidade de medidas diferenciadas de captação de água, estas, por sua vez, bem aceitas pela população em função da sua eficácia.

Na comunidade pesquisada, foi possível constatar a presença de recursos utilizados para a obtenção de água da chuva. Observa-se os seguintes reservatórios: um poço cartesiano, uma cisterna, tanques artificiais e naturais em lajedos de pedras e açude.

O poço cartesiano é o principal meio de obtenção de água subterrânea formado, entre outros fatores, por água da chuva infiltrada no solo. A água é captada através de uma bomba administrada por um funcionário da prefeitura, em seguida é armazenada em uma caixa de fibra (Figura 02), sendo distribuída à população por meio do chafariz (Figura 03) que está presente na região central da comunidade. A figura 04 mostra o reaproveitamento da água que é escoada do chafariz por um cano que os interligam.



Figura 02 – Caixa que armazena a água captada do poço artesiano, perfurado há 20 anos na comunidade de Tapera. Foto: Elisson César, 2009.



Figura 03 – Chafariz que distribui a água da caixa para a comunidade através de um cano que é utilizado para o escoamento da água que cai involuntariamente. Foto: Elisson César, 2009.



Figura 04 – Destino da água que é escoada do chafariz. Utilizada para o consumo animal. Foto: Elisson César, 2009.

A cisterna, outra forma de armazenamento de água presente na localidade (Figuras 05 e 06) possui capacidade para armazenar aproximadamente 16 mil litros de água, o equivalente ao que é reservado em um carro pipa, este recurso é utilizado em função da cisterna ser usada por toda a comunidade e necessitar ser reabastecida em períodos de estiagem, pois só a água da chuva é insuficiente devido o alto consumo.



Figura 05 – Única cisterna da comunidade, doada pela Pastoral da Família. Várias famílias ganharam os materiais, mas não tiveram recursos para a construção. Foto: Elisson César, 2009.



Figura 06 – A cisterna está localizada em uma propriedade privada, entretanto, todos da comunidade têm acesso com a condição de não haver desperdício. Foto: Elisson César, 2009.

Outra forma que a população local encontrou para armazenar a água foi a utilização de reservatórios expostos em época de chuva a exemplo de caixas d'água (Figura 07) e tanques artificiais (Figura 08) localizados na parte externa das casas.



Figura 07 – Caixa de 1000 L, exposta para que a água da chuva seja coletada e torne-se própria ao consumo humano e posteriormente animal. Foto: Elisson César, 2009.



Figura 08 – Esse tanque recebe a água advinda do fundo do reservatório de 1000 L, imprópria ao consumo humano e é utilizada para o consumo animal. Foto: Elisson César, 2009.

O contato com a população das localidades citadas e portanto, o diálogo a respeito das técnicas utilizadas nessas comunidades, foi necessário para confirmar que o uso de medidas apropriadas para a captação de água das chuvas mostram-se importantes no processo de convivência com as instabilidades climáticas relacionadas ao regime de precipitações da região.

ser feito o manejo e a forma de como tais técnicas são implantadas e utilizadas por qualquer pessoa sem conhecimentos mais aprofundados.

A política de acesso e manejo de água da chuva impede ou, em menores proporções, ameniza as ações da chamada “indústria da seca”, que impõe ao homem do campo e a sua família a necessidade de depender destas medidas paliativas e que tende a reproduzir a estrutura social do semiárido brasileiro.

CONCLUSÃO

Embora a tecnologia de captação de água da chuva para fins potáveis ou para uso na agricultura familiar não seja uma idéia nova, ela tem sido negligenciada pelos órgãos de planejamento. Entretanto, é notório que as técnicas de captação de água da chuva, utilizando-se como medidas alternativas aumenta o potencial de disponibilidade de água para suprir as carências do homem do campo, além de transferir às comunidades e famílias a responsabilidade de gerenciar seu próprio abastecimento de água.

Sabe-se que ainda existe um caminho lento e gradual a ser percorrido para solucionar e desmistificar o problema da “seca do Nordeste”, no entanto, se houver uma política que desenvolva no semiárido brasileiro técnicas simples e de baixo custo, bem como a implementação de ações para o fortalecimento da infra-estrutura social, econômica e produtiva, visando a melhoria das condições



de vida da população rural, teremos no futuro um convívio adequado do homem com as estiagens periódicas presentes na região.

Conclui-se, por meio deste trabalho, que o convívio com as condições climáticas existentes no semiárido tem-se mostrado possível e real em diversas localidades, a partir de experiências vivenciadas nas comunidades rurais que implementaram os sistemas diferenciados de captação de água da chuva, tornando essa prática um meio de atender às necessidades tanto de consumo humano como também de produção agrícola e manejo de animais. O que se preconiza é a democratização destes recursos alternativos e adequados, para que todos sertanejos tenham acesso e que possam compreender o semiárido como uma região econômica e humanamente viável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIGHETTI, Yná. **Nordeste: mito e realidade**. São Paulo: Moderna, 1998.

CAATINGA (2000). **Falando de Água: projeto melhoria do acesso, qualidade e gerenciamento de água para o consumo familiar**. CAATINGA / CRS – Ouricuri. Cartilha.

CANIELLO, M.M. **Uma abordagem antropológica**. Módulo II. Curso DSSB. Abeas/UFCG – PB. 2007.

CASTRO, Iná Elias. GOMES, Paulo César da Costa. & CORRÊA, Roberto Lobato. (org.). **Brasil: questões atuais da reorganização do território**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação**. Brasília, Distrito Federal: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, 2006. 171p.

SILVA, D. A. da; REGO NETO, J. **Avaliação de barragens subterrâneas para fins de exploração agrícola**. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., Natal. Anais... Fortaleza: ABID, 1992. P. 335.

PRODUTIVIDADE DA ÁGUA DE CHUVA NA CULTURA DO FEIJÃO CAUPI EM CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS¹

Luiza T. de L. Brito²; Nilton de B. Cavalcanti³; Aderaldo de S. Silva⁴; Lúcio Alberto Pereira⁵

¹Pesquisa realizada com apoio financeiro do BNB/Fundeci.

²Eng^a Agrícola, Dr. em Recursos Hídricos, Embrapa Semi-Árido. C.P. 23. 56302-970 Petrolina-PE. luizatl@cpatsa.embrapa.br

³Admin. de Empresa, M.Sc., Embrapa Semi-Árido.

⁴Eng. Agrônomo, PhD. em Sustentabilidade Ambiental, Embrapa Semi-Árido.

⁵Ecólogo, Dr. em Ecologia, Embrapa Semi-Árido.

RESUMO: Os diferentes sistemas de cultivo utilizados pelos agricultores do Semi-Árido brasileiro apresentam riscos de perda de produtividade devido à irregularidade das chuvas sendo, portanto, necessário associá-los a práticas que propiciem maior disponibilidade de água no solo. Neste trabalho, foram avaliados os efeitos da irrigação de salvação e da adubação orgânica na cultura do feijão caupi, cultivar BRS-Pujante. Para isto, foram aplicados 120,0 mm de água, adicionais aos 278,1 mm de chuva que ocorreram durante o ciclo de produção do caupi e 24 kg de esterco de curral por metro linear de sulco. Os resultados indicam que a maior produtividade de grãos de caupi foi obtida com o tratamento T1, que associou a irrigação de salvação com a adubação orgânica (1.422,5 kg ha⁻¹), seguido pelo tratamento (T3) que aplicou a adubação orgânica isolada (1.385,8 kg ha⁻¹), embora não tenha ocorrido diferença estatística entre ambos. Comparando-se estes resultados de produtividade com o obtido com a testemunha, observa-se que ocorreram aumentos de 54,5% e de 50,5% na produtividade de grãos, ressaltando o efeito do uso da água complementar e da adubação orgânica nessa cultura, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: *Vigna unguiculata*, irrigação de salvação, adubação orgânica.

INTRODUÇÃO

No Semi-Árido brasileiro, a água é fator limitante tanto para o consumo das famílias e dos animais como para a produção de alimentos. Com uma área de 969.589,4 km², e ocupando 67% do Nordeste (Brasil, 2005), nesta região os sistemas de exploração agropecuários utilizados pelos pequenos agricultores sobrevivem em equilíbrio precário com os sistemas agroecológicos e socioeconômicos. O fenômeno que caracteriza esse desequilíbrio está associado a vários fatores, principalmente à irregularidade pluviométrica, o que torna a agricultura uma atividade de risco.

Produzir alimentos nestas condições exige medidas de gestão e práticas de uso da água apropriadas. Dada a agricultura irrigada consumir atualmente a maior parte da água doce disponível no mundo estimada em 60 a 80% (Chistofidis, 2008), encontrar meios de produzir mais alimentos com menos água é um dos maiores desafios enfrentados pela humanidade, tendo como base o conceito de “produtividade de água”, apresentado por vários estudiosos, entre eles Bluemling et al. (2007). No contexto da agricultura, o aumento da produtividade de água está relacionado a vários fatores, como qualidade do material genético, práticas eficientes de manejo de água, práticas agronômicas e políticas de incentivo à produção. Entendido dessa forma, o aumento da produtividade da água é uma resposta ao problema da escassez de água, reforça a segurança alimentar e deixa mais água disponível na natureza para outros usos.

Analisar conjuntamente o efeito das práticas que conduzem a este novo conceito de eficiência de água com os da escassez de recursos hídricos na região, tem sido objeto de vários estudos realizados pela Embrapa Semi-árido, resultando em diferentes alternativas tecnológicas voltadas para aumentar a disponibilidade de água pra consumo humano, animal e produção de alimentos em comunidades rurais, como as pequenas estruturas hídricas: cisternas para consumo humano, animal e vegetal; barragem subterrânea; captação *in situ* e pequenas barragens para uso na irrigação de salvação (Brito et al. 2007), sendo esta última alternativa utilizada neste estudo.

A irrigação de salvação é definida como a aplicação de uma lâmina de água para atender as necessidades mínimas da cultura, e deve ser aplicada quando a planta apresentar sintomas de falta de água, de forma que não afete seu desenvolvimento e comprometa sua produção. Com o uso da irrigação de salvação, a quantidade de água e o momento de sua aplicação inserem-se em uma decisão a ser tomada com base no conhecimento das relações do sistema água-solo-planta-clima. É necessário conhecer o comportamento de cada cultura em função das diferentes quantidades de água a elas fornecidas, as etapas de seu desenvolvimento de maior consumo de água e os períodos críticos, quando a falta ou excesso redundaria em quedas de produção (Bernardo, 1989).

No Semi-Árido brasileiro, os primeiros estudos utilizando a prática da irrigação de salvação, no âmbito da agricultura de subsistência foram desenvolvidos por Silva et al. (1981), quando idealizaram o modelo de uma pequena barragem de terra para armazenar água de chuva e, por gravidade (Figura 1), aplicar água às culturas nos veranicos que ocorrem na estação chuvosa para reduzir os riscos de perda de safra. Como preconizado no conceito de irrigação de salvação, a aplicação de água deve ser efetuada quando a planta apresentar sintomas de falta de água, de forma que não afete seu desenvolvimento e comprometa a produção; embora o ideal é fazer o monitoramento da umidade do solo e irrigar quando esta umidade estiver, no máximo, a 30-40% da capacidade de campo (Silva et al, 2007).



Fig. 1. Vista aérea da barragem para uso na irrigação de salvação e detalhe da área de plantio cultivada com feijão.

Entre as culturas de subsistência do Nordeste brasileiro, o feijão vigna (*Vigna unguiculata* L., Walp.), também conhecido como feijão macassar ou feijão de corda é uma das variedades mais consumidas na região, e exerce a função de suprir parte das necessidades protéicas de grande parte da população, refletindo desta forma sua importância regional.

A área ocupada com feijão-caupi, no mundo, está em torno de 12,5 milhões de ha, com 8 milhões (64% da área mundial) na África. As demais áreas estão localizadas na América do Sul, América Central, Ásia, sudoeste da Europa, sudoeste dos Estados Unidos e Oceania. Entre todos os países, os principais produtores mundiais são Nigéria, Niger e Brasil (Quin (1997), citado por Andrade Junior et al. 2003).

No Brasil, o feijão caupi é cultivado predominantemente no sertão semi-árido e em pequenas áreas na Amazônia. Representa 95% a 100% do total das áreas plantadas com feijão-caupi nos Estados do Amazonas, Maranhão, Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte (Maia, 1996). Nesta região, a produção e a produtividade são de 429.375 t e 303,5 kg/ha, respectivamente. Os maiores produtores são os Estados do Ceará (159.471 t), Piauí (58.786 t), Bahia (50.249 t) e Maranhão (35.213 t), os quais também apresentam as maiores áreas plantadas de acordo com Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 1993-2001 (Andrade Júnior et al. 2003).

Em muitas áreas do Nordeste brasileiro, as baixas produtividades registradas com o feijão-caupi, devem-se, entre outras causas, ao uso de cultivares pouco adaptadas aos diversos sistemas de produção e às variações edafoclimáticas. Assim, foram avaliados os efeitos da irrigação de salvação e da adubação orgânica na cultura do feijão caupi, cultivar BRS-Pujante, num cenário de irregularidades das chuvas, como comumente ocorre no Semi-Árido brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram conduzidos no período de março a junho de 2008, na Estação Experimental da Caatinga, da Embrapa Semi-Árido, utilizando água de chuva armazenada em uma pequena barragem de terra construída com a finalidade da aplicação de irrigação de salvação por gravidade. O clima da região é classificado como semi-árido quente BSw'h, conforme classificação de Köppen. Apresenta temperatura média anual de 26,3 °C e precipitação média anual é de 566,7 mm, (Moura et. al 2007), distribuída de forma irregular.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico abruptico plíntico (Santos et al., 2006), cujo preparo foi feito utilizando-se aração, gradagem e sulcamento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, constituindo-se de T1: irrigação de salvação e adubação orgânica; T2: irrigação de salvação; T3: adubação orgânica; T4: chuva (cultivo em condições de sequeiro sem adubação orgânica) - (testemunha). A adubação

orgânica consistiu da aplicação de 24 kg de esterco bovino por metro linear de sulco, nos tratamentos T1 e T3. Na irrigação de salvação, aplicou-se 24 litros de água por metro linear de sulco, o que corresponde a uma lâmina de 24 mm, a uma distância de 0,20-0,40 do pé da planta e profundidade em torno de 0,20-0,30 m, aproximadamente, sempre que o solo encontrava-se seco, sendo observada a umidade cavando-se o solo próximo à planta. As parcelas experimentais foram formadas por quatro sulcos com 30,0 m de comprimento, sendo cada sulco uma repetição.

A variedade de feijão cultivada foi BRS-Pujante, por apresentar precocidade, resistência à seca e potencial para obtenção de maiores produtividades (Santos et al. 2002). A semeadura foi realizada em covas no espaçamento de 1,0 m x 0,4 m, com cinco sementes por cova. Após a germinação foi realizado o desbaste, deixando-se apenas duas plantas por cova.

Em relação à planta foram avaliados os parâmetros altura da planta, diâmetro basal (ambos em unidades métricas), número de vagens por planta (quantidade), fitomassa verde e seca (kg) e produtividade de grãos (kg ha^{-1}). O peso da matéria seca foi obtido a partir de uma amostra ao acaso de 25 plantas por tratamento. As plantas foram secas em estufa à temperatura média de 60-70° C, até atingir peso constante. Para avaliação da produtividade de grãos, após a secagem, as vagens foram debulhadas e os grãos pesados, de acordo com cada tratamento. Os dados de produtividade, transformados em kg ha^{-1} (13 % base úmida), foram avaliados por meio da análise de variância e as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O plantio das sementes de caupi foi efetuado em 03 de março de 2008, após a ocorrência de 79,1 mm de chuva, no período de 27 de fevereiro a 01 de março, proporcionando umidade ao solo favorável à fase de germinação das sementes, que ocorreu cinco dias após a semeadura. No período de 15 de março a 16 de abril, que compreende as primeiras fases de desenvolvimento da cultura, ocorreram 199 mm

de precipitação, de forma bem distribuída no tempo. Em função do volume de água disponível no reservatório, foram aplicadas cinco irrigações de salvação, no período de 28 de abril a 21 de maio de 2009, numa freqüência semanal, que correspondeu a lâmina de 120 mm (Figura 2). Considerando as chuvas e a irrigação de salvação, a lâmina de água total no ciclo da cultura do feijão caupi foi de 398,1 mm. Segundo Lima (1989), citado por Andrade Júnior et al. (2003), as necessidades de água do feijão caupi podem variar de 300 a 450 mm/ciclo, dependendo da cultivar, do solo e das condições climáticas locais.

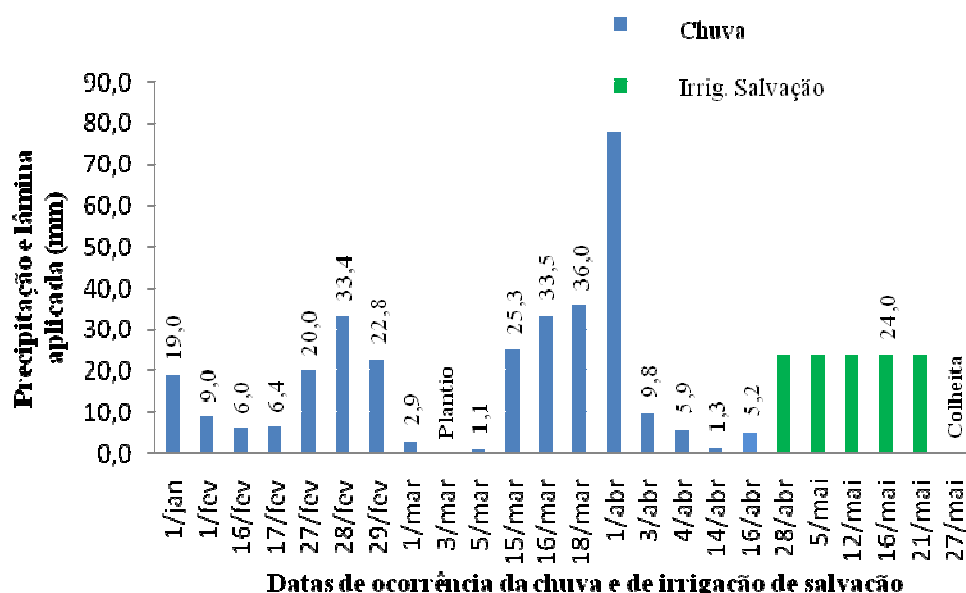


Fig. 2. Ocorrência das chuvas no período de desenvolvimento da cultura do feijão caupi.

A partir dos resultados obtidos nos diferentes tratamentos (Tabela 1), podem-se observar os valores fitotécnicos da cultura do caupi, sendo que para o parâmetro altura de planta, comparando-se os tratamentos T1, T2 e T3, ou seja, o efeito da irrigação de salvação e da adubação orgânica, aplicadas de forma isolada e conjunta não foi observado diferença estatística.

Tabela 1. Produtividades da cultura do feijão caupi (kg ha^{-1}) obtidas com os diferentes tratamentos.

Tratamentos	Altura da planta (m)	Diâmetro basal (m)	Nº. de vagem	Matéria verde (kg)	Matéria seca (kg)	Produtividade grãos (kg ha ⁻¹)
T1	0,37a	0,57a	8,1a	0,086a	0,019a	1.422,5a
T2	0,37a	0,44b	6,1b	0,053b	0,014b	1.050,0b
T3	0,36a	0,35c	5,94b	0,047c	0,010c	1.385,8a
T4	0,31b	0,26d	3,83c	0,038d	0,009c	920,8c
Média	0,35	0,41	5,95	0,062	0,014	1.171,6

Na avaliação da produtividade da cultura, os tratamentos T1 e T3 não apresentaram diferença estatística; nos demais, evidenciou-se o efeito da irrigação de salvação e da adubação orgânica em relação à Testemunha (T4), sendo obtido em T1 produtividade de 1.422,5 kg ha⁻¹ de grãos, seguido por T3 com 1.385,8 kg ha⁻¹ de grãos (Tabela 1). Comparando-se estes resultados de produtividade com o obtido com a testemunha, observa-se que ocorreram aumentos de 54,5% e de 50,5% na produtividade de grãos, respectivamente, ressaltando o efeito do uso da água complementar e da adubação orgânica nessa cultura. Para os demais parâmetros os resultados apresentaram diferença estatística em todos os tratamentos. Estes resultados ressaltam a importância do uso destas práticas na produtividade das culturas, como ressaltado no conceito de “produtividade da água”, embora, sejam pouco utilizadas pelos agricultores, que preferem vender o esterco do curral, muitas vezes a baixos custos.

Segundo Santos et al. (2000), tradicionalmente o caupi é cultivado em regime de sequeiro, porém, nestas condições a produtividade média alcançada no âmbito dos produtores é da ordem de 300 kg ha⁻¹ de grãos e em condições irrigadas, pode atingir 1.520 kg ha⁻¹ de grãos. Citam ainda, que as variedades mais cultivadas em áreas irrigadas são IPA 206, EPACE 10 e Canapu Precoce. Estes autores avaliaram diferentes cultivares e genótipos de feijão caupi com objetivo de estudar sua adaptabilidade e estabilidade de rendimento em regime irrigado e de sequeiro, em diferentes tipos de solos e sem adubação. Neste estudo, obtiveram produtividades

de 1.623 e 1.107 kg ha⁻¹ de grãos, respectivamente, em áreas irrigadas e de sequeiro; produtividades estas compatíveis com as obtidas nestes estudos.

Lima (1989), citado por Andrade Júnior et al. (2003), ressalta que o consumo hídrico diário raramente excede 3,0 mm, quando a planta está na fase inicial de desenvolvimento. Para as condições edafoclimáticas de Teresina-PI encontrou valores da ordem de 2,1 mm.dia⁻¹ para a variedade BR 10-Piauí.

O clima é um dos principais fatores que determina as necessidades de água das culturas. Por outro lado, pesquisas realizadas por Dorenbos e Kassan (1979) ressaltam que a deficiência de umidade no solo pode afetar seriamente o rendimento da cultura, especialmente se esta deficiência ocorre no início e durante a fase de floração da cultura. Afirmam estes autores que o rendimento máximo de uma cultura é aquele obtido com uma variedade altamente produtiva e bem adaptada ao respectivo ambiente de crescimento, cultivada em condições em que não haja limitação de fatores como água, nutrientes, pragas e doenças, durante seu cultivo até o amadurecimento; em geral, a diminuição na produtividade ocasionada por déficit hídrico durante o período vegetativo e de maturação, é relativamente pequena, enquanto durante o florescimento e os períodos de formação da produtividade será maior.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados deste estudo indicam:

- Para cada mm de água incrementada ao ciclo de produção do feijão caupi obteve-se 1,1 kg de grãos;
- O efeito conjunto da irrigação de salvação e da adubação orgânica proporcionou aumentos na produtividade de grãos do feijão caupi de 54,5% e de 50,5%, respectivamente. Daí a importância de se efetuar a aplicação do adubo orgânico nas culturas de subsistência para obtenção de maiores produtividades, principalmente em anos em que as chuvas ocorrem de forma regular no tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; SANTOS, A. A. dos; ATHAYDE SOBRINHO, C.; BASTOS, E. A.; MELO, F. de B.; VIANA, F. M.; FREIRE FILHO, F. R.; CARNEIRO, J. da S.; ROCHA, M. de M.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S. da; RIBEIRO, V. Q. **Cultivo de feijão-caupi**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2003. (Embrapa Meio-Norte. Sistemas de Produção, 2). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoCaupi/index.htm>>. Acesso em: 22 abr. 2009.

BERNARDO, S. Manual de Irrigação. 5. ed. Viçosa: Editora UFV, 1989. 625 p.

BLUEMLING, B.; YANG, H.; PAHL-WOSTL, C. Making water productivity operational - A concept of agricultural water productivity exemplified at a wheat-maize cropping pattern in the North China plain, **Agric. Water Manage**, **91**. 2007, pp.11-23.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Ministério do Meio Ambiente. Ministério da Ciência e Tecnologia. Portaria Interministerial no 1, de 09 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 mar. 2005. Seção 1, p. 41.

BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. 181 p. il.

CHRISTOFIDIS, D. **Água, irrigação e segurança alimentar**. Revista Item, N^o. 77, 1^o Trim. Brasília. 2008, p. 16-21.

DOORENBOS, J. E KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Roma, FAO, 1979. 193p.il. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33).

MOURA, M. S. B. de; GALVINCIO, J. D.; BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; SÁ, I. I. de; LEITE, W. de M. Influência da precipitação pluviométrica nas áreas de captação de água de chuva na Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 6., 2007, Belo Horizonte. Água de chuva: pesquisas, políticas e desenvolvimento sustentável: **Anais....** Belo Horizonte: UFMG, 2007. 1 CD-ROM.

SANTOS, C. A. F.; ARAUJO, F. P.; MENEZES, E. A. Comportamento produtivo de caupi em regimes irrigado e de sequeiro em Petrolina e Juazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 11, p. 2229-2234, 2002.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p. il. Inclui apêndices.

SILVA, A. de S.; MOURA, M. S. B. de; BRITO, L. T. de L. Irrigação de salvação em culturas de subsistência. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. cap. 8, p. 159-179.

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



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



CISTERNA - alternativa hídrica para melhorar a dieta alimentar das famílias do semi-árido brasileiro¹

Luiza T. de L. Brito²; Nilton de B. Cavalcanti³; João Gnadlinger⁴; Lúcio Alberto Pereira⁵

¹Pesquisa realizada com apoio financeiro do BNB/Fundeci.

²Eng^a Agrícola, Dr. em Recursos Hídricos, Embrapa Semi-Árido. C.P. 23. 56302-970 Petrolina-PE. luizatl@cpatsa.embrapa.br

³Admin. de Empresa, M.Sc., Embrapa Semi-Árido.

⁴Gestor Ambiental, Instituto da Pequena Agropecuária Apropriada-IRPAA, Juazeiro-BA/Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva – ABCMAC, Petrolina-PE -

johann@abcmac.org.br

⁵Ecólogo, Dr. em Ecologia, Embrapa Semi-Árido

RESUMO: Em regiões áridas e semi-áridas, onde a água é fator limitante tanto para o consumo das famílias e dos animais como para a produção de alimentos, o conceito de produtividade de água deve ser empregado em todos os usos dos recursos hídricos. No contexto da agricultura significa a obtenção de “maior produtividade por unidade de água aplicada”, ou seja, usar água de forma eficiente. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o uso de água de chuva armazenada em cisterna para produção de frutas visando à melhoria na dieta das famílias de produtores rurais do Semi-Árido brasileiro, como uma contribuição ao Programa Segurança Alimentar. Para avaliação da eficiência do uso da água na produção de frutas, foram instalados pomares em área experimental da Embrapa Semi-Árido e no âmbito de pequenos produtores rurais. A água utilizada para irrigar foi proveniente da chuva e armazenada em cisterna com capacidade para 16 mil litros de água. Esta água está sendo aplicada nas fruteiras, em quantidades diferenciadas, durante todo ano, com exceção dos dias chuvosos. Os pomares instalados tanto na área experimental quanto nas áreas dos produtores estão no início da produção, apresentando bons resultados, cujos frutos vem contribuindo para a melhoria da dieta alimentar das famílias rurais, além de permitir a capacitação das famílias quanto às técnicas de manejo da água da cisterna. Os baixos custos de instalação permitem uma adoção massiva desta tecnologia por parte dos produtores do Semi-Árido brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE: água de chuva, manejo, fruteiras.

INTRODUÇÃO

Em 1996 dirigentes de 180 nações, entre estas o Brasil, participaram da Cúpula Mundial sobre Alimentação – CMA, que ocorreu em Roma, com objetivo de discutir a gravidade do estado social de muitos países. Neste evento, foi colocado como desafio e prioridade reduzir à metade de pessoas desnutridas até 2015, valor este estimado em 825 milhões. Posteriormente, este desafio foi fixado como o primeiro Objetivo de Desenvolvimento do Milênio: Erradicar a extrema pobreza e a fome (FAO, 2006). Este documento coloca ainda que 70% desse contingente populacional vivem nas áreas rurais de países em desenvolvimento e dependem da agricultura como meio de subsistência. Assim, investimentos na agricultura e no desenvolvimento rural constituem-se requisitos básicos para proporcionar redução

acelerada da fome, uma vez que aumentos na produção agrícola, baseado na produtividade, podem aumentar a oferta de alimentos e reduzir seus preços, incrementar os ingressos agrícolas e melhorar a economia local, criando uma demanda para os bens e serviços do país. Nesta perspectiva, o governo brasileiro lançou o Programa Segurança Alimentar - PAS.

O PAS reúne um conjunto de políticas integradas em diferentes ministérios que contempla, entre outras, ações estruturantes voltadas para aumentar a disponibilidade hídrica, em especial, no Semi-Árido brasileiro, visto que o acesso à água de boa qualidade para o consumo das famílias e para produção de alimentos é um dos grandes problemas enfrentados pela população nessa região (Brasil, 2003). Neste contexto, estão inseridos o Programa Um Milhão de Cisternas - P1MC, que tem como meta construir um milhão de cisternas para coletar água da chuva com objetivo de atender as necessidades de água de beber das famílias, e o Programa Uma Terra e Duas Águas – P1+2, que pretende assegurar à população rural o acesso à terra e à água, tanto para consumo da família e dos animais, como para produção de alimentos, ensinando-se a cuidar da terra de maneira sustentável (Gnadlinger et al. 2007).

O marco referencial do P1+2 é o “Programa 1-2-1” desenvolvido na China a partir dos anos 90 (século XX), como programa de governo. Neste país, especificamente na região semi-árida do Estado de Gansu, além da elevada evaporação e irregularidade das precipitações pluviométricas, as chuvas continuam sendo uma fonte hídrica viável de captação e manejo de água, visto que a água subterrânea é contaminada. Esta sucedida experiência foi apresentada no Brasil, especificamente em Petrolina-PE, durante Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, ocorrido em julho de 1999. Por meio do P1+2, a China alcançou a soberania alimentar, passando de uma agricultura anual de grãos para uma agricultura de hortaliças e frutas, de alto valor comercial, potencializou a criação de pequenos animais (especialmente ovinos), além de assegurar água para o meio ambiente. A água de chuva acumulada em reservatórios diversos possibilita o uso mínimo para irrigar as raízes das plantas em épocas de escassez de água (Qiang e Li, 1999).

Esta alternativa remete ao conceito de irrigação de salvação preconizado em diversas pesquisas realizadas no Semi-Árido brasileiro (Silva et al. 1981; Silva e Porto, 1982; Silva et al. 2007). Nestes trabalhos a irrigação de salvação é definida como a lâmina de água aplicada à cultura nos veranicos que comumente ocorrem durante o período chuvoso na região Nordeste, de forma a não permitir que a cultura sofra severo estresse hídrico e, em alguns casos, não sobreviva. No Semi-Árido brasileiro, após as primeiras chuvas, é comum ocorrerem períodos de 20 a 30 dias sem novas chuvas, comprometendo seriamente a germinação e outras fases de desenvolvimento das culturas. O uso desta prática tem reduzido os riscos da exploração agrícola em anos cuja precipitação pluviométrica é irregular, proporcionando até duas colheitas em anos considerados de distribuição normal de chuvas. Segundo Porto et al. (1983), nesta região, três em cada dez anos são considerados normais quanto à quantidade e à distribuição das chuvas.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



Em regiões áridas e semi-áridas, onde a água é fator limitante tanto para o consumo das famílias e dos animais como para a produção de alimentos, o uso da irrigação de salvação, assemelha-se ao conceito de produtividade de água, deve ser empregada em todos os usos dos recursos hídricos. De modo simples significa “maior produtividade agrícola por unidade de água aplicada”, ou seja, usar água de forma eficiente. No contexto da agricultura, este conceito estar relacionado a vários fatores como condições agroecológicas locais, qualidade do material genético, práticas eficientes de manejo de água, práticas agrônômicas e políticas de incentivo à produção agrícola. Entendido dessa forma, o aumento da produtividade da água é uma resposta ao problema da escassez de água, reforça a segurança alimentar e permite que mais água fique disponível na natureza para outros usos (FAO, 2003; Bluemling et al. 2007).

Segundo Chistofidis (2008), encontrar meios de produzir mais alimentos com menos água é um dos maiores desafios enfrentados atualmente pela humanidade, e para isto deve-se ter como base o conceito de produtividade de água, uma vez que a irrigação utiliza, aproximadamente, 70% da água doce disponível. A agricultura irrigada deve não somente fornecer alimentação para uma população crescente, mas, também, economizar a água para outros usos. Assim, é urgente a necessidade de desenvolver e aplicar métodos racionais do uso da água tanto na agricultura irrigada como na agricultura dependente das chuvas, de forma a se obter maiores produtividades por unidade de água aplicada.

Analisar conjuntamente o efeito das práticas que conduzem a este novo conceito de eficiência de uso de água com os da escassez de recursos hídricos na região, tem sido objeto de vários estudos realizados pela Embrapa Semi-Árido, resultando em diferentes alternativas tecnológicas voltadas para aumentar a disponibilidade de água para consumo humano, animal e produção de alimentos em comunidades rurais com baixa disponibilidade de água, como as pequenas estruturas hídricas: cisternas para consumo humano, animal e vegetal; barragem subterrânea; captação *in situ* e pequenas barragens para uso na irrigação de salvação (Silva & Porto, 1982; Brito et al. 2007). Estas alternativas tecnológicas, atualmente, representam efetivas soluções de transformação social – denominadas de Tecnologia Social¹ e estão incluídas no Programa Segurança Alimentar – PAS, do governo federal (<http://www.mds.gov.br/programas/cisternas>).

Falkenmark (2002) ressalta que o uso de tecnologias de captação e manejo de água de chuva é indispensável em regiões áridas e semi-áridas, pois além de fornecer água para consumo das famílias, possibilita seu uso pelas plantas, denominada de “água verde” ou “água azul”, e para os animais. Este autor utiliza essa nova terminologia e define como “água verde” aquela presente no perfil do solo que é utilizada pelas plantas e devolvida à atmosfera pela evapotranspiração; isto é, o suplemento de água para a vegetação não irrigada. A “água azul” é aquela que é

¹Tecnologia social é um conceito inovador de desenvolvimento, aplicado pela Fundação Bando do Brasil, que considera a participação coletiva no processo de organização e desenvolvimento. Consiste em uma alternativa de trabalho e renda para melhorar a produção da agricultura familiar (www.tecnologiasocial.org.br).



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



proveniente das aguadas, dos rios e do subsolo, e representa a água que pode ser utilizada para irrigação. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o uso de água de chuva armazenada em cisterna para produzir frutas visando à melhoria na dieta das famílias rurais do Semi-Árido brasileiro, como uma contribuição ao programa PAS.

MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram conduzidos em área experimental da Embrapa Semi-Árido e em áreas de produtores, aplicando-se os conceitos de produtividade água e irrigação de salvação, discutidos anteriormente. A água utilizada no processo produtivo das frutas e hortaliças é proveniente da chuva, captada em telhados e armazenada em cisterna construída de placas pré-moldadas, com capacidade de 16,0 m³ de água. O clima da região é classificado como semi-árido quente BSw'h, conforme classificação de Köppen. Apresenta temperatura média anual de 26,3 °C e precipitação média anual é de 566,7 mm, (Moura et. al 2007), distribuída de forma irregular no tempo e no espaço.

Na área experimental o pomar é formado de 108 fruteiras de diferentes espécies. A área do pomar foi subdividida em três subáreas, cada uma com um conjunto de 36 fruteiras, de modo que na primeira área a aplicação da água da chuva proveniente da cisterna é feita utilizando mangueiras de polietileno com gotejadores convencionais; na segunda, utiliza garrafas PET invertida, com gotejador na extremidade; e na terceira área, instalada no segundo semestre de 2008, a aplicação da água é feita de forma manual, utilizando irrigador plástico. Ao redor de cada fruteira foi construída uma microbacia para proporcionar maior aproveitamento da água de chuva e colocado cobertura morta, utilizando restos de cultura para reduzir a evaporação da água do solo.

Para realização do transplântio das mudas de fruteiras foram abertas covas com dimensões de 0,4x0,4x0,4 m, no espaçamento de 5 x 5 m e colocados 10 kg de esterco bovino curtido e 250 g de NPK, na formulação 10-10-12, por cova. As espécies transplantadas em cada subárea foram: manga espada, manga rosa, mamão, caju, goiaba, ciriguela, acerola e limão.

A aplicação de água no pomar é função da disponibilidade de água da cisterna e do período. Durante o período chuvoso, que corresponde, em média, aos meses de janeiro a abril, aplica-se um volume de água correspondendo a um litro por planta, três vezes por semana; entre os meses de maio a agosto, dois litros de água por planta, aplicados da mesma forma, e finalmente, três litros por dia por planta no período mais crítico, considerado aquele de ausência de chuvas, que corresponde aos meses de setembro a dezembro. Com a ocorrência de chuvas em quaisquer desses períodos, a aplicação de água é suspensa por uma semana, uma vez que considera o princípio da irrigação de salvação.

As práticas culturais são aplicadas de acordo com os princípios agroecológicos e de conservação de recursos naturais. Por se tratar de pequena área explorada, até o momento não foi verificada a ocorrência de pragas ou doenças; embora, dada a

ausência de alternativas de alimentação na maior parte do ano, normalmente ocorre a perfuração das frutas por diferentes tipos de aves e pequenos animais, principalmente abelhas, periquitos, raposas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o esquema da instalação do pomar com a disposição das cisternas, próximas à residência, em que se observa uma cisterna destinada ao consumo da família e a outra, para armazenar água de chuva para aplicar às fruteiras.

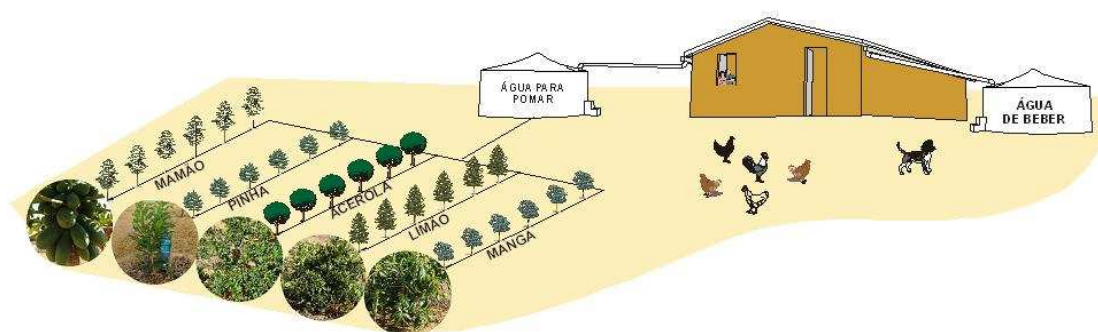


Fig. 1. Esquema da área do pomar instalado na área experimental da Embrapa Semi-Árido.

O número de fruteiras em cada área da propriedade deve ser definido em função da disponibilidade de água armazenada no reservatório, neste caso particular, da água armazenada na cisterna. A aplicação da água no pomar deve ser feita considerando diferentes períodos do ano. Para facilitar o manejo da água, as 52 semanas do ano foram subdivididas de acordo com a ocorrência das precipitações, ou seja: período das chuvas: 14 semanas; período intermediário: 18 semanas e período totalmente ou quase sem chuvas: 20 semanas, aproximadamente, aplicando-se a água três vezes por semana, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Forma de distribuição de água pelas plantas em função do volume disponível e do número de fruteiras instaladas.

Capacidade da cisterna (L)	Período de aplicação de água (semana)	Volume de água aplicado (L)		Período de aplicação de água (semana)	Volume de água aplicado (L)	
		Semana	Período		Semana	Período
30 fruteiras				50 fruteiras		
16.000	14	2,0Lx3 vezes	2.520	-	-	-
	18	3,0Lx3 vezes	4.860	18	2,0Lx3 vezes	5.400
	20	4,0Lx3 vezes	7.200	20	3,5Lx3 vezes	10.500
Volume total aplicado (L)			14.580	15.900		
25.000	14	3,0Lx3 vezes	3.780	14	2,0Lx3 vezes	4.200
	18	5,0Lx3 vezes	8.100	18	3,0Lx3 vezes	8.100
	20	7,0Lx3 vezes	12.600	20	4,0Lx3 vezes	12.000
Volume total aplicado (L)			24.480	24.300		
35.000	14	4,0Lx3 vezes	5.040	14	2,5Lx3 vezes	5.250
	18	7,0Lx3 vezes	11.340	18	4,0Lx3 vezes	10.800



	20	10,0Lx3 vezes	18.000	20	6,0Lx3 vezes	18.000
Volume total aplicado (L)			34.380			34.050
50.000	14	5,0Lx3 vezes	6.300	14	4,0Lx3 vezes	8.400
	18	10,0Lx3 vezes	16.200	18	6,0Lx3 vezes	16.200
	20	15,0Lx3 vezes	27.000	20	8,0Lx3 vezes	24.000
Volume total aplicado (L)			49.500			48.600

Na semana em que ocorrem chuvas suficientes para molhar o solo até à profundidade das raízes das plantas, não se deve aplicar água, voltando a aplicar a água na semana seguinte, caso não volte a chover. Durante o período das chuvas, além de não haver necessidade de aplicar água nas fruteiras, pode-se explorar as áreas entre as linhas das fruteiras com culturas anuais, como feijão, milho, melancia, abóbora, quiabo, entre outras espécies, permitindo o aproveitamento da umidade do solo e a obtenção de maior produtividade na área explorada, como apresentado na Figura 2.



Fig. 2. Feijão cultivado nas entrelinhas das fruteiras irrigadas com água de chuva da cisterna.

O cultivo de culturas anuais nas entrelinhas das fruteiras permite que após a colheita dos grãos, a matéria seca permanece na área como cobertura morta, principalmente nas microbacias ao redor das fruteiras, que tem como objetivo reduzir a evaporação do solo, aumentando, assim, a eficiência do uso da água, como pode ser observado na Figura 3. Estas microbacias também funcionam como bacias de captação de água de chuva neste período.



Fig. 3. Cobertura morta nas microbacias das fruteiras cultivadas na área experimental da Embrapa Semi-Árido.

Analisando os sistemas de irrigação utilizados para aplicação de água no pomar, foi observado que a alternativa que utiliza a garrafa PET com gotejador, embora apresente menor custo, ocorrem muitos problemas com deformação das garrafas devido à temperatura, desenvolvimento de algas, entrada de poeiras e insetos que entopem o gotejador, suporte da garrafa necessita ser substituído com frequência e há necessidade de mão-de-obra para colocar a água nas garrafas, muitas vezes, proporcionando desperdício de água durante esta tarefa. Para amenizar estes problemas foram realizadas limpezas semanais nas garrafas e os gotejadores foram substituídos seis meses após. Os dois últimos problemas também ocorrem quando a água é aplicada com regador nas fruteiras.

Nesta área foram realizadas no período diversas atividades, tais como, capina, adubações, podas e colheitas de frutos, todas voltadas para a manutenção do pomar, constituído pelas três áreas. Em 2008 foram produzidas no pomar 25 mangas espadas que pesaram 3,87 kg; 3500 acerolas que pesaram 120,13 kg; 45 mamões que pesaram 21,04 kg; 130 limões que pesaram 4,86 kg. Para estes resultados deve-se observar que as plantas estão em seu estágio inicial de produção e que estão sendo cultivadas considerando limitações de recursos, mas tem significativa importância no contexto do P1+2 – que é a melhoria da dieta alimentar das famílias.

No âmbito das comunidades rurais foram instalados três pomares nas propriedades dos Srs. Alírio Macedo Gomes – sítio Barreiro, no município de Petrolina-PE; Francisco José da Luz, na fazenda Humaitá, município de Paulistana, PI; Francisco Morgado da Silva, na comunidade Laje Alta, no município de Jaguarari, BA. O critério de seleção das famílias contempladas com a cisterna para armazenar água de chuva para o pomar, a instalação do sistema de irrigação e o transplântio das mudas de fruteiras tomou como base a existência na propriedade de um reservatório de água permanente para o consumo das famílias, neste caso a cisterna, de modo a garantir que a água armazenada na cisterna construída será utilizada apenas para o pomar, como também a vocação da família para o cultivo de fruteiras. As cisternas



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



construídas nestas comunidades seguiram o mesmo padrão das existentes no campo experimental, ou seja, placas pré-moldadas, com capacidade de $16,0 \text{ m}^3$ de água. Da mesma forma, o preparo da área para transplante das mudas e a instalação do sistema de irrigação foram semelhantes. Nas Figuras 4 e 5 pode ser observado o pomar em início de produção, na comunidade Barreiro. No âmbito das comunidades não é fácil o controle da produção das fruteiras dada a ansiedade das famílias em colher e consumir os frutos produzidos, além de, no caso do mamão e acerola, é possível doar o excedente da produção para os vizinhos.



ERROR: undefined
OFFENDING COMMAND: 0sn;YL:fgM

STACK:



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



POTENCIAL PARA A CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVAS EM CATOLÉ DE CASINHAS, PE.

Hermes Alves de Almeida¹ & *Geórgia Cristina de Sousa Oliveira*²

RESUMO- A carência de recursos hídricos no semiárido pernambucano, associada a um regime irregular de chuvas, tem limitado o desenvolvimento socioeconômico e incentivado o conflito pela água. No entanto, tem-se na captação de água da chuva uma alternativa viável para mitigar a escassez de água para fins difusos. Razão essa que justificou a necessidade de um estudo estatístico da série pluvial, visando estabelecer as principais características do regime de chuvas e do potencial para a captação na comunidade de Catolé de Casinhas, PE, objetivo principal deste trabalho. Utilizou-se uma série pluvial- mensal e anual- da cidade de Surubim, PE. Os totais mensais e anuais de chuvas foram arranjados e analisados, sendo calculados: médias, medianas, desvios padrão, dentre outras variáveis. Os totais anuais de chuvas foram ajustados à distribuição normal reduzida, dos quais, passaram a compor seis “cenários”: a mediana, o máximo, o mínimo e os valores equivalentes aos níveis de 25, 50 e 75% de probabilidade. A partir destes valores foram estimados os volumes potenciais de captação, utilizando-se os diferentes valores de áreas de cobertura (telhados) de domicílios e das Escolas Municipais Pedro Lourenço de Souza e Gedeão Almeida. Os principais resultados mostraram que o regime de distribuição de chuvas é assimétrico, a estação chuvosa ocorre entre março e julho e chove o equivalente a 68,9% do total anual. O volume potencial mediano de captação foi de 27 mil litros, para uma superfície de 60 m², e o menor de 8 mil e 300 litros, no ano mais seco e para uma área de captação de 40 m². O volume de água necessário para beber e cozinhar, mesmo para o ano mais seco, requer uma área de captação de apenas 32,6 m².

Palavras-chave: Clima, captação de água de chuva, *cisterna*.

¹DSc, Prof^o Titular, Univ. Estadual da Paraíba, Campina Grande, e-mail: hermes_almeida@uol.com.br

²Géografa, Univ. Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, e-mail: gc-olivei@bol.com.br

INTRODUÇÃO

Com o aumento da população mundial, nas últimas décadas, houve um aumento no consumo de água, tanto para o uso direto quanto na indústria e na agricultura irrigada. Nos últimos 100 anos, o consumo de água doce triplicou e somente com a irrigação utiliza cerca de 70% da água doce disponível (Cordeiro, 2003). Com o crescimento na demanda, a escassez e a degradação das fontes superficiais de água, contribuíram para o aumento desordenado no uso das fontes de água subterrâneas, que correspondem a 98,8% das reservas de água doce do mundo (Setti, 1999).

O semiárido nordestino é a segunda região mais populosa do Brasil, embora disponha do menor percentual de recursos hídricos e o estado Pernambuco o que detém a menor disponibilidade hídrica (Bezerra, 2002).

A maior parte do subsolo do semiárido nordestino é formada por rochas cristalinas, por isso, a formação de aquíferos é quase nula. Assim sendo, a solução mais comum é barrar a água da chuva em reservatórios de superfície, tais como: barragens, barreiros, ou açudes (Souza, 1979).

Neste contexto, armazenar água superficial é a principal fonte de reserva hídrica do semiárido e a precipitação pluvial é a única fonte de suprimento de água. No entanto, a chuva é o elemento do clima de maior variabilidade espacial e temporal em qualquer região e, em especial, nesta região. Essa é razão pela qual a população nordestina enfrenta frequentemente a falta de água e o associa aos eventos de secas.

As áreas semiáridas do Nordeste do Brasil, por localizar-se próximas as latitudes equatoriais, demonstram que as características climáticas prevalecem muito mais no regime pluvial, daí a importância de se estudar mais a pluviosidade, do que a temperatura, por exemplo (Almeida, 2009).

O modelo mensal e intra-anual de distribuição de chuvas no semiárido paraibano, é extremamente irregular tanto no tempo quanto no espaço geográfico. Na maioria dos anos, há uma predominância de chover durante dois a três meses, em outros podem persistir por até nove meses ou chover torrencialmente num local e quase nada na sua circunvizinhança (Almeida & Silva, 2004; Silva, Almeida & Costa Filho, 2005; Almeida & Pereira, 2007). Assim, o maior problema não é somente a quantidade de chuvas, mas a irregularidade na distribuição (Urbano & Duque, 2007).

Diante dessa problemática, as ações para mitigar as consequências da falta de água potável não podem ser emergenciais, pois quando se pensa em conviver no semiárido, é preciso estar preparado para os longos períodos de estiagens. Diante dessa assertiva, há necessidade de procurar alternativas para a convivência com a seca, a partir de uma integração de ações governamentais.

Segundo Jalfim (2006), o consumo per capta diário de água (beber e cozinhar), na zona rural, é de aproximadamente quatorze litros. Admitindo-se uma área de captação de 70 m² e um ano muito seco (total de chuva igual a 200 mm) e subtraindo 25% de perdas pelo escoamento superficial, o volume captado pelo telhado seria de 10.500 litros. Esse volume se armazenado suprirá o abastecimento de água de uma família com três pessoas durante 250 dias ininterruptos.

O estabelecimento do regime pluvial passa a ser condição primordial para se estimar o potencial de captação de água da chuva num determinado local. No entanto, isso requer séries pluviais longas e confiáveis, embora nem sempre seja fácil de obtê-las. Menezes (1999) cita que dados de precipitação obtidas nos postos e/ou estações meteorológicas implantadas a partir de 1960 foram utilizados para mapear a evolução do período chuvoso no Nordeste brasileiro, visando a detecção antecipada das áreas com risco de seca.

O “perigração” do nordestino pela busca da água potável, começa pela longa distância da fonte hídrica da sua moradia. Neste tocante, a oferta de água potável na comunidade Catolé de Casinhas, PE, não difere muito de outras localidades desta região. Cada família dispõe de um certo volume de água, que chega a comunidade transportado em carros-pipa e é armazenada nas cisternas das Escolas Municipais Pedro Lourenço de Souza e Gedeão Almeida, sob a supervisão e distribuição do Exército Brasileiro.

Diante da incerteza dos valores prováveis de ocorrência dos totais mensais e anuais de chuvas na comunidade Catolé de Casinhas, PE, houve a necessidade de um estudo estatístico da série pluvial, associando a diferentes níveis de probabilidade, a fim de estabelecer o regime pluvial e estimar o potencial de captação de água da chuva, na citada comunidade e nas escolas municipais Pedro Lourenço de Souza e Gedeão Almeida, sendo estas determinações os objetivos principais deste trabalho.

MATÉRIAS E MÉTODOS

A comunidade de Catolé de Casinhas está localizada na mesorregião do Agreste Pernambucano, microrregião do Alto Capibaribe, latitude de 7°44’33”S, longitude 35°43’03”W, altitude de 390 m e área territorial de 125 km².



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



O município foi emancipado de Surubim, em 12 de julho de 1995, mediante Lei Estadual nº11.228 e contempla os principais povoados: Oratório, Lagoa de Pedra, Vila Nova, Diogo, Junco, Serra Verde, Lagoa Estreita e Catolé de Casinhas.

O relevo do município de Casinhas está inserido nas Áreas Desgastadas da Província Borborema, com altitudes variando de 650 a 1.000m, alternado com vales profundos e estreitos. Nas cristas residuais altas predominam os solos litólicos, nos topos e vertentes das ondulações os solos bruno não cálcicos e nas baixas vertentes, os planossolos. Os solos em geral são pouco profundos e a fertilidade varia entre média e alta (Mascarenhas et al., 2005).

Pela classificação climática de Köppen, o clima é tropical úmido (megatérmico) com temperatura média do mês mais frio maior que 18°C, com estação seca da primavera ao verão e chuvosa de outono a inverno, cuja fórmula climática é Ash'.

Uma série ininterrupta de dados de precipitação pluvial – mensais e anuais- da cidade de Surubim, PE, acerca de 10 km de Casinhas, foi cedido pela Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco (SECTMA), correspondente ao período: 01.01.1913 a 31.12.2005.

Os dados originais mensais e anuais foram arranjados em classes, sendo calculados as suas respectivas frequências e outros parâmetros da distribuição de frequência, às medidas de tendência central: médias e medianas e de dispersão (amplitude e desvio padrão da média).

Os dados anuais de chuvas foram ajustados à distribuição normal reduzida de probabilidade (Z), sendo as probabilidades calculadas usando-se a equação descrita por Assis, Arruda & Pereira (1996):

$$Z = \frac{(X - \bar{X})}{s}$$

Sendo Z= a variável reduzida da curva normal reduzida N (0,1)

X= limite superior da classe, em mm;

$\bar{X}$ = média aritmética anual da chuva, em mm;

s= desvio padrão da média (mm).

A caracterização do regime anual de chuvas foi feita considerando-se seis cenários: a média aritmética esperada, o ano mais chuvoso, o ano mais seco, e os totais anuais correspondentes e os níveis 25%, 50% e 75% de probabilidade.

As áreas de captação dos telhados das residências e das Escolas das zonas urbana e rural, do município de Casinhas, PE, foram determinadas medindo-se as larguras e os comprimentos das coberturas de duas Escolas Municipais da comunidade Catolé de Casinhas e de 105 residências.

As Escolas Municipais Pedro Lourenço de Souza e Gedeão Almeida tem áreas de captação de 271,25 e 405,48 m², respectivamente, sendo cobertas com telhas de barro. A primeira escola tem cerca de 180 alunos matriculados e 15 funcionários e a segunda, 207 alunos e 25 funcionários.

Os volumes potenciais de captação de água da chuva (V_c, em litros) foram calculados para cada um dos seis cenários pré-estabelecidos, multiplicando-se pela área de cobertura das casas e o coeficiente de escoamento (C_e), mediante a expressão:

$$V_c (\text{litros}) = \text{totais de chuva (em, mm)} \times \text{área do telhado (em, m}^2) \times C_e$$

O coeficiente de escoamento (C_e) utilizado foi de 0,75, valor este recomendado por Silva et al. (1984) para áreas de captação cobertas com telhas de barro. Para uniformizar o sistema de unidades e obter o volume em litros, utilizou-se a seguinte relação: 1 mm de chuva equivale ao volume de 1 litro por cada m² de área.

O consumo de água nas duas Escolas Municipais de Catolé de Casinhas foi estimado com base no uso da água para diversas finalidades, tais como: nos bebedouros, nos banheiros, na merenda e na limpeza de utensílios domésticos e da escola. Devido à dificuldade de medir o volume consumido nessas diferentes atividades, adotou-se o mesmo valor per capita diário de 14 litros recomendado pela Embrapa (Silva et al., 1984) para o semiárido nordestino.

De posse dos seis cenários estabelecidos para a ocorrência de chuva foi feita uma relação entre os potenciais possíveis de captação (fonte) versus consumo.

Os cálculos e as análises estatísticas realizadas no presente trabalho, como também, as confecções de gráficos, quadros e tabelas foram feitas utilizando-se a planilha Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias mensais da média e do desvio padrão da precipitação pluvial são apresentadas na Figura 1. Observa-se que, as dispersões mensais (DP) são extremamente elevadas e, em pelo menos, cinco meses superam as próprias médias. As elevadas variabilidades mensais na média aritmética indicam que esta medida de tendência central pode não ser o valor mais provável de ocorrer nesse tipo de distribuição.

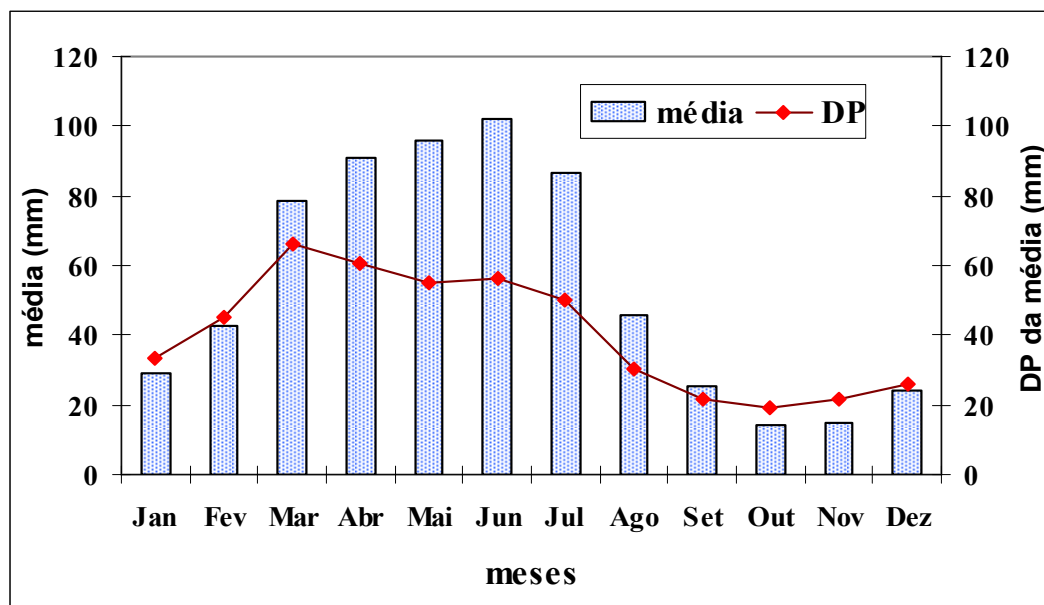


Figura 1. Médias mensais da média e do desvio padrão (DP) da chuva. Comunidade Catolé, Casinhas, PE.

As razões entre as médias mensais de precipitação e o desvio padrão mostram que, mesmo nos meses mais chuvosos (março-julho), as médias mensais das dispersões equivalem a 58 mm. Assim, o valor da chuva esperada pode ocorrer dentro do intervalo (média $\pm$ 58 mm). Já, a média do desvio padrão anual é de 182 mm.

Destaca-se, entretanto, que numa distribuição assimétrica, a mediana é o valor mais provável de ocorrer. Por isso, justifica-se a sua utilização, em vez de usar a média, mesmo sendo essa medida a mais utilizada. O uso da mediana como medida de tendência central concorda com os resultados encontrados em outros locais do semiárido nordestino por Almeida (2003); Almeida, Ramos & Silva (2005) e Almeida & Pereira, (2007).

Quando se compara a média anual de chuvas em Casinhas com outros locais do semiárido, constata-se, que a quantidade não é tão escassa, uma vez que a média situa-se em torno de 650 mm e a mediana de 602 mm. Já, a variabilidade é muito grande, mesmo a anual, a amplitude foi de 867 mm, que resultou da diferença entre um máximo de 1143,0 mm e um mínimo de 275,0 mm. Em alguns anos não houve registros de chuvas nos meses de outubro a fevereiro.

A sequência dos meses de março a julho com medianas superiores a 50 mm, (Figura 2), contempla a estação chuvosa da comunidade Catolé de Casinhas. Nessa curta estação, chove o equivalente a 68,9% do total anual (454 mm), embora maio e junho sejam os meses mais chuvosos, com 14,8 e 15,7%, respectivamente. Destaca-se, ainda, que mesmo no período chuvoso, os desvios padrões são elevados e correspondem a mais da metade do valor da média esperada.

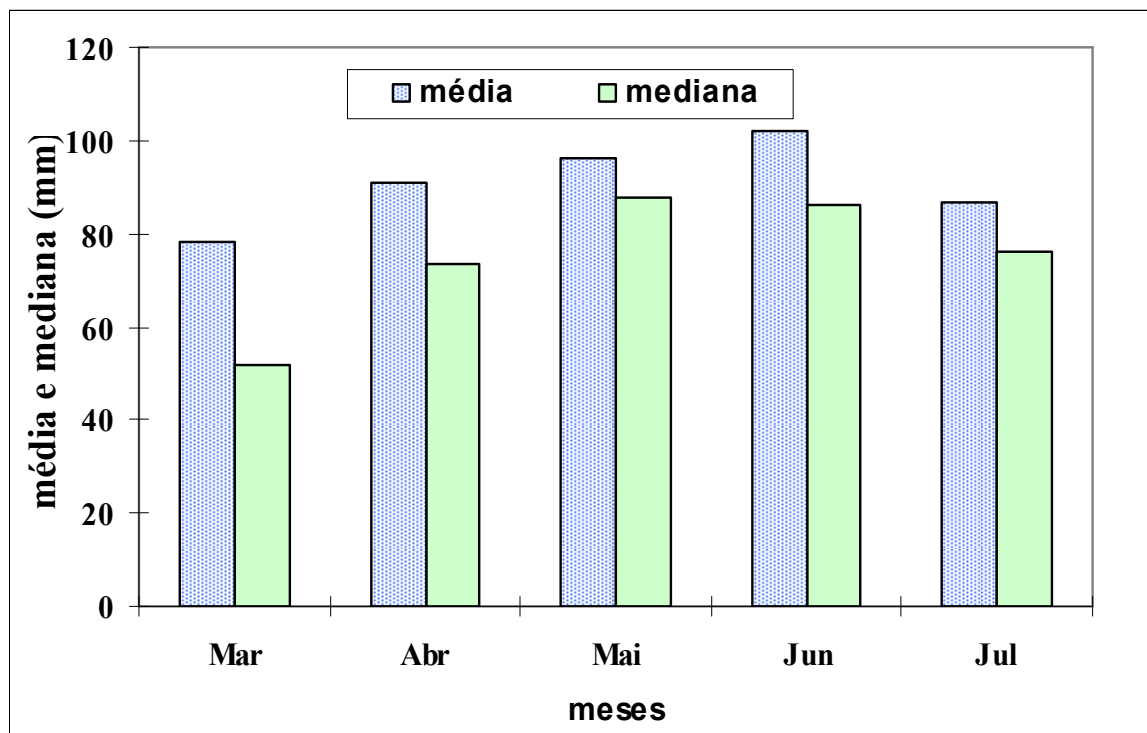


Figura 2. Médias da média e mediana da chuva nos meses da estação chuvosa. Casinhas, PE

O ajuste dos dados anuais de chuvas a uma distribuição de frequência, em vez de estimar a probabilidade por modelos empíricos, permite estimar as chances de ocorrência a níveis estatísticos mais precisos. Por isso, os totais anuais de chuvas foram ordenados, utilizando-se critérios pertinentes à distribuição de frequência. As frequências observadas e esperadas foram ajustadas a uma distribuição normal reduzida, centradas no Ponto Médio de Classe (PMC), cujos valores de frequência observada e esperada, em %, são mostrados no histograma da Figura 3.

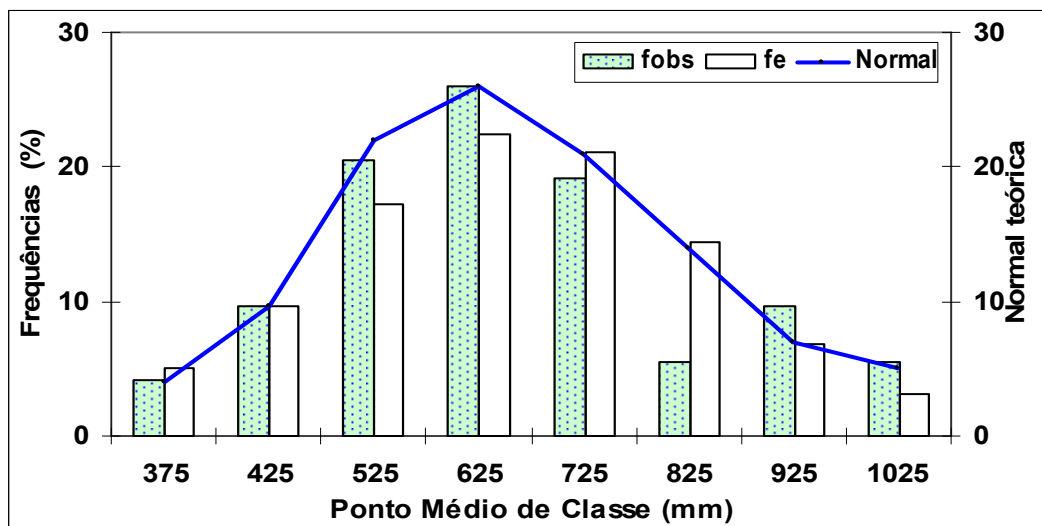


Figura 3. Frequências observadas e esperadas, para os totais anuais de precipitação pluvial, ajustados a distribuição normal reduzida. Casinhas, PE

Observa-se que as maiores frequências esperadas tendem a ser maior na parte central da curva normal teórica, que corresponde ao PMC entre 525 e 725 mm. Isto mostra, a priori, ser este o intervalo, estatisticamente, o que apresenta a maior esperança de ocorrência do total anual de chuvas.

A média aritmética é uma medida de tendência central, que deve ser expressa em conjunto com o seu respectivo desvio padrão (DP). Diante dessa assertiva, adotou-se um novo critério de análise para os totais anuais de chuvas, incluindo a faixa compreendida entre a média mais o DP (827 mm) e a média menos o DP (484 mm).

Destaca-se, ainda, que a chance de ocorrer a média anual da chuva, usando a fórmula empírica trivial de probabilidade foi de 57,4 %. Fazendo-se uma análise comparativa de um método em relação ao outro, a diferença percentual é relativamente pequena (3,5%). Mesmo assim, sugere-se sempre ajustar a série de dados a uma distribuição de probabilidade, em vez de usar o modelo empírico, devido à elevada dispersão existente nos dados.

Devido à grande quantidade de dados de chuvas mensais, optou-se por trabalhar apenas com os totais anuais, agrupando-os mediante a distribuição de frequência, ajustando-os à distribuição normal reduzida. Assim sendo, os totais anuais de precipitação pluvial, discriminados pelos valores máximo, mediano e mínimo e os equivalentes, aos níveis de 25, 50, 75% de probabilidade, ajustado a citada distribuição, são mostrados na Figura 4.

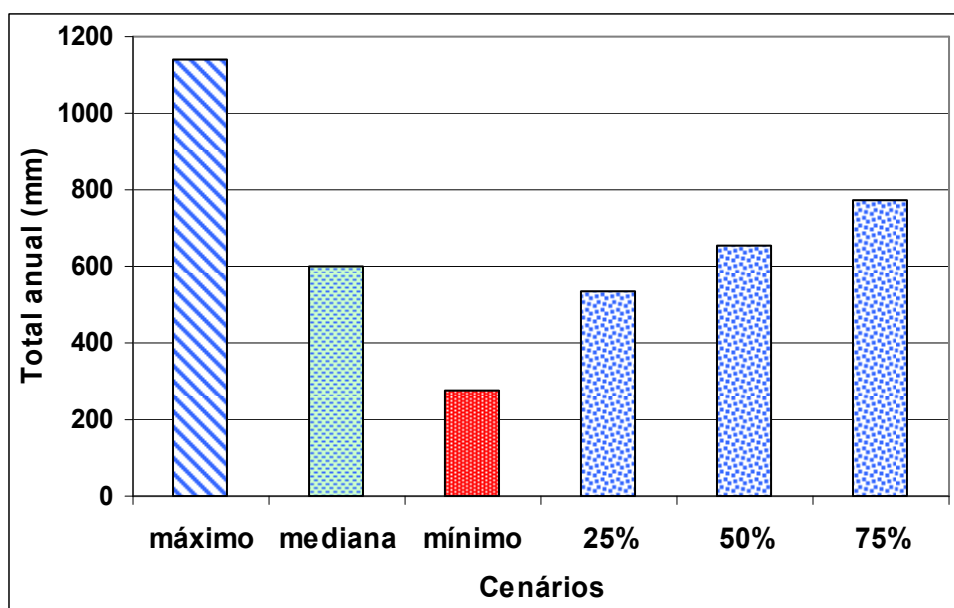


Figura 4. Totais anuais de precipitação pluvial, para os seis cenários pré-estabelecidos. Casinhas, PE

A probabilidade desejada, ajustada à distribuição normal reduzida, de chover mais do que 535 mm (25%) ou menos que 772 mm (75%) é de 91,6%. No entanto, cientificamente recomenda-se o nível de 75%, por ser o mais provável de ocorrer, o que corrobora com a citação feita por Almeida (2001).

Os tamanhos das áreas de captação foram escolhidos de acordo com a maior ocorrência dos mesmos nas casas da comunidade de Catolé de Casinhas. Os volumes potenciais anuais de captação de água da chuva (VPC), para os diferentes regimes pluviais e cinco tamanhos de áreas de captação (40, 60, 80 e 100 m²), são apresentados nas Figuras 5, 6 e 7.

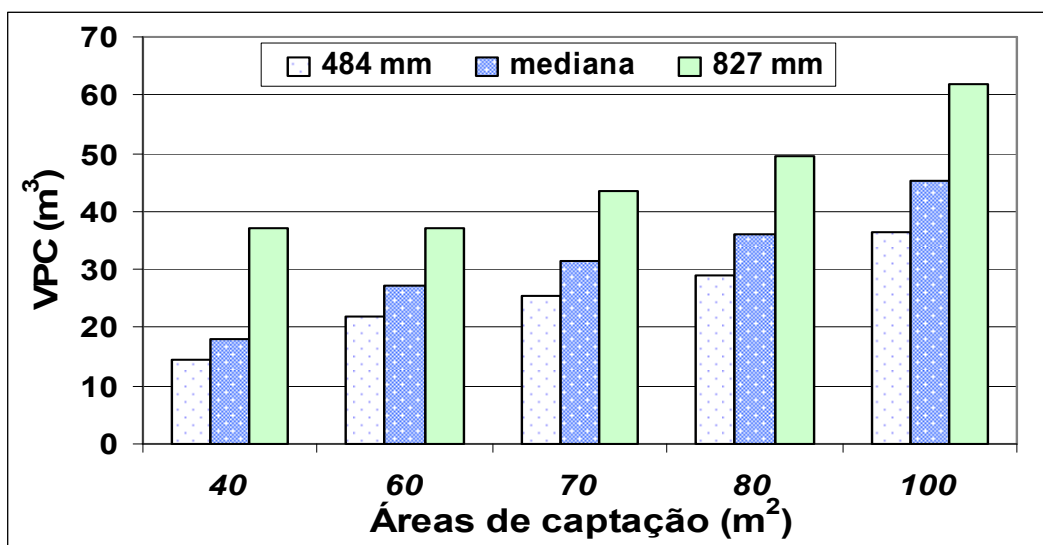


Figura 5. Volumes potenciais de captação de água de chuvas (VPC), para diferentes áreas de captação e três situações distintas de ocorrência de chuvas. Catolé, Casinhas, PE.

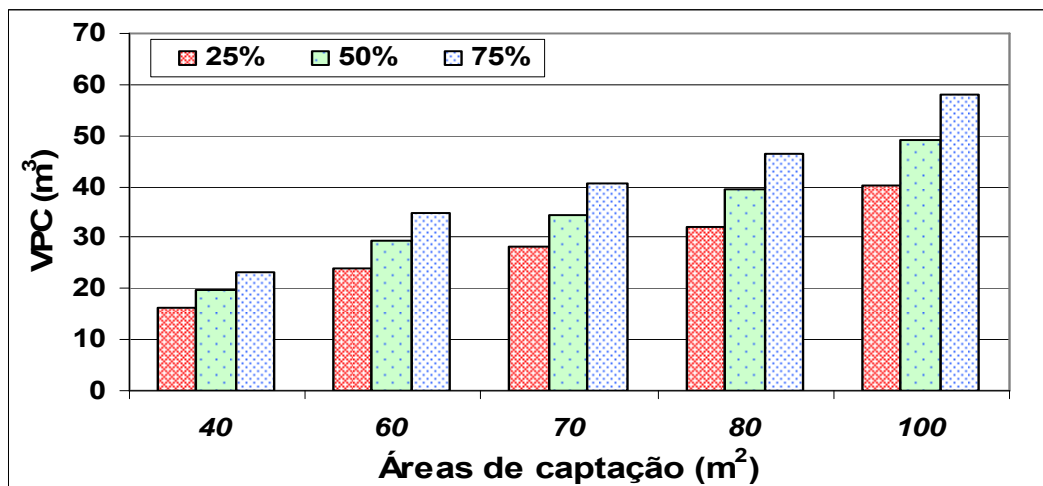




Figura 6. Volumes potenciais de captação de água de chuvas (VPC), para diferentes áreas de captação e níveis de probabilidades. Catolé de Casinhas, PE.

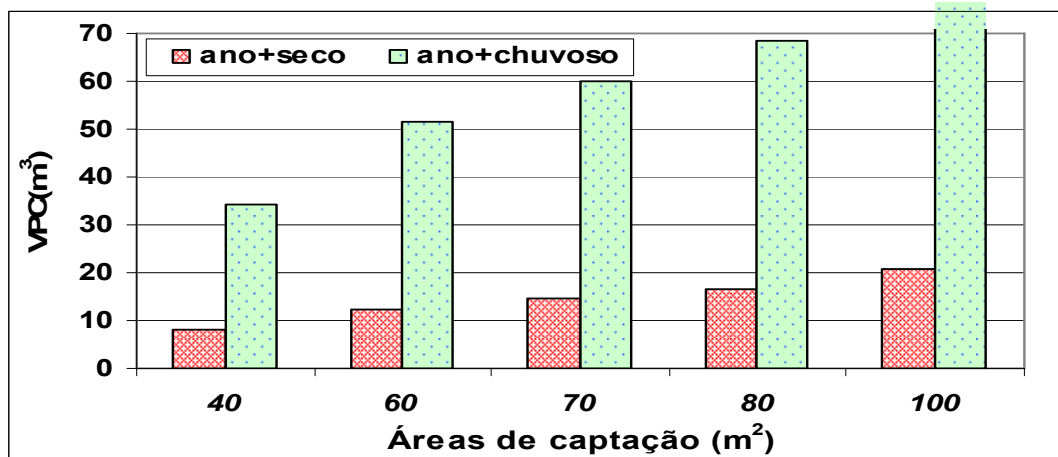


Figura 7. Volumes potenciais de captação de água de chuvas (VPC), para diferentes áreas de captação e para o ano mais seco e o mais chuvoso. Catolé de Casinhas, PE.

A Figura 8 mostra os volumes potenciais de captação de água da chuva, captados nos telhados das Escolas Municipais Pedro Lourenço de Souza e Gedeão Almeida, na Comunidade de Catolé de Casinhas, PE.

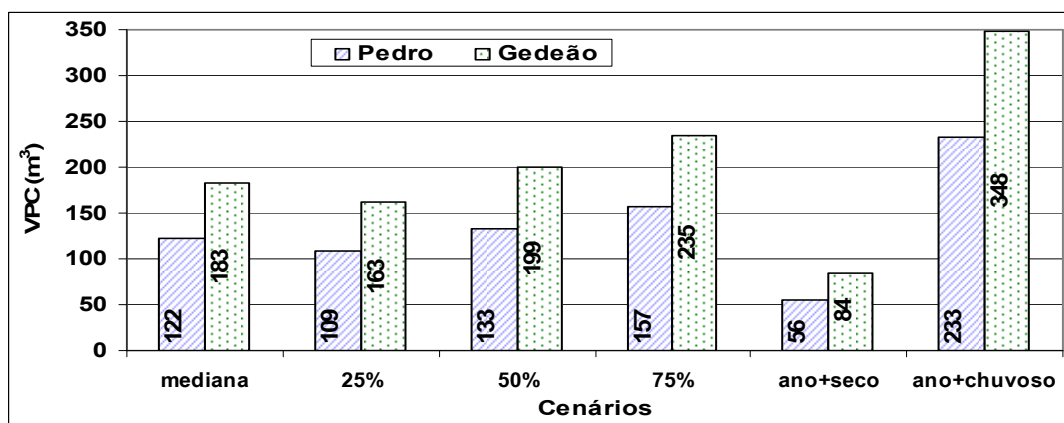


Figura 8. Volumes potenciais de captação de água da chuva (VPC), para as Escolas Municipais Pedro Lourenço de Souza e Gedeão Almeida. Comunidade Catolé de Casinhas, PE

Observa-se (Figura 8) que, a Escola Gedeão Almeida, tem um volume potencial de captação 50% maior que a de Pedro Lourenço de Souza, ou seja, para cada m³ armazenada na escola Pedro Lourenço equivale a 1,5 m³ na Gedeão.



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



Nas condições mais adversas (no ano + seco e ao nível de 25% de probabilidade) da comunidade de Catolé de Casinhas, constata-se, obviamente, os menores VPC; 56 e 84 m³ e de 109 e 163 m³ para as respectivas escolas.

Destaca-se, ainda, a importância fundamental de se estabelecer o regime pluvial, quantificando a diferentes níveis de probabilidade, uma vez que o volume de água captado é função deste regime e da área de captação (das casas ou das escolas).

CONCLUSÕES

Com base nos resultados conclui-se que:

- ✓ A distribuição mensal de precipitação é assimétrica e o coeficiente de assimetria é positivo;
- ✓ A mediana é a medida de tendência central mais provável de ocorrer;
- ✓ A estação chuvosa dura cinco meses (março a julho) e chove o correspondente a 68,9% do total anual;
- ✓ A probabilidade desejada, ajustada à distribuição normal reduzida, de chover mais do que 535 mm (25%) ou menos que 772 mm (75%) é de 91,6%;
- ✓ A chance de ocorrer totais de chuva inferior a 539,7 mm é de 25%;
- ✓ O “modelo” de distribuição anual de precipitação pluvial estabelecido contribuirá, decisivamente, no planejamento e dimensionamento correto do tamanho das cisternas na comunidade Catolé de Casinhas, por parte dos órgãos governamentais, ONG's, sindicatos e outros seguimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, H. A. de. Climatologia Aplicada à Geografia. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, publicação didática, 125p, 2009.



- ALMEIDA, H. A. de, PEREIRA, F. C. Captação de água de chuva: uma alternativa para escassez de água. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 15, Aracaju, SE, 2007, Anais..., Aracaju: CD-ROM.
- ALMEIDA, H. A. de; RAMOS, M. M. Q.; SILVA, L. Características do regime pluvial em Campina Grande, PB. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 14, Campinas, SP, 2005, Anais..., Campinas: CD-ROM.
- ALMEIDA, H. A. de, SILVA, L. Modelo de distribuição de chuvas para a cidade de Areia, PB. In: I CONGRESSO INTERCONTINENTAL DE GEOCIÊNCIAS, Fortaleza, CE, 2004, Anais..., Fortaleza: CD-ROM.
- ASSIS, F. N., ARRUDA, H. V., PEREIRA, A. R. Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática. Pelotas, RS, Ed. Universitária/UFPEL, 161p, 1996.
- BEZERRA, N. F. Espírito das águas: progresso e harmonia social. / Nizomar Falcão Bezerra. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2002.
- SILVA, L., ALMEIDA, H. A., COSTA FILHO, J. F. Captação de água de chuvas na zona rural: uma alternativa para a convivência no semi-árido nordestino. In: Simpósio de Captação de água de chuvas no semi-árido, 5, Teresina, PI. CD-ROM, 2005.
- CORDEIRO, J. Águas, Legislações e Políticas. In: Curso de Especialização em Gestão e Análise Ambiental – Campina Grande: UEPB, 2003.
- JALFIM, F. T. Considerações sobre a viabilidade técnica e social das cisternas rurais da região Semi-Árida. Programa de Apoio à Agricultura Familiar da Diaconia. UFCG, 2006.
- MASCARENHAS, J. de C.(org.) et al. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: Diagnóstico do município de Casinhas – PE. CPRM/PRODEEM. Recife, 2005.
- MENEZES, A. V. C. de. Estado e organização do espaço semi-árido sergipano. Aracajú: UFS/NPGEO, 1999.
- SETTI, Arnaldo Augusto. Política, Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos e Organizações Institucionais do Brasil e a Nível Internacional. In: Curso de Especialização por Tutoria a Distância – Módulo 1, Brasília: ABEAS, 1999.
- SILVA, A. S; LIMA, L. T; GOMES, P. C. F. Captação e conservação de água de chuva para consumo humano: cisternas rurais – dimensionamento, construção e manejo. EMBRAPA-CPTSA, Circular técnica n. 12, 1984.



SOUZA, J. G. de. O Nordeste brasileiro: uma experiência de desenvolvimento regional. 1ª ed. Ed. Banco do Nordeste do Brasil. Fortaleza, 1979.

URBANO, I.; DUQUE, C. Técnicas de captação e uso da água no semi-árido brasileiro. V.1. Campina Grande - PB, 2007. CD-ROM.



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



ESTIMATIVA DO POTENCIAL PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA EM QUIXADÁ, CE

Lucas da Silva¹ & Hermes Alves de Almeida²

RESUMO - A escassez de água potável tem se constituído num dos maiores problemas sociais do mundo atual, isso porque a população tem crescido numa proporção muito maior, que os mananciais hídricos do Planeta. Em muitas regiões, a falta de água está gerando a necessidade de se transportar água de lugares cada vez mais distantes, para garantir o abastecimento humano dos grandes centros urbanos e o desenvolvimento de atividades produtivas. Para a realização deste trabalho, utilizou-se uma série pluvial com quarenta e três anos (1965-2008), da localidade de Quixadá, CE. Os dados pluviométricos mensais e anuais foram analisados estatisticamente, sendo calculados as médias aritméticas, as medianas e os desvios padrão da média. As frequências dos dados anuais foram estimadas pela probabilidade empírica aos níveis de 25, 50 e 75% que acrescidos aos valores médio, máximo e mínimo formaram, para efeito deste estudo, seis “cenários”. Os principais resultados mostraram a existência de elevadas oscilações em relação à média esperada. As medianas mensais foram sempre menores que às médias e, portanto, o modelo de distribuição pluvial tem assimétrica positiva. A estação chuvosa dura cerca de três a quatro meses (de fevereiro a maio), a média da dispersão mensal, em relação às médias esperadas, foi de 77,6% e a anual de 38,0%. Admitindo-se o valor médio de anual de chuva, para as condições de Quixadá, o menor volume potencial de captação foi 24.150 litros (área de cobertura de 40 m²) e o maior de 60.375 litros, para as habitações com superfície de cobertura de 100 m². Conclui-se que somente a partir de um estudo estatístico detalhado do regime pluvial, para cada local, será possível estabelecer, com elevada precisão, o potencial de captação de água de chuva.

Palavras chave: captação de água de chuva, precipitação pluvial, semi-árido.

¹ IFCE – campus Quixadá - Caixa Postal 95, CEP: 63.900-000, Quixadá -CE, Brasil, E-mail: lucasilva@ifce.edu.br

² Prof. Dr, Universidade Estadual da Paraíba, UEPB, Campina Grande-PB, Brasil, e-mail: hermes_almeida@uol.com.br

INTRODUÇÃO

A escassez de água potável tem se constituído num dos maiores problemas sociais do mundo atual, isso porque a população tem crescido numa proporção muito maior, que os mananciais hídricos do Planeta. O Brasil dispõe da maior reserva de água doce do planeta e isso vem despertando o interesse internacional, o que pode levar este país a ser mira de conflitos na disputa pela água (Casaro, 2003). Mesmo dispondo do maior estoque de água doce, a gestão dos recursos hídricos é uma tarefa inadiável e urgente tanto no que se refere à poluição dos seus mananciais quanto ao desperdício chega a ser alarmante (Trigueiro, 2003).

Segundo Bezerra (2002), a distribuição dos recursos hídricos é irregular, porque mais da metade da água encontra-se na região Norte, onde vive a menor população brasileira (menos de 5%), enquanto que, no Nordeste, com mais de 30% da população tem apenas 3,30% dos recursos hídricos. Isso mostra, portanto, uma irregularidade na distribuição dos mananciais hídricos quando se compara a fonte com o consumo (Silva, Almeida, Costa Filho, 2005).

Para Almeida e Silva (2004), a chuva no semi-árido nordestino além de ser distribuída irregularmente tanto na escala espacial quanto na temporal, há anos em que a precipitação se concentra em um a dois meses e em outros que chovem torrencialmente, embora de forma irregular tanto no espaço quanto no tempo.

O flagelo da seca afeta milhões de nordestinos e dizima animais, a agricultura de subsistência e provoca o êxodo rural. Por isso, tem-se na captação de água de chuva uma alternativa para o desenvolvimento social e econômico, mesmo porque as fontes de água subterrâneas existentes são, na sua maioria, escassas e salobras (Andrade, 1999; Gnadlinger, 2003).

O maior problema de abastecimento de água do nordeste não se deve somente a falta de água, mas, sim ao quadro de pobreza endêmica que atinge a maior parte da sua população, a qual não pode se quer custear a construção de um reservatório para captar a água da chuva (Rebouças, 2004).

A escassez de água potável para o consumo humano pode ser considerada o fator principal para a sobrevivência e a melhoria da qualidade de vida das populações rurais, sobretudo nas regiões áridas e semi-áridas (Silva, 1984). A irregularidade mensal e anual das chuvas a cada ano, associado a uma política inadequada dos recursos hídricos, vem ao longo dos anos se agravando cada vez mais o “drama” social da população, especialmente, a rural por não dispor de água potável para suprir as necessidades básicas (beber e cozinhar).

A captação de água de chuva, utilizando-se os telhados das habitações, é uma tecnologia simples, antiga e de grande utilidade por permitir captar e armazenar em cisterna a quantidade de água necessária à demanda difusa de uma família. No semiárido nordestino, onde a estação chuvosa

dura de dois a três meses, em média, há necessidade de se armazenar água, neste curto período, para ser utilizada nos meses subsequentes que serão secos (Almeida, Silva, Costa Filho, 2007).

A disponibilidade hídrica na cidade de Quixadá-CE tem na precipitação pluvial, mediante um estudo estatístico, a principal alternativa para aumentar a oferta de água potável mediante tecnologia simples que é a captação da água da chuva usando a coberturas das casas.

Diante disto, houve a necessidade de se analisar estatisticamente a série pluvial e estimar o potencial de água da chuva, sendo essa alternativa pluvial o objetivo principal deste estudo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Quixadá está localizado no Sertão Central Cearense, especificamente na mesorregião dos Sertões e na microrregião do Sertão de Quixeramobim, cuja extensão territorial é de 2.020 km². A maior parte do território faz parte das depressões sertanejas com maciços residuais, especialmente na serra do Estevão. Notabiliza-se também pela geografia rica em inselbergs, ou monólitos (formações rochosas isoladas na paisagem), que dominam boa parte da área do município, dos quais o mais famoso é a "Pedra da Galinha Choca", que tem este nome por conta do curioso formato.

Os solos são pouco profundos em sua maior parte e têm como principal característica o encharcar durante o período de chuvas e ressecar no de estiagem. Os lençóis de água são geralmente salinizados devido às características geológicas da região. Pela classificação climática de W. Koppen, clima é tropical chuvoso e com estação seca definida. A temperatura média anual é de 26,7°C, com pluviometria média anual de 818 mm, concentrando-se de fevereiro a abril.

A vegetação característica da maior parte do município é a caatinga arbustiva densa ou aberta, caracterizada pela presença de cactos e vegetação rasteira com árvores baixas e cheias de espinho. Nas áreas mais elevadas da serra do Estevão ocorre a floresta caducifólia espinhosa, ou caatinga arbórea.

Utilizou uma série de dados de precipitação pluvial correspondente ao período de 01.01.1965 a 31.12.2008. As séries mensais e anuais de chuva foram ordenadas cronologicamente e em seguida agrupadas, utilizando-se a distribuição de frequência.

As determinações estatísticas referentes às medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (amplitude e desvio padrão) e outras análises estatísticas obedeceram às recomendações, fórmulas e critérios descritos por Assis, Arruda e Pereira (1996).

Os dados mensais e anuais de precipitação foram arranjados em classes, sendo o ponto médio calculado através da média aritmética entre os limites inferior e superior da classe. A frequência da classe foi determinada pelo número de ocorrência de meses ou de anos em cada uma das classes.

Para a determinação da probabilidade empírica (Pr, em %), os totais anuais de chuva foram primeiramente ordenados em ordem crescente e em seguida calcularam-se, individualmente, as probabilidades utilizando-se a seguinte equação:

$$Pr(\%) = \frac{N}{n + 1}$$

Sendo: Pr = a probabilidade de ocorrência de chuva, em %;

N = número de ordem do dado agrupado;

n = número total de anos da série.

Para estimar o potencial de captação de água da chuva e de consumo, além da quantidade de chuva esperada, inicialmente simulados diferentes tamanhos de área de captação, o tipo de cobertura (telhas de barro e outros tipos) e o número médio de pessoas residentes. Em seguida foi aplicada a distribuição de frequência para agrupar, por intervalo de classe, calculando-se as frequências referentes ao tamanho de área coberta versus número de pessoas por casa.

Foram estabelecidos seis cenários de precipitação pluvial anual: mediana do período, mínimo, máximo e aos níveis de probabilidade de 25%, 50% e 75%. De posse dessa escolha, os volumes potenciais de captação de água de chuva (Vc, em litros), foram estimados mediante a expressão:

$$Vc = \text{total de chuva (mm)} \times \text{área do telhado (m}^2\text{)} \times 0,75.$$

Para uniformizar o sistema de unidades e obter o volume em litros, utilizou-se a relação 1mm de chuva equivale a 1 litro por cada m². O fator 0,75 é o coeficiente de escoamento recomendado para telha de barro por Silva (1984).

Os cálculos e as análises estatísticas realizadas no presente trabalho, como também, as confecções de gráficos foram feitas utilizando-se a planilha Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias mensais referentes às médias aritmética, medianas e desvios padrão correspondentes são mostradas na Figura 1. Observa-se que os valores médios mensais de chuvas estão sempre associados a uma elevada dispersão mostrada através dos respectivos desvios padrão. A distribuição mensal mostra uma sequência de meses mais chuvosos seguidos por outros menos chuvosos.

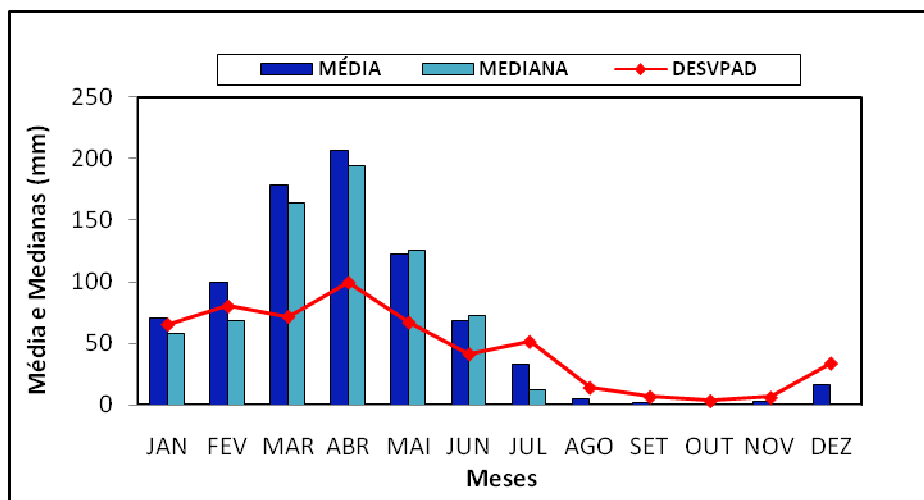


Figura 1. Médias mensais das médias, medianas e desvio padrão da precipitação pluvial de Quixadá, CE. Média do período: 1965-2008.

Observa-se (Figura 1), que existe uma irregularidade na distribuição mensal de chuvas, mostrada pela elevada dispersão, medida através do desvio padrão da média. Verifica-se, que o desvio padrão é superior a média em, pelo menos, seis meses e maior que a mediana sete meses. A estação chuvosa dura cerca de três a quatro meses, inicia no mês de fevereiro e termina em maio. Constata-se, também, que quanto menor a média de chuva maior o desvio padrão, em termo relativo.

Destaca-se, entretanto, que devido à elevada dispersão em relação ao valor central, o uso exclusivo da média aritmética pode conduzir a erros interpretativos, uma vez que a média não é o valor mais freqüente de ocorrer, a um nível específico de probabilidade, (Almeida 2001).

O regime de chuvas no município de Quixadá é extremamente irregular, haja vista que a média da dispersão mensal, em relação às médias esperadas, foi de 77,6% e a anual de 38,0%. As médias aritméticas mensais foram sempre maiores que as respectivas medianas, o que mostra que a distribuição estatística é assimétrica e o tipo de assimetria é positivo.

A Figura 3 mostra as medianas mensais de precipitação pluvial e os valores observados nos mais seco e no mais chuvoso com os respectivos desvios padrão.

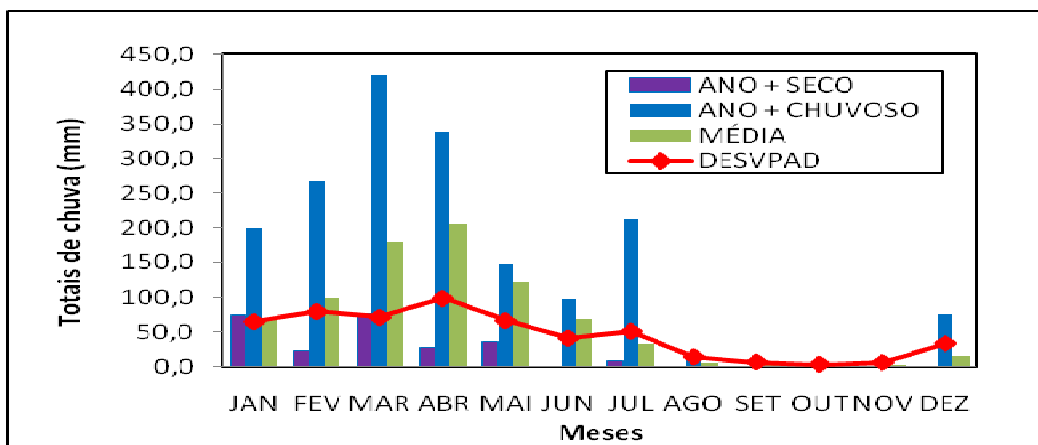


Figura 2: Medianas e totais mensais de precipitação observados no ano mais seco com os seus respectivos desvios padrão.

Verifica-se (Figura 2) que a media anual esperado situa-se por volta de 805 mm e no ano mais seco, o total de chuva foi de 244,6 mm e o ano mais chuvoso foi de 1.768,8, o desvio padrão médio foi de 186 mm. Constatou-se, também, que quanto menor foi a quantidade de chuva observada maior o desvio, o que demonstra, a priori, que a variabilidade crescer de forma proporcional.

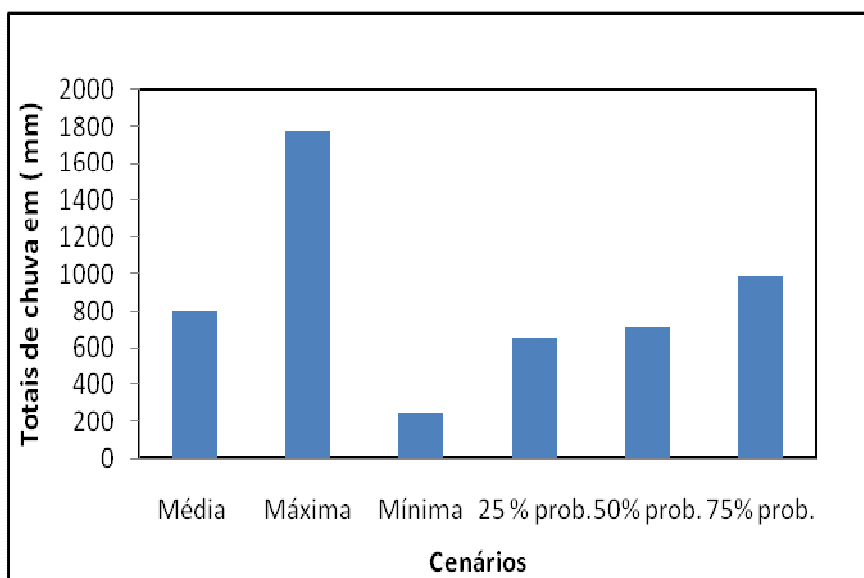


Figura 3: Volume anual de água de chuvas, para seis cenários de precipitação pré-estabelecidos.

Verifica-se que os volumes potencial água de chuva, a partir do nível de 50%, superam 709 mm por ano. Ao nível de 75% de probabilidade, cuja chance de ocorrer é de um ano para cada ciclo de quatro, o volume será de 987 mm.

Os volumes anuais de captação de água de chuva, determinados em função dos seis cenários de precipitação pré-estabelecidos e do tamanho das áreas de captação das habitações do município de Quixadá, são mostrados na Tabelas 1.

Tabela 1: Volumes de captação de água de chuva, correspondentes: a média, a máxima, o mínimo e aos níveis de 25, 50 e 75% de probabilidade.

Cenários	Totais de Chuva (mm)	Tamanho da área de captação / volume coletado em litros						
		40m ²	50m ²	60m ²	70m ²	80m ²	90m ²	100m ²
Média	805	24.150	30.187	36.225	42.263	48.300	54.338	60.375
Máxima	1.769	53.064	66.330	79.596	92.862	106.128	119.394	132.660
Mínima	245	7.338	9.172	11.007	12.842	14.676	16.510	18.345
25 % prob.	652	19.558	24.448	29.338	34.227	39.117	44.007	48.896
50% prob.	709	21.258	26.572	31.887	37.202	42.516	47.831	53.145
75% prob.	987	29.597	36.997	44.397	51.796	59.195	66.595	73.994

Como pode ser observado na Tabela 1, espera-se para a condição média de chuva da região, por exemplo, que o menor volume potencial seja de 24.150 litros, para as casas com área de cobertura de 40 m², e o maior de 60.375 litros para as habitações com áreas de captação de 100 m². Para as mesmas áreas, os volumes extremos- máximo e mínimo- são, respectivamente, de 53.064 e 132.660 e de 7.338 e 18.345 litros.

Mesmo para mínima condição de chuva anual (245 mm) e de tamanho de área, o volume de água potencialmente captado é superior a 7 mil litros de água por ano.

Essa condição extrema ocorre com uma frequência muito pequena, mesma assim, proporciona um armazenamento de água bem superior, quando se compara com a média de chuva esperada nas localidades mais secas Sertão cearense e com outras do semi-árido nordestino.

Ao comparar os cenários de ocorrência de precipitação pluvial anual, aos níveis de probabilidade de 25, 50 e 75%, verifica-se que para o menor nível (25%), chances de ocorrência de um ano, para uma série de quatro anos, o volume capitado é suficiente para abastecer uma família de quatro pessoas, mesmo se área de cobertura do telhado for da ordem de 40 m². Enquanto que, casas com áreas de 60 m², a captação de água pelo telhado é suficiente para abastecer uma família com mais de oito pessoas.

Para as casas com quatro moradores, nos cenários de 50 e 75% de probabilidade, os volumes de água estimados são suficientes ao consumo familiar (beber e cozinhar), durante o ano inteiro, e para os tamanhos das casas estudadas.

A Figura 4 mostra a relação entre o volume per capto de água necessário para fins doméstico, admitindo-se o uso contínuo durante todo o ano e considerando-se um consumo de 14 litros por dia, conforme recomendado dada por SILVA et al (1984), e de 20 litros por pessoa dia conforme recomenda SILANS (2002), para as condições do semi-árido nordestino.

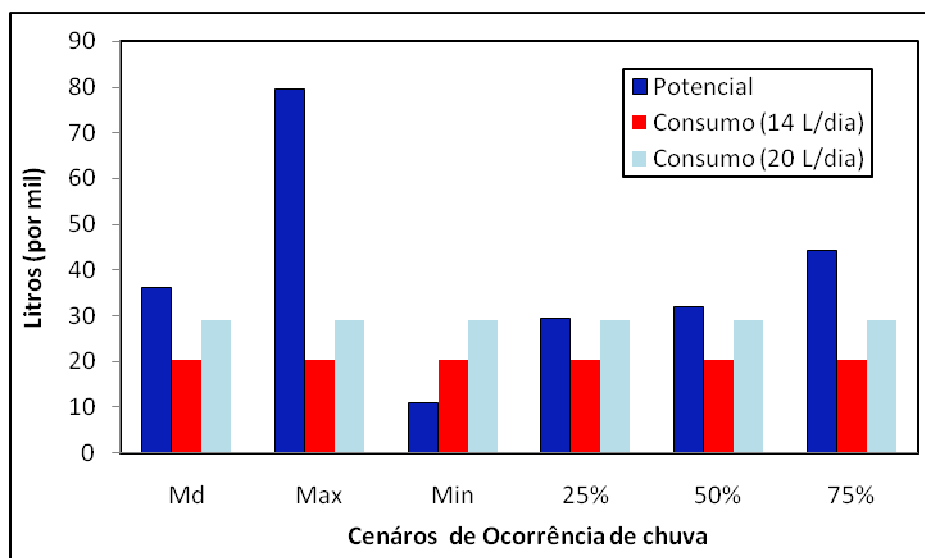


Figura 4: Estimativa do consumo de água por família com três a dez 10 pessoas durante um ano, considerando o consumo *per capto* de 14 e 20 litros dia, para uma área de 60 m².

O tamanho médio de uma família, de acordo com o censo do IBGE, é de quatro pessoas. Adotando-se esse referencial, verifica-se que o potencial de captação maior que trinta mil litros por ano, ocorre na maioria dos cenários, o que mostra ser um volume de água suficiente para abastecer famílias com até quatro pessoas, isso considerando um consumo por capto de 20 litros por dia. Segundo Silans (2002), esse volume de água armazenada na cisterna é suficiente, além beber e cozinhar e também, na lavagem de roupas e louça e no consumo de animais domésticos.

Verifica-se ainda que os volumes potencial de captação de água de chuva, a partir do nível de 50%, superam 30 mil litros de água por ano, mesmo para uma pequena área de captação de 50 m². Ao nível de 75% de probabilidade, cuja chance de ocorrer é de um ano para cada ciclo de quatro, o volume será de 44 mil litros.

Considerando a pior situação, ou seja, mesmo no ano de menor ocorrência de chuva, esse valor é suficiente de abastecer uma família de duas (beber, cozinhar na higiene do corpo, com exceção do banho), por um período de 255 dias, conforme Silva et al (1984).

CONCLUSÕES

Mediante os resultados encontrados, conclui-se que:

- a) A precipitação pluvial é irregularmente distribuída no tanto e no espaço;
- b) A distribuição mensal de chuvas é extremamente irregular e os desvios padrões, em alguns meses, superam as próprias médias esperadas;
- c) A distribuição mensal de precipitação tem assimetria positiva;
- d) A mediana é a medida de tendência central mais representativa que a média;
- e) Os volumes de água de chuva potencial estimados são suficientes para abastecer uma família de, pelo menos, quatro pessoas durante todo o ano;
- f) O estudo permitiu estabelecer o regime pluvial do Quixadá-CE e será um subsidio importante para dimensionar o tamanho das cisternas por parte dos órgãos governamentais e não governamental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, H. A. de, SILVA, L. Modelo de distribuição de chuvas para a cidade de Areia, PB. In: I Congresso Intercontinental de Geociências, Fortaleza, CE, 2004, Anais, CD-ROM.
- ALMEIDA, H. A. de, SILVA, L. COSTA FILHO, J.F. Alternativa hídrica para o abastecimento de água potável no agreste paraibano. In: XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Natal, RN, 2007, Anais, CD-ROM.
- ALMEIDA, H. A. de. Probabilidade de ocorrência de chuvas no Sudeste da Bahia. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico no 182, 32p, 2001.
- ANDRADE, M. C. de. A Problemática da Seca. Recife, Líber Gráfica e Editora, 94p, 1999.
- ASSIS, F. N., ARRUDA, H. V., PEREIRA, A. R. Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática. Pelotas, RS, Ed. Universitária/UFPEL, 161p, 1996.
- BEZERRA, N. F. **Espírito das águas: progresso e harmonia social**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer. 2002.

CASARO, R. **Tesouro escapando entre os dedos**. Revista ecologia e desenvolvimento. Rio de Janeiro, ano 12, n.106. Ed. Terceiro Milênio, p.22 e 23, Março/Abril 2003.

GNADLINGER, J. A contribuição da captação de água de chuva para o desenvolvimento sustentável do semi-árido brasileiro: uma abordagem focalizando o povo. In: 4o Simpósio de captação de água de chuva no semi-árido, Juazeiro, BA, 2003, CD-ROM.

REBOUÇAS, A. **Uso Inteligente as Água**. São Paulo, Escrituras Editora, 207p, 2004.

SILANS, A. P. Alternativas científicas e tecnológicas para o abastecimento de água no semi-árido. In: Água e desenvolvimento sustentável no semi-árido. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, Série Debates no 25, dezembro de 2002, p133-160, 2002.

SILVA, A. S., LIMA, L.T., GOMES, P. C. F. Captação e conservação de água de chuva para consumo humano: cisternas rurais- dimensionamento, construção e manejo. EMBRAPA-CPTASA, Circular Técnica n.12, 103p, 1984

SILVA, L. da., ALMEIDA A. H. de., COSTA FILHO. J. F. da, Captação de água de chuvas na zona rural: uma alternativa para a convivência no semi-árido nordestino In: V Simpósio Brasileiro de captação e manejo de água de chuva, Teresina, PI, 2005, Anais, CD-ROM.

TRIGUEIRO, A. **O desafio de levar água para todos**. Revista Senac e educação ambiental. Rio de Janeiro, n. 1, janeiro/abril 2003, p. 8-12, 2003.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



ESTRATÉGIAS EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA O USO SUSTENTÁVEL DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Laryssa Abílio Oliveira¹; Raffaella Queiroga Souto²; Monica Pereira da Silva³ & Beatriz Susana Ovruski de Ceballos⁴

RESUMO – A necessidade de armazenar água durante o período de estiagem, principalmente na região semi-árida, despertou para o desenvolvimento de alternativas simples e de baixo custo que favorecessem água de boa qualidade e adequada para o consumo humano. Embora o sistema de captação e armazenamento de água de chuva represente importante tecnologia, requer manejo adequado, visando obter água de qualidade durante todo período de seca. Essa finalidade pode ser alcançada a partir da aplicação de diferentes estratégias em educação ambiental. Objetivou-se delinear estratégias em Educação Ambiental que permitam o manejo sustentável de sistemas unifamiliares de captação e armazenamento de água de chuva em comunidades rurais do semi-árido paraibano. Trata-se de uma pesquisa participante realizada de maio de 2007 a fevereiro de 2009, em comunidades de São João do Cariri-PB com a participação de líderes comunitários, professores e agentes comunitários de saúde (ACS) e agentes de vigilância ambiental (AVAS). Dentre as estratégias delineadas e aplicadas, destacaram-se: identificação e formação dos líderes comunitários, jovens, adolescentes e adultos; identificação da percepção ambiental e da concepção dos sistemas de captação de água de chuva; realização de diagnóstico sócioambiental; inserção do tema água na escola a partir da formação continuada dos professores; planejamento participativo das reuniões; execução de cursos, oficinas e seminários; elaboração de projetos a partir do tema sistema de captação de água de chuva; envolvimento da administração pública municipal e realização do processo de sensibilização de forma contínua, participativa e lúdica. O número de encontros não foi suficiente para gerar as mudanças esperadas, no entanto, pode-se observar que o público envolvido passou a deter conhecimentos referentes aos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, especialmente em relação às barreiras sanitárias. Percebeu-se um despertar crítico, falta porém, a aplicação do conhecimento construído nas ações cotidianas.

Palavras chaves: Educação Ambiental, Estratégias e Barreiras sanitárias



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de dimensões continentais, com mais de oito milhões de quilômetros quadrados e comporta regiões geográficas diferenciadas, umas com grandes precipitações e outras com prolongados períodos de estiagem, a exemplo do semi-árido. Segundo Gnadlinger (2005) a variabilidade de chuva durante e entre as estações e anos constitui um grande desafio para o desenvolvimento rural, especialmente no semi-árido brasileiro.

Como a água é fator de agregação e permanência na terra, sua escassez ocasionou durante muitos anos a desagregação das comunidades, fome, miséria e decréscimo na produção agrícola, provocando fluxos migratórios para a zona urbana, acarretando inchaço das cidades, que cresceram sem planejamento. Estudos de Brito *et al.* (2005) mostram que mulheres e crianças precisavam caminhar diariamente distâncias de 3Km ou maiores para buscar água visando atender suas necessidades básicas, com águas de fontes muitas vezes duvidosas, sendo necessárias até duas horas por dia para realizar essa atividade.

Alternativas que busquem soluções de convivência com o clima e o ecossistema local, que promovam o desenvolvimento sustentável e permitam acesso à água de boa qualidade às populações, podem mudar essa realidade, dando novas condições sociais e liberdade, especialmente as populações do semi-árido.

Segundo Santos *et al.* (2007) para resolver ou pelo menos atenuar o problema de abastecimento de água para o uso familiar em regiões semi-áridas, é indispensável dispor de tecnologias que reúnam os seguintes aspectos: baixo custo, resistência e simplicidade de construção. Dentre as opções para obter água suficiente e de qualidade adequada para consumo humano, a captação de água de chuva e seu armazenamento em cisternas apresentam-se como uma solução atraente.

Embora não seja uma tecnologia recente, pois a preocupação em conviver com períodos de seca e aridez remete-se possivelmente ao início do Holoceno (Pandey, Gupta e Anderson, 2003), sua prática só ganhou forças há pouco tempo com o Programa Um Milhão de Cisternas – P1MC



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



que foi gerado por organizações da sociedade civil agregadas à ASA (Articulação no Semi-Árido) com o objetivo de construir um milhão de cisternas em cinco anos, a partir de 2001. Em 2003, o programa foi incluído na política governamental Fome Zero, tendo como fontes de recursos o governo federal, a Organização das Nações Unidas, a Federação Brasileira de Bancos e várias outras organizações nacionais e estrangeiras.

Como toda tecnologia, sistemas de captação de captação e armazenamento de água de chuva requerem cuidados básicos e sua maior ou menor eficiência depende do uso de barreiras sanitárias que quando devidamente implementadas e aplicadas no cotidiano da população usuária, devem ser suficientes para dispor de água de boa qualidade para o consumo humano, principalmente no período de estiagem.

Esse objetivo poderá ser atingido através da Educação Ambiental nas categorias formal e informal, uma vez que a eficiência de uma determinada tecnologia é diretamente dependente do seu empoderamento por parte da população. Empoderamento compreendido não apenas enquanto domínio do manejo correto da tecnologia, mas com a co-responsabilidade e a co-participação para o alcance dos seus objetivos.

Os principais questionamentos que fundamentaram esse trabalho foram: Quais as estratégias que permitem o manejo sustentável dos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva por diferentes atores sociais? O processo de Educação Ambiental permitirá mudanças de percepção ambiental e de ações relacionadas ao uso correto das cisternas? O processo de Educação Ambiental contribuirá para o empoderamento da tecnologia de captação e armazenamento de água de chuva?

O objetivo principal do presente trabalho foi delinear estratégias em Educação Ambiental que permitam o manejo sustentável de sistemas unifamiliares de captação e armazenamento de água de chuva em comunidades rurais do semi-árido paraibano.

METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa participante segundo Thiollent (1998), realizada de maio de 2007 a fevereiro de 2009, em comunidades de São João do Cariri-PB (Distrito de Malhada da Roça, em Poço das Pedras, Riacho Fundo, Sítio Pombo, Sacramento e Curral do Meio) com a participação



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



de líderes comunitários, professores e Agentes Comunitários de Saúde (ACS) e Agentes de Vigilância Ambiental (AVAS).

O município de São João do Cariri está localizado na área central do estado da Paraíba e inserido na Mesorregião da Borborema e Microrregião do Cariri Oriental onde se localiza a Bacia do Rio Taperoá, sub-bacia do rio Paraíba. Possui 702 km² e mais de 4.700 habitantes.

O trabalho desenvolveu-se em três momentos. No primeiro foram feitas visitas de campo, com o objetivo de reconhecer a área de estudo e identificar os líderes comunitários. No segundo, foi realizada entrevista semi-estruturada, a fim de conhecer a realidade sócio-econômica das famílias. Como critério de escolha adotou-se a posse, pelas famílias, de sistema de captação e armazenamento de água de chuva em cisternas. As entrevistas foram realizadas nas residências, onde também se fez a observação direta das condições de higiene e de moradia dos entrevistados, bem como dos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva. No último momento, foram delineadas e aplicadas estratégias de sensibilização em encontros mensais, oficinas, seminários e cursos, entre outras ações.

Todo o processo de sensibilização teve por base o MEDICC (Modelo dinâmico de construção e reconstrução do conhecimento) que segundo Silva e Leite (2008) compreende um conjunto de estratégias metodológicas que permite o processo de sensibilização simultaneamente à coleta de dados.

Os dados foram analisados de forma quantitativa e qualitativa, utilizando-se, da triangulação proposta por Thiollent (1998). A triangulação parte-se da premissa que os dados quantitativos não se opõem aos qualitativos, porém, complementam-se.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estratégias de sensibilização

A identificação dos líderes comunitários locais (participantes de associações, movimentos comunitários, entre outros) constituiu importante estratégia, por apresentarem compromisso com a transformação social e representam potencialidade às mudanças, além de serem peças chave no diálogo entre o grupo pesquisador e o grupo pesquisado. Através dos líderes comunitários o



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



grupo pesquisador é melhor aceito e estabelece um compromisso mútuo para efetivação do trabalho. Enquanto Agentes multiplicadores de Educação Ambiental contribuem para a viabilidade de projetos voltados à sustentabilidade de tecnologia social.

A apresentação do projeto à comunidade mostrou-se uma etapa importante dentro das estratégias de Educação ambiental, pois neste momento o grupo pesquisador estabelece o primeiro contato com a comunidade na busca da aceitabilidade do projeto, só então ocorre o planejamento e o agendamento das atividades. Com essas ações a comunidade é convidada a ser co-responsável, tornando o processo mais sólido e promissor.

O contato e apoio da administração pública emergem da necessidade de se propiciar a apropriação da tecnologia em estudo por parte desse grupo e conseqüentemente, a sua institucionalização. O projeto foi apresentado à administração municipal e ações planejadas foram discutidas, efetivando-se o apoio logístico para a realização do curso e dos seminários (alimentação e transporte para os participantes). Ressalta-se que o apoio da administração municipal não interferiu politicamente no desenvolvimento do processo de sensibilização. As ações de Educação Ambiental foram executadas com autonomia e liberdade de expressão do grupo pesquisador. No entanto, a participação de representantes da administração municipal favoreceu a percepção da necessidade das barreiras sanitárias para a manutenção da qualidade da água armazenada em cisternas.

A realização do diagnóstico sócioambiental foi útil para a obtenção de um panorama geral das comunidades objeto do trabalho, Agentes Comunitários de saúde (ACS) e Agentes de Vigilância Ambiental (AVAS), como mostram os dados apresentados na Tabela 01.

A análise da percepção como estratégia da Educação Ambiental é essencial, no intuito de compreender a visão do grupo em relação ao sistema de captação e armazenamento de água de chuva e, a partir desta, propiciar ampliação e/ou mudanças. A percepção ambiental foi avaliada a partir da dinâmica do mapa mental, que consiste em responder a pergunta, “O que é meio ambiente para você?” (Figura 01). A percepção, segundo Rosa (2003), é a forma como cada indivíduo ou grupo social vê, compreende e se comunica com o ambiente, passando por complexas relações resultantes da junção de manifestações psicológicas, ideológicas e culturais.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



Em relação aos líderes comunitários, o meio ambiente é percebido de forma natural por 93%. Destes, apenas 13% percebem o ser humano como parte integrante desse meio. Os professores e os ACS/AVAS detêm uma percepção mais aprofundada do meio ambiente, já que os mesmos representaram em 75% e 86%, respectivamente meio ambiente construído, enquanto os líderes representaram apenas 7%.

Tabela 01: Perfil sócioambiental de comunidades rurais, ACS e AVAS de S. João do Cariri-PB.

		Comunidades	ACS e AVAS
		Nº	Nº
Gênero dos entrevistados	Masculino	26	9
	Feminino	18	7
Numero de pessoas por família	1 a 2	6	-
	3 a 4	15	8
	≥5	33	8
Faixa etária das crianças	< 5 anos	24	4
	> 5 anos	53	11
Escolaridade	Analfabeto	8	-
	Alfabetizado	7	-
	Ensino fundamental incompleto	23	2
	Ensino fundamental completo	6	1
	Ensino médio incompleto	4	1
	Ensino médio completo	6	9
	Superior incompleto	-	1
	Superior completo	-	2
Profissão	Agricultor	41	-
	Professor	2	-
	Domestica	3	-
	Aposentado	3	-
	Desempregado	1	-
	Outros	7	-
	ACS	-	12
	AVAS	-	4
Renda familiar	< de 500 reais	39	13
	≥ de 500 reais	12	3



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE

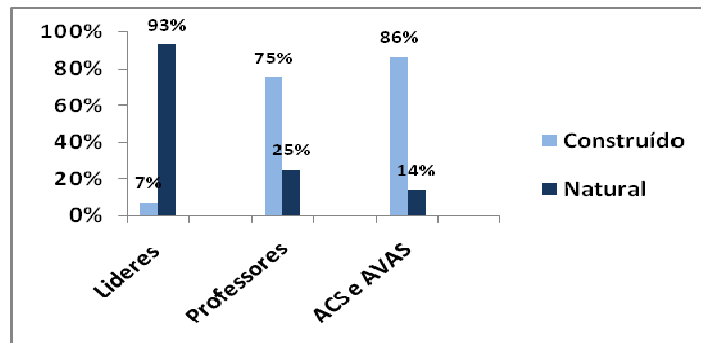


Figura 01: Percepção Ambiental de acordo com o mapa mental

Em contrapartida, o ser humano foi retratado apenas pelos líderes comunitários e os ACS/AVAS, o que demonstra que os professores que percebem apenas o meio ambiente natural não se sente parte do meio ambiente. Rappaport (1982) expõe que o indivíduo vê e age sobre o meio de acordo com seus interesses, resultando em ações que degradam o meio ambiente. Os desenhos não retrataram a realidade dos grupos envolvidos, expressando apenas os desejos e sonhos: paisagem com água e vegetação verde e abundante, que não condiz com a realidade da comunidade já que a pesquisa foi realizada no período de seca, com vegetação predominante de caatinga, de cor cinza e marrom intenso na época.

A partir do diagnóstico e da percepção surgiu a necessidade de realizar encontros (seminários, oficinas, cursos, palestras) que sensibilizassem não apenas aos líderes comunitários, mas a população em geral a respeito da problemática dos recursos naturais e mais especificadamente da água, tema alvo do projeto. Os dias e horários foram pré-estabelecidos pelas próprias comunidades envolvidas no processo. Nos encontros foram realizados, dinâmicas de grupo, aula de campo, vídeo, atividades artísticas (música e dança), atividades físicas, teatro, oficinas, palestras, sempre na perspectiva construtivista e crítica, respeitando a diversidade cultural, social, individual. Levando em consideração que o ser humano não é uma folha em branco e que possui um conhecimento prévio, o qual deve ser considerado no processo de sensibilização e de formação.

Os temas dos encontros foram: conceito de meio ambiente; elementos que constituem o Meio Ambiente e as suas inter-relações; problemas ambientais locais - diagnóstico sócioambiental segundo a visão do público envolvido; água: importância e ciclo; a problemática da água: causas,



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



consequências e soluções; alternativas de convivência com a seca; sistemas de captação de água de chuva; armazenamento de água de chuva; água e saúde: conceito de saúde; requisitos para o alcance de saúde; doenças de veiculação hídrica, doenças de origem hídrica; cuidados com o corpo, cuidados com o meio ambiente; saúde ambiental-saúde social; cuidados com os sistemas de captação e armazenamento de água de chuva; tratamento de água; desinfecção da água através da luz solar; manejo correto do sistema de captação e armazenamento de água de chuva; convivência com o semi-árido; ciclo de oficinas: gestão integrada de resíduos sólidos, reciclagem, compostagem, horta e alimentação alternativa.

A metodologia aplicada (MEDICC) nos encontros serviram para aproximar o grupo pesquisado do grupo pesquisador. Como resultado desses momentos o grupo pesquisador pôde promover um debate ressaltando pontos onde a comunidade reconhecia-se ou não como agente dos problemas apresentados, podendo assim estabelecer momentos de sensibilização diante de suas ações para com o meio ambiente em que vivem.

A inclusão dos educadores emergiu ao longo do processo de sensibilização, pois estes individualmente participavam dos encontros realizados, porém, numa representação mínima e não havia condições de motivar, nos encontros com as comunidades, a inserção da dimensão ambiental no meio ambiente escola. Observou-se que era necessário promover a formação desses atores em encontros diferenciados que favorecessem a inserção da temática em estudo em sala de aula. Os educadores relataram que enfrentavam vários obstáculos durante o processo de transferência de conhecimento, como falta de material didático, apoio dos pais e mães, falta de preparação para o trabalho interdisciplinar, entre outros:

Todos querem fazer algo diferente mais sente vergonha, não tem apoio.

Algumas pessoas tem idéia, MAS não falam, outros tem idéia mas tem dificuldade de executar.

Os encontros de sensibilização e de formação para os educadores ocorreram mensalmente, na escola e no horário de trabalho dos mesmos. Nesses encontros, além do processo de sensibilização e de formação, foram elaborados projetos com os temas: água, sistema de captação e armazenamento de água de chuva; horta e alimentação alternativa. A partir da execução dos projetos, os temas citados foram trabalhados de forma transversal nas diferentes áreas do



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



conhecimento. Para cada projeto foi organizado um evento de culminância, com a participação das famílias dos educandos, no sentido de propiciar a ampliação do conhecimento para outros segmentos locais e motivar a relação escola-família, escola-sociedade. Um dos produtos resultantes da execução dos projetos na escola foi a elaboração de cartilhas por parte de educadores e educandos (Figura 02).

O trabalho de Educação Ambiental na escola vem contribuindo com a integração dos educadores ao processo de sensibilização e na inserção do tema água de forma transversal na escola. Com a inclusão da escola garantiu-se a ampliação dos conhecimentos, não apenas a nível educador-educando, mas com a inserção de outros atores como os pais, funcionários e a administração escolar. De acordo com Tristão (2004), os desafios para os educadores ambientais são, de um lado, o resgate e o desenvolvimento de valores e comportamentos (confiança, respeito mútuo, responsabilidade, compromisso, solidariedade e iniciativa) e de outro, estimular a visão global e crítica das questões ambientais e promover um enfoque interdisciplinar que resgate e construa saberes.

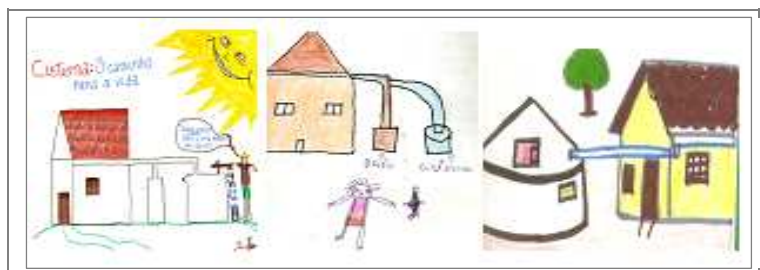


Figura 02: Desenhos elaborados pelos educadores e educandos que constituíram as cartilhas.

A falta de preparação de educadores na formação superior para inserir a temática ambiental no currículo escolar, requer um projeto de formação continuada, o qual é fundamental para superação desta lacuna e para o alcance do tão debatido e almejado desenvolvimento sustentável.

O envolvimento da juventude foi outra estratégia aplicada para a sustentabilidade dos sistemas de captação de água de chuva e decorreu da urgência em mobilizar este grupo em inércia no cenário atual, mas que constitui importante capital social. O processo de sensibilização desse grupo aconteceu tanto nas reuniões com a comunidade, como através dos educadores, em sala de aula, motivando-os a co-participação e co-responsabilidade com a realidade onde estão



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



inseridos e com a sustentabilidade da tecnologia objeto desse estudo. A maioria dos adolescentes e jovens entendia que a responsabilidade de manutenção dos sistemas de captação de água de chuva dizia respeito às mães e que os problemas ambientais eram de competência dos adultos. A formação, sensibilização e mobilização dos adolescentes e jovens permitiram a ampliação do processo de sensibilização para as suas famílias e para a comunidade, comportando-se como líderes em ações como: realização de reuniões, aplicação das oficinas aprendidas nos encontros de Educação Ambiental às turmas do EJA (Educação de jovens e adultos), fixação de cartazes e comunicação via rádio convidando a comunidade para as reuniões e divulgação do projeto para São João do Cariri já que alguns deles estudavam na zona urbana. Visita às famílias no intuito de promover o manejo correto dos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva. Atuando como multiplicadores, tanto em suas casas, como na comunidade e na sua própria escola, ampliaram o trabalho de formação e sensibilização, já que tem amplo acesso aos vários segmentos locais.

A realização de Educação Ambiental a partir da aplicação das estratégias apresentadas aponta para a co-participação e co-responsabilidade das comunidades trabalhadas para o manejo correto e a sustentabilidade de sistemas unifamiliares de captação e armazenamento de água de chuva em comunidades rurais do semi-árido paraibano. Essa afirmação foi observada em ações como a resistência por parte das famílias na introdução do abate (inseticida utilizado por agentes comunitários no combate ao dengue) dentro da cisterna, afirmando que o mesmo comprometeria a qualidade destas águas, da não introdução de peixes nas cisternas. Grande parte das famílias entendeu que os peixes não são indicadores de qualidade de água; despertou também para a necessidade de melhorar as bombas, visando intensificar o seu uso. Os adolescentes e jovens apresentaram preocupação em ampliar o número de cisternas, e reconheceram que a manutenção dos sistemas de captação de água de chuva é responsabilidade de todos os membros da família.

Um número ainda significativo de diferentes atores envolvidos nesta pesquisa reconheceu a importância da sustentabilidade desses sistemas, porém, não o põem em prática. Esta afirmativa foi justificada em várias visitas feitas pelo grupo pesquisador às residências dos diferentes atores envolvidos. Quando o grupo chegava à determinada residência, o morador imediatamente justificava alguma atitude que ele mesmo julgava incorreta:



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



Coloquei o feijão em cima da cisterna, porque não tinha outro local.

Este balde que estou usando, está limpo. Uso só para tirar água da cisterna.

A bomba está quebrada, não tive condições de consertar... Mas, este balde está limpinho.

Por ser um processo contínuo, os desafios enfrentados são vários, dentre os quais: 1) a necessidade de construção e reconstrução das estratégias de acordo com os interesses da comunidade ao longo dos encontros; 2) a dispersão do grupo estudado de acordo com o andamento do projeto; 3) o número limitado de pessoas da comunidade que se comprometeu com o projeto desde o início ao fim; 4) a falta de assiduidade nos encontros, prejudicando o processo de sensibilização; 5) a introdução de água de carro-pipa sem certificado de potabilidade nas cisternas na época de seca e que compromete a qualidade da água; 6) ausência de bomba em algumas cisternas; 7) não utilização das bombas por serem de difícil manuseio; 8) falta de conhecimento aliado à prática já que as famílias sabem quais são as barreiras sanitárias, mas não as utilizam.

Impactos positivos observados a partir das estratégias aplicadas

A piaba era utilizada como indicador de qualidade da água pela população participante, inclusive foi recomendada por um religioso que difundiu a prática como uma garantia de preservar a qualidade da água da cisterna. Durante as reuniões foi debatida a questão e ao final foi percebido por todos que a piaba é apenas indicador oxigenação da água e sua presença não contribui para uma melhor qualidade à medida que eles defecam, comem e morrem. Uma contradição notada é que a introdução do cloro na água provoca a morte dos peixes.

Outro procedimento que foi conhecido durante os encontros e visitas às famílias foi o emprego do larvicida ABATE (Temefós Fersol) diretamente nas cisternas para combater o mosquito da dengue pelos agentes da FUNASA – Fundação Nacional de Saúde, inicialmente com apoio dos agentes de saúde. Os líderes comunitários passaram a contestar a aplicação de larvicida, gerando um pequeno conflito nas comunidades estudadas.



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



Um número significativo dos participantes detém o conhecimento sobre as barreiras sanitárias, mas não coloca em prática;

Houve o despertar crítico de muitos dos envolvidos no processo de sensibilização quando o Ser Humano foi incluído ao final dos encontros como agente integrante e transformador do meio ambiente, inclusive pelos educadores em 100% dos mapas mentais;

Embora os homens na entrevista inicial, tenham respondido o questionário participando ativamente, as mulheres constituíram o público predominante e mais constante nos encontros.

CONCLUSÕES

A realização do processo educativo orientado para o manejo sustentável dos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva em comunidades dispersas requer a aplicação das seguintes estratégias: reconhecer e compreender a área delimitada para a intervenção, identificar os líderes comunitários locais, apresentar o projeto à comunidade e discutir a possibilidade de executá-lo na área escolhida, contatar a administração pública e estabelecer uma parceria institucional, realizar diagnóstico sócioambiental, identificar a percepção ambiental, organizar e planejar os encontros de forma contextualizada em conjunto com o grupo envolvido, a partir da percepção e diagnóstico sócioambiental, proporcionar o envolvimento dos diversos segmentos da sociedade local, com destaque à juventude, proporcionar a formação dos educadores por meio de metodologia criativa, dinâmica, crítica e participativa, possibilitar o diálogo entre os diversos saberes e a valorização dos diversos saberes locais, apresentar e discutir os resultados coletados, fazendo uma correlação entre a percepção do grupo em estudo, dado coletado e os princípios da sustentabilidade co-participação e co-responsabilidade.

A Educação Ambiental constituiu um instrumento capaz de promover mudanças de percepção e comportamentos, desde que seja empregada de forma contínua e lúdica, podendo gerar co-participação e co-responsabilidade dos membros das comunidades para o manejo correto e sustentável dos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



O número de encontros não foi suficiente para gerar as mudanças esperadas, no entanto, pode-se observar que o público envolvido passou a deter conhecimentos referentes aos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, especialmente em relação às barreiras sanitárias. Percebeu-se um despertar crítico, falta, porém, a aplicação do conhecimento construído nas ações cotidianas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITO, T. de L.; ANJOS, J. B. dos; PORTO, E. R.; SILVA, A. de S.; SOUZA, M. A.; XENOFONTES, G. H. S. Qualidade físico-química e bacteriológica das águas de cisternas no município de Ouricuri-PE. In Simpósio de Captação e Manejo de água de chuva para sustentabilidade de áreas rurais e urbanas- tecnologias e construção da cidadania. 2005. Teresina - PI. Anais... Petrolina-PE: ABCMAC, 2005.

GNADLINGER, J. A contribuição da captação de água de chuva para o desenvolvimento sustentável do semi-árido brasileiro – uma abordagem focalizando o povo. Captação e Manejo de chuva para sustentabilidade de áreas rurais e urbanas – tecnologias e construção da cidadania Teresina, PI. 2005. CD. 9p.

PANDEY, D.N.; GUPTA, A.K.; ANDERSON, D.M. Rainwater harvesting as an adaptation to climate change. **Current Science** - REVIEW ARTICLE. 2003.v. 85, n. 1, Jul.

RAPPAPORT, R. A natureza, cultura e antropologia ecológica. In Shapiro, Harry L. Homem, cultura e sociedade. São Paulo: Martins Pontes, 1982.

ROSA, L.G. A dimensão ambiental no currículo da escola Pe. Emídio Viana Correia. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente/ PRODEMA) João Pessoa: UFPB, 2003.

SANTOS, E. de O. C., SANTOS, D. N. dos, BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S. Experiência Brasileira sobre Captação, Armazenamento, Gestão e Qualidade da Água de Chuva para Consumo Humano em Comunidades Rurais do Haiti. 6º. Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. 2007. Belo Horizonte- MG. Anais... Petrolina – PE: ABCMAC, 2007.

SILVA, Monica Maria Pereira ; LEITE, Valderi Duarte. Estratégias para realização de educação ambiental em escolas do ensino fundamental. Revista Eletrônica do Mestrado de Educação Ambiental. v. 20, Rio Grande do Sul: FURG, p. 372-392, janeiro a junho de 2008.

THIOLLENT, M. Metodologia da pesquisa ação. 8ªed. São Paulo: Cortez, 1998.

TRISTÃO, M. A Educação Ambiental na formação de professores: redes de saberes. São Paulo: Annablume. Vitória: Facitec, 2004.



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**





Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Armazenamento
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



INFLUÊNCIA QUE OS AGENTES COMUNITÁRIOS EXERCEM NAS COMUNIDADES RURAIS QUE UTILIZAM OS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA

Rafaella Queiroga Souto¹; Laryssa Abílio Oliveira²; Mônica Maria Pereira da Silva³; Gabriela Maria Cavalcanti Costa⁴ & Beatriz Suzana Ovruski de Ceballos⁵

RESUMO – A captação e o armazenamento de água de chuva em cisternas é uma alternativa para obtenção de água, principalmente nos períodos de estiagem no semi-árido Nordeste. Entretanto, às famílias devem empoderar barreiras sanitárias que incluídas no sistema de captação e armazenamento de água de chuva garantem a qualidade da água para o consumo humano. Essas barreiras se constituem em hábitos higiênicos que podem ser disseminados nas comunidades através de multiplicadores, como: professores, agentes comunitários de saúde, líderes comunitários, entre outros. Este trabalho objetivou identificar a influência dos agentes comunitários de saúde e da vigilância ambiental em saúde no cotidiano dos usuários de sistemas de captação e armazenamento de água de chuva e sensibiliza-los do seu papel de multiplicadores para o uso higiênico e sustentável desse sistema de captação. Realizou-se uma pesquisa participativa com todos os agentes comunitários de saúde e da vigilância ambiental em saúde do município de São João do Cariri – PB, no período de abril a setembro de 2008. A coleta de dados ocorreu simultaneamente ao processo de sensibilização que foi realizado utilizando estratégias de Educação Ambiental, como: dinâmicas, oficinas, palestras, seminários, contato com administração local, pontualidade, assiduidade, apresentação e discussão dos dados levantados nesse município sobre este tema, entre outros. Os participantes já possuíam conhecimentos a cerca da temática, mas não se sentiam seguros para transmiti-los às comunidades. Os encontros serviram para dar embasamento aos agentes e conscientizá-los da missão de multiplicadores de práticas sustentáveis em relação aos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva. Os agentes são profissionais que exercem influência nas comunidades que trabalham e por isso exerciam também um papel de transformação diante das práticas higiênicas e das barreiras sanitárias recomendadas para manutenção da qualidade da água armazenada em cisternas.

Palavras - chave: água de chuva, agentes comunitários, cisterna.

1 Enfermeira pela UEPB. Especialista em Saúde da Família pela FIP. Mestranda em Saúde Pública pela UEPB. Rua José Dantas de Aguiar, 225. Catolé Campina Grande – PB. Email: rafaellaqueiroga7@gmail.com

2 Bióloga pela UEPB. Aluna de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental na UEPB. Email: lalyssabilio@hotmail.com

3 Bióloga/UEPB. Mestre em desenvolvimento e meio ambiente/UFPB. Doutora em Recursos Naturais/UFCG. Professora titular da UEPB. Email: monicaea@terra.com.br

4 Psicóloga pelo Centro Universitário de João Pessoa. Enfermeira pela UFPB. Mestre em Enfermagem pela UFPB. Doutora em Enfermagem pela USP. Professora titular da UEPB. Email: gabymcc@bol.com.br

5 Bioquímica pela Universidade Nacional de Tucumán. Mestre em Microbiologia e Imunologia pela UFSP (UNIFESP/EPM). Doutora em Ciências (Microbiologia Ambiental) na USP. Professora da UEPB. Email: beatriz.ceballos@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A acumulação de água de chuva em cisternas é uma alternativa para armazenamento de água de chuva para o consumo humano em áreas rurais dispersas do semi-árido nordestino que não dispõem de sistemas de distribuição. Para reduzir os riscos de contaminação da água armazenada nas cisternas, os usuários devem empoderar hábitos simples e higiênicos de manejo do sistema de captação e armazenamento (TOMAZ, 2003), os quais podem ser inseridos nas comunidades rurais por meio da atuação dos agentes de saúde.

A transferência, a compreensão e a aceitação de novas tecnologias ou novas práticas no âmbito dos usuários ocorrem mais facilmente se forem apresentadas às comunidades por líderes locais que são multiplicadores naturais de conhecimentos. Nas comunidades rurais do semi-árido nordestino, esses multiplicadores são os líderes políticos e comunitários, professores, agentes comunitários de saúde (ACS), agentes da vigilância ambiental em saúde (AVAS), entre outros.

O Programa Saúde Família propõe uma ampliação do locus de intervenção em saúde, incorporando na sua prática o domicílio e diversos espaços comunitários. Essas ações vêm contribuindo para o fortalecimento do vínculo entre os profissionais de saúde e a comunidade local. O agente comunitário de saúde é o elo entre a Unidade de Saúde da Família (USF) e a comunidade (NUNES, et al., 2002).

A Vigilância Ambiental em Saúde (VAS) constitui um conjunto de ações e serviços prestados por órgãos públicos, visando conhecer, detectar e prevenir qualquer mudança nos determinantes e condicionantes do ambiente que interferem na saúde humana. São prioritárias as informações sobre os fatores biológicos (vetores, hospedeiros, reservatórios, animais peçonhentos), poluentes ambientais físicos e químicos que possam interferir na qualidade da água, ar e solo e os riscos decorrentes de desastres naturais e acidentes com produtos perigosos; inclui a vigilância da qualidade da água para consumo humano (BARRETO, 2003).

As ações destinadas à vigilância da água para consumo humano englobam cadastro dos sistemas de abastecimento de água (tipo de manancial, estação de tratamento e pontos de amostragem), definição de indicadores, mapeamento das áreas de risco, estruturação da rede laboratorial para análise da água dos pontos cadastrados e implantação e funcionalidade do SISÁGUA (BRASIL, 2002; BARRETO, 2003; NEVES FILHO, 2003; BARCELLOS; QUITÉRIO, 2006).



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



O Sistema de Informação do Programa de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano - SISÁGUA é de responsabilidade da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (SVS/MS). Permite a recuperação de dados sobre o abastecimento de água de modo que sejam produzidos periodicamente relatórios sobre o funcionamento do sistema e da qualidade da água, incluindo as chamadas soluções alternativas de abastecimento, como as cisternas que armazenam água de chuva (FREITAS; FREITAS, 2005).

Os agentes promotores da maior parte desse processo são os Agentes da Vigilância Ambiental em Saúde (AVAS) e os Agentes Comunitários de Saúde (ACS) que possuem ligação direta com a comunidade. Suas atribuições não são semelhantes, entretanto são complementares e possuem um objetivo comum: Promover Saúde.

Os questionamentos que nortearam o presente trabalho foram: como os ACS e os AVAS influenciam nos modos de uso dos sistemas de captação de água de chuva? A formação e a mobilização desses profissionais constituem estratégia de Educação Ambiental para o uso sustentável dos sistemas de captação de água de chuva?

Nesse contexto, se objetivou identificar a influência dos agentes comunitários de saúde e da vigilância ambiental em saúde no cotidiano dos usuários de sistemas de captação e armazenamento de água de chuva e sensibiliza-los de seu papel de multiplicadores para o uso higiênico e sustentável dessa fonte de água.

METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa participativa (THIOLLENT, 1998) com comunidades rurais do Município de São João do Cariri – PB que possuem sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, no período de abril a setembro de 2008. Nessa pesquisa, os pesquisadores devem estabelecer relações comunicativas com pessoas ou grupos da situação investigada enquanto desempenham papel ativo no equacionamento dos problemas encontrados, no acompanhamento e na avaliação das ações desencadeadas.

O município de São João do Cariri está inserido na Bacia do Rio Taperoá, sub-bacia do rio Paraíba, nas coordenadas 7° 25' de latitude Sul e 36° 30' de longitude Oeste, com precipitação média em torno de 300 mm.

Participaram voluntariamente todos os agentes que trabalham no município, constituindo 12 ACS e quatro AVAS. A faixa etária predominante desses profissionais varia entre 30 a 39 anos. São alfabetizados, 56,30% possui ensino médio completo e 12,50% ensino fundamental incompleto. A



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



renda mensal de 81,30% dos participantes é de um salário mínimo e apenas 6,30% recebem mais de dois salários mínimos. Estes dados coincidem com os de NUNES, et al., (2002) que objetivaram construir a identidade dos ACS. Não houve diferenças estatísticas significativas entre os salários dos dois grupos de agentes ($F = 1,48$; $p = 0,243$). A distribuição de AVAS e ACS pelo tempo de serviço mostrou que 37,50% exercem a profissão há mais de dez anos, 37,50% entre cinco a dez anos e apenas 25% trabalham há menos de cinco anos como agentes de saúde. As semelhanças permitiram trabalhar os dois grupos simultaneamente e analisar os resultados em conjunto.

A coleta de dados e o processo de sensibilização foram realizados simultaneamente. Foram feitas visitas de reconhecimento de área, observação direta, aplicação de questionário semi-estruturado (perguntas fechadas e abertas) para se obter a compreensão do contexto de atuação dos dois grupos de agentes, aplicação de questionário em forma de trilha (para identificar a percepção destes profissionais a cerca de temas relacionados com água, saúde, higiene, captação de água de chuva e barreiras sanitárias para o uso higiênico destes sistemas). Foram realizados oito encontros que envolveram palestras, seminários, mesas redondas, discussão livre, dinâmicas, conversas informais, vídeos, oficinas e produção de cartilhas.

Os dados foram analisados de forma qualitativa e quantitativa.

Foram realizados testes estatísticos para identificar diferenças entre a percepção inicial e final dos participantes, depois das ações de educação ambiental.

As variáveis (lixo, tratamento de água, hipoclorito, higiene, sistema de captação de água de chuva, cisternas, água que deve ser armazenada na cisterna e esgotos) foram submetidas ao teste de normalidade (Kolmogorov Smirnov Test - KST) e ao teste de homoscedasticidade (Levene - l). As variáveis que apresentaram distribuição normal e variância entre as médias foram submetidas a teste paramétrico de variância (ANOVA = F) e aqueles que não apresentaram distribuição normal se submeteram ao seu correspondente não paramétrico (Friedman = f). A significância utilizada foi de 0,05 com 95% de grau de confiança.

A pesquisa foi autorizada pelo comitê de ética da Universidade Estadual da Paraíba: Protocolo 0401.1.133.000-08; Resolução 196/96.

Antes da capacitação, os agentes não costumavam orientar as famílias que visitavam sobre os sistemas de captação de água de chuva, as cisternas e as barreiras sanitárias. Depois dos encontros, a maioria dos agentes referiu se comprometer com a disseminação das informações, principalmente a cerca das barreiras sanitárias que poderiam contribuir para a manutenção da qualidade da água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



As estratégias aplicadas em cada encontro de sensibilização e formação (Educação Ambiental), estimularam nos ACS e os AVAS o questionamento sobre sua conduta com os usuários de sistemas de captação de água de chuva quanto à forma que manejam sua água e a respeito das informações que disseminam durante as visitas aos moradores das residências.

Estes profissionais usam a cisterna como principal fonte de água (62,5%), o qual indicou que as práticas de manejo higiênico do sistema incluindo tecnologias simples como barreiras sanitárias poderiam ser mais facilmente empoderadas. O êxito desse processo era de importância fundamental para que AVAS e ACS se tornassem pela sua própria conduta com a água exemplos da aplicação das práticas corretas de manejo da água de chuva. Em consequência, naturalmente tornar-se-iam multiplicadores dessas práticas nas comunidades onde atuam e são escutados e respeitados.

Os participantes tiveram facilidade em perceber a importância da limpeza do sistema de captação e armazenamento de água antes das chuvas (limpeza da área de captação, dos dutos, lavagem da cisterna), manutenção da sua estrutura física (reparo de telhas, posicionamento das calhas para evitar perda de água de chuva, concerto das rachaduras nas cisternas, cuidados com a tampa, uso da bomba manual para retirar a água e evitar o emprego de latas e baldes amarrados a cordas de higiene duvidosa para retirar água das cisternas) entre outras medidas importantes para preservar a qualidade da água de chuva.

Nas residências dos ACS a água retirada das cisternas é armazenada em potes de barro, e dali usada para beber, cozinhar e lavar os utensílios domésticos. A mesma prática foi observada na maioria das famílias das comunidades rurais onde se desenvolve o presente projeto e os agentes exercem suas funções. Os agentes são membros dessas comunidades e, portanto, tem as mesmas práticas e cultura. Nasceram e convivem com elas, diferenciam-se em relação ao nível de escolaridade e à educação não-formal que receberam durante sua preparação como agentes de saúde e de vigilância ambiental, embora a formação recebida tenha sido incipiente e restrita a um curso de curta duração. Geralmente, por ser parte do próprio ambiente onde trabalham e a familiaridade com as situações, os hábitos e as costumes tornam difícil o emponderamento de novos saberes e de atos simples. O objetivo de melhorar a higiene de uma coleta de água, por exemplo, torna-se de difícil percepção ou simplesmente não é percebido o seu valor e sua consequência.

A maioria dos AVAS e dos ACS (68,80%) declarou tratar a água antes de beber (cloração: 91,70%; filtração: 8,30%). O restante (32,20%) consome água mineral, comercializada na região. Segundo os AVAS e ACS a água mineral “já vem tratada”. Entre os que cloram a água, 90,90% declararam usar alguma medida de hipoclorito de sódio e, desses, 88,90% adicionam duas gotas de



Simpósio
Brasileiro
de Cisternas
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



desinfetante em cada litro de água. O hipoclorito de sódio é adicionado no pote de barro onde a água é armazenada (63,60%) e no filtro (36,40%). Nenhum dos participantes fez menção de adicionar o hipoclorito de sódio dentro da cisterna. Durante a discussão deste tópico, a maioria já tinha a percepção de que o desinfetante só pode ser adicionado em pequenas quantidades na água e que para consumir essa água era importante aguardar pelo menos 30 minutos, tempo necessário para a ação do desinfetante sobre os microrganismos. Também possuíam a informação de que uma vez clorada a água devia ser consumida em poucos dias, ou refazer a cloração.

No processo de gerar e instalar barreiras sanitárias para melhorar a qualidade da água armazenada em cisternas a desinfecção antes do consumo é um passo importante, porque uma água segura diminui a transmissão de doenças de veiculação hídrica, melhorando substancialmente a saúde pública. Na busca de multiplicadores para a sustentabilidade de projetos destinados a fornecer água de boa qualidade para consumo, essas falhas devem ser detectadas, trabalhadas e resolvidas.

Alguns agentes de saúde possuem cisternas há menos de um ano (36,40%), 18,20% há mais de cinco anos e os restantes entre um e cinco anos. Aqueles que usam cisterna há pouco tempo podem ainda não ter adquirido o hábito de cuidar da mesma adequadamente, sendo mais sensíveis à aquisição de novas práticas; aqueles que as usam há mais de cinco anos já possuem hábitos de manejo e são mais resistentes às mudanças. A maioria usa a água da cisterna apenas para beber (84,60%), fazendo jus ao princípio que justifica sua construção nas comunidades rurais: água de qualidade para consumo humano, 15,40% usam essa água também para higiene da casa e para irrigação.

A maioria dos AVAS e ACS (91,70%) destaca melhorias na qualidade de vida após da construção das cisternas em suas residências, citando como benefícios a qualidade da água (45.5%) e “a comodidade” (45.5%):

“...agora não preciso mais ir pegar água na casa da minha mãe...”;

“...tenho mais tempo agora, para descansar e fazer minhas coisas...”;

“melhorou demais...nunca falta água agora”, entre outros.

AVA e ACS conhecem bem os sistemas de captação e armazenamento de água de chuva e os cuidados que devem ser tomados. Declararam realizar a limpeza da cisterna com frequência anual (81,80%), limpando-a apenas por dentro e poucos afirmaram limpar por dentro e por fora. Para essa limpeza usam escova (54,50%), panos, hipoclorito de sódio ou água sanitária e vassoura. Dentre



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



outros cuidados, 75% pintam as cisternas por fora (88,90%) e os restantes por dentro e por fora. Todos afirmam utilizar cal para esta prática, o que explicaria alguns valores extremos de alcalinidade na água armazenada. A maioria (78,60%) afirmou manter limpos os telhados, 14,30% reconheceram estar com os telhados sujos e os restantes não sabiam sobre o estado de seus tetos. A maioria declarou limpar as calhas e dutos em geral, assim como desviam as primeiras águas de cada evento de chuva e mantêm a cisterna sempre bem tampada (questionários, palestras, seminários, dinâmicas, discussão livre). Apenas 18,20% usam a bomba manual para retirar a água da cisterna. A maioria retira água com balde ou lata, destinados apenas para essa finalidade. Muitos criam animais soltos, mas todos afirmam que ficam longe das cisternas (a mais de cinco metros). As fossas da maioria das famílias dos AVAS e ACS localizam-se abaixo do nível da cisterna (77,80%) e 62,50% responderam que o lodo formado era despejado no próprio quintal.

Quanto aos resíduos sólidos, que podem ser fonte de contaminação da água e dos baldes usados para retirar a água da cisterna se estiverem próximos, são queimados, em sua maioria (43,80%). Seria importante que os ACS e os AVAS recebessem formação relacionada à gestão dos resíduos sólidos no intuito de fomentar a implantação da mesma nas comunidades onde eles estão inseridos.

Em relação à saúde de suas famílias, a maioria respondeu da existência de pelo menos um quadro diarreico por ano, com maior frequência nas crianças. As doenças mais comuns na região, de acordo com as respostas dos agentes, são: viroses (32,14%), hipertensão arterial sistêmica – HAS (28,57%) e diarreia (17,85%).

A dengue também foi motivo de discussão, pois muitos casos da doença surgiram nesse período e em algumas situações as larvas do mosquito proliferaram na cisterna, segundo os relatos dos AVAS. Essa observação expressa manejo inadequado dos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva. Este ponto serviu para iniciar a discussão sobre a necessidade de manejar higienicamente o sistema para preservar a qualidade de água, cuidados para evitar a entrada de mosquitos e a incorporação de barreiras sanitárias. Dentre as questões que surgiram destacam-se:

“O que fazer? Clorar na cisterna para combater o mosquito da dengue? Clorar só no pote mesmo, como nós aconselhamos?”;

“Colocar o ABATE nas cisternas contaminadas?”;

“Não colocar e contribuir com o aumento do número de casos de dengue na região, que pode gerar morte quando a dengue se torna hemorrágica?”.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



Foi consenso que o ABATE (larvicida contra *Aedes aegypti* utilizado pelos agentes da vigilância ambiental em saúde) só seria colocado nas cisternas que fossem foco de proliferação de larvas e que os donos dessas cisternas seriam avisados para não usar a água para beber ou cozinhar. Foi recomendado que se esvaziasse a cisterna, destinando a água para usos menos exigentes, como irrigação. A seguir a cisterna deve ser reparada, lavada e enchida. Os reparos devem ser feitos com cuidados especiais, porque se havia larvas de mosquitos a cisterna não estava bem protegida, por exemplo, deve ser verificada a tampa, que pode estar mal fechada, apresentar fendas ou empenada, e o tubo de descarga lateral (extravassador) que pode estar sem tela de proteção ou coberto com tela de malha de abertura grossa, deixando entrar os mosquitos e, nesse deve se trocar por tela de malha mais fina. Após da lavagem e higienização, a cisterna deve ser cheia novamente, recomendando-se que seja usada água de chuva.

Em relação às informações que os ACS e os AVAS disseminam nas comunidades rurais, percebe-se semelhança entre as mesmas e a conduta desses profissionais em suas próprias residências. Ou seja, mesmo possuindo uma percepção coerente a cerca dos sistemas de captação de água de chuva e seu entorno, os participantes não tratam deste assunto com as comunidades que visitam.

No início da pesquisa os ACS e os AVAS referiram que durante as visitas domiciliares não falam sobre os sistemas de captação de água de chuva (58,30%) (Figura 01), sobre o esgotamento sanitário (83,30%) (Figura 02) e sobre as cisternas propriamente ditas (14,28%) (Figura 03).

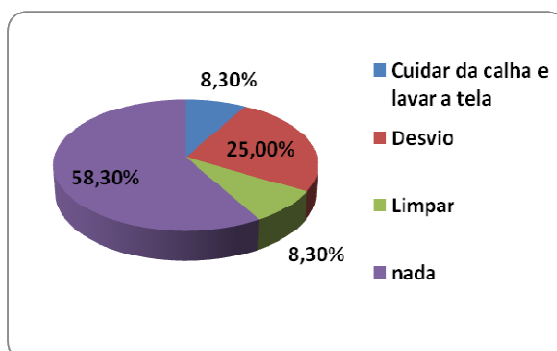


Figura 01 – O que os ACS e AVAS falam sobre os sistemas de captação de água de chuva durante as visitas domiciliares

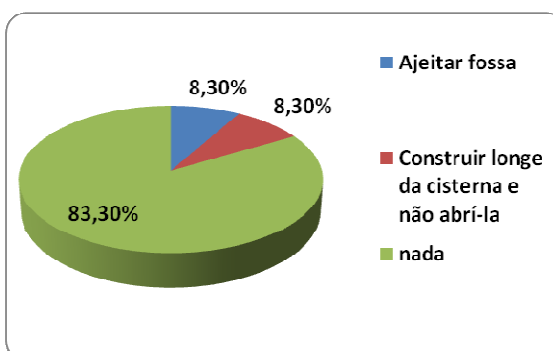


Figura 02 – O que os ACS e AVAS falam sobre o esgotamento sanitários durante as visitas domiciliares



Simpósio
Brasileiro
de Saneamento
e Manejo
de Água
e Esgoto
27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE

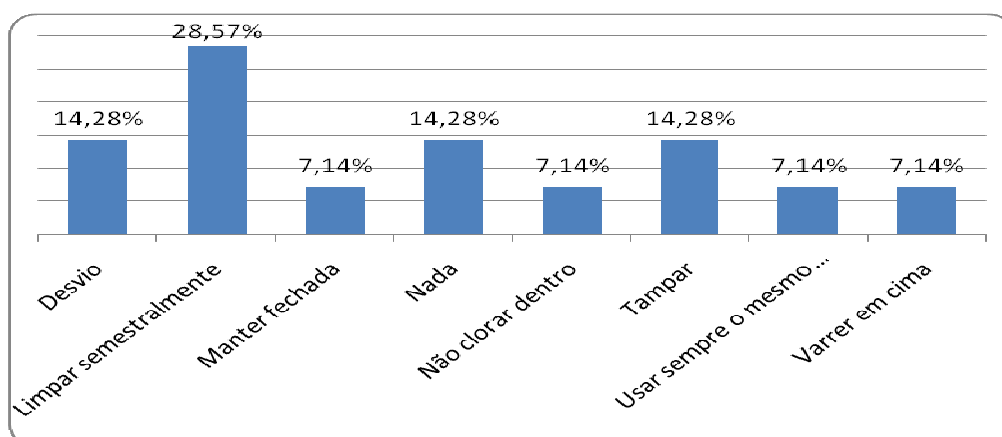


Figura 03 – O que os ACS e AVAS falam sobre a cisterna propriamente dita durante as visitas domiciliares

As respostas mostram a influência que os agentes possuem nas comunidades rurais, pois as práticas que eles disseminam e que utilizam em suas residências são as mesmas praticadas pelos moradores das residências rurais e também urbanas. Estes profissionais podem ser multiplicadores potenciais de práticas de saúde, entretanto se sentem despreparados para exercer este papel, como se observou em um dos encontros de Educação Ambiental, no qual foi discutido o papel desses profissionais nas comunidades nas quais trabalham.

Os ACS estão sobrecarregados, pois fazem os acompanhamentos de gestantes, crianças, hipertensos, diabéticos, tuberculosos, hansenianos; divulgação das campanhas, entrega de consolidado mensal, pesagem e medição de toda a população e cada ACS deve atender um número elevado de famílias. É agravante a falta de transporte e as distancias entre as residências que devem visitar.

NUNES, et al., (2002) em relação à construção da identidade dos ACS citam que quando o programa de agentes comunitários de saúde (PACS) foi inserido no programa saúde da família (PSF), as atribuições e as responsabilidades dos ACS aumentaram, entretanto, não houve um aumento proporcional dos seus salários.

A falta de capacitação de AVAS e ACS é evidente: a maioria desses profissionais nunca participou de um curso de formação a cerca de um tema específico e 68,80% deles só recebeu uma vez o curso “Introdutório”, oferecido pelo Ministério de Saúde para todos os profissionais que iniciam o trabalho na atenção básica, na Estratégia Saúde da Família. Esta situação é preocupante, pois esse curso só esclarece dúvidas em relação à rotina de trabalho, as normas e procedimentos de cada profissional e a cerca das competências de cada categoria. O curso é oferecido para todas as profissões (médicos, enfermeiros, odontólogos, técnicos de enfermagem, auxiliares de enfermagem,



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**
27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



auxiliar de dentista) em um só momento e não pode ser considerado como um curso de formação específica para ACS.

Depois dos encontros de Educação Ambiental, que trabalharam os temas: manejo sustentável da água e dos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, barreiras sanitárias para garantir água com qualidade para o consumo humano, entre outros, houve modificação da percepção dos agentes a cerca de vários aspectos, proporcionando sensibilização referente à importância de trabalhar estes temas durante as visitas domiciliares.

O manejo correto do sistema de captação e armazenamento de água de chuva foi citado como tema prioritário a ser discutido com as comunidades rurais e nas visitas mensais, por proporcionar “água de boa qualidade para o consumo da família”, mas o grande desafio (citou um dos ACS) é fazer com que as pessoas adiram a esta causa. A educação foi à peça chave de todas as discussões e também a mais difícil de ser atingida.

No último encontro realizado com os ACS e os AVAS, questionou-se sobre as informações que disseminam nas comunidades no momento, visando verificar a ocorrência de possíveis mudanças. A Tabela 01 expressa às diferenças entre as orientações dos ACS e dos AVAS às comunidades antes e depois das ações de Educação Ambiental.

Tabela 01 – Diferenças entre as orientações dos ACS e dos AVAS às comunidades antes e depois das ações de Educação Ambiental

Variável	Percepção inicial da maioria		Percepção final da maioria	Resultados da ANOVA		
	f	%		%	F	P
Lixo	6 - queimar	50	4 - enterrar	28,5	3,32	0,08
Tratamento de água	8- clorar	66,7	10 - clorar	83,3	2,40	0,135
Hipoclorito de sódio	12 - 2 gotas/l	100	9 - 2 gotas/l	75	11,92	0,002
Higiene	7 - nada	58,3	7 - higiene pessoal	58,3	1,14	0,384
Sistema de captação de água de chuva	7- nada	58,3	6 - desvio das 1 ^o águas	50	3,811	0,052
Cisternas	4 - limpar cada 6 meses	28,5	8 - limpar a cisterna	66,7	0,85	0,498



**Simpósio
Brasileiro
de Saneamento
e Manejo
de Água
de Chuva**
27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



Água que deve ser armazenada na cisterna	4 - de chuva	28,5	6 - água de chuva	50	1,11	0,364
Esgotos	10 - nada	83,3	6 - nada	50	2,07	0,174
Total	16	100	16	100	-	-

$n^1 = 16$; $n^2 = 16$. Todos responderam. Apresenta-se a resposta de maior frequência em cada pergunta. f = frequência. F = resultado da ANOVA. p = significância do teste.

Os resultados indicam que os agentes intensificaram sua orientação às famílias que visitam mensalmente sobre saúde, higiene, sistemas de captação de água de chuva e o uso adequado do hipoclorito de sódio para desinfetar a água antes de seu consumo. Embora os resultados não fossem estatisticamente significativos para os temas tratados, ACS e AVAS afirmaram que estavam repassando as informações adquiridas nos encontros de Educação Ambiental aos moradores. Verifica-se que proporcionar a formação desses atores sociais constitui estratégia fundamental para o uso sustentável dos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, uma vez que estes profissionais influenciam de forma direta e indireta nas concepções e hábitos das populações onde atuam.

CONCLUSÕES

Consideram-se multiplicadores potenciais para disseminar informações e conhecimentos sobre barreiras sanitárias inseridas nos sistemas de captação de água de chuva. Podem ser exemplos de condutas e de saberes nas comunidades que atendem.

Os participantes possuíam conhecimentos a cerca da temática, entretanto, a falta de formação não gera segurança para trabalhar a temática junto às comunidades.

Esses profissionais influenciam na rotina dos usuários dos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, pois fazem parte da própria comunidade, possuindo a mesma cultura e condições ambientais e são vistos em posição de destaque pelos moradores, por serem profissionais que trabalham com a saúde.

A formação e a mobilização desses profissionais constituem estratégia fundamental para o alcance do uso sustentável dos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, uma vez que estes profissionais influenciam nas concepções e hábitos das populações onde atuam.



Simpósio
Brasileiro
de Engenharia
e Meio Ambiente
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



REFERÊNCIAS

- BARCELLOS, C.; QUITÉRIO, L. A. D. Vigilância ambiental em saúde e sua implantação no Sistema Único de Saúde. **Rev. Saúde Pública**. v. 40. n. 01. São Paulo, 2006.
- BARRETO, R. L. **Estruturação da vigilância ambiental no estado da Bahia**. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Saúde Coletiva) - núcleo de Estudos em Saúde coletiva. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2003.
- BRASIL. Vigilância ambiental em saúde. Ministério da Saúde. Fundação nacional de saúde. Brasília: FUNASA, 2002.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**. Brasília/DF, Ago. 2004.
- FREITAS, M. B.; FREITAS, C. M. de. A vigilância da qualidade de água para consumo humano – desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. **Rev. Ciência e Saúde coletiva**. Rio de Janeiro. v. 10. n. 4, 2005.
- JÓ, A. C.; RIBEIRO, L. C. L. J. Caracterização quali-quantitativa das águas pluviais captadas em superfície impermeabilizada da unicamp: ceset-campus limeira, visando o reaproveitamento. In: SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 13.; 2008, Limeira. **Anais**. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Limeira, 2008.
- NEVES FILHO, U. N. **Proposta de estruturação da vigilância ambiental em saúde no município de salvador**. Monografia (Mestrado em Saúde Coletiva) - núcleo de pesquisa em saúde coletiva. Divisa, Salvador, 2003.
- NUNES, M. de O. et al. O agente comunitário de saúde: construção da identidade desse personagem híbrido e polifônico. **Cad. Saúde Pública**. Rio de Janeiro. v. 18. n. 6, 2002.
- REIGOTA, M. **Meio Ambiente e Representação Social**. 3. ed. v. 41. São Paulo: Cortez, 1998.
- SOARES, J. F.; FARIAS, A. A.; CESAR, C. C. **Introdução à estatística**. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 1999.
- THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. 8. ed. São Paulo: Cortez, 1998.
- TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**: Aproveitamento de água de chuva para Áreas Urbanas e Fins Não Potáveis. São Paulo: Navegar, 2003.
- VIANA, A. L. D.; POZ, M. R. D. A reforma do sistema de saúde no Brasil e o Programa de Saúde da Família. **Rev. Saúde coletiva**. Rio de Janeiro. v. 15, 2005.



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



J2CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA EM CISTERNAS RURAIS

Nilton de Brito Cavalcanti¹; Luiza Teixeira de Lima Brito²

RESUMO - No semi-árido do Nordeste brasileiro, a cisterna tem sido uma das principais formas de armazenamento da água de chuva para o consumo, todavia, em função dos longos períodos de estiagem que ocorre na região, a água das cisternas não têm sido suficiente para atender as necessidades das famílias rurais. Este trabalho teve como objetivo determinar o coeficiente de captação de água de chuva em residências com telhas de cerâmica e a quantidade de água armazenada nas cisternas. O trabalho foi realizado no período de outubro de 2008 a abril de 2009. Para realização desse estudo foram selecionadas três comunidades, sendo a Comunidade de Barreiros no município de Petrolina, PE, a Comunidade de Fazenda Humaitá no município de Paulistana, PI e a Comunidade de Lage Alta no município de Jaguarari, BA. Em cada comunidade foi selecionada ao acaso um residência com cobertura de telhas de cerâmica em bom estado de conservação e com uma cisterna. Após a seleção das residências, foi determinado o volume da cisterna e o tamanho da área de captação do telhado. Os resultados obtidos demonstraram que no período analisado a precipitação média nas comunidades foi de 578 mm. A água da chuva captada nos telhados foi, em média, de 24,63 m³. Este volume ultrapassou a capacidade de armazenamento das cisternas em 53,92%. Com esses resultados, pode-se concluir que as cisternas existentes na região, não possuem capacidade suficiente para acumulam toda água de chuva captada nos telhados, provocando um desperdício significativo de água na região.

Palavras-chave: captação, chuva, cisterna, água.

¹ Admin. de Empresa, M.Sc., Embrapa Semi-Árido. nbrito@cpatsa.embrapa.br Embrapa Semi-Árido. C.P. 23. 56302-970 Petrolina-PE.

² Eng^a Agrícola, Dr., Embrapa Semi-Árido. luizatlb@cpatsa.embrapa.br Embrapa Semi-Árido. C.P. 23. 56302-970 Petrolina-PE.

INTRODUÇÃO

O Programa Um Milhão de Cisternas encerrou o ano de 2008 atuando em mais de 1.100 municípios de 11 estados do Semi-Árido brasileiro. Nessa área, foram capacitados 5,7 mil pedreiros, mobilizadas 250 mil famílias e capacitadas outras 230 mil em gestão da água. Com o apoio do CONSEA e as diversas parcerias firmadas com o governo federal, a iniciativa privada e os organismos internacionais, a ASA, através do P1MC, já construíram quase 250 mil cisternas. Esses reservatórios, juntos, podem armazenar até 4 bilhões de litros de água e já beneficiam 1,1 milhão de pessoas (ECODEBATE, 2009).

Segundo a ASA (Articulação no Semi-Árido Brasileiro) até o dia 03 de julho de 2009 já haviam sido construídas 261.147 cisternas na região semi-árida do Nordeste brasileiro (ASA, 2009). Contudo, a falta de água para o consumo humano nos meses de seca na região semi-árida do Nordeste, ainda é um problema sem solução.

O programa de Um milhão de Cisternas (P1MC) tem contribuído de forma substancial para o melhor aproveitamento da água de chuva, contudo a capacidade de armazenamento de água nas cisternas, quando analisado a nível local, isto é, na comunidade, não tem sido suficiente para o consumo das famílias rurais nos períodos de seca. Hoje, as cisternas tem sido um reservatório de água abastecido pelos carros-pipa.

Gnadlinger (2009), afirma que, o desafio para o desenvolvimento do Semi-Árido é fazer das tecnologias sociais, programas amplos de desenvolvimento como acontece através das entidades da Articulação no Semi-Árido Brasileiro (ASA) por meio dos Programas de Formação e Mobilização para a Convivência com o Semi-Árido: Acesso e Manejo Sustentáveis da Terra e das Águas por meio de Tecnologias Sociais, chamados P1MC – Programa 1 Milhão de Cisternas e P1+2 – Programa 1 Terra e 2 Águas que aprofundam, solidificam e multiplicam as experiências populares para todo o Semi-Árido. As 235.000 cisternas de água para as famílias já são um resultado considerável, mas devemos nos esforçar se quisermos conseguir um milhão até o ano 2015 para cumprir uma das Metas do Milênio da ONU.

Meira Filho et al. (2009), estudando o desenvolvimento de um modelo de captação de água de chuva para o semi-árido brasileiro, demonstraram que das residências que dispõem de sistemas de captação com os elementos mínimos necessários, apenas 16 % armazenam água suficiente para abastecimento durante todo o ano. Este baixo índice é decorrente das precárias condições do sistema de condução de água (calhas e tubos).

Embora a cisterna tenha contribuído para amenizar o problema da falta de água para o consumo humano, esta forma de armazenamento tem apresentado em algumas comunidades problemas relacionados com a qualidade da água, visto que foram encontrados níveis de coliformes fecais acima dos permitidos na água de algumas cisternas (Amorim & Porto, 2001). Esta contaminação pode ser proveniente da água transportada por carros-pipa e/ou pelo manejo inadequado das cisternas.

O dimensionamento das cisternas, cuja maioria suporta apenas 16 m³ de água, tem causado alguns transtornos para muitas famílias que em anos de chuvas regulares, não conseguem aproveitar toda a água das chuvas, como também a irregularidade dos telhados das residências e a falta de calhas para o aproveitamento total das chuvas, assim, os agricultores buscam a complementação de suas necessidades de água para o consumo em carros-pipa.

Este trabalho teve como objetivo determinar o coeficiente de captação de água de chuva em residências com telhas de cerâmica em três comunidades da região semi-árida do Nordeste.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período de outubro de 2008 a abril de 2009. Para realização desse estudo foram selecionadas três comunidades, no mês de outubro de 2008, sendo a Comunidade de Barreiros no município de Petrolina, PE, a Comunidade de Fazenda Humaitá no município de Paulistana, PI e a Comunidade de Lage Alta no município de Jaguarari, BA. Em cada comunidade foi selecionada ao acaso uma residência com cobertura de telhas de cerâmica em bom estado de conservação e uma cisterna. Após a seleção das residências, foi determinado o volume da cisterna e o tamanho da área de captação do telhado.

Na Figura 1, pode-se observar a residência selecionada na Comunidade de Fazenda Humaitá. A área de captação é de 12 m de comprimento por 4,5 m de largura, totalizando 54 m². Na Comunidade de Lage Alta a área de captação é de 10,5 m de comprimento por 7,0 m

de largura, totalizando 73,5 m² e na Comunidade de Barreiro o telhado da residência é de 11,1 m de comprimento por 3,8 m de largura, totalizando 42,18 m².



Figura 1. Residência selecionada na Comunidade de Fazenda Humaitá.

Em cada cisterna foi realizado a determinação do volume de água diariamente, antes e após a ocorrência de chuva. Para estimar os volumes potenciais de escoamento da água de chuva em cada telhado, foi colocado um pluviômetro no local e tomou-se por base que 1 mm de chuva corresponde a um litro por cada m² de área (1 mm = 1 litro.m⁻²). Para determinação do coeficiente de escoamento superficial (R) que é a relação entre o volume escoado e o volume precipitado, cujos valores variam de 0 a 1, utilizou-se a fórmula: $R = V_e / V_p$, onde R corresponde ao coeficiente de escoamento superficial, V_e (volume escoado em litros) e V_p (total de chuva em mm $\times$ área de captação do telhado em m², segundo metodologia proposta por SILVA et al. (1988). A análise estatística dos dados foram realizada utilizando o SAS (SAS, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, pode-se observar que no período de dezembro de 2008 a abril de 2009, foram registrados 32 eventos de chuvas na Comunidade de Barreiros, tendo ocorrido os maiores volumes chuvas nos dias: 3 de dezembro (66,0 mm); 22 de janeiro (76,8 mm); 2 de fevereiro (62,7 mm); 22 de fevereiro (56,2 mm); 24 de fevereiro (44,2 mm); 4 de março (40,0

mm) e no dia 14 de abril (50,1 mm). No total foram 657,1 mm que proporcionaram a captação de 21,1 m³ de água na cisterna. Embora o volume precipitado tenha sido de 27,71 m³, considerando um coeficiente de escoamento de 0,75% para o telhado com cobertura de telhas de cerâmica, o coeficiente médio foi de 0,64%. O maior coeficiente foi registrado ocorreu na chuva do dia 22 de janeiro (76,8 mm), cujo coeficiente foi de 0,89% e o menor na chuva do dia 13 de dezembro (2,2 mm), cujo coeficiente foi de 0,24%. Esses valores são semelhantes aos obtidos por SILVA et al. (1984, 1988) para telha de cerâmica e próximo aos valores recomendados para dimensionamento por GROUP RAINDROPS (2002). Williams, citado por PRUSKI, et al. (2004), relata que para o dimensionamento de área de captação com telhas de cerâmicas, deve-se ser considerados coeficientes de escoamento superficial entre 0,75 e 0,95. O volume captado na cisterna foi de 21,1 m³, portanto, 5,1 m³, acima da capacidade de armazenamento da mesma que é de 16 m³. Esse excedente foi utilizado pelos agricultores nos meses de janeiro ao final de abril de 2009.

Na Figura 2, podem-se observar os aspectos da residência na Comunidade de Barreiros com a cisterna.



Figura 2. Aspectos da residência selecionada na Comunidade de Barreiros.

Na Tabela 2, pode-se observar que no período de dezembro de 2008 a abril de 2009, foram registrados 27 eventos de chuvas na Comunidade de Fazenda Humaitá, tendo ocorrido os maiores volumes chuvas nos dias: 21 de dezembro (53,0 mm); 2 de fevereiro (40,0 mm); 18 de março (85,0 mm) e no dia 19 de abril (45,0 mm). No total foram 508,0 mm no período. Nesta comunidade o volume precipitado foi de 27,71 m³ e o volume estimado de 20,57 m³, considerando um coeficiente de escoamento de 0,75% para o telhado com cobertura de telhas de cerâmica, o coeficiente médio foi de 0,50%. O maior coeficiente foi registrado ocorreu na chuva do dia 18 de março (85,0 mm), cujo coeficiente foi de 0,98% e o menor na chuva do dia 30 de março (4,0 mm), cujo coeficiente foi de 0,19%. Esses valores são semelhantes aos ocorridos na Comunidade de Barreiros e aos obtidos por SILVA et al. (1984, 1988). O volume captado na cisterna foi de 19,1 m³, portanto, 3,1 m³, acima da capacidade de armazenamento da mesma. Esse excedente de água foi utilizado pelos agricultores nos meses de janeiro ao final de abril, criando uma expectativa de que os mesmos poderiam utilizar esta água em atividades extra ao consumo, como lavagem de louças, roupas e banhos.

Tabela 1. Data, valores da precipitação (P), volume precipitado (VP), volume estimado (VE), volume captado (VC) e coeficiente de escoamento superficial (R) obtidos na cisterna da comunidade de Barreiros, município de Petrolina, PE, no período de dezembro de 2008 a abril de 2009.

Dia/mês	P (mm)	VP (m ³)	VE (m ³)	VC (m ³)	R (%)
1/dez	8,8	0,371	0,278	0,219	0,59
3/dez	66,0	2,784	2,088	2,199	0,79
4/dez	5,3	0,224	0,168	0,076	0,34
13/dez	2,2	0,093	0,070	0,022	0,24
22/dez	2,4	0,101	0,076	0,029	0,29
24/dez	9,1	0,384	0,288	0,150	0,39
5/jan	13,7	0,578	0,433	0,335	0,58
22/jan	76,8	3,239	2,430	2,883	0,89
2/fev	62,7	2,645	1,984	2,089	0,79
3/fev	32,5	1,371	1,028	1,069	0,78
4/fev	13,6	0,574	0,430	0,430	0,75
14/fev	8,0	0,337	0,253	0,132	0,39
22/fev	56,2	2,371	1,778	1,873	0,79
23/fev	3,2	0,135	0,101	0,050	0,37
24/fev	44,2	1,864	1,398	1,454	0,78
4/mar	40,0	1,687	1,265	1,485	0,88



**Simpósio
Brasileiro
de Recursos
Hídricos e
Planejamento**
27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



16/mar	8,4	0,354	0,266	0,174	0,49
26/mar	18,8	0,793	0,595	0,706	0,89
27/mar	10,0	0,422	0,316	0,148	0,35
31/mar	37,4	1,578	1,183	1,230	0,78
3/abr	4,7	0,198	0,149	0,097	0,49
6/abr	14,3	0,603	0,452	0,537	0,89
2/abr	9,3	0,392	0,294	0,310	0,79
3/abr	1,5	0,063	0,047	0,044	0,69
4/abr	10,8	0,456	0,342	0,359	0,79
5/abr	2,3	0,097	0,073	0,053	0,55
6/abr	5,0	0,211	0,158	0,137	0,65
10/abr	2,5	0,105	0,079	0,064	0,61
11/abr	21,0	0,886	0,664	0,611	0,69
14/abr	50,1	2,113	1,585	1,648	0,78
23/abr	12,0	0,506	0,380	0,415	0,82
27/abr	4,3	0,181	0,136	0,071	0,39
Total	657,1	27,716	20,787	21,100	-
Média	20,91	0,882	0,662	0,674	0,64

Tabela 2. Data, valores da precipitação (P), volume precipitado (VP), volume estimado (VE), volume captado (VC) e coeficiente de escoamento superficial (R) obtidos na cisterna da comunidade de Fazenda Humaitá, município de Paulistana, PI, no período de dezembro de 2008 a abril de 2009.

Dia/mês	P (mm)	VP (m ³)	VE (m ³)	VC (m ³)	R (%)
12/dez	10,0	0,540	0,405	0,221	0,41
15/dez	5,0	0,270	0,203	0,078	0,29
21/dez	53,0	2,862	2,147	2,490	0,87
24/dez	28,0	1,512	1,134	0,937	0,62
27/dez	5,0	0,270	0,203	0,086	0,32
8/jan	9,0	0,486	0,365	0,141	0,29
16/jan	4,0	0,216	0,162	0,065	0,30
20/jan	20,0	1,080	0,810	0,626	0,58
23/jan	4,0	0,216	0,162	0,060	0,28
25/jan	6,0	0,324	0,243	0,094	0,29
2/fev	40,0	2,160	1,620	1,814	0,84
3/fev	14,0	0,756	0,567	0,401	0,53
14/fev	30,0	1,620	1,215	1,085	0,67
23/fev	20,0	1,080	0,810	0,616	0,57



Simpósio
Brasileiro
de Recursos
Hídricos e
Planejamento
27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



1/mar	16,0	0,864	0,648	0,510	0,59
3/mar	30,0	1,620	1,215	1,118	0,69
7/mar	25,0	1,350	1,013	0,891	0,66
18/mar	85,0	4,590	3,443	4,498	0,98
25/mar	6,0	0,324	0,243	0,078	0,24
30/mar	4,0	0,216	0,162	0,041	0,19
4/abr	4,0	0,216	0,162	0,043	0,20
6/abr	6,0	0,324	0,243	0,091	0,28
9/abr	8,0	0,432	0,324	0,164	0,38
11/abr	11,0	0,594	0,446	0,279	0,47
15/abr	9,0	0,486	0,365	0,190	0,39
19/abr	45,0	2,430	1,823	2,138	0,88
21/abr	11,0	0,594	0,446	0,345	0,58
Total	508,00	27,432	20,574	19,101	-
Média	18,81	1.016	0,762	0,707	0,50

Na Tabela 3, pode-se observar que no período de dezembro de 2008 a abril de 2009, foram registrados 22 eventos de chuvas na Comunidade de Lage Alta, tendo ocorrido os maiores volumes chuvas nos dias: 3 de dezembro (62,0 mm); 21 de janeiro (110,0 mm); 14 de fevereiro (35,0 mm); 3 de abril (60,0 mm) e no dia 6 de abril (80,0 mm). No total foram 569,0 mm que ocorreram na comunidade que proporcionaram o escoamento de 33,68 m³ de água. Embora o volume estimado tenha sido de 41,82 m³, considerando um coeficiente de escoamento de 0,75% para o telhado com cobertura de telhas de cerâmica. Como a cisterna da residência tem capacidade apenas para 16,0 m³ e houve um excedente de 17,68 m³, parte desta água foi utilizada pelos agricultores e outra desperdiçada. Nesta comunidade o coeficiente médio foi de 0,70%. O maior coeficiente foram registrado ocorreu na chuva do dia 21 de janeiro (110,0 m), cujo coeficiente foi de 0,98% e o menor na chuva do dia 8 de fevereiro (6,0 mm), cujo coeficiente foi de 0,17%. Na Figura 3, pode-se observar os aspectos da cisterna na residência da comunidade de Lage Alta no dia 10 de abril de 2009, quando a cisterna estava cheia.

Tabela 3. Data, valores da precipitação (P), volume precipitado (VP), volume estimado (VE), volume captado (VC) e coeficiente de escoamento superficial (R) obtidos na cisterna da comunidade de Lage Alta, município de Jaguarari, BA, no período de dezembro de 2008 a abril de 2009.

Dia/mês	P (mm)	VP (m ³)	VE (m ³)	VC (m ³)	R (%)
---------	-----------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	----------



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



3/dez	62,0	4,557	3,418	3,600	0,79
17/dez	6,0	0,441	0,331	0,075	0,17
21/jan	110,0	8,085	6,064	7,923	0,98
3/fev	25,0	1,838	1,378	1,470	0,80
8/fev	5,0	0,368	0,276	0,066	0,18
14/fev	35,0	2,573	1,929	2,058	0,80
17/fev	10,0	0,735	0,551	0,500	0,68
18/fev	6,0	0,441	0,331	0,278	0,63
23/fev	15,0	1,103	0,827	0,882	0,80
1/mar	10,0	0,735	0,551	0,470	0,64
17/mar	14,0	1,029	0,772	0,782	0,76
24/mar	10,0	0,735	0,551	0,448	0,61
25/mar	10,0	0,735	0,551	0,551	0,75
27/mar	16,0	1,176	0,882	0,906	0,77
28/mar	14,0	1,029	0,772	0,700	0,68
30/mar	15,0	1,103	0,827	0,706	0,64
3/abr	60,0	4,410	3,308	3,440	0,78
6/abr	80,0	5,880	4,410	5,116	0,87
9/abr	20,0	1,470	1,103	1,088	0,74
21/abr	11,0	0,809	0,606	0,598	0,74
22/abr	15,0	1,103	0,827	0,838	0,76
24/abr	20,0	1,470	1,103	1,191	0,81
Total	569,00	41,822	31,366	33,685	-
Média	25,86	1,901	1,426	1,531	0,70





**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



Figura 3. Cisterna cheia na Comunidade de Lage Alta.

CONCLUSÕES

As cisternas rurais das comunidades não acumulam toda água das chuvas captada nos telhados em função do seu dimensionamento. Embora as áreas de captação nos telhados apresentem algumas irregularidades, estes possibilitam a captação e o escoamento de um volume de água suficiente para atender as necessidades dos agricultores no período de seca. Em todas as comunidades foi registrada a perda de água. Há necessidade de construção de cisternas com maior capacidade de armazenamento para o aproveitamento total da água de chuva na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R. Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no município de Petrolina - PE. In. : SIMPÓSIO SOBRE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 3., 2001, Campina Grande - PB. **Anais...** Campina Grande, PB: Embrapa Semi-Árido/IRPAA/ABCMAC, 2001. CD-ROM.

ASA. **Articulação no semi-árido brasileiro**. 2009. www.asabrasil.org.br <Consultado em 6 de julho de 2009>.

ECODEBATE. **Programa de um milhão de cisternas**. www.ecodebate.com.br/programa-um-milhao-de-cisternas-rurais-plmc-da-asa. <Consultado em 6 de julho de 2009>.

GNADLINGER, J. **O papel das Tecnologias Sociais para o desenvolvimento sustentável do Semi-Árido**. 2009. www.irpaa.org/br/index. <Consultado em 6 de julho de 2009>.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento de Água de Chuva**. Ed. Organic Trading, Curitiba, PR. Curitiba, 2002 London. Intermediate Technology Publications. 1999. 335p.

MEIRA FILHO, A. S.; NASCIMENTO, J. W. B.; LIMA, V. L. A.; SANTOS, J. S. Desenvolvimento de um modelo de captação de água de chuva para o semi-árido do Brasil. **Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p. 121-136, jan/abr 2009.

PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D. **Escoamento superficial**. Editora UFV. 2^a Ed. 87p. 2004.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT User` Guide**, version 8, ed. Cary: NC, 1999. 3384p.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; LIMA, L. T. de; GOMES, P. C. F. **Captação e conservação de água de chuva para consumo humano:** cisternas rurais; dimensionamento; construção e manejo. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1984. 103 p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 12)

SILVA, A. S.; BRITO, L. T. L.; ROCHA, H. M. **Captação e conservação de água de chuva no semi-árido brasileiro:** Cisternas rurais II, água para consumo humano. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA/MINTER-SUDENE, 1988. 80 p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Circular técnica, 16).



Simpósio
Brasileiro
de Cartografia
e Manejo
de Água
de Chuva
27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



SEGURANÇA HÍDRICA NO SERTÃO: influência do Programa Um Milhão de Cisternas Rurais em Afogados da Ingazeira (PE)

Emilio Tarlis Mendes Pontes

RESUMO - Nos últimos anos a perspectiva de combate à seca vem se modificando a partir da compreensão de que os problemas do Nordeste semi-árido brasileiro não estão restritos à escassez de água. Percebe-se uma modificação de paradigmas na questão nordestina. Se outrora era o combate à seca, agora é a convivência com o semi-árido. Com isto, é importante observar a influência do Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) coordenado pela Articulação do Semi-Árido (ASA), considerando os aspectos do desenvolvimento sustentável em Afogados da Ingazeira. Este artigo é resultado de uma pesquisa de dissertação de mestrado ainda em andamento. É uma análise da influência sócio-ambiental do P1MC como uma forma de inserção de políticas públicas de convivência com o semi-árido, pois este Programa busca descentralizar as estruturas de abastecimento d'água e democratizá-la para as famílias que não tem esse acesso, mobilizando essas comunidades, formando multiplicadores em gerência de recursos hídricos e, juntos, construir uma plataforma para o desenvolvimento regional sustentável, com garantia de direitos econômicos, sociais e ambientais.

Palavras-chave: políticas públicas, cisternas, desenvolvimento sustentado.

INTRODUÇÃO

Observa-se nos últimos anos que a perspectiva de combate à seca vem se modificando a partir da compreensão de que os problemas do Nordeste semi-árido brasileiro não estão restritos à escassez de água, mas o oposto, pois chega a ter uma pluviometria média anual de 750 mm. Com essa conjuntura, percebe-se uma modificação de paradigmas na questão nordestina. Se outrora era o combate à seca, agora é a convivência com o semi-árido (SILVA, 2008). Nesse contexto este trabalho pretende analisar a influência sócio-ambiental do Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) coordenado pela Articulação do Semi-Árido, considerando os aspectos do desenvolvimento sustentável no Sertão do Pajeú (PE), especialmente em Afogados da Ingazeira.

O referencial teórico desta pesquisa é composto e trabalhado a partir dos conceitos de desenvolvimento sustentável (SACHS, 2002; 2007) e suas diversas implicações no

¹ Departamento de Geografia UFPE – Pós-graduação em Geografia. Rua Prof. Artur de Sá, 492. E-mail: emiliopontes@oi.com.br



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**
27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



sertão como o uso racional da água armazenada, a educação ambiental, segurança hídrica e a mobilização social que pode desencadear articulações para a convivência com o semi-árido (SILVA, 2008) e assim desenvolver-se políticas públicas de impacto sócio-ambiental eficazes (CHACON, 2007). A pesquisa é uma análise da influência sócio-ambiental do P1MC como uma forma de inserção de políticas públicas de convivência com o semi-árido, pois este Programa busca descentralizar as estruturas de abastecimento d'água e democratizá-la para as famílias que não tem esse acesso.

OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é a análise da influência do Programa Um Milhão de Cisternas como política pública na busca da mitigação dos efeitos da seca, do desenvolvimento sustentável e da convivência da população rural nordestina com o semi-árido.

Como objetivos específicos, a partir da microrregião do Pajeú (PE), no município de Afogados da Ingazeira, analisar se o Programa Um Milhão de Cisternas estabeleceu melhorias nas condições sócio-ambientais, econômicas, educacionais e sanitárias. Além disso, estabelecer paralelos das áreas não atendidas com os resultados já praticados no Sertão do Pajeú, e o contentamento ou não dos usuários; avaliação do impacto do Programa Um Milhão de Cisternas observando os fatores da sua ação no cotidiano do sertanejo, isto é, as causas e os efeitos e, por fim, analisar a mobilização social na construção das cisternas.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O Estado de Pernambuco está localizado na Região Nordeste do Brasil. Sua área é de 98.311,616 km², perfazendo em torno de 7,5% da área do Nordeste. A Capital é Recife com 1.533.580 de habitantes, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Outros 184 municípios compõem essa Unidade da Federação, incluindo o Município de Afogados da Ingazeira (BRASIL, 2007). O clima semi-árido

¹ Departamento de Geografia UFPE – Pós-graduação em Geografia. Rua Prof. Artur de Sá, 492. E-mail: emiliopontes@oi.com.br

está presente em cerca de 88% de Pernambuco e em 122 dos seus municípios, o que determina 66% do total de municípios do Estado (LACERDA *et al.* 2006).

O município de Afogados da Ingazeira está localizado na parte setentrional da Macroregião do Sertão Pernambucano, porção norte do estado e na microrregião do Pajeú, com uma área de 384,4 km², inserido na folha Afogados da Ingazeira (SB.24-Z-C-VI), escala 1:100.000, editada pelo MINTER/SUDENE, em 1972, de acordo com o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) (BRASIL, 2005). Tem como limites os municípios de Solidão e Tabira (N), Carnaíba e Igaraci (S), Tabira e Igaraci (L) e Carnaíba (O) (ver Figura 01). A distância da cidade de Afogados da Ingazeira para a capital de Pernambuco, Recife, é de cerca de 380 km via BR 232 e PE 292 (MOREIRA FILHO, GALINDO FILHO; DUARTE, 2002).

A sede municipal está a cerca de 525m de altitude em relação ao nível do mar. A posição na qual se localiza a sede do município é -7.75° de latitude -37.63° de longitude (IBGE, 2008). O clima é semi-árido quente, e a temperatura varia entre 20° e 36° C (BRASIL, 2005).

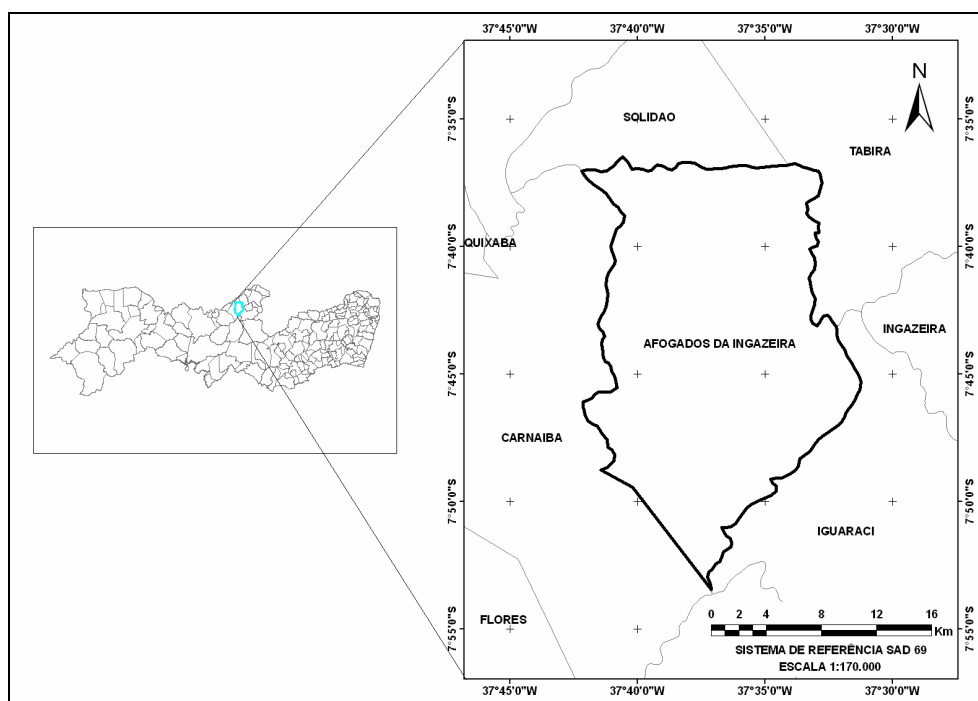


Figura 01: Mapa de localização do município de Afogados de Ingazeira.



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



O município foi criado em 01/07/1909 e de acordo com o censo demográfico do IBGE, 2000, a população é de 32.922 mil habitantes. Destes, 23.149 estão na zona urbana e 9.773 na zona rural.

Em Afogados da Ingazeira, ainda de acordo com a CPRM, as atividades predominantes da economia são a agricultura e a pecuária. O destaque na agricultura são as culturas de batata doce, cebola, milho, arroz, castanha de caju, banana, tomate e manga. Já na pecuária, a criação de ovinos, suínos, bovinos e caprinos.

Os aspectos fisiográficos onde o município está inserido é a unidade geoambiental Depressão Sertaneja, típica do semi-árido do Nordeste (JATOBÁ, 2006), cuja característica marcante é um relevo suave-ondulado, cortado por estreitos vales com vertentes dissecadas. Há a presença de elevações residuais testemunhando os fortes ciclos de erosão. A vegetação encontrada é praticamente composta por caatinga hiperxerófila e alguns trechos de floresta caducifólia. O clima é tropical semi-árido, predominando as chuvas de verão. O período chuvoso ocorre entre novembro e abril, com uma média de precipitação de 750 mm/a.

Afogados da Ingazeira está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú. Tem como tributários principais os riachos São João, Curral Velho, Dois Riachos, Quixaba e Gangorra. O açude de Brotas (com cerca de 20.000.000 m³), Laje do Gato (com 1.100.000 m³) são os dois principais, além das lagoas Corisco e da Pedra. Os cursos d'água do municípios tem regime intermitente e com padrão de drenagem dendrítico, segundo o CPRM (BRASIL, 2005).

METODOLOGIA

No início, a pesquisa foi realizada em nível compilatório fazendo um levantamento de dados estatísticos e bibliográficos, dentre eles geográficos (mapas geológicos, geomorfológicos, climatológicos, socioeconômicos, dentre outros), cartográficos, conhecimento de campo e entrevistas. Posteriormente, passou-se para o nível correlatório, onde uma síntese parcial do tema foi elaborada, através da sistematização das informações e análise dos resultados. A coleta de dados se deu mediante a

¹ Departamento de Geografia UFPE – Pós-graduação em Geografia. Rua Prof. Artur de Sá, 492. E-mail: emiliopontes@oi.com.br

colaboração de instituições como o Instituto Brasileiro de Geografias e Estatística, com os dados do Censo demográfico e demais bases investigadas, como a própria sede da de Afogados da Ingazeira, informações sobre os recursos hídricos da bacia hidrográfica concernente às áreas; organizações não-governamentais, como a Articulação do Semi-árido (ASA), o Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome – (MDS) e outros órgãos.

O geoprocessamento ofereceu suporte tecnológico para o processamento dos dados, enquanto o Sistema de Informação Geográfica (SIG) favoreceu o processo de caracterização e análise geográfica, o que permitiu a geração dos mapas temáticos e banco de dados com informações sócio-econômicas, de acordo com os parâmetros abordados, que auxiliam na definição dos impactos do P1MC em Afogados da Ingazeira. Essas técnicas permitirão fazer um estudo que caracterize os aspectos naturais e sociais dos municípios. Tendo em vista o objetivo da pesquisa, é fundamental relacionar a questão ambiental e a social, para compreender e melhor caracterizar a população atendida pelo Programa Um Milhão de Cisternas.

Os softwares usados foram o Spring, para o georreferenciamento das imagens e vetorização; o QuantumGis, para criar, relacionar e analisar os aspectos físicos e sociais definidos no estudo. Assim, cada software será utilizado de acordo com a situação específica para espacializar os parâmetros pertinentes a uma melhor caracterização do espaço geográfico, como, por exemplo, o que efetivamente mudou na vida das famílias que agora dispõem de recursos hídricos mínimos para suportar o período seco.

Com essa perspectiva, foi possível elaborar mapas temáticos que observem o comportamento inclusive de áreas suscetíveis à desertificação e que podem tomar um novo rumo com a proliferação de uma educação ambiental sólida e com uma real participação do sertanejo interagindo com o seu meio-ambiente, inclusive podendo criar micro-climas que amenizem a época do estio e que este mesmo local possa vir a ser um elemento produtivo com grande valor pessoal, criando um sentimento de pertença a quem nele habita.

O esquema abaixo é um resumo dos procedimentos realizados no decorrer da pesquisa.

¹ Departamento de Geografia UFPE – Pós-graduação em Geografia, Rua Prof. Artur de Sá, 492. E-mail: emiliopontes@oi.com.br

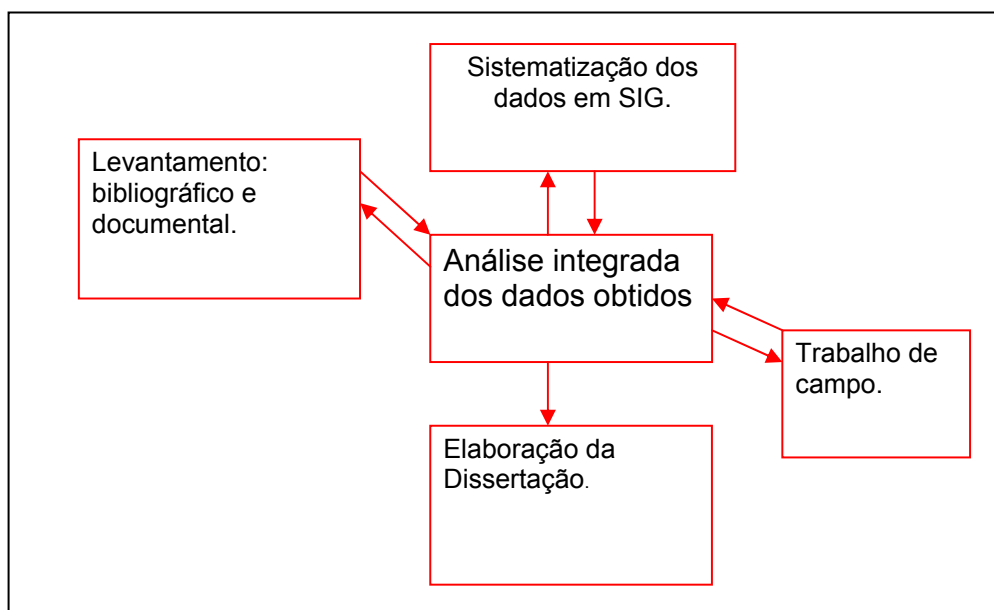


Figura 02: Fluxograma da pesquisa

RESULTADOS

Até o presente momento, alguns avanços já foram feitos como a consecução de diversos mapas do município de Afogados da Ingazeira, mostrando sua malha viária (Figura 03), seu potencial de recursos hídricos superficiais (Figura 04), sua hipsometria (Figura 05) e topografia (Figura 06), além de gráficos (Figura 07) com as médias pluviométricas dos últimos trinta anos neste município e mapa mostrando a espacialização da pluviometria (Figura 08) nos últimos anos em Afogados da Ingazeira, conforme pode ser visto a seguir.

¹ Departamento de Geografia UFPE – Pós-graduação em Geografia, Rua Prof. Artur de Sá, 492.E-mail: emiliopontes@oi.com.br



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**
**27 de setembro a
01 de outubro de 2009**
Caruaru - PE

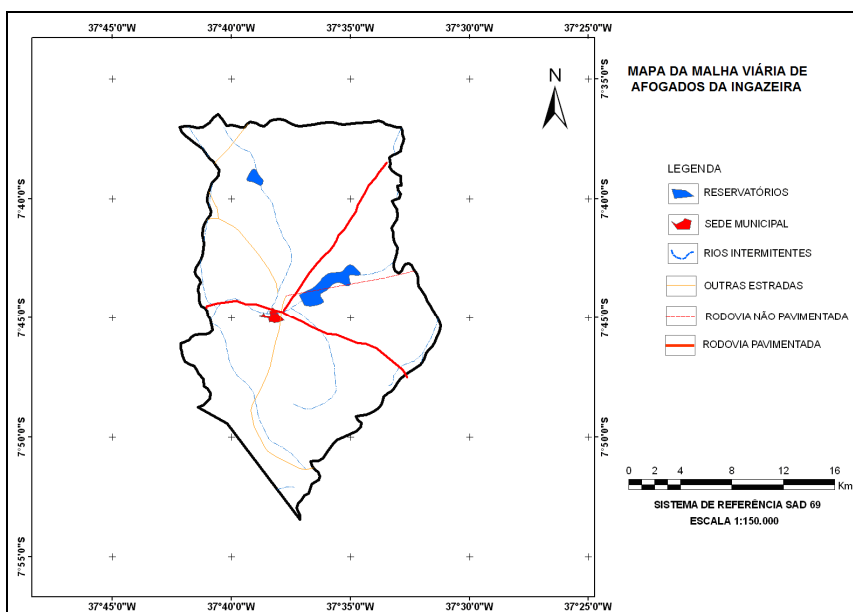


Figura 03: Malha viária de Afogados da Ingazeira

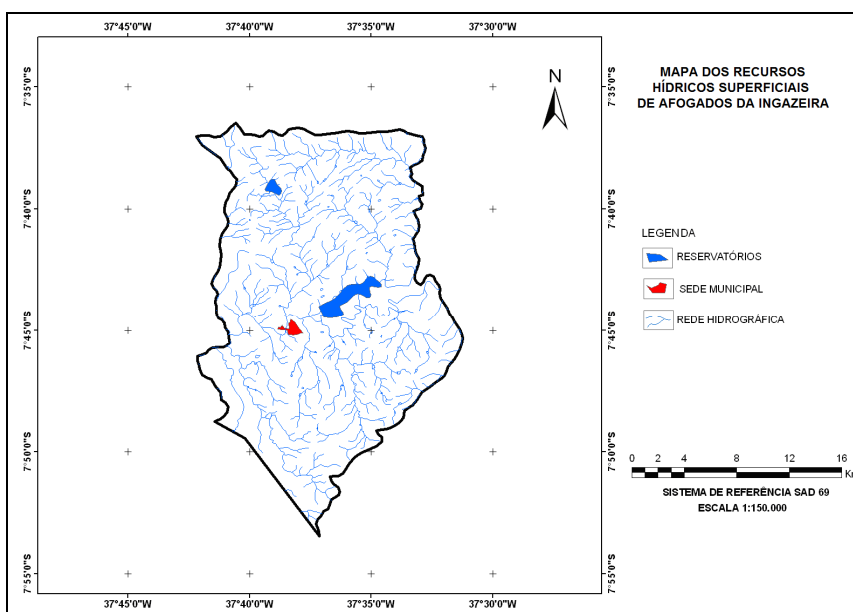


Figura 04: Recursos hídricos superficiais de Afogados da Ingazeira



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**
27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE

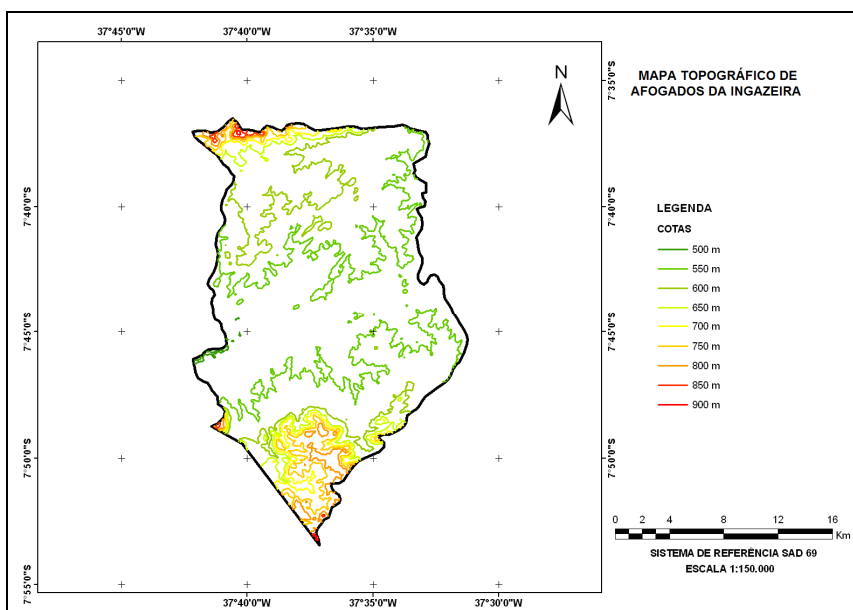


Figura 05: Mapa topográfico de Afogados da Ingazeira

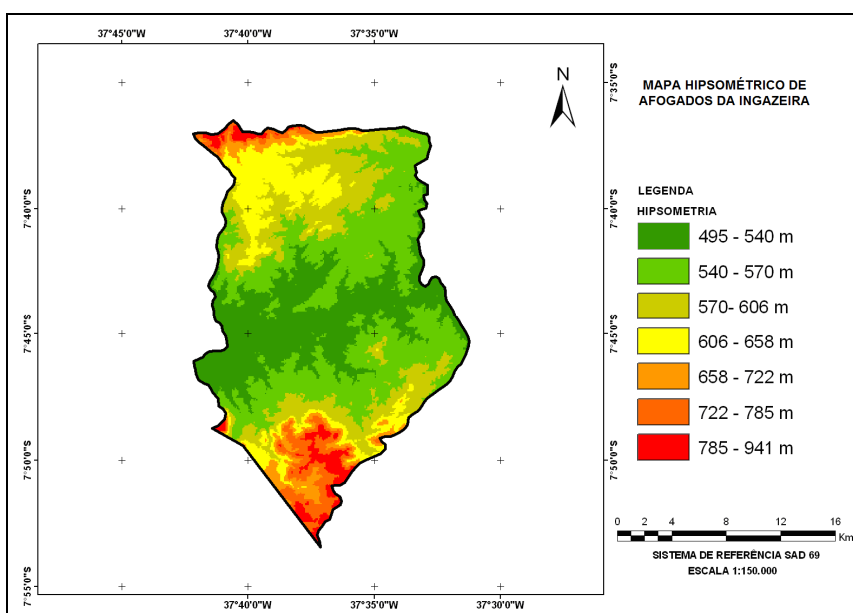


Figura 06: Mapa hipsométrico de Afogados da Ingazeira.

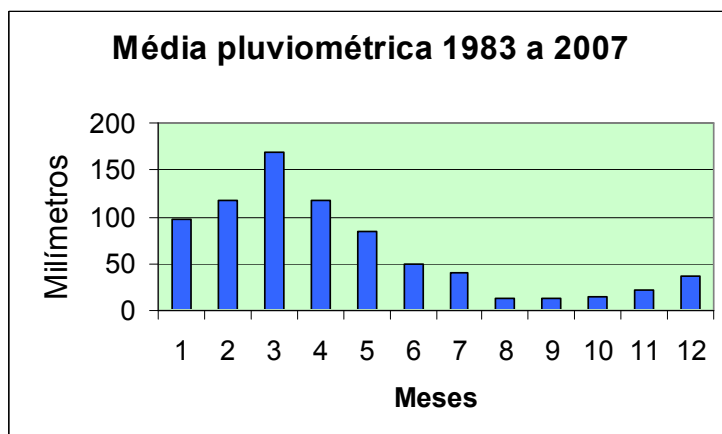


Figura 07: Média mensal pluviométrica de Afogados da Ingazeira.

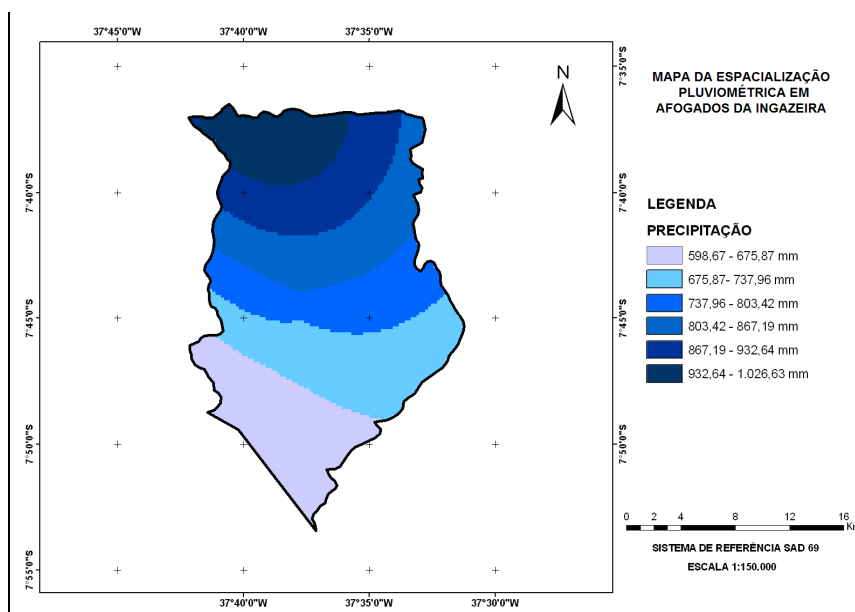


Figura 08: Mapa da espacialização pluviométrica em Afogados da Ingazeira.

Também está sendo feito uma revisão bibliográfica contínua a respeito dos assuntos que englobam a pesquisa, além de visitas e entrevistas a diversos órgãos e entidades que atuam e **promovem o Programa Um Milhão de Cisternas no Nordeste brasileiro**. Outros passos serão dados, como visitar as famílias que receberam o P1MC em



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**
27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



Afogados da Ingazeira e acompanhar de perto o trabalho de mobilização das comunidades para receberem as cisternas.

Desta forma, pretende-se, ao término da dissertação, analisar se as mudanças paradigmáticas no semi-árido brasileiro estão acontecendo de forma factível, especialmente no Vale do Pajeú, onde localiza-se Afogados da Ingazeira, através de Programas fundamentais para a convivência com a seca, como o Programa Um Milhão de Cisternas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Cidades@ 2007**. 2007. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em 15.abr.09.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil – CPRM. **Diagnóstico do município de Afogados da Ingazeira**. 2005. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/pernambuco/relatorios/ADIN003.pdf>> Acesso em 16.mai.2009.

CHACON, Sueli Salgueiro. **O sertanejo e o caminho das águas: políticas públicas, modernidade e sustentabilidade no semi-árido**. Fortaleza: BNB, 2007.

JATOBÁ, Lucivânio. A compartimentação do relevo. In: PERNAMBUCO. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. **Atlas Bacias Hidrográficas de Pernambuco**. Recife: SECTMA, 2006, p. 24-25.

LACERDA, Francis; FERREIRA, Maria Aparecida Fernandes; SOUZA, Werônica Meira de. Temperaturas médias do ar. In: PERNAMBUCO. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. **Atlas Bacias Hidrográficas de Pernambuco**. Recife: SECTMA, 2006, p. 18-19.

MOREIRA FILHO, Jose de Castro; GALINDO FILHO, Osmil Torres; DUARTE, Renato. **A seca de 1993; crônica de um flagelo anunciado**. Fortaleza: BNB, 2002.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. 4. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

¹ Departamento de Geografia UFPE – Pós-graduação em Geografia. Rua Prof. Artur de Sá, 492. E-mail: emiliopontes@oi.com.br



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



SACHS. Primeiras Intervenções. Ignacy Sachs. In: NASCIMENTO, Elimar Pinheiro; VIANNA, João Nildo de Souza. **Dilemas e desafios do desenvolvimento sustentável no Brasil**. Rio de Janeiro: Garamond, 2007, p. 19-41.

SILVA, Roberto Marinho Alves da. **Entre o combate à seca e a convivência com o semi-árido**. Transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento. Fortaleza: BNB, 2008.

¹ Departamento de Geografia UFPE – Pós-graduação em Geografia, Rua Prof. Artur de Sá, 492. E-mail: emiliopontes@oi.com.br



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



CONFORMIDADE DE PADRÕES MICROBIOLÓGICOS DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO DE UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA DE ABASTECIMENTO EM ATALHO, PETROLINA, PE.

Miriam Cleide C de Amorim¹; Everaldo R. Porto²; & Ana Nery B. Matos²

RESUMO - Uma das maiores preocupações com o uso da água é a questão relacionada à qualidade, que é responsável por causar, muitas vezes, problemas como infecções gastrointestinais. A gestão dos recursos hídricos, viabilizada pelo uso da dessalinização de água de poços salinos, constitui uma solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano em áreas rurais desprovidas de sistemas de abastecimento. Este trabalho retrata a avaliação da conformidade da qualidade da água com a norma de potabilidade da Portaria 518/04 do Ministério da Saúde, quanto aos padrões bacteriológicos uma solução alternativa de abastecimento via dessalinização por membranas osmóticas, de água subterrânea localizada no povoado de Atalho, Petrolina, Pernambuco. A água purificada pelo dessalinizador é bombeada e transportada por adutora até uma cisterna de placas, desta para uma caixa d'água de alvenaria e desta para um chafariz onde é disponibilizada às famílias do povoado. Para fins de avaliação bacteriológica, foi realizada a contagem de bactérias heterotróficas, e analisados os coliformes totais e a *Escherichia coli*. Os pontos de amostragem contemplaram desde o ponto de produção, o transporte até o ponto de consumo da água. Os resultados analíticos das amostras da água do dessalinizador, da cisterna, da caixa d'água e do chafariz apresentaram conformidade com a Portaria do Ministério da Saúde quanto aos parâmetros amostrados. As amostras dos tonéis e dos recipientes de acondicionamento apresentaram conformidade com a Portaria, apenas quanto às bactérias heterotróficas. Quanto aos demais parâmetros não apresentaram conformidade, pois indicaram presença de coliformes totais e *E. coli*, contrariando assim aos padrões estabelecidos pela norma.

Palavras chave: Padrões microbiológicos, Solução alternativa.

¹ UNIVASF – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Caixa Postal 309, CEP: 48902-300, Juazeiro-BA, E-mail: miriam.cleide@univasf.edu.br

² EMBRAPA Semi-árido, Caixa Postal 23, CEP: 563000-000, Petrolina-PE, Brasil, E-mail: erporto@cpatsa.embrapa.br



INTRODUÇÃO

Uma das maiores preocupações com o uso da água para consumo humano é a questão relacionada à qualidade, que é responsável por causar muitas vezes, problemas como infecções gastrointestinais além de que as bactérias patogênicas encontradas na água constituem uma das principais fontes de morbidade em nosso meio. A exigência de uma água de qualidade é o propósito primário para a proteção da saúde pública. São exemplos de doenças relacionadas ao consumo de água inapropriada pela presença de tais bactérias a esquistossomose, a ascaridíase, giardíase e a criptosporidíase.

A preocupação com as essas doenças justifica-se pela recomendação da inclusão de pesquisa de organismos patogênicos, com o objetivo de atingir, como meta, um padrão de ausência, dentre outros, de enterovírus, cistos de *Giardia spp* e oocistos de *Cryptosporidium sp.* pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde a qual estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

A pesquisa de microrganismos patogênicos na água requer procedimentos complexos e longos, sendo necessária a utilização de organismos indicadores de contaminação fecal para avaliar a qualidade bacteriológica da água. Dentre os principais estão os coliformes totais, coliformes fecais, *Escherichia coli* e o *Streptococcus fecalis*. No entanto os padrões bacteriológicos de qualidade da água em nível nacional e internacional estão baseados na detecção e enumeração de coliformes totais, coliformes fecais e *E. coli* (World Health Organization – WHO, 1987).

Em regiões de escassez hídrica como o semi-árido brasileiro, a questão da qualidade da água é agravada principalmente pelos elevados teores de sais presentes nas águas (AMORIM, 2001). As técnicas de dessalinização constituem uma alternativa capaz de minimizar uma parcela da demanda de água potável, nessas regiões, cujos mananciais disponíveis resumem-se a mananciais salinizados pela intensa evaporação e também pela intemperização das rochas do embasamento cristalino.

A Portaria 518/04 define como solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de

água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical. Assim, a gestão dos recursos hídricos, viabilizada pelo uso da dessalinização de água de poços salinos, constitui solução alternativa em áreas rurais desprovidas de sistemas de abastecimento.

Este trabalho retrata a avaliação da conformidade da qualidade da água com a norma de potabilidade da Portaria 518/04 do Ministério da Saúde, quanto aos padrões microbiológicos em uma solução alternativa de abastecimento via dessalinização por membranas osmóticas, no semi-árido de Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na comunidade de Atalho pertencente ao município de Petrolina, Pernambuco, Brasil, em novembro de 2007. O estudo teve a finalidade de determinar a conformidade da qualidade da água com a norma de potabilidade vigente no Brasil, a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde, em uma solução alternativa de abastecimento via dessalinização por membranas osmóticas.

O sistema alternativo por dessalinização utiliza-se da técnica de osmose reversa para tratar água salina com a finalidade de retirar sais minerais dissolvidos. No processo são utilizadas membranas sintéticas e o processo natural da osmose é invertido por intermédio da aplicação mecânica de uma pressão superior à pressão osmótica, do lado da solução mais concentrada ou de maior teor de sais dissolvidos, fazendo com que ocorra um fluxo no sentido da solução de menor concentração salina. O sistema tem produção de 1500 l/h de água potável e taxa de remoção de sais de 98 % e é um dos componentes da Unidade Demonstrativa do Sistema de Produção Integrada desenvolvida pela Embrapa Semi-Árido e o Ministério do Meio Ambiente, através do Programa Água Doce.

A água tratada ou dessalinizada é bombeada e transportada por adutora até uma cisterna de placas de 16 m³, desta para um reservatório apoiado de alvenaria com capacidade de 40 m³ e desta para um chafariz onde é disponibilizada às 60 famílias do povoado. O transporte da água do chafariz até o ponto de consumo nas residências se dá através de tonéis de PVC rígido carregados em carroças de animais, onde é acondicionada em quartinhas e filtros de barro, conforme o costume local.

Quanto ao número mínimo de amostras e frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água de solução alternativa, para fins de análises microbiológicas, em função do tipo de manancial e do ponto de amostragem a Portaria 518/04 estabelece que para mananciais subterrâneos

deve ser realizada uma amostragem mensal na saída do tratamento, para água canalizada. Para veículos transportadores de água para consumo humano, deve ser realizada 1 (uma) análise de CRL em cada carga e 1 (uma) análise, na fonte de fornecimento, de coliformes totais com frequência mensal, ou outra amostragem determinada pela autoridade de saúde pública.

Considerando então que o sistema de abastecimento alternativo em estudo não se enquadra completamente nas definições da Portaria visto não ter distribuição canalizada bem como a água ser distribuída através de tonéis transportados em carroças, foi realizada uma amostragem para fins de avaliação microbiológica, sendo realizada a contagem de bactérias heterotróficas, e analisados os coliformes totais e a *Escherichia coli*.

Os pontos da amostragem realizada foram:

- a saída do dessalinizador ou do tratamento, denominado P1;
- a cisterna de placas, denominado P2;
- o reservatório apoiado de alvenaria, denominado P3;
- o chafariz, P4;
- os tonéis de quatro carroças, P51, P52, P53, P54 e
- as quitinhas e filtros de barro em cinco residências do povoado P61, P62, P63, P64 e P65, contemplando assim, desde o ponto de produção, o transporte até o ponto de consumo da água, conforme mostram as fotos das Figuras 1 e 2.



Figura 1. P2: Cisterna de placas e P3: Reservatório apoiado de alvenaria



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



Figura 2. P4: Chafariz e P6: Quartinhas e filtros de barro

A sistemática de coleta, preservação e análise das amostras seguiu a metodologia proposta no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1992). A contagem Padrão de Bactérias Heterotróficas é a determinação da densidade de bactérias que são capazes de produzir unidades formadoras de colônias (UFC). A referida contagem foi realizada utilizando-se o meio de cultura Count Agar previamente fundido e estabilizado em banho-maria a 44-46°C, em placas de Petri incubadas em posição invertida a 35 +/- 0,5° C durante 48 +/- 3 horas. As análises de coliformes totais foram realizadas por tubos múltiplos no teste de Presença/Ausência e as de coliformes fecais realizadas através de membrana filtrante com contagem de coliformes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos na amostragem realizada para análises microbiológicas de água do sistema alternativo de abastecimento. De acordo com o Artigo 11 Capítulo IV do Padrão de Qualidade, a água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras deve estar em conformidade com o padrão microbiológico o qual estabelece a ausência de *Escherichia coli* ou coliformes termotolerantes em 100 mL da amostra, bem como a contagem padrão de bactérias heterotróficas não deve exceder 500 UFC por mL de amostra. Portanto, as amostras da água nos pontos P1, P2, P3 e P4 referente as amostras na saída do dessalinizador, na cisterna, no reservatório apoiado e no chafariz respectivamente, apresentaram conformidade com a Portaria do Ministério da Saúde para os três parâmetros avaliados, sejam a contagem de bactérias heterotróficas, os coliformes totais e a *E. coli*.

Tabela 1. Resultados das análises microbiológicas nas amostras de água do sistema alternativo de abastecimento para a amostragem realizada.



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



Ponto de Coleta de Amostra	Contagem de Bactérias Heterotróficas (UFC. mL ⁻¹)	Coliformes Totais	<i>E. coli</i> (UFC/100 mL)
P1	1	Ausência	0
P2	12	Ausência	0
P3	22	Ausência	0
P4	34	Ausência	0
P5A	64	Presença	28
P5B	65	Presença	0
P5C	25	Presença	2
P5D	91	Presença	0
P6A	216	Presença	25

O inciso 9º Artigo 11 Capítulo IV do Padrão de Qualidade afirma que em amostras individuais procedentes de poços, fontes, nascentes e outras formas de abastecimento sem distribuição canalizada, tolera-se a presença de coliformes totais, na ausência de *Escherichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes. Dessa forma apenas os pontos P5B e P5D apresentaram conformidade com a Portaria para os três parâmetros avaliados, sejam a contagem de bactérias heterotróficas, os coliformes totais e a *E. coli.*, pois apresentaram valores menores que 500 unidades formadoras de colônia (UFC) por mL, e, embora tenham apresentado presença de coliformes totais, houve ausência de *E. coli.*

As demais amostras dos tonéis, isto é os pontos P5A e P5C, embora tenham apresentado valores inferiores a 500 UFC por mL, indicaram a presença de coliformes totais e valores de 28 e 2 UFC por 100 mL, respectivamente.

As amostras dos pontos P6A, P6B, e P6E dos recipientes de acondicionamento nas residências isto é, os filtros e quartinhas, apresentaram conformidade com a Portaria, apenas quanto à contagem de bactérias heterotróficas, porém percebe-se que seus valores de UFC são bem mais elevados que os



demaís que apresentaram conformidade. Já os pontos P6C e P6D não apresentaram conformidade com nenhum dos três parâmetros avaliados.

CONCLUSÕES

A qualidade da água no sistema de produção e acondicionamento na cisterna atende à norma de potabilidade quanto aos padrões microbiológicos.

Durante o transporte e acondicionamento doméstico a água não apresentou conformidade com a norma quanto aos padrões microbiológicos indicando que os tonéis utilizados pelas famílias para transporte da água tratada, bem como os filtros e as quartinhas necessitam de medidas de higienização e proteção sanitária.

Os resultados indicam a necessidade de manejo adequado da água durante o transporte e no ponto de consumo visando a proteção sanitária e consequentemente ao atendimento do padrão microbiológico, conforme recomenda o Artigo 22 da Portaria 518/04, quanto às exigências aos sistemas alternativos de abastecimento de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 19 th. Ed. Washington, APHA, 1995. 1100p.
- AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R. Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no município de Petrolina-PE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMIÁRIDO, 3., 2001, Campina Grande, PB. Anais... Campina Grande, PB: Embrapa Algodão; Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2001. 1 CD-ROM.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 518 de 25 de março de 2004. *Diário Oficial da União*, Brasília, 59, de 26 de março de 2004.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. *The international drinking water supply and sanitation decade: review of mid-decade progress* (as at December, 1985). Geneva, WHO, 1987. 25p.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE DOIS TIPOS DE DESVIO DAS PRIMEIRAS ÁGUAS DE CHUVA NA MELHORIA DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CISTERNAS RURAIS

Rogério Pereira Xavier¹; Rodolfo Luiz Bezerra Nóbrega²; Priscila Cordeiro de Miranda³; Carlos Oliveira Galvão⁴ & Beatriz Susana Ovruski de Ceballos⁵

RESUMO – Águas de chuvas captadas e armazenadas com a devida segurança sanitária são consideravelmente de melhor qualidade e podem ser usadas para consumo humano. Barreiras sanitárias podem ser instaladas ao longo de todo o sistema de captação e armazenamento com o intuito de melhorar a qualidade da água que será consumida pelo usuário. O desvio das primeiras águas de cada evento de chuva se constitui numa importante barreira sanitária por descartar de forma automática águas que transportam poluentes da atmosfera, da área de captação e dos dutos. Em dois sistemas pilotos foram construídos desvios constituídos por uma caixa de alvenaria com volume apropriado para reter 1 milímetro da água de chuva captada pelo telhado. Um deles seguiu o princípio de fecho hídrico e o outro de vasos comunicantes. Parâmetros físicos e químicos de qualidade foram avaliados na água da chuva retida nos desvios e na que, saindo destes, escoava para as cisternas. Os parâmetros de qualidade da água da chuva mostraram valores bem inferiores ao exigidos pela Portaria N° 518/04. Ambos os sistemas de desvio automático mostraram-se eficazes como barreiras sanitárias, reduzindo todos os parâmetros físicos e químicos analisados (turbidez, SDT, alcalinidade, pH, dureza total, Na⁺, K⁺ e condutividade elétrica). A redução dos SDT e, conseqüentemente, da turbidez é importante, porque facilita a desinfecção posterior da água, antes de seu consumo, e que se constitui em outra importante barreira sanitária. O desvio com princípio de fecho hídrico mostrou-se mais eficiente na diminuição da maioria dos parâmetros físicos e químicos, destacando-se uma redução acentuada da alcalinidade, de até 82%.

Palavras chaves: Desvio das primeiras águas de chuva, cisternas rurais, Semiárido.

¹ Universidade Federal da Paraíba (UFCG) E-mail: rogeriopxavier@yahoo.com.br

² Universidade Federal da Paraíba (UFCG) E-mail: rodolfofbn@gmail.com

³ Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) E-mail: maedetheo2@hotmail.com

⁴ Universidade Federal da Paraíba (UFCG) E-mail: carlos.o.galvao@gmail.com

⁵ Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) E-mail: beatriz.ceballos@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A qualidade de qualquer água é determinada pela qualidade da fonte e por sua exposição a contaminantes durante o processo de captação, transporte, armazenamento e tratamento. Assim, a qualidade da água da chuva captada em cisternas depende da pureza da atmosfera, dos materiais usados para construir a área de captação e das impurezas depositadas na sua superfície. No telhado – onde há exposição aos raios solares, entre eles os ultravioletas – o calor e a dessecação podem destruir parte da contaminação microbiana ali instalada, assim como das calhas e bicas que conduzem a água para a cisterna, entretanto não eliminam contaminantes orgânicos e inorgânicos.

Águas de chuva captadas e armazenadas com a devida segurança sanitária são consideravelmente melhores e podem ser usadas para consumo humano. Quanto maior o risco de contaminação, maior deve ser o rigor na proteção sanitária das cisternas (ANDRADE NETO, 2004). Cuidados básicos podem minimizar a poluição da água armazenada em seu conjunto e constituem barreiras sanitárias. Como exemplos destes cuidados citam-se o desvio das primeiras águas de chuva, a limpeza do telhado, dos dutos e da cisterna, a proteção das entradas e saídas da água na cisterna, o uso de bomba para retirada da água e a cloração antes do consumo. O desvio evita que as primeiras águas de chuva captadas, que retiram as impurezas da atmosfera e do telhado, se misturem à água já armazenada, comprometendo sua qualidade.

O desvio pode ser realizado de forma manual, desconectando os tubos que transportam a água até a cisterna, ou automática, com a construção de um dispositivo que desvia parte da água. No tocante ao manejo, existem duas estratégias que são mais utilizadas: o desvio das primeiras chuvas e o desvio das primeiras águas de cada evento chuvoso. A primeira é a mais frequentemente usada em locais onde a poluição atmosférica é baixa e o período chuvoso é concentrado em determinada época do ano, a exemplo da zona rural do Semiárido Brasileiro. Desse modo, é realizado o descarte das chuvas apenas no início do período chuvoso, pois sua concentração temporal levanta a premissa que o telhado, após as chuvas iniciais, estará limpo, não sendo mais necessário realizar o desvio. A outra estratégia refere-se ao desvio das primeiras águas de cada chuva, independente da sua distribuição temporal. Esse tipo de abordagem é mais utilizado em regiões onde a poluição atmosférica é maior, como centros urbanos, onde todos os eventos chuvosos têm elevado potencial de contaminar a água da cisterna.

Embora, como relatado, esses tipos e estratégias de desvio tenham uma tendência particular de

aplicação em áreas rurais e urbanas, não existem evidências suficientes que sustentem qual desses seja mais adequado para adoção em distintas situações e locais. Segundo Rodrigues *et al.*, (2007) a eficiência da prática manual pode ser contestada pela falta de controle da quantidade de água descartada na primeira chuva, de maneira que a superfície de captação pode não ficar satisfatoriamente limpa. Outro inconveniente é a eventual ausência dos moradores quando ocorre a primeira chuva ou estão impossibilitados de fazerem a remoção da calha, como em alguns casos de idosos e de crianças. O desvio automático das primeiras águas de chuva é constituído por uma caixa que retém as primeiras águas que escoam do telhado devido ao sistema de fecho desse tanque. Apenas após seu enchimento a água “limpa” seguirá pelos dutos para abastecer a cisterna.

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar a eficiência de redução dos valores de parâmetros físicos e químicos em água de chuva que escoar desde a área de captação, usando-se dois tipos de desvios automáticos das primeiras águas da chuva, que seguem o princípio dos vasos comunicantes (DVC) ou o princípio do fecho hídrico (DFH), instalados em sistemas de captação e armazenamento de água de chuva em escala real, construídos em uma residência e em uma escola no município de São João do Cariri, na Paraíba.

METODOLOGIA

Foram analisadas águas de chuva armazenada em dois sistemas de desvio construídos com base no princípio do fecho hídrico e dos vasos comunicantes, instalados em modelos pilotos de captação e armazenamento de água de chuva em duas comunidades rurais no município de São João do Cariri-PB, localizado a cerca de 80 km da cidade de Campina Grande, na Paraíba. Os sistemas foram construídos em uma escola e em uma residência familiar.

No primeiro dispositivo – DFH, que possuía fecho hídrico, a água escoava diretamente para ele e, quando atingido seu volume máximo, a água seguia pela tubulação até chegar à cisterna. No segundo – DVC, a água era armazenada no dispositivo até um nível que, quando atingido, permitia que a água fosse escoada naturalmente por outra tubulação até a cisterna, sem a necessidade que o dispositivo fosse hermeticamente fechado.

As coletas foram realizadas logo após cada evento de chuva e totalizaram três amostras de cada modelo piloto: o sistema de vasos comunicantes nas datas 17/03, 14/04 e 08/05 e o de fecho hídrico nas datas 17/03, 18/03 e 14/04, todas em 2009. A coleta de água de chuva foi realizada no dia 18 de março de 2009, usando-se três bacias de ágata envolvidas em papel tipo Kraft e esterilizadas

(121°C, 30 minutos). Após tirado o papel, foram colocadas acima de bancos altos (80 cm de altura), para evitar que respingos do solo alcancem a água da bacia. A distância entre os bancos foi de aproximadamente 5,0m.

As coletas de amostras para as análises físicas e químicas foram realizadas na caixa de desvio das primeiras águas da chuva e em um recipiente pós-desvio (Figura 1). As duas caixas de desvios foram concebidas com pequenas dimensões, para conter 1 litro de água de chuva para cada m² de área de captação, o que resultou em uma capacidade de armazenamento de cerca 80 litros, volume muito pequeno quando comparado à capacidade da cisterna, de 16 mil litros, ou seja, de 0,5%. O recipiente de coleta, localizado após o desvio, tem capacidade de 3 litros e é utilizado apenas para coletar amostras de água.

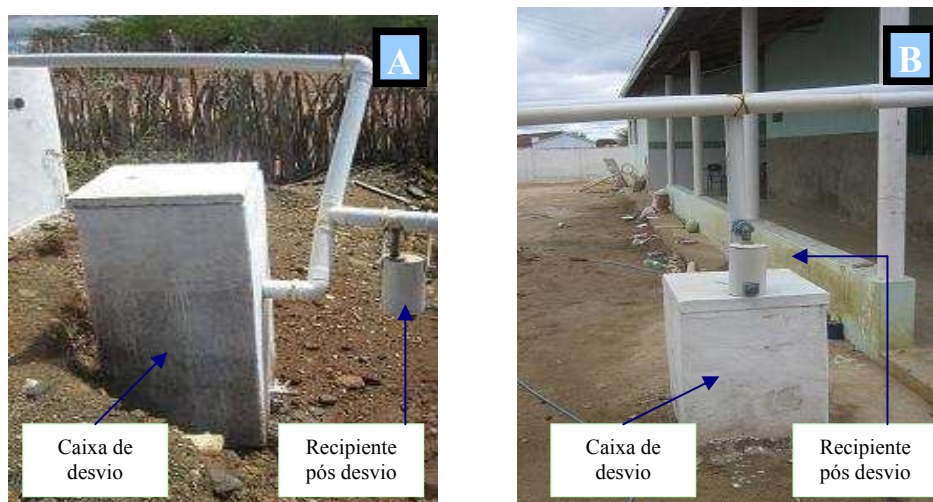


Figura 01. Sistemas de desvios das primeiras águas: A- Princípio dos vasos comunicantes
B - Princípio do fecho hídrico

Os parâmetros físicos e químicos analisados foram: pH, alcalinidade, dureza total, sódio, potássio, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e turbidez, de acordo com a metodologia recomendada pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998). Os resultados foram comparados com os valores máximos permitidos (VMP) indicados pela Portaria N° 518/2004 do Ministério da Saúde do Brasil, que rege os padrões de qualidade de água destinada ao consumo humano.

RESULTADOS

Os valores dos parâmetros físicos e químicos da amostra de água da chuva coletada antes de tocar a superfície de captação foram bem inferiores ao VMP exigido pela Portaria N° 518/04 (Tabela 1). Nessa água o pH foi levemente ácido (pH= 6,22).

Tabela 1. Características físicas e químicas da água da chuva em São João do Cariri-PB
(18/03/2009)

Parâmetros	Água da chuva	VMP*
pH	6,22	6,0 a 9,5
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	2,5	-
Dureza total (mg CaCO ₃ /L)	13	500
Condutividade elétrica (uS/cm)	12,1	-
Sódio (mg/L)	0,85	200
Potássio (mg/L)	0,2	-
Turbidez (uT)	0,92	5,0
SDT (mg/L)	46	1 000

* VMP da Portaria N° 518, do Ministério da Saúde (MS, 2004).

As amostras de água das caixas de desvio apresentaram valores mais elevados, embora também inferiores aos VMP da Portaria N° 518/04, exceto para pH, que foi mais alto em 3 amostras da caixa do DFH, e para turbidez, mais elevada em uma amostra da caixa do DVC. Todas as amostras dos pós-desvios tiveram valores dos diferentes parâmetros de qualidade inferiores àqueles dos desvios (Tabela 2).



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



Tabela 2. Características físicas e químicas das águas de sistemas de desvios das primeiras águas de chuva instalados em cisternas de comunidades rurais do município de São João do Cariri-PB (17/03/2009 a 08/05/2009).

Parâmetros	Coletas	DVC			DFH		
		Desvio	Pós-desvio	Redução média (%)	Desvio	Pós-desvio	Redução média (%)
pH	1º	9,31	7,15		10,66*	6,33	
	2º	8,11	7,34	19,7	9,98*	6,51	36
	3º	8,77	6,44		9,89*	6,64	
Alcalinidade (mg CaCO3/L)	1º	65	37		109	13,5	
	2º	19,5	13	46,3	41,5	5,5	81,9
	3º	20	7,5		37	10,5	
Dureza total (mg CaCO3/L)	1º	103	71		145	72	
	2º	57	50	24,2	73	31	50,1
	3º	51	36		101	58	
Condutividade elétrica (uS/cm)	1º	219,1	77,82		382,9	84	
	2º	76,2	57,93	53,3	163,05	29,34	55
	3º	71,9	20,48		129,1	122,35	
Sódio (mg/L)	1º	7,47	3,36		7,24	2,91	
	2º	3,75	2,6	31,6	3,13	1,54	55,3
	3º	2,14	1,94		-	-	



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



	1º	24,8	2,51		18,02	3,72	
Potássio (mg/L)	2º	5,55	2,17	75,8	6,19	1,24	75,4
	3º	4,61	1,07		4,61	1,53	
	1º	6,7*	2,57		2,63	1,58	
Turbidez (uT)	2º	4,8	2,2	21,3	4,31	2,42	52,9
	3º	-	-		11	2,73	
	1º	228	96		218	74	
SDT (mg/L)	2º	104	56	57,8	105	84	37,4
	3º	135	41		122	90	

*Amostra de água fora dos padrões de qualidade para consumo humano, de acordo com Portaria N^o. 518, do Ministério da Saúde (MS, 2004),

As variáveis em estudo apresentaram redução significativa desde o desvio para o pós-desvio em ambos os sistemas. O DVC mostrou-se mais eficiente na redução de SDT. Para os demais parâmetros o DFH foi mais eficiente. A alcalinidade foi o parâmetro com maior diminuição no DFH, alcançando 82% de redução. Potássio apresentou redução semelhante nos dois sistemas.

A turbidez, causada pela presença de material particulado e coloidal em suspensão, é um parâmetro físico de grande importância sanitária na avaliação da qualidade da água. As matérias particuladas podem proteger os microrganismos do contato direto com os desinfetantes, diminuindo a sua eficiência (AMORIM & PORTO, 2001). A Portaria N^o 518/2004 estabelece para qualquer amostra pontual o VMP de 5,0 UT.

O sistema do DFH mostrou-se mais eficiente na remoção de turbidez, com redução de 53%, enquanto no DVC foi de 21,3%. Trabalho de Souza (2009), com sistemas de desvio semelhantes aos deste trabalho, simulando chuva com água de carro pipa, mostrou reduções da turbidez desde o desvio para o pós-desvio de 23 e 79%, no DVC e no DFH, respectivamente.

Em todas as amostras, os valores de sólidos dissolvidos totais (SDT) foram inferiores que o VMP pela Portaria N^o 518/2004, que é de 1000 mg/L. Os sólidos dissolvidos em água potável são constituídos, principalmente, por sais inorgânicos, pequena quantidade de matéria orgânica e gases dissolvidos (SAWYER *et al.*, 1994). O sistema de desvio DVC foi mais eficiente na redução de SDT (57,8%) quando comparado ao de fecho hídrico, (37,4%). A diminuição dos SDT e, consequentemente, da turbidez, é importante, pois facilita a desinfecção posterior da água antes de

seu consumo, o que se constitui em outra importante barreira sanitária.

Valores altos de pH, alcalinidade e dureza total nas amostras de água nos desvios são explicados pelo arraste de sedimentos acumulados nos telhados e de sais liberadas pelo material de construção das caixas dos próprios desvios em contato com a água. Segundo Lye (1992), água da chuva em contato com a superfície de cimento pode provocar a sua dissolução, removendo carbonato de cálcio (CaCO_3) e elevando alcalinidade e dureza. Como os valores de pH da água de chuva armazenada nas caixas dos dois desvios estiveram entre 8,3 e 10,6, é possível que o pH e a alcalinidade dessas águas tenham a influência de íons de carbonatos (CO_3^{2-}) e bicarbonatos (HCO_3^-) liberados do cimento. A dureza total da água em todas as amostras dos sistemas de desvio apresentou valores inferiores ao máximo estabelecido pela Portaria no 518/2004-M, que é de 500 mg/L. Não há evidências de que a dureza cause problemas sanitários (LIBÂNIO, 2008).

A Portaria N° 518/2004-MS não estabelece VMP para condutividade elétrica. Valores elevados de condutividade indicam presença de íons na água, com capacidade de conduzir corrente elétrica. No sistema de vasos comunicantes houve redução de 53,3% desse parâmetro e no de fecho hídrico de 55%. Valores mais elevados de condutividade elétrica foram encontrados no sistema com princípio de fecho hídrico. A condutividade da água da chuva foi de 12,1 uS/cm. Segundo trabalho de Jaques (2005), a condutividade da água de chuva variou entre 10 a 23 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em amostras realizadas na área urbana de Florianópolis. As águas de chuva que passaram pelos telhados e foram retidas nas caixas de desvio tiveram aumento significativo da condutividade elétrica devido aos sais e os íons arrastados ao longo da captação e ao material de construção dissolvido nas caixas. A redução de condutividade elétrica se relaciona com o decréscimo de íons, como se verifica nos resultados para essas variáveis.

A caixa de desvio DFH removeu 55,3% de Na^+ e 75,4% de K^+ , e 31,6 Na^+ e 75,8 K^+ na caixa DVC. No geral os resultados apresentaram valores inferiores a 8 mg/L. Sódio pode alterar o sabor da água se atingir valor superior a 200 mg/L (APHA, 1998), que corresponde ao VMP da Portaria 518/2004. Potássio não é um parâmetro considerado na portaria supracitada.

CONCLUSÕES

A água da chuva mostrou-se de ótima qualidade, com todos os parâmetros analisados bem abaixo do VMP exigido pela Portaria N° 518/2004-MS. A maioria dos parâmetros físicos e químicos das águas dos desvios das primeiras chuvas apresentou valores inferiores aos Valores

Máximos Permitidos pela Portaria N° 518/2004-MS. Ainda, foram reduzidos após a passagem pelo sistema de desvio, com destaque para turbidez.

O desvio que usa o princípio do fecho hídrico foi mais eficiente na remoção da maioria dos parâmetros enquanto no de vasos comunicantes foi maior a redução de SDT e potássio. Ambos os sistemas de desvio foram barreiras eficientes que melhoraram a qualidade física e química da água que escoava da área de captação para a cisterna.

Todavia, o material usado na construção das caixas de desvio pode liberar íons que alteram a qualidade da água que escoava dos telhados, com destaque para alcalinidade, dureza e pH, o que pode ser evitado se forem construídos com outro tipo de material, como plástico ou fibra de vidro, por exemplo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos órgãos financiadores do projeto “Cisternas”: CT-HIDRO/FINEP – CNPq.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, M. C. de; PORTO, E. R. Avaliação da Qualidade Bacteriológica das Águas de Cisternas: Estudo de Caso no Município de Petrolina. In: 3º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, Petrolina –PE. 2001.

ANDRADE NETO, C.O. Proteção sanitária das cisternas rurais. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Natal-RN. 2004.

APHA- American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20ª Edition., Washington D.C, 1998.

JAQUES, R.C. Qualidade da água de chuva no Município de Florianópolis. A potencialidade para o Aproveitamento em Edificações. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis- SC. 2005.



LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Ed. Átamo, 2º Edição, 2008.

LYE, D.J. Microbiology of rainwater cistern systems: a review. **Journal of Environmental Science and Health**, v. A27, n. 8, p. 2123-2166, 1992.

RODRIGUES, H. K.; SANTOS, A. L.; BARCELOS, H. P.; PÁDUA, V. L.; Dispositivo automático de descarte da primeira água de chuva. 6º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. Belo Horizonte- MG. 2007.

SAWYER, C.N.; McCARTY, P.L; PARKIN, G.F. **Chemistry forenvironmental engineering**, 4. ed. New York: McGraw-Hill, 1994.

SAÚDE LEGIS - MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 518 de 25 de março de 2004**. Disponível em <<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm>>. Acesso em 30 de Janeiro. 2009. Online.

SOUZA, S. H. B.; Avaliação da eficiência de barreiras sanitárias em sistemas para aproveitamento de águas de chuva no semi-árido pernambucano. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 2009.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
do Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



EFEITO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL E DA PERDA DE SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO NO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO

Nilton de Brito Cavalcanti¹; Luiza Teixeira de Lima Brito²

RESUMO – Os diferentes sistemas de cultivo utilizados pelos agricultores na região semi-árida do Nordeste apresentam reflexos diversos quanto aos valores de escoamento de água e perda do solo. Neste trabalho, objetivou-se avaliar o efeito do escoamento superficial e da perda de solo em três sistemas de cultivo. Os sistemas estudados foram: 1) Sulcos barrados; 2) Sistema tradicional ou solo plano; e 3) Área com cobertura vegetal. O trabalho foi realizado no período de dezembro de 2008 a maio de 2009 na estação experimental da Embrapa Semi-Árido em Petrolina, PE. As parcelas experimentais foram delimitadas com dimensões de 10 x 5 m, com a maior proporção no sentido do declive do solo, estimado em 0,5%. O escoamento foi coletado em duas caixas com capacidade para 1m³ cada, colocadas a jusante da soleira de cada parcela abaixo do nível da área de captação. Após as precipitações, era medida a água de cada parcela coletada nas caixas e colocada em outros recipientes para repouso por 24 horas para sedimentação por gravidade dos materiais em suspensão na água. Os resultados obtidos demonstraram que o sistema com cobertura vegetal é mais eficiente na retenção de água no solo e na redução da erosão.

Palavras chaves: infiltração, chuva, precipitação.

¹ Admin. de Empresa, M.Sc., Embrapa Semi-Árido. nbrito@cpatsa.embrapa.br Embrapa Semi-Árido. C.P. 23. 56302-970 Petrolina-PE.

² Eng^a Agrícola, Dr. , Embrapa Semi-Árido. luizatlb@cpatsa.embrapa.br Embrapa Semi-Árido. C.P. 23. 56302-970 Petrolina-PE

INTRODUÇÃO

No semi-árido do Nordeste brasileiro, as características edafoclimáticas e hidrológicas são semelhantes às de outras regiões semi-áridas quentes do mundo, apresentando de forma constantes longos períodos de secas intercalados com as cheias nos rios temporários e precipitação numa amplitude que varia de 250 a 800 mm anuais. Todavia, essas características tem sido fator limitante ao desenvolvimento pleno da agricultura familiar na região.

Os solos predominantes na região são de origem cristalina, normalmente plana, silicosos e pedregosos com baixa capacidade de infiltração e baixo conteúdo de matéria orgânica, o que associado as altas intensidade das precipitações pluviais, têm causado perdas de água por escoamento e grande erosão hídrica, segundo dados levantados por (ANJOS, 2000).

Outro fator de grande influência é o sistema tradicional de cultivo que predomina na região semi-árida, que consiste basicamente na semeadura em covas em solos planos sem qualquer técnica de conservação do solo e de captação da água das chuvas. Embora o sistema tradicional seja capaz de possibilitar a infiltração de uma quantidade de água de chuva que gera a produção das culturas regionais, ele é um sistema aparentemente pouco agressivo ao ambiente, mas como o solo não foi preparado antes, apenas desmatado e muitas vezes tiveram sua cobertura vegetal queimada, sua superfície apresenta-se ligeiramente compactada, dificultando a infiltração da água no solo e facilitando o escoamento superficial, que contribui para o processo erosivo em muitas áreas de cultivo tradicional do Nordeste.

Nas últimas décadas vários métodos de captação de água de chuva in situ foram desenvolvidos e/ou adaptados pela EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, utilizando, principalmente a tração animal, com o objetivo de armazenar o maior volume possível de água e evitar que o escoamento superficial cause a menor erosão possível. Entre estes, o sistema de captação de água de chuva in situ pelo método Guimarães Duque, o sistema de sulcos barrados e a utilização da aração parcial ou profunda (ANJOS & BRITO, 1999).

Segundo BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), por ser um fenômeno de superfície, a infiltração é influenciada pelo preparo do solo, o qual exerce um efeito temporário ao deixar o solo solto, aumentando a infiltração. Entretanto, se a superfície não estiver protegida com vegetação ou cobertura morta, a chuva e o vento, atuando na superfície do solo, reduzem a taxa de infiltração. A aração

profunda é também um fator favorável ao aumento da infiltração, enquanto práticas que exercem compressão no solo podem diminuí-la.

A maior parte do solo erodido pela água é transportada declive abaixo pelo escoamento superficial. Esse escoamento não tem início até que a intensidade da chuva exceda a capacidade de infiltração do solo e que a capacidade de armazenamento da superfície do solo seja satisfatória. Dessa forma, os solos que apresentam capacidade de infiltração e ou capacidade de armazenamento superficial elevado, podem retardar o escoamento superficial e reduzir substancialmente o índice de escoamento. O declive íngreme e extenso de um terreno configura-se na principal característica topográfica que provoca a erosão. A quantidade de solo destacado e transportado pelo escoamento superficial e o tamanho dos sedimentos que podem ser removidos, aumenta à medida que o declive se torna mais íngreme e prolongado (FAVA, 2006).

Este trabalho teve como objetivo verificar o efeito do escoamento superficial de da perda de solos em três sistemas de sistemas de cultivo, visando reduzir o escoamento e a erosão hídrica.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período de dezembro de 2008 a maio de 2009 em área de 0,5 hectares na Estação Experimental da Caatinga na Embrapa Semi-Árido no município de Petrolina, PE. O clima da região é classificado como semi-árido quente BSw'h, conforme classificação de Köppen. A região apresenta, temperatura média anual de 26,3 °C, com a média da mínima de 20,5 °C, e média da máxima de 31,6 °C. A média da umidade relativa do ar é de 61% e precipitação média anual de 570 mm. O solo em que foi realizado o experimento foi classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico Abruptico Plíntico (EMBRAPA, 1999).

No mês de dezembro foi realizado o preparo do solo na área de plantio, logo após uma precipitação de 5,6 mm no dia 1. Os tratamentos resultaram de diferentes preparos do solo para o cultivo, sendo: 1) Sulcos barrados (Figura 1) - este sistema consistiu da aração e gradagem da área e posteriormente seguida da abertura dos sulcos e do barramento a cada 2 metros (ANJOS & BRITO, 1999); 2) Sistema tradicional ou solo plano (Figura 2) – este sistema consistiu da capina da área útil para o plantio; e 3) Área com cobertura vegetal composta por gramíneas (Figura 3). A cultura utilizada foi à variedade do feijão macassar IPA 206. A semeadura de feijão foi realizada no dia 4 de dezembro nos tratamentos 1



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
do Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



e 2, em covas no espaçamento de 1,0 x 0,4 m, com 5 sementes por cova, sendo semeadas quatro linhas de 10 metros em cada tratamento com 20 covas por linha (Figura 2). Após a germinação foi realizado um desbaste, deixando-se apenas 2 plantas por cova.

As parcelas experimentais foram delimitadas com dimensões de 10 x 5 m, com a maior proporção no sentido do declive do solo, estimado em 0,5%. O escoamento foi coletado em duas caixas com capacidade para 1m³ cada, colocadas a jusante da soleira de cada parcela abaixo do nível da área de captação, como se pode ver nas Figuras 2 e 3. Após as precipitações, era medida a água de cada parcela coletada nas caixas e colocada em outros recipientes para repouso por 24 horas para sedimentação por gravidade dos materiais em suspensão na água. Posteriormente, foi seccionada o máximo possível da água de cada recipiente. O solo coletado foi levado à estufa (105 °C por 24 horas) e posteriormente determinado o seu peso seco.

Para quantificação da precipitação, foi instalado numa área contígua ao experimento, um pluviômetro. As leituras, tanto da precipitação ocorrida como do escoamento superficial, foram realizadas diariamente, após cada ocorrência de chuva. Foram avaliados as perdas de solo e o escoamento de água correspondente a cada precipitação. Em relação à planta, foi avaliada a altura, o diâmetro do caule ao nível do solo, número de vagens por planta e a produtividade.

Os dados de produtividade foram avaliados por meio da análise estatística utilizando-se o SAS (1990) e as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
do Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



Figura 1. Aspectos da área do tratamento 1 – sulcos barrados.



Figura 2. Aspectos da área do tratamento 2 - sistema tradicional.



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
do Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



Figura 3. Aspectos da área do tratamento 3 - área com gramíneas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No dia 22 de fevereiro foi registrada uma precipitação de 67,5 mm na área do experimento que produziu escoamento em todos os tratamentos. Na Figura 4, pode-se observar que as caixas coletoras do tratamento 1 (Sulco barrado), praticamente estavam vazias após esta chuva. A quantidade de água coletada na primeira caixa foi de 367 litros. Isto demonstra o efeito que o sistema de sulcos barrados provoca na retenção do escoamento superficial e consequentemente na erosão do solo. Este sistema possibilita que um maior volume de água fique retido nos sulcos o que contribui para maior crescimento das culturas.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
do Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



Figura 4. Aspectos das caixas coletoras após a chuva do dia 22 de fevereiro no tratamento 1.

Na Figura 5, pode-se observar que as caixas coletoras do tratamento 2 (Sistema tradicional) não foram suficiente para reter toda água escoada após a chuva de 67,5 mm do dia 22 de fevereiro. A quantidade de água coletada nas duas caixas foi de 2.481 litros. Parte da água retida nas caixas foi retirada antes para evitar o transbordamento. Essa quantidade de água que escoou da área de plantio, demonstra o efeito do impacto causado pelas chuvas em um sistema de cultivo tradicional. Este volume de água escoado é resultado do selamento superficial ocorrido em sucessivas precipitações, o qual de acordo com REICHERT et al. (1988) ocorre, principalmente, em solos descobertos e é diminuída em solos com estrutura mais estável ou em sistemas conservacionistas que favorecem mais a infiltração da chuva causando menos escoamento superficial e erosão do solo.



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



Figura 5. Aspectos das caixas coletoras no tratamento 2, após a ocorrência de chuva.

Na Figura 6, pode-se observar que o acumulo de água na calha do tratamento 3 (Área com gramíneas), após a precipitação de 67,5 mm do dia 22 de fevereiro é muito pequena. A quantidade de água coletada na calha foi de 132 litros. O volume não foi suficiente para o transbordamento da água para as caixas coletoras. Neste tratamento, a quantidade de solo encontrado na água foi inexpressiva, o que demonstra a importância da cobertura para proteção da camada superficial e para infiltração da água de chuva.





Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
do Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



Figura 6. Vista parcial da água acumulada na calha do tratamento 3.

As perdas de solo ocorridas no período de cultivo (Tabela 1) foram variáveis ao longo dos meses, em virtude da irregularidade na distribuição das chuvas. No mês de dezembro de 2008, foram registrados apenas dois eventos com precipitação, sendo 65 mm no dia 2 e 9,3 mm no dia 24. Nestes eventos as maiores perdas de água e solo foram observadas no tratamento 2 com 800 litros de água coletada no dia 2, da qual foram retiradas 262 g de solo. No mês de janeiro foram registradas três precipitações, sendo: 2,9 mm no dia 6; 22,7 mm no dia 22 e 4,7 mm no dia 26. Apenas a chuva do dia 22 (22,7 mm) produziu escoamento, sendo: 15 litros no tratamento 1; 69 litros no tratamento 2 e 13 litros no tratamento 3. A maior perda de solo foi registrada na chuva do dia 22 com 87 g no sistema tradicional ou solo plano. No mês de fevereiro, foram registradas chuvas nos dias 2 (32 mm); 3 (47,7 mm); 4 (10,5 mm); 8 (0,5 mm); 14 (7,0 mm); 16 (5,1 mm); 19 (2,7 mm); 22 (67,5 mm); 23 (4,3 mm) e no dia 24 (33,6 mm). As precipitações que produziram escoamento e perda de solo foram as dos dias 2, 3, 22 e 24 de fevereiro. Os maiores valores observados de escoamento e perda de solo foram no dia 22 com 2.481 litros de água e 5,55 kg de solo no tratamento 2 – sistema tradicional. Esses resultados demonstram que a redução na capacidade de infiltração da água no solo favorece o escoamento superficial em cultivos com solo descoberto. No tratamento 3, foram coletados nesta chuva 132 litros de água e 90 g de solo.

No mês de março, foram registradas chuvas nos dias: 4 (35,3mm); 18 (14,4 mm); 25 (8,4 mm); 26 (9,0 mm); 27 (32,6 mm) e no dia 31 (24,5 mm). Na chuva do dia 4 de março os maiores escoamentos de água ocorreram no tratamento 2 com 1.244 litros de água escoada e a erosão de 2,63 kg de solo.

No mês de abril, foram registradas chuvas nos dias: 3 (5,2 mm); 6 (15,0 mm); 9 (2,5 mm); 10 (5,3 mm); 11 (1,0 mm); dia 12 (0,9 mm); dia 13 (6,0 mm); dia 14 (40,5 mm); dia 21 (9,5 mm); dia 23 (15,5 mm); e no dia 24 (1,6 mm). Neste mês o evento que produziu maior escoamento foi no dia 14 com a captação de 480 litros de água e 1,129 kg de solo no tratamento 2. No tratamento 3, foram coletados apenas 38 litros de água e 5 g de solo.

No mês de maio, foram registradas chuvas nos dias: 1 (16,7 mm); 2 (2,5 mm); 4 (1,0 mm); 5 (0,9 mm); 6 (5,9 mm); dia 8 (8,4 mm); dia 9 (18,3 mm); dia 10 (1,5 mm); dia 12 (0,8 mm); dia 18 (0,7 mm); dia 19 (7,5 mm); dia 20 (0,3 mm); dia 28 (5,5 mm); dia 30 (4,5 mm); e no dia 31 (11,6 mm). Neste mês, apenas três eventos produziram escoamentos, sendo registrados os maiores volumes de escoamento e

perda de solo na chuva de 18,3 mm do dia 9 de maio, quando escoaram 620 litros de água no tratamento 2, os quais provocaram a erosão de 825 g neste tratamento.

Tabela 1. Precipitação (P), volume de água escoado (V_{ESC}) e solo (sol) arrastado em função do volume de água precipitado nos diferentes métodos de preparo de solo explorado com a cultura do feijão no período de dezembro de 2008 a maio de 2009.

Data	Tratamentos						
	T 1			T 2		T 3	
	P (mm)	V_{ESC} (litros)	sol (kg)	V_{ESC} (litros)	sol (kg)	V_{ESC} (litros)	sol (kg)
2/dez	65,0	240	0,043	800	0,262	98	0,06
24/dez	9,3	24	0,001	14	0,002	9	0
22/jan	22,7	15	0,001	69	0,087	13	0,01
2/fev	32	120	0,475	960	2,107	28	0,01
3/fev	47,7	240	1,125	1997	5,275	44	0,05
22/fev	67,5	367	1,651	2481	5,551	132	0,09
24/fev	33,6	152	0,294	1187	2,14	37	0,01
4/mar	35,3	168	0,215	1244	2,63	42	0,04
18/mar	14,4	38	0,189	84	0,487	12	0
25/mar	8,4	16	0,0017	37	0,0027	7,3	0
26/mar	9,0	31	0,165	77	0,378	12	0
27/mar	32,6	120	0,40	1092	2,175	72	0
31/mar	24,5	98	0,47	408	0,389	27	0,03
6/abr	15	72	0,27	456	1,325	24	0,01
14/abr	40,5	192	0,30	480	1,129	38	0,05
21/abr	9,5	24	0,070	20	0,078	14	0
23/abr	15,5	48	0,048	72	0,278	15	0
1/mai	16,7	58	0,0018	119	0,471	20	0,02
8/mai	8,4	34	0,0016	77	0,520	14	0
9/mai	18,3	90	0,0036	620	0,825	28	0,04

A colheita do feijão teve início no dia 31 de janeiro e prolongou-se até o dia 9 de maio, quando foi colhido o restante do feijão. Na Tabela 2, pode-se observar os valores obtidos pelo feijão em termos de desenvolvimento e produtividade nos diferentes tratamento. A altura média alcançada pelas plantas no tratamento 1, foi de 37,6 cm, enquanto que no sistema tradicional foi de 32,2 cm. Essa mesma tendência ocorreu para o diâmetro basal das plantas, sendo o tratamento 1, onde se obteve os maiores

valores. A produção de feijão no tratamento 1, foi de 2.189 vagens, cujos grãos pesaram 6,32 kg. No tratamento 2, a produção de vagens foi de 1600 e os grãos pesaram 3,36 kg.

Tabela 2. Valores obtidos para a cultura do feijão observados nos diferentes métodos de preparo de solo.

Tratamentos	Altura da planta (cm)	Diâmetro basal da planta (cm)	Número de vagens	Peso de grãos (kg)
1 (Sulco barrado)	37,6 a	0,78 a	2.189 a	6,32 a
2 (Tradicional)	32,2 b	0,64 b	1.600 b	3,36 b
Média	34,9	0,71	1.894,5	4,84
C.V. (%)	4,08	9,54	34,65	24,0

(¹) As médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

CONCLUSÕES

Com os resultados apresentados, pode-se concluir que: a) o sistema de sulco barrados para o cultivo do feijão, apresentou as menores taxas de escoamento superficial e perda de solo pela erosão. As maiores taxas de escoamento de água e perda de solo foram obtidas no sistema tradicional. A cobertura vegetal proporciona maior retenção de água no solo e conseqüentemente menor erosão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJOS, J. B. 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 Aguas, 8).
- ANJOS, J. B.; BRITO, L. T. L. Sistema de cultivo em camalhões com sulcos barrados. Petrolina, PE. 1999. (Instrução Técnica, 10).
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do Solo. São Paulo: Ícone, 1990.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1999. 412p.



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
do Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



FAVA, A. R. Urbanização faz Atibaia perde volume de água. Disponível em: [www.jornal da unicamp](http://www.jornal_da_unicamp.com.br). Ed. 234. 20 a 26 de Outubro de 2003. Acesso em: 05 de setembro de 2006.

REICHERDT, J. M. **Formação de solo superficial e infiltração de água sob chuva simulada em solos do Rio Grande do Sul. 1988.** 165p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo_ - Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT User` Guide**, version 8, ed. Cary: NC, 1999. 3384p.



**Simpósio
Brasileiro
de Recursos
e Manejo
de Água
de Chuva**
27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



ÍNDICE DE EROSIVIDADE (EI30) DAS CHUVAS PARA A BACIA EXPERIMENTAL DO RIACHO MIMOSO, NO SEMI-ÁRIDO PERNAMBUCANO

Tatiana Patrícia Nascimento da Silva¹; Thaís Emanuelle Monteiro dos Santos²; Abelardo Antônio Assunção Montenegro³; Matheus Aragão de Melo Gusmão⁴; Isaac de Matos Ponciano⁴ & Cícero Teixeira Galindo⁵.

RESUMO - Durante as últimas décadas, o interesse pelo uso de técnicas de captação de água de chuva aumentou, pois projetos agrícolas e de recursos hídricos baseados em tecnologias sofisticadas e alto consumo de energia tornaram-se insustentáveis para vários países. Dentre essas técnicas, destacam-se o correto manejo de água e solo, permitindo o incremento da captação e do armazenamento da água no solo. A erosão hídrica acarreta o assoreamento de açudes e canais, decrescendo a disponibilidade de água. O conhecimento das relações entre os fatores que causam as perdas de solo e os que permitem reduzir tais perdas são de fundamental importância para um planejamento conservacionista adequado e econômico. O objetivo deste trabalho foi determinar o índice de erosividade das chuvas, para a Bacia Experimental do Riacho Mimoso, município de Pesqueira - PE e sua distribuição mensal, e definir o período crítico quanto à erosividade, no qual o uso de estruturas de conservação do solo e da água é de fundamental importância. O estudo foi realizado durante o período que compreende os meses que vai de Fevereiro a Julho de 2009. Foi utilizada a equação do Ei 30 para o cálculo da erosividade. Pode-se observar que o mês de Abril apresentou um potencial erosivo de 6873 MJ mm/ha.h, representando 67,73% das ocorrências.

Palavras-Chave: Índice de Erosividade (Ei30), Conservação do Solo, Semi-árido, Captação de água de chuva

(1) Estudante de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental –Bolsista da FACEPE- Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). E-mail: tathypatricia@yahoo.com.br

(2) Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo, Bolsista CT-Hidro/CNPq, UFRPE. E-mail: thaismanu@yahoo.com.br.

(3) Professor Adjunto, UFRPE, DTR, Bairro Dois Irmãos, Recife, PE, CEP 52171-900. E-mail: monte@hotlink.com.br

(4) Estudante de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFRPE. E-mail: matheusmgusmao@hotmail.com; isaacmattos@hotmail.com.

(5) Bolsista do CNPQ (Apoio técnico). BR 232, Km 228, Faz^a N^a Sr^a do Rosário, Pesqueira, PE, Brasil.

1- INTRODUÇÃO

Durante as últimas décadas, o interesse pelo uso de técnicas de captação de água de chuva aumentou, pois projetos agrícolas e de recursos hídricos baseados em tecnologias sofisticadas e alto consumo de energia tornaram-se insustentáveis para vários países, onde tendência atual é a adoção de técnicas de captação de água de chuva, antigas ou recentemente propostas, associadas ao uso de novos materiais (Palmier, 2003). Dentre essas técnicas, destacam-se o correto manejo de água e solo, permitindo o incremento da captação e do armazenamento da água no solo (Lopes et al., 2002).

A região semi-árida do Nordeste do Brasil se caracteriza pela má distribuição das chuvas no tempo e no espaço, apresentando, em algumas regiões do nordeste, um período de estiagem que ocorre de setembro a dezembro, e um período chuvoso, de março a junho, que é representado por chuvas de alta intensidade e de curta duração, resultando em elevado risco de perda de solo. As atividades de agricultura de sequeiro na região se iniciam com as primeiras chuvas do ano, coincidindo com o período de ocorrência de chuvas erosivas (Santos et al., 2006).

A erosão hídrica é a principal causa de degradação de terras agrícolas e consiste basicamente do desprendimento e arraste das partículas do solo. O arraste de partículas da camada arável de solos agricultáveis pode reduzir sua capacidade produtiva em razão da perda da camada de solo melhor formada e com maior teor de matéria orgânica. (Evangelista et al., 2006)

Albuquerque et al. (2002) verificaram que, à medida em que o manejo do solo, nas diversas atividades humanas, elimina a cobertura vegetal, sua superfície fica exposta à ação do impacto das gotas de chuva e da enxurrada. Desta forma, tanto o impacto das gotas de chuva quanto à enxurrada contribuem para modificar as condições físicas da superfície do solo, alterando a rugosidade superficial, a porosidade e a taxa de infiltração.

Portanto, o conhecimento das relações entre os fatores que causam as perdas de solo e os que permitem reduzi-las são de fundamental importância para um planejamento conservacionista adequado e econômico (Evangelista et al., 2006).

A caracterização do potencial erosivo das chuvas, dentre várias aplicações, possibilita dimensionar melhor as estruturas de conservação do solo, assim como, estimar a produção de sedimentos de uma bacia hidrográfica, a qual é um dado bastante relevante no gerenciamento dos recursos hídricos e na predição de impactos ambientais. (Hudson, 1981).

A energia cinética das gotas de chuvas promove o rompimento dos agregados dos solos levando ao selamento da sua camada superficial. Com isso, a infiltração inicial da água no solo é

reduzida e o escoamento superficial é potencializado, acarretando na perda da camada superficial do solo. Desta forma, a recarga dos aquíferos é prejudicada, reduzindo o volume de água retirado dos poços para consumo humano e animal. A erosão hídrica também acarreta no assoreamento de açudes e canais, decrescendo a água bombeada para a irrigação.

Os objetivos do trabalho foram determinar o índice de erosividade das chuvas, por meio do EI30, para a Bacia Experimental do Riacho Mimoso, município de Pesqueira - PE, sua distribuição durante a época estudada, e definir o período crítico quanto à erosividade, no qual possibilita dimensionar melhor as estruturas de conservação do solo e da água.

2-MATERIAL E MÉTODOS

2.1-Localização da área de estudo

Para determinar o índice de erosividade foi utilizado pluviômetro modelo TB4-L, com resolução de 0,254mm e capacidade de acumulação de 0 a 700mm de pluviosidade no intervalo de 1 hora, onde os dados são armazenados por meio de um datalogger, podendo ser avaliados de 5 em 5 minutos. Esses equipamentos estão localizados na Bacia Experimental do Riacho Mimoso no município de Pesqueira - PE, semi-árido pernambucano, durante o período de 17 de fevereiro a 22 de julho de 2009.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima na região é do tipo BSsh (extremamente quente, semi-árido), com precipitação total anual média de 730mm e evapotranspiração potencial anual média de 1683 mm, segundo Hargreaves (1974).

A área proposta para estudo é uma sub-bacia de ordem 3, inserida na Bacia Representativa do Riacho Mimoso, pertencente ao sistema do Rio Ipanema, em sua porção Ocidental mais a montante. Abrange parte dos municípios de Arcoverde e de Pesqueira, do Estado de Pernambuco, numa área de 194,82km². Localiza-se entre 8° 34' 17" e 8° 18' 11" de Latitude Sul, e 37° 1' 35" e 36° 47' 20" de Longitude Oeste. Ao norte faz limite com a bacia do rio Ipojuca e ao oeste com a bacia do Rio Moxotó.

O relevo da bacia hidrográfica em estudo varia de plano a montanhoso. A altitude varia de 600 m a 1120 m. A declividade média determinada pela média ponderada das declividades de todas as superfícies elementares é de 12%.

2.2 – Cálculos da Erosividade

A Erosividade da chuva determina a sua capacidade em provocar erosão, cujo valor é obtido pelo produto entre a energia cinética total da chuva (E_c) e a intensidade máxima em 30min (I_{30}), segundo a equação 1. Por meio dessa equação, pode-se estimar a erosividade baseando-se nas características pluviométricas.

$$Ei_{30} = E_{ct} \cdot I_{30} \quad (1)$$

Houve inicialmente a separação das chuvas individuais erosivas, seguindo o critério de Cabeda (1976) e Wischmeier & Smith (1978), com modificações sugeridas por Carvalho et al, (1989), relacionadas a seguir: (a) foram selecionadas as chuvas que apresentaram uma lâmina igual ou maior que 10,0mm, e (b) foram também selecionadas as chuvas que apresentaram uma altura menor que 10,0mm, caso sua lâmina em 15min fosse igual ou maior que 6,0mm.

A equação utilizada para o cálculo da energia cinética e convertida para o Sistema Internacional de Unidades (Foster et al., 1981) foi a proposta por Wischmeier & Smith (1978):

$$E_c = 0,119 + 0,0873 \log(I) \quad (2)$$

em que: E_c : energia cinética da chuva, em $\text{MJ ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, I : intensidade de chuva em cada segmento com intensidade constante, em mm h^{-1} . Essa equação é utilizada quando a Intensidade da chuva tiver valores menores ou iguais a 76 mm/h, para intensidades de chuva superiores a 76 mm h^{-1} a energia cinética passa a ter o valor máximo de 0,2832 MJ ha^{-1} .

A intensidade máxima em trinta minutos foi obtida conforme a expressão proposta por Carvalho (1987):

$$I_{30} = Li / 0,5 \quad (3)$$

onde o I_{30} é a intensidade máxima da chuva em 30min, (mm h^{-1}) e Li a lâmina máxima precipitada durante um intervalo de tempo de 30 minutos consecutivos, no decorrer da chuva. Quando a duração total da chuva for menor ou igual a 30 minutos, I_{30} foi considerado igual ao dobro da lâmina total precipitada (Wischmeier & Smith, 1978).

2.3- Descrições das Parcelas

O processo de amostragem, medição dos volumes e quantificação do solo e água de enxurrada, foi executado conforme metodologia proposta por Cogo (1978). As perdas de solos foram obtidas em quatro parcelas experimentais instaladas em uma encosta na Bacia experimental (Figura I). As parcelas experimentais são delimitadas por alvenaria, com dimensões de 4,5m de largura e 11m de

comprimento, e em suas extremidades inferiores foram instalados sistemas coletores de enxurradas, constituídos de uma calha conectada por uma tubulação de PVC a um tanque de capacidade de 500 litros. A cada evento chuvoso um volume de escoamento superficial era captado pelo conjunto de tanques dispostos na seção inferior das parcelas, e o volume era captado e quantificado.



Figura I- Detalhe das parcelas experimentais.

3-RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura II apresenta a distribuição temporal das chuvas durante o período de observações, comparando-o com os valores das médias mensais obtidas através dos dados dos últimos 10 anos. Observa-se que os volumes de chuva nos meses Abril e Maio atingiu valores significativamente superiores em relação à média, enquanto os meses de Março e Junho ocorreram precipitações acentuadamente inferiores aos valores médios para esses meses. Neste período analisado, Maio e Março foram os meses de maior e menor precipitação, respectivamente, com valores em torno de 286,6mm e 23mm.

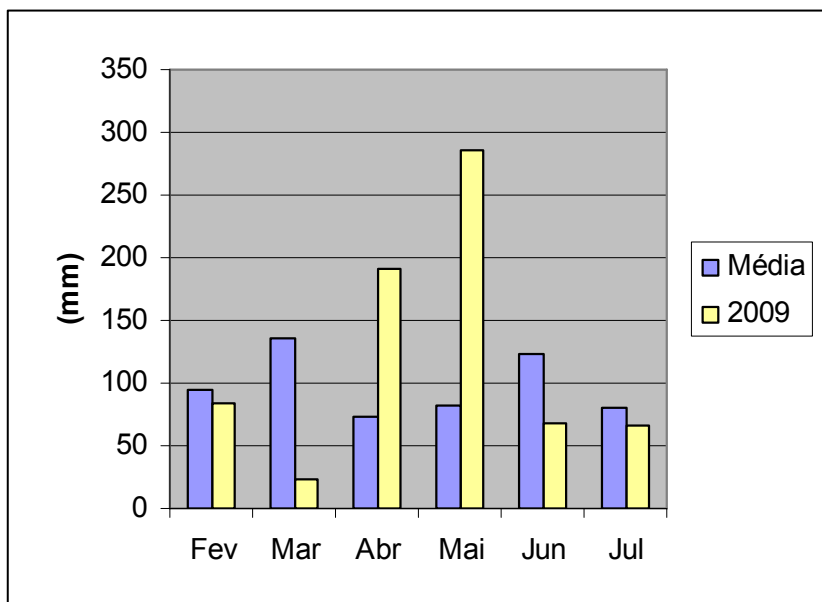


Figura II – Distribuição temporal das precipitações na área experimental durante o período de estudo (2009).

Visando avaliar a eficiência das técnicas conservacionistas, os trabalhos têm demonstrado que as características das chuvas que apresentam as correlações mais elevadas com as perdas de solo são a intensidade e a energia cinética. A erosividade, definida como o potencial da chuva em causar erosão no solo, é função exclusivamente das características físicas da própria chuva, entre as quais da sua quantidade, intensidade e energia cinética.

De acordo com os dados do período em estudo (Tabela I) observa-se que os meses de maior índice de erosividade foram Fevereiro, Abril e Maio, logo apresentando maior risco de erosão. Contudo as práticas conservacionistas também devem ser adotadas nos demais meses, pois esta região é caracterizada pela ocorrência de chuvas intensas e de pequena duração na região.

Tabela 1- Distribuição Mensal da Precipitação Pluvial e índice de erosividade (Ei30) para a Bacia Experimental do Riacho Mimoso, ano de 2009.

MÊS	PRECIPITAÇÃO (mm/h)	%	Ei 30 Mim	%
Fevereiro	28,4	8,44	1127,89	11,109
Março	7	2,08	300,17	2,9567
Abril	107,2	31,8	6873,09	67,70
Maio	156,8	46,6	1670,29	16,45
Junho	11,8	3,51	24,62	0,242
Julho	25,2	7,49	156,22	1,538
Total	336,4	100	10152,31	100

Os meses onde a erosividade ficou mais concentrada foram Fevereiro, Abril e Maio, apresentando o Ei30 com valor de 9671.290779 MJ mm/ha.h⁻¹ o que representa 95.298% da erosividade que ocorreu no período de Fevereiro a Julho de 2009. Dentre esses meses o que mais se destacou foi Abril com o Ei30 com o valor de 6873.09 MJ. mm/ha.h⁻¹, representando 67,72%.

A erosividade dos meses em estudo, referente ao ano de 2009, atingiu o valor de 10152.313MJ mm/ha.h⁻¹, como apresentado na Figura 3, e na Tabela I. Este resultado apresentou valores significativamente acima da média quando comparados com os autores Margolis et al. (1985), em Caruaru-PE (2.060 MJ.mm/ha.h⁻¹); Lopes & Brito(1993), na região do médio São Francisco no Pólo de Petrolina-PE –Juazeiro-BA (3.772 MJ.mm/ha.h⁻¹).Os valores encontrados pelos autores supracitados foram analisados em séries anuais.

Embora os dados obtidos neste trabalho sejam referentes a um período do ano de 2009, foi evidenciado um potencial erosivo elevado quando comparados pelos autores citados acima.

Observa-se na Figura III, que a erosividade apresentou uma correlação negativa em relação à precipitação, diferindo dos resultados obtidos em Pesqueira – PE por Santos et al., (2006). Contudo, vale ressaltar que o índice de erosividade superou a precipitação no mês de Abril, o que demonstra o poder erosivo dessa chuva.

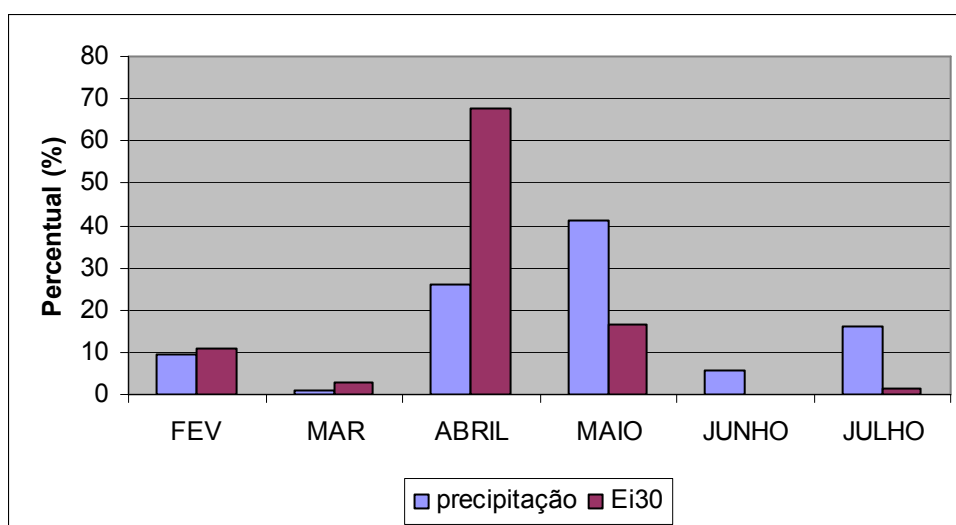


Figura III—Distribuição percentual das precipitações e erosividade dos meses de Fevereiro a Julho de 2009.

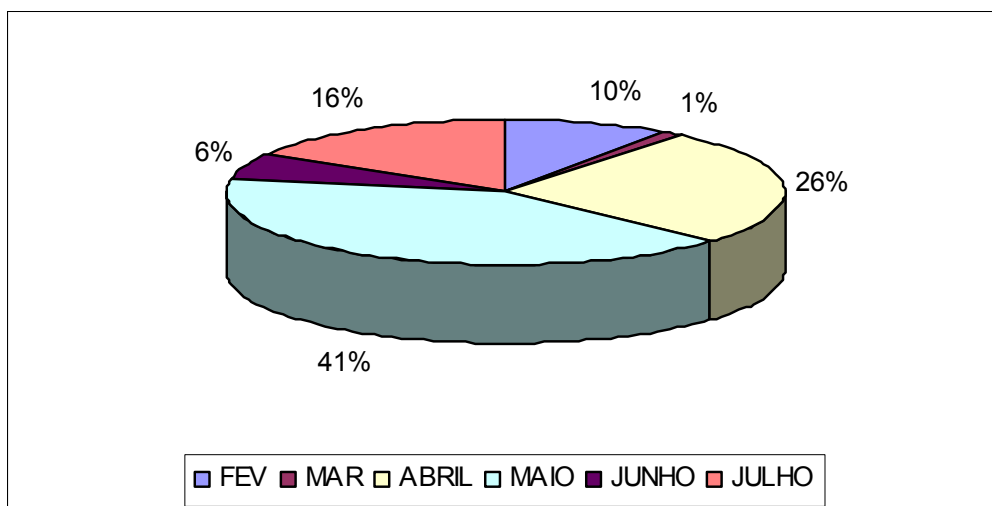


Figura IV- Distribuição percentual das precipitações no período do ano de 2009.

4- CONCLUSÕES

A erosividade dos meses em estudo, referente ao ano de 2009, atingiu o valor de 10152.313 MJ. mm/ha.h⁻¹, onde a erosividade ficou mais concentrada nos meses de Fevereiro, Abril e Maio com valor de 9671.2907 MJ mm/ha.h⁻¹, o que representa 95,298%. Foi observado que no mês de Abril apresentou o maior potencial erosivo com o valor de 6873.096 MJ mm/ha h⁻¹, representando 67,72% com relação aos meses estudado.

Nesse estudo realizado durante os meses de Fevereiro a Julho de 2009, observa-se que a Bacia Experimental do Riacho Mimoso apresenta um alto risco de erosão hídrica.

5-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, A. W LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S.; SANTOS, J. R. . **Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB, v.6, n.1, p.136-141, 2002.
- CABEDA, M.S.V. **Computation of storm EI values.** West Lafayette, Purdue University, 1976.
- CARVALHO, M. P.; LOMBARDI NETO, F.; VASQUES FILHO, J. & CATANEO, A **Erosividade da chuva de Mococa (SP) analisada pelo índice EI₃₀.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.13, n.2, p.243-249, 1989.
- COGO, N. P. **Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condições de chuva natural: I - Sugestões gerais, medição de volume, amostragem e quantificação de solo e água da enxurrada.** In: Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do solo 2., Passo Fundo, Anais, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, p.75-97, 1978.

EVANGELISTA, A.W.P.; CARVALHO, L.G.; DANTAS, A.A.A.; BERNARDINO, D. T. **Potencial erosivo das chuvas em Lavras, MG: Distribuição, probabilidade de ocorrência e período de retorno.** Irriga, Botucatu, v. 11, n. 1, p. 1-11, 2006.

FOSTER, G.R.; McCool, D.K.; Renard, K.G; Moldenhauer, W.C. **Conservation of the Universal Soil Loss Equation the SI metric units.** Journal of Soil and Water Conservation, Baltimore, v.36, p.355-359, 1981.

HARGREAVES, G.H. **“Climatic zoning for agricultural production in northeast Brazil”.** Logan: Utah State University, 6p.1976.

HUDSON, N. **Soil Conservation.** 2. ed. Ithaca, Cornell University Press, p.320, 1981.

LOPES, P.R.C.; SILVA, M.S.L.; ANJOS, J.B.; GOMES, Araújo, T. C.. **Captação e Armazenamento de Água de Chuva no semi-árido do Nordeste do Brasil.** In: XIV Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, Cuiabá-MS. Anais, 2002.

LOPES, P. C. R. & BRITO, L. T. L. **“Erosividade da chuva no Médio São Francisco”.** Revista Brasileira de Ciência do solo, v.17 pp. 129-133, 1993.

MARGOLIS, E. ; Silva, A.B. & JACQUES, F. O. **”Determinação dos fatores da equação universal das perdas de solo para as condições de Caruaru – PE”.** Revista Brasileira de Ciência do solo, v.9 p. 165-169, 1985.

MONTENEGRO, A. A. A., NASCIMENTO, J. ; CORREA, M. M., SILVA, V.P.; MOURA, R. F. RIBEIRO, M. R., MONTENEGRO, S. M. G.L, SANTOS, T. E.M **“Implantação e Monitoramento da Bacia Experimental do riacho Jatobá”** In: Anais do VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. São Luis, 2004.

PALMIER L. R.. **Uso de Técnicas de Captação de Água de Chuva: Causas de insucessos e Tendências Futuras.** Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva, 2003.

SILVA JUNIOR, V. P.; SANTOS, E. S.; SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, E. F. F.. **Hidrometria Experimental na Bacia do Alto Ipanema no Município de Pesqueira-Pe.** In: IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Salvador, 2008.

SANTOS, T. E. M.; SILVA, J. R. L.; ANDRADE, T. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA JÚNIOR, V. P.; SANTOS, E. S.. **Índice de erosividade (EI30) das chuvas para a Bacia Experimental do Jatobá, no Semi-árido pernambucano.** In: VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Gravatá, 2006.



Simpósio
Brasileiro
de Recursos
e Planejamento
de Água
e Saneamento

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



WISCHMEIER, WH. & SMITH, D. D. **Predicting Rainfall erosion losses - a guide to conservation planning.** Washington, USDA, 1978.

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE MAMONA (*Ricinus communis* L.) EM AGRICULTURA FAMILIAR NO SEMI-ÁRIDO DE PERNAMBUCO.

Júlio José do Nascimento Silva¹; Abelardo Antônio de Assunção Montenegro¹; Napoleão Esberard de Macedo Beltrão³; Waltemilton Vieira Cartaxo³; Malaquias Xavier de Oliveira²

RESUMO – Este trabalho foi realizado na Fazenda Nossa Senhora do Rosário, Pesqueira-PE. Utilizou-se a cultivar BRS 188 – Paraguaçu, que segundo a literatura se adequa às condições locais. O cultivo experimental iniciou-se no dia 15/03/2007, terminando seu primeiro ciclo no dia 31/10/07. Neste período, o plantio foi conduzido em regime de sequeiro. Para tanto, foram avaliadas as condições climáticas em que se desenvolveu a cultura, precipitação (P), evapotranspiração de referência (ET_o). Pelo Tanque Classe “A” e adotando-se coeficiente de cultura para mamona da FAO, estimou-se a evapotranspiração da cultura (ET_c). Observou-se que a cultura se desenvolveu satisfatoriamente alcançando alta produtividade na ordem de 2900 kg/ha. Estes resultados podem ser atribuídos ao fato do ano de 2007 ter apresentado um índice pluviométrico intermediário em relação aos últimos 20 anos na região, principalmente no período que compreendeu o ciclo da cultura, de março à setembro. Outrossim, os meses anteriores ao plantio, janeiro e fevereiro, também apresentaram um bom índice pluviométrico o que permitiu o maior acúmulo de água no solo, mantendo-se a umidade ideal para o crescimento e desenvolvimento inicial da cultura.

Palavras chaves: Semi-árido, mamona e agricultura familiar.

¹UFRPE – Rua D. Manuel de Medeiros, s/n, CEP: 52.171-030, Recife-PE, Brasil, E-mail: juliojns1980@yahoo.com.br

²EMPRAPA Algodão - Rua Oswaldo Cruz, 1143 – Centenário Caixa Postal 174, 58428-095, Campina Grande – PB, Brasil

³Fazenda Nossa Senhora do Rosário, BR 232, Km 228, CEP 55200-970, Pesqueira-PE, Brasil.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



INTRODUÇÃO

A busca mundial pela sustentabilidade ambiental, com base na substituição progressiva dos combustíveis minerais derivados do petróleo, responsáveis diretos pelo efeito estufa, por combustíveis renováveis de origem vegetal, dentre eles o biodiesel do óleo da mamona, criou uma perspectiva real para a expansão do seu cultivo, em escala comercial no semi-árido brasileiro, principalmente na agricultura familiar, que já tem tradição no cultivo desta oleaginosa (BELTRÃO et al., 2005).

A faixa ideal de precipitação pluviométrica para produção da mamona varia entre 750 e 1500 mm, com um mínimo de 600 a 750 mm durante todo o ciclo da cultura, ajustando-se o plantio de forma que a planta receba de 400 a 500 mm até o início da floração.

Barros Júnior et al. (2006) ressaltam que, por ser uma planta com capacidade de produzir satisfatoriamente bem sob condições de baixa precipitação pluvial, a mamona se apresenta como uma alternativa de grande importância para o semi-árido brasileiro. Nesta região, a cultura, mesmo tendo a produtividade afetada, tem-se mostrado resistente ao clima adverso quando se verificam perdas totais em outras culturas, servindo, desta forma, como uma alternativa de trabalho e de renda para o agricultor da região semi-árida do Nordeste do Brasil. Nesse cenário, a pequena agricultura ou a agricultura familiar vem-se constituindo importante fonte de renda em pequenas comunidades pobres e contribuindo para diminuir o êxodo rural.

O presente trabalho teve por objetivo caracterizar o crescimento e a produtividade da cultura da mamona em regime de sequeiro no semi-árido de Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na Fazenda Nossa Senhora do Rosário, município de Pesqueira (Figura 1) a 230 km de Recife-PE, nas proximidades da rodovia BR-232, com coordenadas geográficas de 08°10'25" S e 35°11' W, de latitude e longitude, respectivamente, e 650 m de altitude (Figura 2). O clima do local é classificado, segundo Köppen, como BShw' semi-árido quente, caatinga hiperxerófila, com temperatura média anual em torno de 27°C, a umidade relativa média anual do ar é de 73%, e a velocidade média do vento é de 2,5 m/s. Foi instalado plantio em vale aluvial, no dia 15 de março de 2007, em linhas de cultivo com mamona

cultivar BRS-188 Paraguaçu, numa área de 1444 m² com espaçamento de 3m x 1m, perfazendo um stand de 480 plantas, em consórcio com Feijão Caupi com espaçamento 0,5m x 0,5m nas entrelinhas de mamona.

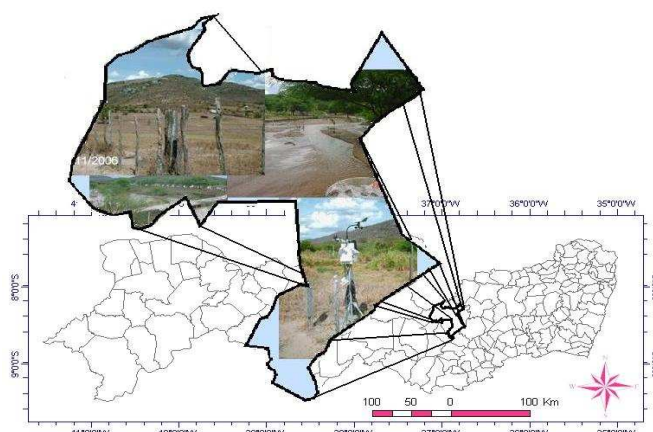


Figura 1. Localização do município de Pesqueira – PE (Fonte: Silva et al., 2007).



Figura 2. Imagem aérea da área experimental na Fazenda N. S. do Rosário, Pesqueira-PE.

Os vales aluviais do semi-árido apresentam elevado potencial para a pequena agricultura, embora sejam susceptíveis a processos de acúmulo de sais, tanto na zona não-saturada quanto na saturada, a depender, dentre outros fatores da distribuição espacial de suas características hidráulicas. (MONTENEGRO & MONTENEGRO, 2006). Os atributos físicos e a granulometria média da área de estudo, determinados segundo EMBRAPA (1997), estão descritos na Tabela 1

para as profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60cm, e de acordo com os resultados obtidos a Classe textural é Franco arenoso.

Tabela 1. Análise da textura, densidade do solo (Ds), densidade da partícula e porosidade total do solo da área experimental. Pesqueira-PE, 2007.

Profundidade (cm)	Atributos						Classe Textural
	Areia	Argila	Silte	Ds	Dp	P	
	g/Kg			g/cm ³		(%)	
0-20	647,9	154,4	197,8	1,44	2,61	44,86	Franco arenoso
20-40	642,9	173,0	184,1	1,42	2,61	45,44	Franco arenoso
40-60	683,9	159,7	156,5	1,40	2,63	46,80	Franco arenoso

O monitoramento das variáveis climatológicas, precipitação e evapotranspiração, foi realizado por meio de pluviômetro manual e tanque Classe “A”, respectivamente, operados pelo próprio agricultor. A Evapotranspiração potencial de referência (ET_o) pode ser estimada pelo método do Tanque Classe “A” conforme equação:

$$ET_o = ECA \times Kt \quad (1)$$

Em que:

Kt = Coeficiente de tanque:

O tanque utilizado neste estudo está circundado por grama, tendo-se registrada velocidade média dos ventos de 168 km.dia⁻¹ e umidade relativa média de 72%, adequando-se assim o valor de Kt igual a 0,75 (Figura 3).



Figura 3. Tanque Classe “A”. Pesqueira-PE, 2007.



Simpósio
Brasileiro
de Captação,
e Manejo
de Água
de Chuva
27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



As leituras foram realizadas nas primeiras horas da manhã, onde o balanço diário da evaporação foi obtido por meio da equação:

$$ECA = L_{anterior} - L_{atual} + P \quad (2)$$

Em que,

ECA = Evaporação diária do Tanque Classe “A”, em mm;

$L_{anterior}$ = Leitura anterior da régua instalada no tanque, em mm;

L_{atual} = Leitura atual da régua instalada no tanque, em mm;

P = Precipitação, em mm.

Para a estimativa da evapotranspiração de cultura, utilizaram-se coeficientes de cultura (K_c) desenvolvidos por Doorenbos & Pruitt (1977) (Tabela 2).

Tabela 2: Coeficiente de cultivo (K_c) correspondente a cultura da mamona, em diferentes fases de desenvolvimento.

Estádios de Desenvolvimento	Caracterização dos Estádios	Duração Aproximada (dias)	K_c 's
Estádio I – Fase inicial	Germinação e crescimento inicial, quando a superfície do solo está coberta muito pouca ou quase nada pela cultura.	25	0,35
Estádio II – Fase de crescimento	Desde o final da fase inicial até se chegar a uma cobertura com sombreamento efetivo completo.	40	0,75
Estádio III – Fase do período intermediário	Desde o final da fase anterior até o momento de início da maturação, manifestada pela descoloração das folhas ou sua queda.	65	1,05
Estádio IV – Fase do período final	Do estágio anterior até a plena maturação ou colheita	50	0,50

Fonte: Doorenbos & Pruitt (1977)

Devido à distribuição regular das chuvas durante o período, adotou-se irrigação suplementar, no fim do ciclo, mas não significativa. Nesta fase foram avaliadas as variáveis de crescimento: Diâmetro do caule, medido com paquímetro, e altura das plantas, aferidas com régua. Ao todo foram realizadas 10 medições aos 16, 32, 51, 63, 72, 81, 97, 133, 168 e 200 dias após a semeadura (DAS), sendo avaliadas 160 plantas, em malha de 3x3m.

Já a produtividade foi estimada em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, pesando-se os cachos colhidos por área. Ao todo, foram realizadas 4 colheitas neste primeiro ciclo da cultura. Para obtenção da produtividade de



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva
27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



sementes utilizou-se um fator conversão (F) para transformação de peso de cachos em peso de sementes, no valor 0,6, segundo Severino et al. (2005). Para o Feijão Caupi foi realizada uma única colheita, pesando-se os grãos e fazendo-se relação por área.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho utilizou-se pluviômetro alocado na propriedade do agricultor, como forma de promover e incentivar maior interação deste com os equipamentos e medição climatológica, bem como ressaltar a importância da utilização destes dados, no manejo do cultivo.

Observa-se na Figura 4 a distribuição da chuva ao longo do ano de 2007, bem como os valores médio e máximo de precipitação de uma série de 20 anos, notando-se que os maiores picos se deram nos meses de fevereiro e março, apresentando uma melhor distribuição a partir do mês de maio e encerrando-se no mês de setembro.

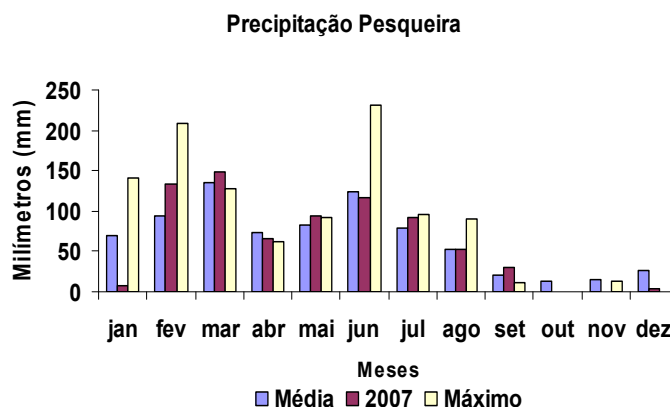


Figura 4. Distribuição da precipitação média, máxima e ao longo do ano de 2007 na área experimental.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada usando o Tanque Classe “A”. Para se estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c) da mamona utilizou-se os valores dos K_c's estabelecidos por Doorenbos & Pruitt (1977), já mostrados na Tabela 2, multiplicados pelos valores de ET_o obtidos pelo Tanque Classe “A”. Este último foi escolhido por ser mais acessível e de melhor entendimento para o agricultor.

Na Figura 5 é mostrado a distribuição da EV, ETo, ETc e precipitação na primeira fase da cultura, definida como Fase Inicial, a qual iniciou em 20/03/2007 e terminou no dia 14/04/2007, perfazendo um total de 25 dias, onde o Kc utilizado foi de 0,35. Houve apenas um evento chuvoso de 5 mm, com ETc acumulada de 35,2mm e média de 1,47 mm/dia.

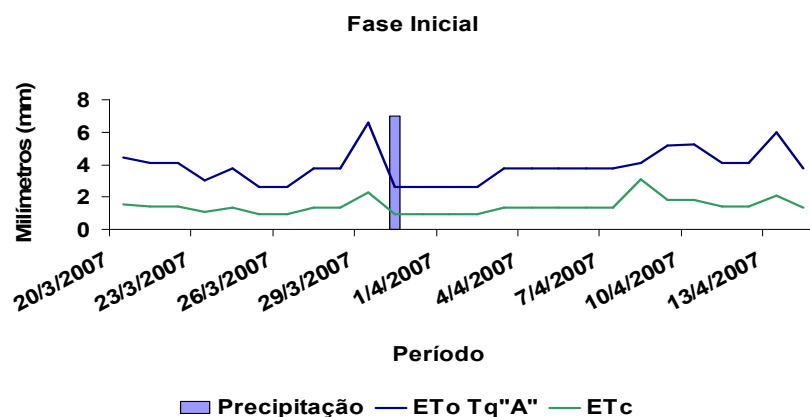


Figura 5. Precipitação, evapotranspiração de referência e evapotranspiração da cultura ao longo do tempo na fase inicial da cultura. Pesqueira-PE, 2007.

A segunda fase começou a partir do dia 15 de abril e perdurou até 25 de maio, correspondendo ao desenvolvimento da cultura. Pode-se observar que houve vários eventos chuvosos, gerando um total acumulado de 137 mm. Durante esta fase a ETc acumulada foi de 103,11mm e média de 2,58 mm/dia (Figura 6).



Simpósio
Brasileiro
de Engenharia
de Água
e Saneamento
27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE

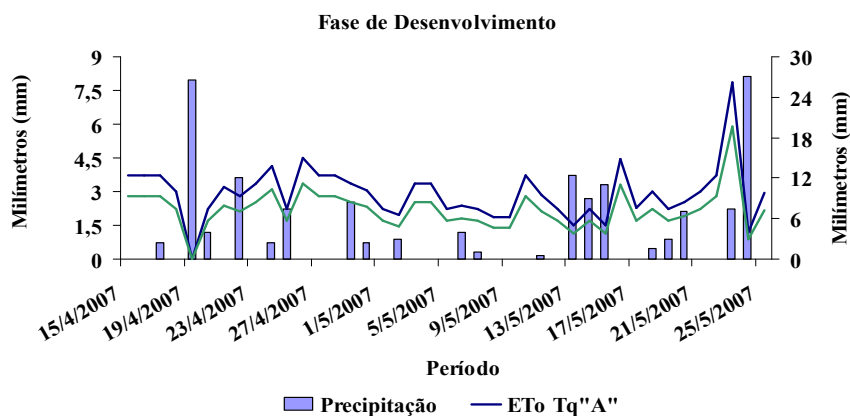


Figura 6. Precipitação, evapotranspiração de referência e evapotranspiração da cultura ao longo do tempo na fase de desenvolvimento da cultura. Pesqueira-PE, 2007.

A fase intermediária é a fase mais crítica, uma vez que é mais longa e quando se processa o desenvolvimento reprodutivo. Durante este período, a ETc acumulada foi de 169,39 mm, com ETc média de 2,61 mm/dia (Figura 7).

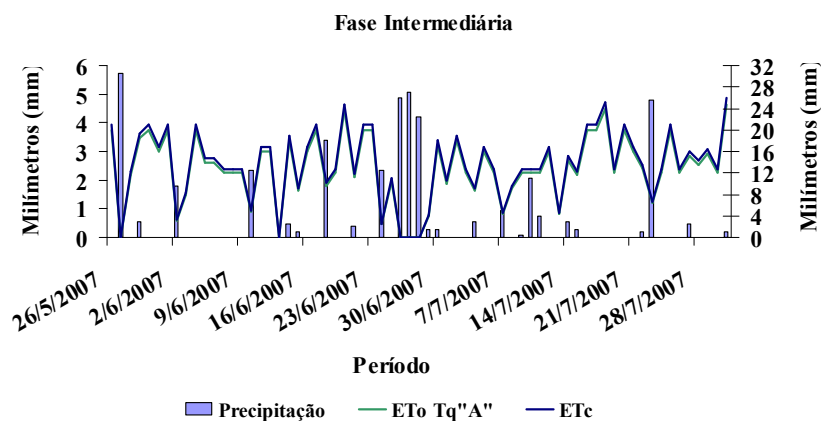


Figura 7. Precipitação, evapotranspiração de referência e evapotranspiração da cultura ao longo do tempo na fase intermediária da cultura. Pesqueira-PE, 2007.

Para a fase final, período em que ocorre a maturação e enchimento dos grãos, compreendido entre 01/08/2007 e 19/09/2007, obteve-se uma ETc acumulada de 75,69 mm, com ETc média de 1,51 mm/dia (Figura 8)

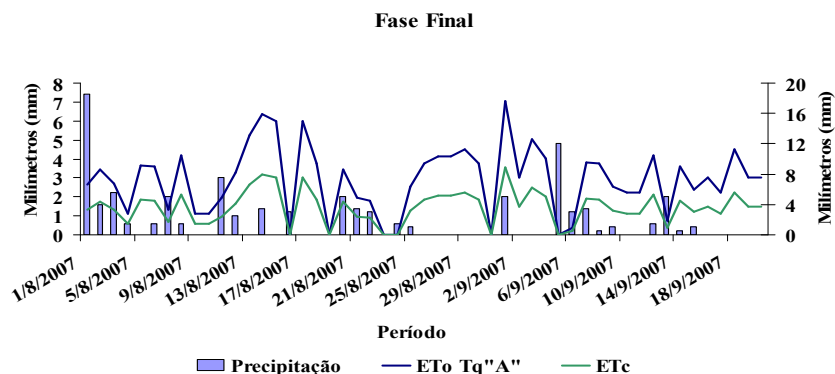


Figura 8. Precipitação, evapotranspiração de referência e evapotranspiração da cultura ao longo do tempo na fase final de desenvolvimento da cultura. Pesqueira-PE, 2007.

Na tabela 3 podem ser observados os valores totais de precipitação (P), evapotranspiração de referência (ETo) e evapotranspiração de cultura (ETc), em milímetros (mm), de acordo com cada fase do ciclo vegetativo da cultura.

Tabela 3: Valores totais de P, ETo e ETc observados durante o ciclo da cultura

Fases Vegetativas		Kc's	Período		Duração	Prec. Acum.	Eto Acum	ETc Acum
			Início	Final	dias	mm		
1	Inicial	0,35	20/3/07	14/4/07	25	7	100,58	36,85
2	Crescimento	0,75	15/4/07	25/5/07	40	153	119,63	89,72
3	Intermediário	1,05	26/5/07	31/7/07	65	228	161,33	169,39
4	Final	0,5	1/7/07	19/9/07	50	101	148,39	74,19
	Total				Total	489	529,91	370,16

Pode-se verificar a evolução das variáveis de crescimento, altura de plantas (Figura 9) e diâmetro caulinar (Figura 10), ao longo do ciclo da cultura. Existe um crescimento contínuo, mais acelerado até os 133 DAS, logo depois diminuindo após esse período, o que pode ser explicado pela transferência dos fotossimilados usados no crescimento para os órgãos reprodutivos. Vale salientar que em biossistemas é comum se observar variações, sendo difícil chegar próximo da realidade, pois se trabalha com indivíduos distintos em cada período de tempo. Vale ressaltar que as folhas possuem alta variabilidade nos estádios iniciais de crescimento, devido a diferentes

tipos, cujo tamanho tornam-se mais semelhantes nos estádios avançados de crescimento. Na Figura 11 pode-se observar o porte das plantas ao longo do ciclo.

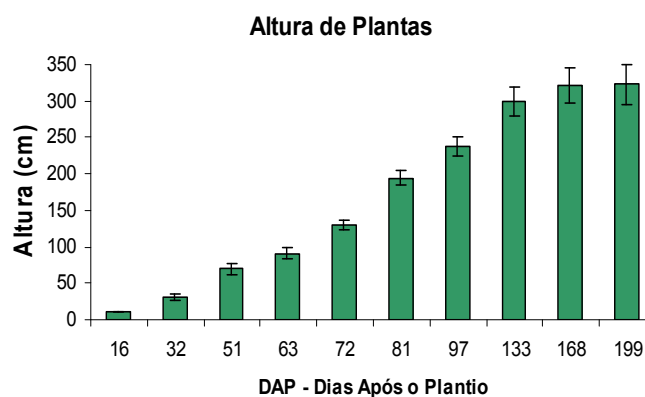


Figura 9: Evolução da altura das plantas ao longo do ciclo d cultura.

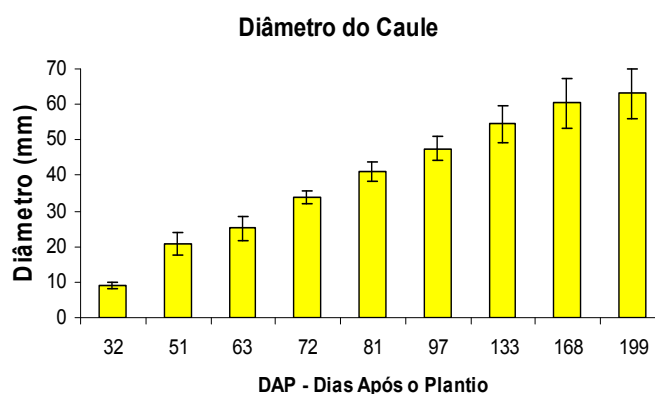


Figura 10: Evolução do diâmetro do caule ao longo do ciclo da cultura

No que diz respeito à possibilidade de estimar o peso das sementes a partir do peso dos cachos ou dos frutos simplifica muito esse processo e economiza tempo e recursos para pagamento de mão-de-obra para descascamento. Diante disso, o peso de sementes obtido na área experimental e conseqüentemente a produtividade, foram estimados multiplicando-se o peso total de bagas colhidas pelo fator (F) igual a 0,6, recomendado segundo Severino (2005). Já para o feijão foi realizado apenas um plantio, perfazendo uma só colheita (Tabela 4).

Tabela 4: Produção e produtividade de feijão e de mamona em bagas e grãos na área experimental, Pesqueira-PE, 2007.

Colheitas	Produção de bagas kg	Área ha	Produtividade de bagas kg/ha	F	Produtividade de grãos kg/ha
28/08/2007	185,0	0,144	1284,72	0,6	770,83
11/09/2007	186,0	0,144	1291,67	0,6	775,00
25/09/2007	186,5	0,144	989,58	0,6	593,75
01/10/2007	186,5	0,144	1295,14	0,6	777,08
Mamona total	700,0	0,144	4861,11	0,6	2916,67
Feijão total					173,61



Figura 11. Plantio da mamona, Pesqueira-PE, 2007.

Estes resultados de produtividade podem ser atribuídos ao fato do ano de 2007 ter sido um ano com índice pluviométrico intermediário dos últimos 20 anos na região, principalmente no período que compreendeu o ciclo da cultura, de março a setembro. Outrossim, os meses anteriores ao plantio, janeiro e fevereiro, também apresentaram um bom índice pluviométrico o que permitiu o maior acumulo de água no solo, mantendo-se a umidade ideal para o crescimento e desenvolvimento inicial da cultura.

CONCLUSÕES

O plantio realizado no mês de março de 2007 permitiu um adequado aproveitamento da estação chuvosa, para aquele ano.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



A cultura apresentou um elevado desenvolvimento ao longo do seu ciclo, o que gerou uma produtividade de 2900 kg.ha⁻¹ de grãos, se mostrando como uma das opções para agricultura familiar na região de Pesqueira – PE

Com base nos coeficientes de cultura (Kc's), quantificados por Doorenbos e Pruitt (1977), verificou-se que o consumo foi menor que o aporte de água ao longo do ciclo.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao CNPq/CT-Agro, a FACEPE, a EMBRAPA-CNPA e a UFRPE, pelo apoio financeiro e institucional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

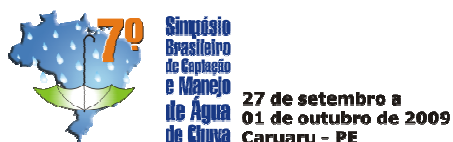
BARROS JR, G., GUERRA, H. O. C.; CAVALCANTI, M. L. F., LACERDA, R. D.; OLIVEIRA, J. M. C. Efeito do Déficit de Água no Solo Sobre a Relação Raiz/Parte Aérea nas Cultivares de Mamona BRS 149 e BRS 188 . In: II Congresso Brasileiro de Mamona: Cenário Atual e Perspectivas. Aracaju - SE. 2006. CD-Rom. 5p.

BELTRÃO, N. E. M., CARTAXO, W. V., PEREIRA, S. R. P., SOARES, J. J., SILVA, O. R. R. F. O Cultivo Sustentável da Mamona no Semi-árido Brasileiro. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2005. 23p. (EMBRAPA-CNPA. Circular Técnica, 84).

DOORENBOS, J.; PRUITT, J.O. Crop water requeriment. Rome: FAO, 1977. 144p. (FAO Irrigation and Drainage Paper 24).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.10, n.1, p.30–37, 2006.



SEVERINO, L. S.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, T. M. S., CARDOSO, G. D.; SANTOS, J. W. Fatores de conversão do peso de cachos e frutos para peso de sementes de mamona. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2005. 14p. (EMBRAPA-CNPA. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 56).

SILVA, A. P. N., MONTENEGRO, A. A. A., PESSOA, A. L., SILVA JUNIOR, S., SILVA, J. J. N. Análise da distribuição pluviométrica mensal no município de Pesqueira-PE In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15. 2007, Aracaju. Anais...Aracaju. 1 CD-ROM

SILVA, J. J. N. Caracterização edafoclimática em um cultivo de mamona (*Ricinus communis* L.) em vale aluvial no Agreste de Pernambuco, 2008. 85f. Dissertação (Mestrado em Eng^a Agrícola - Manejo Integrado de Água e Solo), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife:



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



PRÁTICAS DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA E SOLO, EM UMA SUB-BACIA MUNICÍPIO DE PESQUEIRA-PE

Valdemir de Paula e Silva Junior¹ Abelardo Antônio de Assunção Montenegro¹; José Roberto Lopes da Silva¹ & Fernanda da Silva Leite¹

RESUMO - O solo é o recurso natural mais intensamente utilizado na produção de alimentos, podendo ter sua capacidade produtiva comprometida pela erosão, em decorrência de seu uso e manejo inadequados. Diante disso, o objetivo foi avaliar o desempenho de sistemas de captação do solo e da água na Bacia experimental, localizada no município de Pesqueira-PE, no tocante ao incremento de disponibilidade hídrica para a agricultura de sequeiro e recuperação de áreas degradadas. Foram instaladas parcelas de erosão de chuva natural de (44m²) em áreas de cultivo de sequeiro, onde os tratamentos serão: área cultivada sob condição de plantio direto com barramento, e solo descoberto, podendo-se considerar também a cobertura morta e vegetação natural. Foram realizados testes a partir de um simulador de chuvas em parcelas de 3,0m de comprimento e 1m de largura. em áreas de cultivo de sequeiro. Os tratamentos foram feijoeiro cultivado na condição morro abaixo (MA) e com cobertura morta (CM). A partir dos dados de perda de água e solo observou-se que dentre as práticas conservacionistas estudadas a cobertura morta apresentou, em média, redução de 86,91% da erosão do solo, em relação à condição morro abaixo (MA). Como resultados esperados se têm a identificação de áreas morfologicamente distintas da bacia experimental e seus graus de vulnerabilidade; avaliar a efetividade e difundir técnicas conservacionistas em bacia de semi-árido, em particular uso de cobertura morta e microbarramentos, avaliar a efetividade do plantio direto como medida conservacionista, a nível de parcela; incrementar disponibilidade de umidade nos solos de encosta do semi-árido.

Palavras chaves: cobertura morta, barramento.

¹UFRPE, Rua: Dom Manoel de Medeiros s/n, CEP: 52171-030, Dois Irmãos, Recife -PE, Brasil, E-mail: depaulajr22@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Em razão da importância da água e das crescentes preocupações ambientais nas diversas atividades desenvolvidas pelo homem, está evoluindo progressivamente em todo mundo um novo conceito integrado de planejamento, gestão e uso dos recursos hídricos, onde, através de um conjunto de medidas técnicas, administrativas e legais, busca-se uma resposta eficaz às necessidades humanas e às exigências sociais para melhorar a utilização da água.

A água é um recurso natural de valor inestimável. Mais que um insumo indispensável à produção e um recurso estratégico para o desenvolvimento econômico, ela é vital para a manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos que mantêm em equilíbrio os ecossistemas. É, ainda, uma referência cultural e um bem social indispensável à adequada qualidade de vida da população.

A chuva é uma fonte de água doce valiosa e sua captação é de extrema importância, principalmente a partir da Conferência Internacional de Água e Meio Ambiente que ocorreu em Dublin, em 1992, quando foi definido que "a água doce é um recurso finito e vulnerável", e a vida e os ecossistemas terrestres estão ameaçados, a não ser que os recursos hídricos sejam gerenciados de forma mais efetiva no presente e no futuro.

As tecnologias de captação e manejo de água de chuva surgiram de maneira diversa e independente em muitas regiões do mundo e tem sido uma técnica de uso comum, notadamente nas áreas áridas e semi-áridas, onde as chuvas, além de irregulares, ocorrem por poucos meses.

Elaborar soluções adequadas e permanentes, para subsidiar o desenvolvimento do Semi-árido brasileiro remete citar as tecnologias comumente adotadas em regiões do mundo com clima similar. Dentre estas se encontra a captação de água de chuva, que é uma técnica milenar, a qual tem sido utilizada tradicionalmente em muitas partes do mundo, a exemplo da China, Índia e Irã onde há dois mil anos já existiam sistemas de captação de água de chuva comunitários (Gnadlinger, 2000).

Práticas de conservação devem ser adotadas a fim de evitar o escoamento superficial onde ocorre o transporte de partículas do solo que sofrem deposição somente quando a velocidade do escoamento superficial for reduzida. Além das partículas de solo, o escoamento transporta

compostos químicos, matéria orgânica e defensivos agrícolas, que além de causarem prejuízos diretos à produção agropecuária, também poluem os cursos d'água (Pruski, 2004).

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho desenvolvido, numa Bacia Representativa do Alto Ipanema, situada no município de Pesqueira, localiza-se entre 8° 34' 17" e 8° 18' 11" de Latitude Sul, e 37° 1' 35" e 36° 47' 20" de Longitude. A bacia está localizada na região Agreste do Estado de Pernambuco, exibe clima semi-árido muito quente tipo Estepe, segundo Köppen. A precipitação média anual na região é de 607 mm, a temperatura média é de 23°C e a evapotranspiração é de cerca de 2000mm por ano. A vegetação predominante é a caatinga hipoxerófila, cactáceas e bromeliáceas. O relevo da bacia varia de plano a montanhoso. A altitude varia de 600 m a 1120 m, com declividade média de 12%. Utilizando-se a fórmula empírica de Kirpich, o Tempo de Concentração (Tc) estimado na bacia foi de aproximadamente 54 minutos (Montenegro et al., 2004).

Dados climatológicos

A precipitação vem sendo acompanhada por meio de pluviômetros manuais e automáticos (modelo TB4-L Rain Gauge da Campbell Scientific, com resolução de 0,254mm) que estão instalados na bacia. A Bacia experimental também dispõe de sensores de umidade do solo e estação total, que fornece informações climatológicas tais como precipitação, umidade, radiação solar, velocidade e direção do vento, temperatura. Os dados de evaporação são acompanhados através de tanques evaporimétricos.

Perda de solo sob chuva natural

Com a finalidade de monitorar a produção de sedimentos na encosta, foram instaladas 3 parcelas experimentais, delimitadas por alvenaria de tijolo nas laterais e na parte superior, com dimensões de 4 m de largura e 11 m de comprimento (44m²), e na suas extremidades inferiores foram instalados sistemas coletores de enxurrada, constituídos de uma calha conectada por um

tubo de PVC (75mm) interligado por duas caixas coletoras de alvenaria, (Figura 1). As mesmas estão distribuídas em parcela (1) descoberta (Figura 2, (2) plantio em níveis com barramento (Figura 3) e (3) cobertura de vegetação natural (Figura 4).

Após cada chuva, as amostras de enxurrada foram retiradas dos tanques coletores das parcelas para a determinação das perdas de solo e o volume total de água deixando as parcelas serão calculados (Cadier et al., 1983).



Figura 1. Estrutura para coleta de sedimento e de água.



Figura 2. Parcela experimental com solo nú (descoberta).



Figura 3. Parcela experimental com plantio em nível com barramento.



Figura 4. Parcela experimental com cobertura de vegetação natural.

Perda de solo sob chuva simulada

Para este estudo foi utilizado um simulador de chuvas (Figura 5). Em função da avaliação preliminar feita no equipamento, com relação ao tipo de bico e pressão de serviço, selecionou-se

o bico Veejet 80-100, o qual foi submetido à pressão de 30 kPa, para simular uma chuva com características próximas as da chuva natural.

Na encosta da área experimental, com 6% de declividade, foram instaladas 3 parcelas de 3m² (1 x 3 m), delimitadas por chapas de zinco de 20 cm de altura (Figura 6), sendo 10 cm cravadas no solo com a maior dimensão no sentido do declive, e na parte inferior da parcela disposta uma calha coletora para a amostragem da enxurrada.

A cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) estava na fase de crescimento, no 20º dia após semeadura, com três repetições cada foram: feijão cultivado morro abaixo (MA), com espaçamento de 0,50 x 0,20 m; e feijão cultivado em nível, no espaçamento de 0,50 x 0,20 m, com cobertura morta (CM). Nesta última, foi utilizada palha de feijão distribuída uniformemente na parcela.

Os testes de chuva simulada tiveram duração de uma hora e vinte minutos, e as coletas foram realizadas a cada 5 minutos, a partir do início do escoamento (Figura 7), com duração de 10 segundos.



Figura 5. Vista do simulador de chuva em campo.



Figura 6. Delimitação das parcelas experimentais em zinco.



Figura 7. Vista do escoamento superficial na parcela experimental.

A umidade inicial do perfil do solo foi determinado pelo método gravimétrico e os resultados podem ser observados na Tabela 4, onde foi feita a coleta do solo antes de cada simulação de chuva e em cada tratamento.

A partir das coletas do material de enxurrada foram obtidas os seguintes dados:

Taxa de desagregação $kg\ m^{-2}\ s^{-1}$

$$D = \frac{M_{ss}}{A \times D_c} \quad (1)$$

onde: M_{ss} = massa do solo seco desagregado (Kg), A = área da parcela (m^2) e D_c = duração da coleta em (s).

Perda de solo:

$$P_s = \frac{Q \cdot C_s \cdot t}{A} \quad (2)$$

onde: P_s = perdas de solo ($kg \cdot m^{-2}$); Q = vazão ($L \cdot s^{-1}$); C_s = concentração de sedimento; t = intervalo entre as coletas (300s) e A = área da parcela (m^2).

Concentração de sedimentos:

$$C_s = \frac{M_{ss}}{M_{vol}} \quad (3)$$

Em que C_s e a Concentração de sedimentos (Kg/Kg); M_{ss} = Massa de solo seco (Kg);

A taxa de infiltração foi obtida pela diferença entre a intensidade de precipitação e a taxa de escoamento superficial resultante (Brandão et al, 2006).

O solo onde se instalou o experimento é um Neossolo Flúvico segundo Araújo (2001), as características físicas e químicas, de acordo com metodologia da EMBRAPA (1997), encontram-se descritas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Características físicas do solo na área experimental

Areia	Silte	Argila	Densidade das partículas	Classe
	(%)		(g cm ⁻³)	textural
63	15	22	2,49	franco argilo arenoso

Tabela 2. Atributos químicos na camada de 0–0,20 m de profundidade do Neossolo Flúvico, submetido a diferentes sistemas de manejo do solo.

Tratamentos	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na	K	pH
	cmolc/dm ³				H ₂ O 1:1
MA	3,35	1,17	0,01	0,03	5,28
CM	3,78	1,48	0,03	0,05	6,26

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perda de solo sob chuva natural

Através dos dados coletados em campo, para uma chuva de 10,23 mm h⁻¹, foram obtidos as diferenças de volumes de sedimentos (litros) como mostra (figura 8). Sendo também calculado a diferença na quantidade de perda de solo (g m⁻²) como mostra (figura 9), para as condições de (1) descoberta, (2) plantio em níveis com barramento e (3) cobertura de vegetação natural.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
da Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE

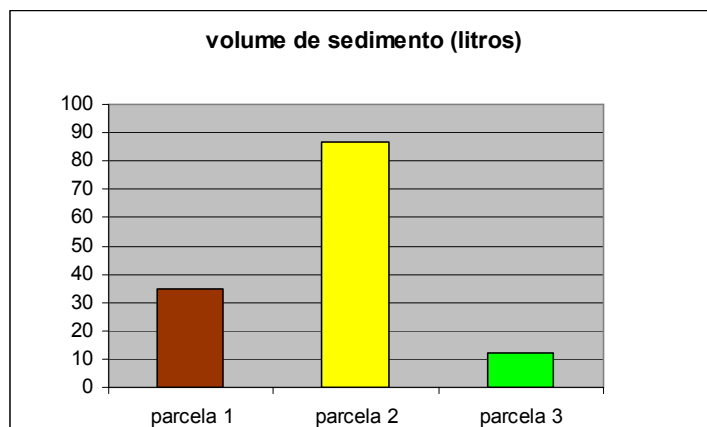


Figura 8. Volume de sedimentos escoado em cada parcela (em litros).

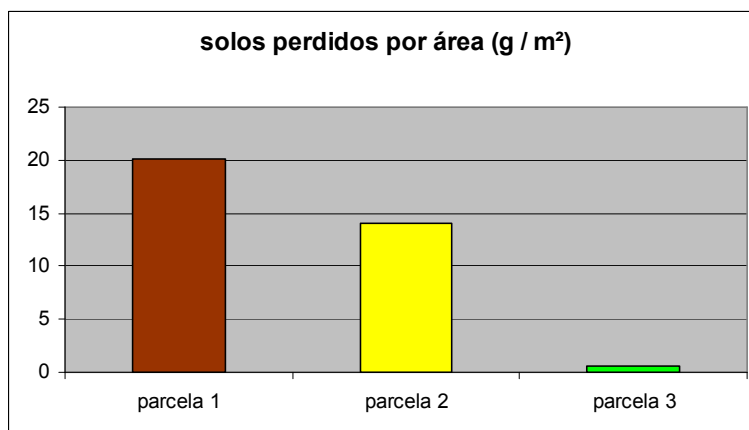


Figura 9. Solos perdidos por área em cada parcela (g m^{-2}).

Perda de solo sob chuva simulada

Observando-se a Tabela 3, pode-se verificar o efeito proporcionado pela cobertura morta no que se refere à redução das taxas erosivas. A cobertura morta proporcionou taxas menores de desagregação, o que provavelmente ocorreu devido à interceptação da chuva e dissipação de sua energia cinética, promovida pela cobertura vegetal, resultando numa redução de 90,25% nas perdas de solo em relação ao tratamento morro abaixo.

Com relação à vazão, observa-se que o tratamento morro abaixo apresentou maior vazão em relação ao tratamento com cobertura morta, devido ao fator cobertura vegetal, proporcionando maior infiltração e uma grande redução do escoamento superficial. Estes resultados concordam com (Leite, 2004).

O comportamento da infiltração e do escoamento superficial para o tratamento CM pode ser visto na (Figura 10) e observa que o escoamento superficial se inicia apenas com 36 minutos após o início do teste, e se mantém relativamente baixo com uma média de $6,74 \text{ mm h}^{-1}$, enquanto que a infiltração se mantém com uma taxa média de $55,46 \text{ mm h}^{-1}$. Comparando-se estes resultados com os resultados encontrados para a condição MA (Figura 11) mostra-se que a taxa de infiltração foi bem inferior, com uma média de $21,45 \text{ mm h}^{-1}$ e um escoamento superficial com média de $33,45 \text{ mm/h}$. Decorridos aproximadamente 28 minutos, o escoamento supera a taxa de infiltração. A ausência de cobertura morta no segundo tratamento permitiu o selamento superficial e o rápido decréscimo da infiltração, e rápido aumento do escoamento superficial.

Na Tabela 4 podemos observar que a cobertura morta propiciou um aumento na umidade e apesar deste aumento houve um retardo para o início do escoamento, devido a barreira ao fluxo superficial representada pela palha do feijoeiro.

A umidade antecedente do solo também afeta a desagregação e o salpicamento de partículas; entretanto, o seu efeito parece não estar devidamente estabelecido. Segundo (Truman et al, 1990), o aumento no teor de umidade do solo aumenta a resistência dos agregados ao impacto das gotas de chuva. Entretanto, de acordo com (Vilela, 1995), teores de umidade próximos à capacidade de campo induzem a um salpicamento máximo. Já (Reichert & Cabeda, 1992) verificaram que a umidade inicial do solo não afeta significativamente a taxa de salpico.

Tabela 3. Efeito dos tratamentos na concentração de sedimentos, desagregação, vazão e perda de solo (Média de três repetições)

Tratamento	Concentração de sedimentos Kg L^{-1}	Desagregação $\text{Kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Vazão L s^{-1}	Perda de solo Kg m^{-2}
Morro abaixo	$2,14 \times 10^{-3}$	$1,53 \times 10^{-5}$	$29,07 \times 10^{-3}$	$77,92 \times 10^{-3}$
Cobertura morta	$4,81 \times 10^{-4}$	$1,31 \times 10^{-6}$	$6,06 \times 10^{-3}$	$7,59 \times 10^{-3}$

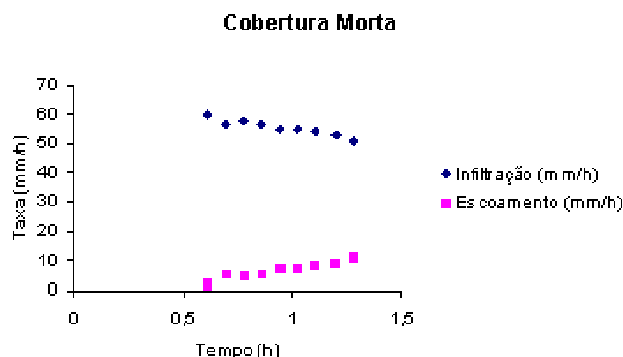


Figura 10. Relação entre infiltração e escoamento superficial para a condição de cobertura morta (CM).

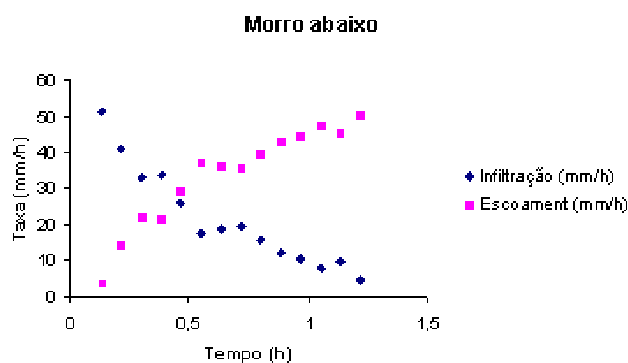


Figura 11. Relação entre infiltração e escoamento superficial para a condição de morro abaixo (MA).

Tabela 4. Média da umidade inicial do solo na fase de crescimento (C) (Média de três repetições).

TRATAMENTO	FASE	UMIDADE INICIAL (%)	INÍCIO DO ESCOAMENTO (min)
M A	C	5,17	4,9
C M	C	12,88	27,66

CONCLUSÃO

Os solos perdidos nas parcelas apresentaram uma boa correlação, tendo em vista que a parcela 1 que possui solo descoberto, teve um maior percentual de solo perdido com relação as outras duas parcelas.

A parcela 2, apresentou um volume maior em relação as outras parcelas, o que pode ter ocorrido devido ao acúmulo de água retido nos barramentos, mais retendo os sedimentos nos mesmos, onde apresentou uma perda de solo menor que a parcela descoberta.

Entre as práticas conservacionistas estudadas a cobertura morta apresentou valores significativamente maiores na redução da erosão, aumentando a infiltração da água no solo em relação ao plantio morro abaixo (MA).

Práticas simples com a presença da cobertura morta, promovida pela palha de feijão, reduzem perdas provocadas por erosão, podendo ser um recurso utilizado por agricultores da região semi-árida como técnica de conservação do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, J.A.C. – Análise do Escoamento Superficial na Bacia de Contribuição do Perímetro Irrigado da Fazenda Nossa Senhora do Rosário, Pesqueira. Dissertação de Mestrado, Pós graduação em Agronomia-Ciência do solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco. 108p. 2001.
- BRANDÃO, V.S; PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D. 2006. Infiltração da água no solo. 3. ed. Viçosa: Gráfica Universitária. 120. p.
- CADIER E, FREITAS BJ, LEPRUN, JC (1983). Bacia Experimental de Sumé - Instalação e Primeiros Resultados, Série Hidrologia, SUDENE, Recife, 16, 89 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise do solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- GNADLINGER, J. Colheita de água de chuva em áreas rurais. Palestra. 2º FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA. Haia, Holanda, 2000.
- LEITE, D. BERTOL, I., GUADAGNIN, J.C. 2004. Erosão hídrica em um nitossolo háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. I - Perdas de solo e água. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, p.1033-1044.
- MONTENEGRO, A.A.A., NASCIMENTO, J., CORREA, M.M., SILVA, V.P.; MOURA, R.F., RIBEIRO, M.R., MONTENEGRO, S.M.G.L, SANTOS, T.E.M. Implantação e Monitoramento



da Bacia Experimental do riacho Jatobá. In: Anais do VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. São Luis, Anais..., 2004.

REICHERT, J. M.; CABEDA, M. S. V. Salpico de partículas e selamento superficial em solos do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 16, n. 3, p. 389-396, set./dez. 1992.

TRUMAN, C. C.; BRADFORD, J. M.; FERRIS, J. E. Antecedent water content and rainfall energy influence on soil aggregate breakdown. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 54, n. 5, p. 1385-1392, Sept./Oct. 1990.

VILELA, L. A. A. Avaliação do impacto de gotas sobre a superfície de um Latossolo Vermelho-Escuro irrigado por aspersão. 1995. 76 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.



Simpósio
Brasileiro
de Engenharia
e Manejo
de Água
da Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



CISTERNA DE PLACAS DE ARDÓSIA ARMADAS

Marina Boldo Lisboa¹; Marcio Andrade¹; Henrique de Melo Lisboa¹

RESUMO - No contexto da crescente pressão exercida sobre os recursos hídricos, trazendo consequências tanto em relação aos aspectos quantitativos quanto qualitativos, o desenvolvimento de tecnologias apropriadas para sistemas de aproveitamento de água de chuva surge como uma alternativa promissora. Neste trabalho apresenta-se um sistema piloto de aproveitamento de água da chuva em uma escola pública no município de Seara – Oeste Catarinense. Neste sistema foi utilizada uma tecnologia inovadora para a construção do reservatório de acumulação de água de chuva com capacidade para 80 m³: a tecnologia de placas de ardósia armadas. Trata-se de uma tecnologia inédita de construção de reservatórios cilíndricos, sobre o solo, com placas de ardósia montadas justapostas e envoltas por uma armadura de aço estrutural e uma tela fina - com abertura que possibilite a argamassagem manual semelhante ao ferrocimento artesanal. A tecnologia da ardósia armada apresentou rapidez e facilidade de construção. A ardósia, além de servir de forma para a moldagem da armadura e para a argamassagem, é um material natural, abundante na região central do Estado de Santa Catarina, além de ser de baixo custo, durável e inerte, e com grande potencial de aplicação na execução de cisternas e outros reservatórios.

Palavras-Chave: Água de chuva, Sistema de aproveitamento da água de chuva, Ardósia armada.

¹ Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Universitário, Trindade, CEP: 88040-970, Florianópolis – SC, Brasil, Email: marinalisboa@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Um grave problema mundial que pode afetar a sobrevivência dos seres humanos é a falta de água. O uso desordenado, o desperdício e o crescimento da demanda são fatores que contribuem com a intensificação da escassez de água no planeta (TOMAZ, 2003).

Na busca de se promover a conservação da água pode-se atuar tanto na gestão da demanda quanto na gestão da oferta. O aproveitamento da água da chuva de captação direta – utilizada junto de onde é captada – é uma fonte alternativa de oferta que pode contribuir para minorar a escassez de água.

A água da chuva é um recurso hídrico que pode ser acessível e de baixo custo se comparado com as demais fontes de abastecimento.

A água da chuva é uma fonte melhorada que pode ser utilizada para diversas finalidades tanto no meio rural quanto no urbano. No meio urbano seu uso tem sido priorizado para fins não potáveis como: descarga de vaso sanitário, irrigação de pequenas áreas (jardins e hortas), lavagem de roupa, de veículos e de pisos. Já no meio rural além destes usos tem também as demandas para dessedentação de animais e “irrigação de salvação”.

O Brasil já possui uma norma para aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, a NBR-15527/2007 (ABNT, 2007). Quanto ao meio rural, apesar de varias utilizações ainda não temos uma norma brasileira particular para estas aplicações.

Apesar da abundância dos recursos hídricos da Região Oeste de Santa Catarina, contemplada com altos índices de precipitação pluviométrica (com médias anuais em torno de 1700 mm) e com boa distribuição (espacial e temporal) de chuvas, e localizada sobre um enorme aquífero, o Guarani², o Oeste Catarinense tem sofrido com seguidos anos de escassez de água.

Vários fatores são responsáveis pela crise da água do Oeste Catarinense, e a solução desta crise deve contemplar um planejamento integrado dos recursos hídricos locais, **pensando e agindo localmente e globalmente**. Assim, o aproveitamento da água da chuva pode contribuir para minimizar os problemas de estiagem na Região.

Na busca de desenvolver soluções apropriadas para a construção de grandes reservatórios de armazenamento de água de chuva, este trabalho tem como principal objetivo desenvolver uma tecnologia inovadora para construção do reservatório de acumulação de um sistema de aproveitamento

² Devido a grande profundidade que se encontra o aquífero Guarani nesta região, com perfurações em torno de 700 m, seu aproveitamento torna-se inviável, sobretudo para os pequenos produtores rurais.

de água de chuva implantado em uma escola pública no município de Seara, no Oeste Catarinense. Trata-se de uma tecnologia inédita para construção de reservatórios cilíndricos, sobre o solo, com placas de ardósia armadas.

Em um sistema de aproveitamento de água de chuva, o componente mais oneroso é quase sempre o reservatório de acumulação. Daí a importância de desenvolver tecnologias que viabilizem estes componentes, principalmente quando são requeridos grandes volumes de água.

A implantação deste sistema piloto de aproveitamento da água da chuva faz parte do Projeto “Desenvolvimento de Tecnologias Apropriadas para Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva” financiado pela Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina - FAPESC, com recursos repassados pela Secretária de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável, SDS do Governo de Santa Catarina e tem como executora a Fundação de Estudos e Pesquisas Sócio-Econômicos - FEPESSE.

MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto piloto do ginásio da Escola EBB Rosina Nardi - no município de Seara, localizado na Região Oeste de Santa Catarina – contempla o aproveitamento da água de chuva captada na cobertura do ginásio poliesportivo da Escola, com telhas metálicas, de chapas zincadas, e com área de projeção horizontal de 800 m².

A água de chuva que cair sobre esta área de captação é direcionada até as calhas, e posteriormente para os coletores verticais e horizontais. De lá seguem para um reservatório armazenador de água de chuva, apoiado no terreno e localizado atrás do ginásio.

Antes da entrada no reservatório, a água de chuva passa por um dispositivo de descarte de sólidos e posteriormente por um dispositivo de desvio das águas das primeiras chuvas. Para o descarte de sólidos, foi instalado um Filtro Volumétrico VF6, da empresa Acquasave/3P Technik. Para o desvio das águas das primeiras chuvas, foi utilizada uma bombona plástica de 1000 L com bóia flutuante e dreno de fundo.

A água armazenada no reservatório de acumulação de chuva é destinada a um reservatório intermediário, situado próximo à caixa d'água do sistema convencional. Este se encontra em um morro próximo à edificação principal da escola, a cerca de 4 m de altura em relação ao piso da escola. Cabe

ressaltar que o abastecimento é feito por gravidade, sem uso de bombas, já que os dois reservatórios do sistema se localizam em cota elevada (acima do nível do telhado da escola).

A água que passa pelo reservatório intermediário abastece os pontos de uso não potáveis da Escola: descarga de vasos sanitários, mictórios, lavagem de roupa, irrigação da horta educativa e limpeza de pisos. Ressalta-se que as torneiras externas para uso não potáveis são de uso restrito e convenientemente sinalizadas.

A Figura 1 ilustra o croqui dos reservatórios interligados do sistema, com os dispositivos de descarte de sólidos e desvio de água dos primeiros escoamentos (águas das primeiras chuvas).

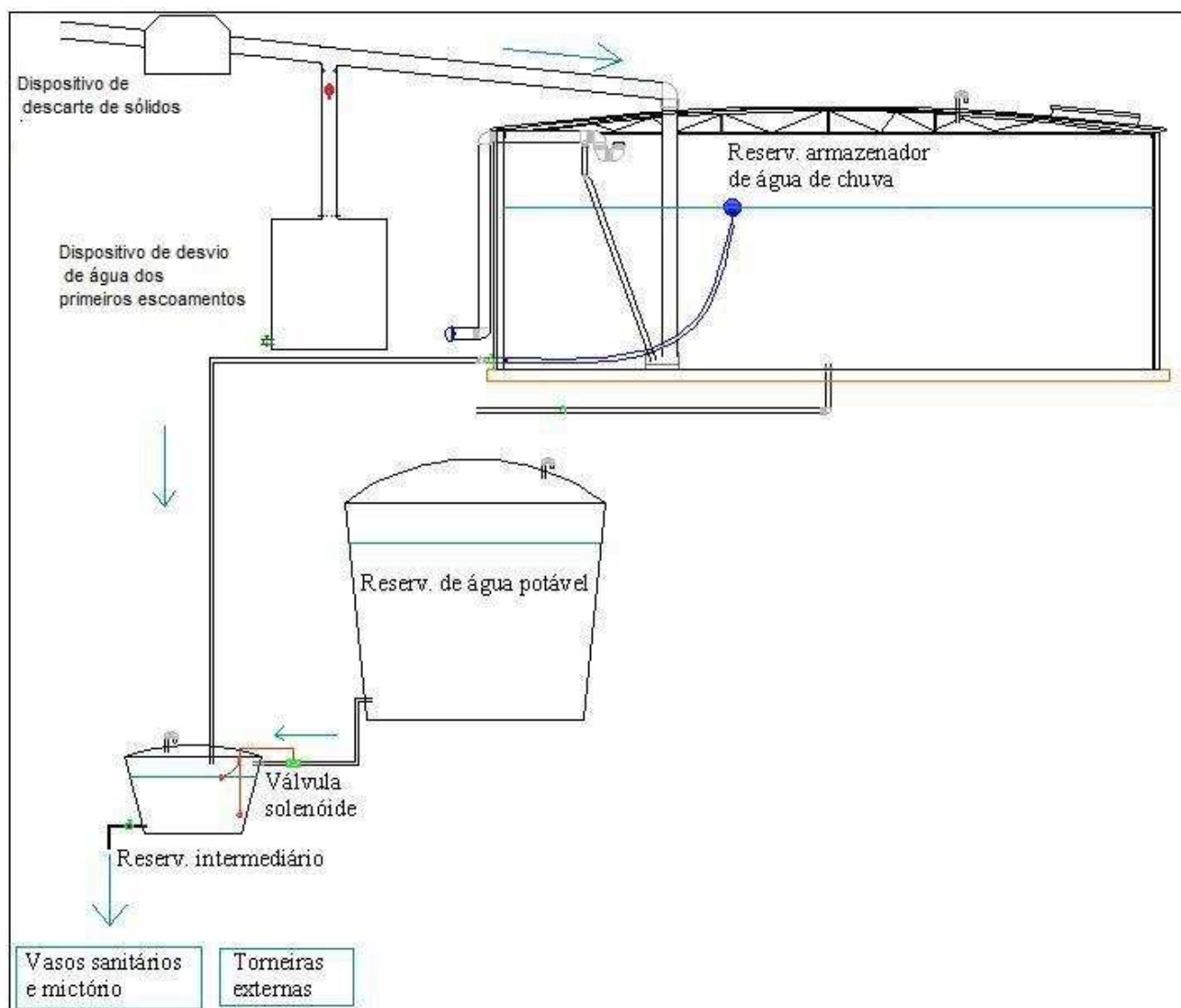


Figura 1. Croqui dos reservatórios interligados do sistema de aproveitamento de água de chuva da Escola E. B. Rosina Nardi, em Seara

Durante a execução deste reservatório, como se trata de uma tecnologia em desenvolvimento, incipiente, procurou-se apresentar o projeto aos operários e colher sugestões deles, motivando-os sempre para que eles contribuíssem com o desenvolvimento desta tecnologia. Como se tratava de uma tecnologia nova foi necessário um acompanhamento constante dos técnicos durante todo o processo construtivo.

A partir das dificuldades que iam surgindo e soluções que iam sendo adotadas no decorrer do processo construtivo, introduziu-se gradativa e experimentalmente, melhoramentos tecnológicos, aperfeiçoando esta tecnologia.

Todas as ações desta pesquisa têm como foco a transferência de tecnologia e para tanto, teve-se em todo o processo a preocupação de desenvolver uma tecnologia apropriada, fácil de construir, ao alcance das pessoas que dela precisam, fácil de manter e que sejam construções sustentáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O reservatório de placas de ardósia armada é uma tecnologia inédita de construção de reservatórios cilíndricos, sobre o solo, com placas de ardósia montadas justapostas e envoltas por uma armadura de aço estrutural e uma tela fina - com abertura que possibilite a argamassagem manual ou projetada sobre a armadura.

O reservatório de acumulação do sistema piloto de aproveitamento de água de chuva na escola EEB Rosina Nardi foi dimensionado para ter uma capacidade de 80 m³.

As placas de ardósia têm as seguintes dimensões: 40 cm de largura, 250 cm de altura e 5 cm de espessura. Estas placas foram reforçadas, envolvidas, com uma tela soldada com malha 20 x 10 cm, com aços verticais de 3,4 mm e horizontais, segundo o menor espessamento, com diâmetro de 3,8 mm. Para a armadura complementar foi utilizado também aço CA-60B, mas com vergalhões de diâmetro de 4,2 mm. Para garantir o afastamento entre a armadura e as pedras foram utilizados espaçadores de plástico.

Execução do Reservatório de Placas de Ardósia Armadas

Preparação do terreno

O terreno onde se construiu o reservatório foi bem limpo e firme, livre de ocorrência de formigueiros ou aterros.

Execução da base do reservatório

Construiu-se uma laje circular de concreto armado. Ressalta-se que a espessura da laje, suas características de resistência e a armadura utilizada dependem das características mecânicas do terreno onde será construída. O concreto poderia ter sido virado na obra, mas optou-se pelo estrutural dosado em central, com f_{ck} mínimo de 15 MPa.

Na laje da base foi feita uma vala, concêntrica, construída por uma poligonal com lado igual a largura da placa de ardósia a ser utilizada na lateral do reservatório. O diâmetro interno deve ter cerca de um metro a menos que o da base do reservatório. Esta vala recebeu as placas de ardósia que foram encaixadas e consolidadas com argamassa.

A espessura desta laje pode ser variável, mais estreita e côncava no centro e espessa nas extremidades, nas proximidades da vala em que são encaixadas as placas de ardósia.

Montagem da lateral do reservatório

As placas de ardósia foram consolidadas na vala da base e rejuntadas (coladas) com adesivo selante a base de poliuretano, monocomponente, que segundo o fabricante (SIKA, 2009) forma um elastômero durável que apresenta resistência à tração de aproximadamente 1,8 N/mm², Alongamento de ruptura em torno de 500% e resistência ao rasgamento contínuo de 6 N/mm.

As placas foram escoradas com madeira, mas poderiam igualmente ter sido encaixadas com perfil metálico em “U”. O adesivo selante, conforme as características fornecidas pelo fabricante, ajuda também na sustentação das peças.

Após a montagem das placas colocou-se a armadura. Utilizou-se, neste caso, uma tela soldada em rolo, com armadura suplementar, aço CA-60B e fio 4,2 mm, formando anéis amarrados com arame recozido BWG n° 18. Esta armadura foi esticada até ficar junto das placas de ardósia.

Depois foram utilizados espaçadores para promover o distanciamento conveniente entre a armadura e as placas de ardósia, esticando ainda mais a armadura, proporcionando assim um melhor comportamento estrutural.

A armadura estrutural foi então envolvida por uma tela com abertura de malha que possibilite a sustentação da argamassa. Utilizou-se uma tela de viveiro metálica, a tela hexagonal malha de ½” e fio



**Simpósio
Brasileiro
de Saneamento
e Manejo
de Água
da Chuva**
27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



n 24, envolvendo a armadura de aço, possibilitando assim a argamassagem manual da peça. Esta tela de arame galvanizado tem a função de, além de possibilitar a argamassagem manual da peça, combater a fissuração da peça, que quando solicitada fica microfissurada, mas impermeável a água.

Assim, o aramado – uma armadura subdividida e distribuída - confere ao compósito formado, boas características de resistência e impermeabilidade. O aramado foi argamassado manualmente, sendo esta argamassa rica, de cimento e areia média, com traço 1:2:0,5 em volume (cimento:areia:água). A argamassagem poderia ter sido feita com auxílio de um lançador, sendo a argamassa neste caso projetada.

A superfície foi então rebocada com uma fina camada - com cerca de 5 mm de espessura - de argamassa de cimento com areia fina, com traço de 1:3 e.v, e conveniente quantidade de água que permita boa trabalhabilidade. Esta camada foi depois, antes de endurecida, alisada com uma esponja.

A parede do reservatório é, portanto, constituída por uma camada de placas de ardósia de 5 cm de espessura, e uma camada de ferrocimento com aproximadamente 3 cm de espessura.

Cobertura Metálica

Para a cobertura usou-se uma estrutura metálica com tesouras metálicas em chapa de aço galvanizado, com contraventamento, sem soldas, totalmente aparafusada em chapa galvanizada e com telhas de aço galvanizado corrugada.

Utilizou-se telhas de aço galvanizado, corrugadas e com lâmina com espessura de 0,43 mm. Para sustentação das telhas, foram instaladas tesouras metálicas em chapa de aço galvanizado com 2,00 mm de espessura, totalmente parafusadas.

Dispositivos de Proteção Sanitária

Este reservatório conta com uma entrada para água de chuva pelo fundo, onde é colocado um freio d'água, um ladrão com sifão, um conjunto flutuante de sucção, uma saída de fundo, uma visita. Ele está apoiado sobre uma laje de concreto armado com 7,60 m de diâmetro e 15 cm de altura.

Nas Figuras de 2 a 14 apresentam-se fotos ilustrando o método construtivo do reservatório de placas de ardósia armadas, integrante do sistema piloto de aproveitamento de água de chuva na escola EEB Rosina Nardi em Seara-SC.



Simpósio Brasileiro de Saneamento e Manejo de Água e Esgoto
27 de setembro a 01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



Figura 2. Placas de ardósia medindo 250 x 40 x 5 cm



Figura 3. Levantamento das placas de ardósia



Figura 4. Montagem das placas de ardósia



Figura 5. Escoramento das placas de ardósia



Figura 6. Vista interna do reservatório de placas de ardósia



Figura 7. Armadura do reservatório de placas de ardósia



Figura 8. Armadura com tela soldada, aços complementares espessadores e tela para sustentação da argamassa



Figura 9. Cura do reservatório de ardósia



Figura 10. Dispositivo de descarte de sólidos



Figura 11. Dispositivo de desvio de água dos primeiros escoamentos



**Simpósio
Brasileiro
de Saneamento
e Manejo
de Água**
27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



Figura 12. Montagem da cobertura metálica do reservatório



Figura 13. Vista geral do reservatório pintado



Figura 14. Vista do reservatório de placa de ardósia

Este método construtivo possibilitou a execução da cisterna com: maior facilidade e rapidez, melhor desempenho estrutural, baixo custo global da obra; e que deve apresentar maior durabilidade que a de ferrocimento, já que no reservatório de ardósia armada a água não fica em contato direto com a argamassa de revestimento das paredes do reservatório. Como a ardósia é uma rocha inerte, a armadura do reservatório será mais protegida do que se não fossem utilizadas estas placas.

Esta nova tecnologia apresenta assim grande potencial de aplicação, e viabilidade econômica, dependendo principalmente do custo de transporte destas pedras que é quase sempre mais caro do que o valor pago na compra destas pedras.

Nestes experimentos foi possível constatar que as pedras de ardósia são fáceis de serem perfuradas para passagem de tubulações, com serra copo de vídea. Elas também podem ser cortadas com facilidade com serra circular.

Observou-se que para o método construtivo que utiliza a ardósia como forma perdida não é necessário a confecção do chanfro. O ângulo do chanfro pode ser calculado pela fórmula:

$$\alpha = 180^\circ/n$$

onde:

α = Ângulo do chanfro, em graus;

n = Número de peças.

Como se pode notar o ângulo do chanfro é muito pequeno, Por exemplo, para um reservatório com 60 peças (placas de ardósia) o chanfro será de apenas 3°.

CONCLUSÕES

A tecnologia da ardósia armada apresentou baixa complexidade na execução e rápida instalação. A ardósia, além de servir de forma para a camada de ferrocimento, é um material natural abundante na região central do Estado de Santa Catarina, além de ser durabilidade e inerte, com grande potencial de aplicação para reservatórios.

A ardósia apesar de absorver cerca de 3,3 % de água, ela satura e fica impermeável. O adesivo selante impermeabiliza a junta garantindo assim a proteção da armadura da lâmina de ferrocimento. No entanto caso ocorra algum vazamento nestas juntas o ferrocimento é impermeável e garante assim a estanqueidade do reservatório.

Como o reservatório de acumulação, quase sempre, é o componente mais oneroso dos sistemas de aproveitamento de água de chuva. Os experimentos já realizados permitem concluir que, apesar de serem ainda necessários estudos adicionais, esta tecnologia apresenta-se promissora não apenas para esta, mas também para outras aplicações como a construção de biodigestores rurais.

A utilização de um revestimento interno com geomembrana é uma solução promissora, sobretudo para meios agressivos como as câmaras de digestão de biodigestores rurais.

BIBLIOGRAFIA

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527 - Água de chuva - Aproveitamento de



coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro. 2007.

SIKA. Disponível em: http://www.sika.com.br/ind_Br_SF_221v0908.pdf. Acessado em agosto de 2009.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva – para áreas urbanas e fins não potáveis. Navegar Editora, São Paulo, 2003.

ASPECTOS DE SANEAMENTO E SAÚDE PÚBLICA DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA EM ZONAS RURAIS

Rodolfo Luiz Bezerra Nóbrega¹, Rafaella Queiroga Souto², Carlos de Oliveira Galvão³,
Beatriz Susana Ovruski de Ceballos⁴, Luiz Rafael Palmier⁵

RESUMO – O aproveitamento de água de chuva por meio de cisternas vem, na última década, sendo foco de programas regionais de grande escala nas zonas rurais. Dentre os aspectos que possuem interfaces com esses programas, destacam-se fatores relacionados ao saneamento básico e a saúde pública. Na busca pela identificação de algumas dessas relações, esse trabalho propõe realizar algumas reflexões sobre aspectos político-institucionais que tratam desses temas na região Semiárida do Brasil em face à extensiva adoção de cisternas como alternativa de suprimento de água para consumo humano. Para isso, foram analisadas algumas legislações correlatas e, nesse contexto, observados alguns aspectos na estrutura do sistema de saúde do município de São João do Cariri, no estado da Paraíba. A análise constatou, entre outras considerações, que há uma ausência da cisterna na pauta da discussão e execução discussão e execução das atividades relacionadas ao saneamento e à saúde pública.

Palavras chaves: água de chuva, cisternas, saúde pública, saneamento, Semiárido.

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande – PB, rodolfo@hidro.ufcg.edu.br

² Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande – PB, rafaellaqueiroga7@gmail.com

³ Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Campina Grande, galvao@dec.ufcg.edu.br

⁴ Departamento de Biologia, Universidade Estadual da Paraíba, beatriz.ceballos@pq.cnpq.br

⁵ Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, palmier@ehr.ufmg.br

INTRODUÇÃO

Dentre as fontes de água presentes na zona rural do Semiárido Brasileiro, a cisterna tem ocupado um espaço de destaque. Sua ampla adoção é motivada principalmente pelos incentivos governamentais e, conseqüentemente, pelo crescente número de unidades construídas desde o final da década de 90. Atualmente, segundo a Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA, www.asabrasil.org.br), existem mais de 260 mil cisternas construídas decorrentes do Programa de Formação e Mobilização para a Convivência com o Semiárido: um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC). Somam-se a isso ações de natureza privada e de outros programas governamentais de menor porte e que atuam paralelamente ao P1MC.

De maneira geral, com a implantação dessas cisternas, milhares de famílias na zona rural passaram a ter um melhor acesso à água. Entretanto, ações desse porte, em uma região que historicamente careceu de intervenções de infra-estrutura hídrica, causam impactos e trazem à tona a necessidade de adaptar os sistemas de gestão e as políticas governamentais para essa nova realidade.

Dentre os aspectos que possuem interfaces com esses programas, destacam-se fatores relacionados ao saneamento básico e a saúde pública. Na busca pela identificação de algumas dessas relações, esse trabalho propõe realizar algumas reflexões sobre aspectos político-institucionais que tratam desses temas na região Semiárida do Brasil em face à extensiva adoção de cisternas como alternativa de suprimento de água para consumo humano. Para isso, foram analisadas algumas legislações correlatas e, nesse contexto, observados alguns aspectos na estrutura do sistema de saúde do município de São João do Cariri, no estado da Paraíba.

A SAÚDE, O SANEAMENTO E AS CISTERNAS

A Organização Mundial da Saúde (*apud* Oliveira, 1975, p. 1) define saneamento como “*o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeito deletério sobre o seu bem estar físico, mental ou social*”. Esse controle é realizado por meio de ações que exercem papel preventivo na saúde pública, pois permitem o controle de vetores transmissores de doenças prejudiciais ao homem. Uma dessas ações, destacada neste trabalho, é o abastecimento de água para consumo humano, que deve respeitar os padrões de qualidade vigentes e suprir a necessidade da população.

A estreita relação entre o saneamento e a saúde pública é bastante conhecida e amplamente divulgada. Essa relação move o setor saúde na direção das chamadas práticas

sanitárias que, sistematizadas, conformam a área temática do saneamento (Barcellos e Quitério, 2006). Dessa forma, o saneamento se apresenta como um importante componente da saúde pública; envolve um conjunto de medidas relacionadas a intervenções no meio físico em que se destaca o papel da Engenharia, visando à quebra dos elos da cadeia de transmissão das doenças (Rezende e Heller, 2008).

Existem várias legislações que tratam de aspectos relacionados ao saneamento e à saúde pública. Dentre elas, sobressaem a Lei Federal nº 8.080 de 1990, a Portaria 518 de 15 de março de 2004 do Ministério da Saúde e a Lei Federal nº 11.445 de 2007. Elas são os instrumentos legais responsáveis por determinar importantes condições técnicas, estruturais e institucionais relacionadas aos sistemas que gerem essas áreas.

Na Lei Federal nº 8.080 de 1990, chamada de Lei Orgânica da Saúde ou simplesmente Lei da Saúde, são dispostas as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes. Na Portaria nº 518 do Ministério da Saúde são estabelecidos os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e na Lei Federal nº 11.445, chamada de Lei do Saneamento, são estabelecidas as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para política federal de saneamento básico.

Nessa mais recente legislação, a Lei do Saneamento, o conceito de saneamento básico foi ampliado passando a ter a mesma conotação do saneamento ambiental, ou seja, incorporando o manejo de águas pluviais, de resíduos sólidos e o controle de vetores (CREA-ES, 2008). Com isso, se torna necessário identificar novas conexões entre as legislações que regulamentam os serviços a fim de prover uma melhor estrutura institucional para seu funcionamento e, principalmente, para soluções de abastecimento de água como as cisternas.

De acordo com o artigo 5º da Lei Federal nº 11.445/07 pode-se observar que: *“não constitui serviço público a ação de saneamento executada por meio de soluções individuais, desde que o usuário não dependa de terceiros para operar os serviços, bem como as ações de saneamento básico de responsabilidade privada, incluindo o manejo de resíduos de responsabilidade do gerador”*.

Consistente com a Lei do Saneamento, a Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde define a solução alternativa de abastecimento público como *“toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical”*.

Sabe-se que no Brasil o processo de captação-transporte-armazenamento da água de chuva em cisternas foca atender parte da demanda hídrica para consumo humano do entorno ao qual a cisterna está integrada. Geralmente, no Semiárido Brasileiro, essa demanda é representada pelas pessoas que compõem as famílias, normalmente agregadas em uma unidade residencial, beneficiadas pela cisterna. Em um primeiro momento, as cisternas parecem não estar inseridas nem na Lei do Saneamento e tampouco na Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. No entanto, quando essa solução, concebida como individual, é replicada como alternativa para apoiar o suprimento de água de milhares famílias em uma região onde não há sistemas tradicionais de abastecimento de água; poderia essa ser enquadrada como uma solução alternativa e coletiva? Ou deve-se mantê-la como individual conforme os termos no artigo 5º da Lei do Saneamento? Adicionalmente, sendo essa solução proveniente de programas geridos e financiados pelo governo federal, pode-se também enquadrá-la como um serviço público?

Essas reflexões permeiam outros aspectos político-institucionais a partir do momento em que são analisadas relações existentes com outros programas governamentais. Por exemplo, quando é colocada em pauta a ação de distribuição de água pelos caminhões pipas para abastecimento das cisternas nas zonas rurais do Semiárido Brasileiro é observado que as cisternas se apresentam como um componente de um sistema público de abastecimento coletivo que, conseqüentemente, deve ser controlado e fiscalizado.

Esse controle e fiscalização, no que tange os aspectos de segurança sanitária, são descritos na Portaria 518/2004 como responsabilidades de níveis federal, estadual e municipal. Em nível municipal destaca-se que essas ações devem ser realizadas sistematicamente e permanentemente para cada sistema de abastecimento ou solução coletiva. Dentre as informações que devem servir de suporte para isso se incluem as características físicas dos sistemas, as práticas operacionais e de controle da qualidade de água, além do histórico da qualidade da água produzida e distribuída.

O SISTEMA PÚBLICO DE SAÚDE BRASILEIRO

A Constituição Federal de 1988 consagra a saúde como direito de todos e dever do Estado e institui o Sistema Único de Saúde (SUS) como o sistema público de saúde brasileiro.

O SUS foi instituído pela Lei 8.080 que definiu o Ministério da Saúde como gestor no âmbito da União. A Lei, no seu Capítulo II – Dos Princípios e Diretrizes, Art. 7º, estabelece entre os princípios do SUS a “universalidade de acesso aos serviços de saúde em todos os

níveis de assistência”. Isso se constituiu numa grande alteração da situação até então vigente. O Brasil passou a contar com um sistema público de saúde único e universal (SOUZA, 2002).

Uma análise geral da Lei 8.080 permite destacar os seguintes pontos em relação à atuação de cada gestor do SUS na assistência à saúde:

- Tende a haver maior especificação das competências do Ministério da Saúde e dos municípios do que das competências dos estados;
- Há grande ênfase na descentralização de ações e serviços para os municípios; ao Ministério da Saúde, não caberia a prestação direta de serviços, e no que diz respeito aos estados, a execução de ações e serviços devem ser apenas em caráter supletivo;
- O papel do Ministério da Saúde é chave principalmente no que diz respeito a cooperação técnica entre estados e municípios.

Para a viabilização dos recursos financeiros para atuação desses gestores do SUS, a partir de março de 1998, com a edição da Portaria GM/MS nº 2.121, foi iniciada a subdivisão dos recursos de saúde transferidos para estados e municípios através da implantação do Piso da Atenção Básica (PAB), que consiste em recursos financeiros destinados a investimentos de procedimentos e ações de assistência básica, tipicamente municipal.

O PAB de cada município é transferido de forma automática do Fundo Nacional de Saúde para os Fundos Municipais de Saúde, mudando a forma anterior de financiamento por prestação de serviços e passando para uma lógica de transferência de recursos em função do compromisso do município assumir a responsabilidade sanitária por este nível de atenção e dos programas que tem prioridade.

Dentre os programas que são definidos como prioritários pelo Ministério da Saúde, podem-se destacar os Programas de Agentes Comunitários de Saúde, de Saúde da Família e de Combate às Carências Nutricionais, juntamente com as ações estratégicas, tais como a Farmácia Básica e as Ações Básicas de Vigilância Sanitária (SOUZA, 2002). Esses programas e ações são promotores da atuação de vários profissionais na zona rural, área de estudo deste trabalho. Entre eles destacam-se as atividades da vigilância ambiental em saúde, dos agentes comunitários de saúde e da vigilância sanitária.

A Vigilância Ambiental em Saúde (VAS) é um conjunto de ações que proporciona o conhecimento e a detecção de qualquer mudança nos fatores determinantes e condicionantes do meio ambiente que interferem na saúde humana, com a finalidade de identificar as medidas de prevenção e controle dos fatores de risco ambientais relacionados às doenças ou outros agravos à saúde (BARRETO E CÂMARA, 2004).

A VAS é realizada através do Sistema Nacional de Vigilância Ambiental. Esse sistema é gerido pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) com base no Decreto nº 3.450, de 09 de maio de 2000, e, através da Instrução Normativa nº 1 de 25 de setembro de 2001, regulamenta a Portaria nº 1.399 de 15 de dezembro de 1999 do Ministério da Saúde, no que se refere às competências da União, Estados, Municípios e Distrito Federal, na área da VAS (BRASIL, 2003).

Ressalta-se que para cada setor da VAS são definidos indicadores que vão subsidiar as ações propostas, citando-se, como exemplo, a água para o consumo humano que apresenta indicadores da qualidade física, química e biológicos, além da utilização de indicadores de saúde tradicionais como Coeficiente de Mortalidade Geral (CMG), esperança de vida, mortalidade infantil, entre outros (NEVES FILHO, 2003).

De acordo com Barreto e Câmara (2004), dentre as atividades realizadas em 1999 pela VAS em algumas áreas piloto do país em relação à vigilância da qualidade das águas para consumo humano, pode-se destacar algumas iniciativas como:

- cadastramento dos sistemas e fontes alternativas de abastecimento de água para consumo humano;
- estruturação da rede laboratorial para suporte às ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano;
- disponibilização pela Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde de kits de equipamentos destinados à estruturação de laboratórios de baixa complexidade com vistas ao cumprimento da Portaria MS 1469/00 para o Estado (em vigor até 2004, quando foi substituída pela Portaria MS 518/2004);
- implantação de um sistema de informações sobre a qualidade da água para consumo humano.

Algumas dessas ações estão difundidas e são executadas em vários estados da união, como o Programa de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA) e o Sistema de Informação do Programa de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA). O SISAGUA é de responsabilidade da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (SVS/MS) e permite a recuperação de dados sobre o abastecimento de água, facilitando a produção periódica de relatórios sobre o funcionamento do sistema e a qualidade da água em algumas fontes de abastecimento, incluindo as chamadas soluções alternativas de abastecimento (Freitas e Freitas, 2005).

Os promotores da maior parte desse processo são os Agentes da Vigilância Ambiental em Saúde (AVAS). Esses agentes possuem uma ligação direta com a comunidade, assim como os Agentes Comunitários de Saúde (ACS). Os ACS executam suas atividades no âmbito do Programa de Agentes Comunitários de Saúde (PCAS) que por sua vez está inserido dentro do Programa Saúde da Família (PSF). As atribuições desses dois tipos de agentes são complementares, o que colabora para que as atividades para promoção da saúde sejam mais eficazes (SOUTO, 2009).

Teixeira (2007), em estudo realizado em Juiz de Fora – MG, comenta que o arranjo institucional naquele município é precário na medida em que o órgão gestor municipal da saúde acha desnecessário o desenvolvimento de um programa de vigilância da qualidade da água para consumo humano já que existe uma companhia de saneamento que faz o controle dessa água. A partir dessa e outras observações o autor conclui que a vigilância da qualidade da água para consumo humano ainda é uma utopia para a grande maioria dos municípios brasileiros.

Para uma efetiva atuação, a Vigilância Ambiental em Saúde requer em todas as esferas administrativas uma articulação constante com os diferentes atores públicos, privados e com a comunidade para que as ações integradas sejam implantadas de forma eficiente, a fim de assegurar que os setores assumam suas responsabilidades de atuar sobre os problemas de saúde e ambiente em suas respectivas áreas (Franco Netto e Carneiro, 2002).

Além dos mencionados, a vigilância sanitária também é um componente do sistema de saúde que tem um papel de destaque. Com a Constituição Brasileira assumindo a saúde como um direito fundamental do ser humano, e atribuindo o papel de provedor dessas condições ao Estado, a definição de vigilância sanitária, apregoada pela Lei Federal nº 8.080, passou a ser, nesse contexto, conforme o artigo 6º, parágrafo 1º, a seguinte:

Entende-se por vigilância sanitária um conjunto de ações capazes de eliminar, diminuir ou prevenir riscos à saúde e de intervir nos problemas sanitários decorrentes do meio ambiente, da produção e circulação de bens e da prestação de serviços de interesse da saúde, abrangendo:

I - o controle de bens de consumo que, direta ou indiretamente, se relacionem com a saúde, compreendidas todas as etapas e processos, da produção ao consumo; e

II - o controle da prestação de serviços que se relacionam direta ou indiretamente com a saúde.

Essa definição amplia o campo de atuação da vigilância sanitária, pois, ao ganhar a condição de prática capaz de eliminar, diminuir ou prevenir riscos decorrentes do meio ambiente, da produção e circulação de bens e da prestação de serviços de interesse da saúde, torna-se uma prática com poder de interferir em toda a reprodução das condições econômico-sociais e de vida, isto é, em todos os fatores determinantes do processo saúde-doença.

A EXPERIÊNCIA NO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO CARIRI

O município de São João do Cariri possui área de 702 km², está localizado na área central do estado da Paraíba e inserido na Mesorregião da Borborema e Microrregião do Cariri Oriental, na Superfície Aplainada do Planalto da Borborema, a uma altitude variando entre 400 e 600 metros acima do nível do mar, sobre a litologia cristalina. Tem uma população estimada pelo IBGE (2007) em 4.438 habitantes, distribuída igualmente na zona urbana e rural.

A estrutura do sistema de saúde em São João do Cariri, assim como todos os outros da União, é descentralizada, ou seja, os recursos oriundos do PAB são repassados diretamente para a administração do município sem intermédio de outra esfera governamental, porém o estado tem responsabilidade de fiscalizar as ações no município.

O órgão responsável pela execução e coordenação das atividades do sistema de saúde nesse município é a Secretaria de Saúde. Essas atividades são realizadas com foco nas ações de vigilância epidemiológica, vigilância ambiental em saúde e vigilância sanitária.

Dentre as ações de proteção à saúde existentes em nível federal que tem influência direta no manejo da água armazenada em cisternas no município de São João do Cariri, destacam-se as atividades da Vigilância Ambiental em Saúde e da Vigilância Sanitária.

Apesar de ser de responsabilidade também da Vigilância Ambiental em Saúde realizar o monitoramento da qualidade de água dos municípios, em São João do Cariri é a vigilância sanitária que executa essa atividade. Essa situação foi motivada pelo fato do treinamento com esse fim ter sido realizado por um dos seus funcionários.

Em relação ao cadastramento das fontes de coleta de água, os agentes da vigilância ambiental em saúde (quatro ao total) são os responsáveis por essa atividade. A última campanha de cadastramento não possuiu critérios de seleção das fontes, englobando principalmente fontes localizadas na zona rural como poços, chafarizes, cisternas.

Em São João do Cariri apesar da fiscalização do estado sanitário das caixas d'água, cisternas e carros pipa ser atribuição da vigilância sanitária, essas atividades são assim

distribuídas: carros pipas – responsabilidade do exército (coordenar, monitorar, fiscalizar); caixas d'água – responsabilidade da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (orientar, monitorar, fiscalizar); e cisternas – ninguém é responsável atualmente.

Embora haja conexões entre as atividades para promoção da saúde no município de São João do Cariri, a cisterna ainda não foi inteiramente concebida no sistema de saúde e no sistema de abastecimento desse município. Um caso que corrobora essa afirmação são as atividades desenvolvidas pelo Programa Nacional de Controle da Dengue. Nesse programa, por intermédio dos agentes de vigilância sanitária, são realizadas, entre outras, ações de melhorias sanitárias domiciliares e campanhas de combate a proliferação da dengue através do mosquito *Aedes aegypti* com o uso de larvicidas. Em São João do Cariri foi observado que essas atividades nem sempre tem sintonia com os outros agentes e que, frequentemente, as cisternas são tratadas como um reservatório de água indiferente aos outros que estão presentes na comunidade. Devido a essa concepção conflitante, ações de uso de larvicidas nas águas armazenadas em cisternas, por exemplo, podem afetar diretamente a saúde das famílias que utilizam essas águas.

Outro aspecto que merece atenção é o fato dos agentes comunitários de saúde serem obrigatoriamente moradores das comunidades onde realizam seu trabalho. Essa característica possui alguns desdobramentos que podem beneficiar a execução das atividades, a exemplo do conhecimento detalhado da dinâmica da comunidade, servindo como tradutores do saber científico para o saber popular. Por outro lado essa característica também tem seus efeitos colaterais, pois, como morador, o agente adquire um papel de modelo para a comunidade. Simultaneamente, por ser um componente da comunidade, passa por dificuldades para obter a atenção e o respeito necessários dos outros moradores.

As questões que envolvem a cisterna e as atividades desempenhadas pelos agentes ainda se deparam com outras fragilidades do sistema de saúde. O fato da cisterna não ser reconhecida na maior parte das vezes como um foco de trabalho desses profissionais faz com que esse sistema de abastecimento de água, proposto para ser utilizado como fonte de água para consumo humano, não seja contemplado na pauta das instruções sanitárias e dos agentes como um componente a ser monitorado. Esse fato se deve principalmente a falta de entendimento da realidade das comunidades rurais pela coordenação das atividades dos agentes, uma vez que eles possuem treinamentos pré-estabelecidos e não convivem com o ambiente que envolve a saúde dos moradores.

CONCLUSÕES

Além de todo o arcabouço legal envolvido nesse contexto, é verificado que a estrutura responsável por gerir os aspectos relacionados à saúde das comunidades beneficiadas pelas cisternas possui algumas desarmonias, pois funciona a partir de programas de atendimento à população concebidos numa perspectiva que, em alguns casos, não considera, ou não considera suficientemente, os sistemas de aproveitamento de água de chuva por meio de cisternas.

Como pode ser visto no caso do município de São João do Cariri, essa ausência da cisterna na pauta da discussão e execução das atividades relacionadas ao saneamento e à saúde pública deve-se, entre outras razões, a falta de claras atribuições nas legislações vigentes e na falta de articulação entre os programas desenvolvidos nas zonas rurais e as tradicionais ações de saúde pública promovidas pelos governos federais, estaduais e municipais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao suporte do CT-Hidro/FINEP através do projeto Cisternas, às bolsas concedidas pelo CNPq e pela CAPES, às comunidades da zona rural e à prefeitura do município de São João do Cariri.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASA – Articulação do Semiárido Brasileiro. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br>>. Acesso em: 10 de agosto de 2009.

BARCELLOS, Christovam and QUITERIO, Luiz Antônio Dias. **Vigilância ambiental em saúde e sua implantação no Sistema Único de Saúde**. *Rev. Saúde Pública* [online]. 2006, vol.40, n.1, pp. 170-177. ISSN 0034-8910.

BARRETO, R. L.; CÂMARA, V. M. 2004. **Estruturação da vigilância ambiental no Estado da Bahia**. *Revista Baiana de Saúde Pública*. Janeiro/junho 2004.V. 28 n. 1, p. 110-123.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Capítulo referente ao Meio Ambiente. Art. 225.

BRASIL. **Decreto nº 3.450 de 09 de maio de 2000**. Fundação Nacional de Saúde, Brasília, 2000.

BRASIL. Instrução Normativa nº 1 de 25 de setembro de 2001. **Regulamenta a Portaria MS n.º 1.399, de 15 de dezembro de 1999, no que se refere as competências da União, estados, municípios e Distrito Federal, na área de vigilância ambiental em saúde.** Fundação Nacional de Saúde. Ministério da Saúde, Brasília, 2001.

BRASIL. **Lei n. 8.080 de 19 de setembro de 1990. Lei orgânica da saúde.** Ministério da Saúde, Brasília, 1990.

BRASIL. **Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.** Congresso Nacional, Brasília, 2007.

BRASIL. **Portaria nº 1.399 de 15 de dezembro de 1999.** Ministério da Saúde, Brasília, 1999.

BRASIL. **Portaria nº 518 de 15 de março de 2004.** Ministério da Saúde, Brasília, 1999.

BRASIL. **Sistema nacional de vigilância ambiental em saúde.** Coordenação Geral de Vigilância Ambiental em Saúde, Centro Nacional de Epidemiologia, Fundação Nacional de Saúde, Ministério da Saúde, Brasília, 2003.

CREA-ES. **Compreenda o Saneamento Ambiental.** Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Estado de Espírito Santo. Espírito Santo. 2008.

FREITAS, M. B.; FREITAS, C. M. de. **A vigilância da qualidade de água para consumo humano – desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde.** Rev. Ciência e Saúde coletiva. Rio de Janeiro. v. 10. n. 4, 2005.

IGBE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Populacional.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 de agosto de 2009.

NETTO, G. F.; CARNEIRO, F. **Vigilância Ambiental em Saúde no Brasil.** Ciência e Ambiente, Rio Grande do Sul, v. 25, p. 47-58, 2002.

NEVES FILHO, U. N. **Proposta de estruturação da vigilância ambiental em saúde no município de Salvador.** Monografia (Mestrado em Saúde Coletiva) - Núcleo de Pesquisa em Saúde Coletiva. Divisa, Salvador, 2003.

OLIVEIRA, W. E. **Ensino de saneamento do meio nas escolas de saúde pública.** Rev. Saúde Pública vol.9 nº 2 São Paulo June 1975

Portaria GM/MS nº 2.121

REZENDE,S; HELLER, L. **O saneamento no Brasil: políticas e interfaces**. 2ª Ed. Belo Horizonte: UFMG, 2008.

SOUTO, R. Q. **Agentes comunitários de saúde e agentes da vigilância ambiental em saúde como multiplicadores do manejo sustentável da qualidade de água de chuva armazenada em cisternas**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Estadual da Paraíba, 2009.

SOUZA, R. R. **O Sistema Público de Saúde Brasileiro**. Ministério da Saúde. Brasília, DF. 2002. 44 p. Disponível em: <http://dtr2001.saude.gov.br/editora/produtos/livros/pdf/03_0149_M.pdf>. Acesso em: 10 de agosto de 2009.

TEIXEIRA, J. C. **Vigilância da qualidade da água para consumo humano – utopia ou realidade? Estudo de caso: Juiz de Fora – MG**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23º. Anais. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL PARA O AEROPORTO INTERNACIONAL DE SÃO PAULO ATRAVÉS DA CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

*Elaine Nolasco Ribeiro¹; Wilson Cabral de Sousa Júnior¹; Wilfredo Irrazabal Urruchi² &
Marcelo Antunes Nolasco³*

RESUMO - O diagnóstico do uso da água no Aeroporto Internacional de São Paulo em Guarulhos, aponta que o mesmo possui um consumo anual da ordem de 658.000 m³, média 2000-2008. A possibilidade de utilização de água de precipitação, aproveitando a grande área coberta (1.942.134,5 m²), ampliaria em muito a oferta sem a necessidade de exploração excessiva dos recursos existentes. Os aeroportos apresentam estruturas propícias para captação e aproveitamento das águas de chuva devido às áreas de coberturas e às pavimentadas. Baseado no consumo médio do aeroporto pode-se potencialmente suprir toda a demanda de água com apenas 44% do potencial de aproveitamento de água de chuva. Considerando as diretrizes brasileiras para reuso de águas em atividades específicas, observa-se que as águas coletadas nos telhados e pátios do AISP possuem boa qualidade, no entanto, as mesmas devem passar por algum tipo de tratamento antes da sua utilização. Os usos previstos para as águas captadas são descarga sanitária, lavagem de pisos, veículos, fins ornamentais, irrigação de áreas verdes, rega de jardim e torres de resfriamento. Este trabalho explora o consumo e novas fontes de abastecimento de água no AISP, de forma a obter cenários de gerenciamento sustentável para este aeroporto.

Palavras chaves: aeroportos, captação de água de chuva, diretrizes, qualidade da água.

¹. ITA - Prç. Marc. Eduardo Gomes, 50. Vila das Acácias. CEP 12228-900. S. J. dos Campos/SP. E-mail: enolasco@ita.br; wilson@ita.br

². ICAVP - Rua Cidade de Bento Gonçalves, 133. Palmeiras de São José, SJC/ SP. E-mail: willy@icavp.com.br

³. USP - Rua Arlindo Bétio, 1000. Ermelino Matarazzo/SP. E-mail: mnolasco@usp.br

INTRODUÇÃO

Os meios de transporte, de forma geral, consomem recursos não renováveis (combustíveis fósseis), poluem a atmosfera, causam depleção da camada de ozônio, aquecimento global, chuva ácida, dentre outras ações que trazem prejuízo ao meio ambiente (Dempsey, 1999). O setor de transporte aéreo não foge à essa regra e tem sua parcela de contribuição nos problemas ambientais. Muitos aeroportos em todo o mundo estão operando próximos, ou até mesmo, na sua capacidade máxima e estão sofrendo pressão para expansão, tendo em vista o volume crescente de usuários. Pode-se tomar como exemplo os aeroportos de Dubai, Montevidéo, o Aeroporto Internacional de São Paulo (AISP) em Guarulhos, o Aeroporto Internacional de Congonhas em São Paulo (AIC), o Aeroporto Eurico Sales em Vitória/ES, dentre outros.

Entretanto, aeroportos com elevados movimentos anuais de passageiros são participantes importantes no consumo de água nas regiões em que se encontram instalados. Um dos fatores que limitam a expansão dos aeroportos é a utilização de recursos hídricos, já que alguns desses aeroportos estão localizados em regiões com baixa disponibilidade hídrica. Como é o caso do aeroporto AISP e AIC. Ambos estão localizados na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), um dos maiores adensamentos urbanos do mundo com uma população em torno de 17,8 milhões de habitantes. Essa região possui um regime de abastecimento insuficiente necessitando até mesmo importar água de bacias vizinhas, caso do Sistema Cantareira – reversão das cabeceiras do Rio Piracicaba (Porto, 2003).

O maior aeroporto do Brasil, o Aeroporto Internacional Governador André Franco Montoro, situado no município de Guarulhos, RMSP, opera atualmente com dois terminais de passageiros, TPS-1 e TPS-2, e quatro terminais de carga. Os terminais TPS-1 e TPS-2, projetados inicialmente para atender 15 milhões de passageiros por ano, operam atualmente com a carga de 17 milhões de passageiros por ano, e consumo médio de água em torno de 658.000 m³/ano (média 2000-2008) (INFRAERO, 2007).

Atualmente todo este volume de água é captado de nove poços profundos situados no próprio sítio aeroportuário e tem por agravante o fato de que o aeroporto foi construído numa área pantanosa da várzea do rio Baquirivu-Guaçu, contendo uma sequência de camadas argilosas próximas da superfície. Estas camadas produzem uma acentuada impermeabilização natural.

Como consequência, é lenta a recarga natural do aquífero sedimentar, constituído por camadas arenosas, situadas em posição topográfica e estratigráfica inferior às camadas argilosas (Diniz, 1996). Segundo estudo realizado por Okpala (2005), a extração excessiva de água no sítio aeroportuário do AISP pode causar o rebaixamento do solo, que por sua vez poderia abalar as estruturas do aeroporto. Além dos problemas já existentes, há possibilidade de construção dos terminais 3 e 4, TPS-3 e TPS-4, respectivamente, projetados para operar com a carga total de 24 milhões de passageiros/ano, o que aumentaria em muito o consumo de água no aeroporto.

Dentre as possibilidades de adoção de medidas que visem a sustentabilidade do AISP, é que se propõe o diagnóstico de consumo atual e a exploração de novas fontes para abastecimento, através da análise do potencial de aproveitamento da água de chuva. O presente trabalho faz parte do projeto Hidroaer - Uso Eficiente de Águas em Aeroportos (www.hidroaer.ita.br).

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Terminal 2 do Aeroporto Internacional de São Paulo, em Guarulhos, São Paulo, Brasil. Esse aeroporto foi inaugurado em 1985 e ocupa uma área de aproximadamente 11.9 milhões m² (Vitalux, 2006). Anexo ao aeroporto, ao sul, encontra-se a Base Aérea de São Paulo (BASP), do Ministério da Aeronáutica, a qual utiliza as mesmas pistas e ocupa um terreno de aproximadamente 2 milhões de m², compondo, do ponto de vista físico-operacional, um único conjunto.

Para o diagnóstico do consumo foram levantadas informações sobre perfis de consumo e padrões de demanda dos setores usuários do AISP. Esses dados foram obtidos através de contatos diretos com a equipe de engenharia da INFRAERO e os relatórios do Plano de Gestão dos Recursos Hídricos/Guarulhos (PGRH) de 2006, também fornecidos pela INFRAERO. Verificou-se também a possibilidade de economia, através da captação e aproveitamento das águas pluviais de superfícies externas como telhados e pátio das aeronaves, utilizando-se informações das plantas de engenharia do projeto do AISP e suas ampliações.

Para análise de qualidade das águas foram realizados três experimentos. O primeiro ocorreu em julho de 2008, devido à ausência de chuva e, para estabelecer condições de coleta, fez-se uma simulação de chuva sobre o telhado da Central de Gás, no Terminal 2, com área de 54 m² e telhas de fibrocimento. Coletaram-se 20 litros de amostra após 10 min. de chuva artificial. O segundo

experimento ocorreu em setembro de 2008 na área do pátio das aeronaves em uma área delimitada de 335 m², no Terminal 1. Foram utilizados 15.000 L de águas aspergidos durante 35 min. Vinte litros de amostras foram coletadas ao final do ensaio. O terceiro experimento foi realizado em janeiro de 2009 no mesmo local do primeiro experimento. Foram coletados 20 L de amostras após descarte dos primeiros 25 minutos de chuva. O descarte das primeiras águas teve por objetivo limpar o telhado e obter águas com melhor qualidade. Em todos os ensaios, logo

Parâmetros	Unidade	Parâmetros	Unidade
pH	-	Fósforo (P)	mg/L
Turbidez	UT	Cloretos	mg/L
Cor aparente	UC	Amônia	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	mg/L	Sólidos Totais em Suspensão (STS)	mg/L
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	mg/L
Nitrogênio total	mg/L	Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL
Nitrato	mg/L	Coliformes totais	NMP/100 mL
Nitrito	mg/L		

após a coleta, as amostras foram mantidas sob refrigeração até o início das análises. Uma empresa contratada realizou as análises físico-químicas e microbiológicas das amostras coletadas de acordo com APHA (2005). Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros analisados.

Tabela 1. Parâmetros analisados nos experimentos.

As análises N-total foram realizadas por titulação, DBO incubadas por 5 dias à 20° C, nitrato, nitrito, fósforo e cor pela técnica de colorimetria (espectrofotometria em UV/visível), medida de pH com eletrodo, sólidos por gravimetria, turbidez por nefelometria. Para comparação dos resultados obtidos no presente trabalho, utilizou-se diretrizes brasileiras como o Manual de conservação e reuso de água em edificações, elaborado pela Ana, Fiesp & SindusCon (2005) e uma norma técnica publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR15527/2007.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diagnóstico do consumo

A distribuição do consumo de água no AISP é apresentada na Tabela 2. Atualmente o AISP possui mais de 200 sanitários, além de outros sistemas intensivos em uso da água, como a Central de Água Gelada e o setor de alimentação.

Tabela 2: Demandas de água no AISP para o ano de 2005.

Consumo da População Aeroportuária					
Descrição	Qtdes	Consumo de Água (m³/mês)			
		Torneiras	Chuveiro	Bacia	Mictório
Funcionários Com Banho	350	37	693	304	26
Funcionários Sem Banho	21.718	1.906	0	15.780	1.361
Passageiros	43.181	4.534	0	6.257	1.619
Visitantes	107.953	1.134	0	3.128	405
Totais (m³/mês)		7.611	693	25.469	3.411
Consumos Diversos					
Descrição	Consumo (m³/mês)				
Ar Condicionado	9.677				
Irrigação	144				
Lavagem	216				
Restaurante	1.140				
Outras Lanchonetes	1.447,5				
Resumo dos Consumos					
Descrição	Consumo (m³/mês)	Consumo Total do Aeroporto (m³/mês)	Percentual (%)		
Torneira	7.611	49.907	15,3		
Chuveiro	693		1,4		
Bacia Sanitária	25.469		51,0		
Mictório	3.411		6,8		
Ar Condicionado	9.677		19,4		
Irrigação	144		0,3		
Lavagem	216		0,4		
Restaurante	1.140		2,3		
Outras Lanchonetes	1.447.5		2,9		

Fonte: Vitalux (2006).

O monitoramento do consumo de água nas dependências do aeroporto é baixo, se limitando a hidrometração da Central de Água Gelada e do setor de alimentação – este possui pequenos hidrômetros destinados ao consumo por unidade usuária. A ausência ou imprecisão destes dados compromete o investimento eficiente no uso racional da água. Como não há micromedição de água no AISP, o consumo é estimado pelo volume de água captada nos poços. A somatória das médias mensais de água produzida pelos 9 poços no período de janeiro a dezembro de 2005 foi de 49.907 m³/mês. A partir de dados mais atuais, fornecidos pela própria INFRAERO foi possível estimar que a média de captação/consumo de água no AISP entre os anos de 2000 a 2008 foi de 658.000 m³/ano ou 54.833 m³/mês. Como se pode observar na Tabela 2, o maior consumo de água fica por conta das descargas de bacias sanitárias seguidas pelo sistema de ar condicionado, torneiras e mictórios.

Análise do potencial de aproveitamento da água de chuva

O AISP utiliza atualmente uma fonte de captação de água que vem demonstrando constrições em sua disponibilidade e com a redução do consumo de água, visa-se reduzir também os custos operacionais. Diante da necessidade do desenvolvimento sustentável desse aeroporto em relação à utilização das águas, é que se propõe o aproveitamento das águas de chuva, para fins que não requeiram águas com padrão de potabilidade. A viabilidade de implantação dessa proposta foi avaliada através de um levantamento de algumas variáveis envolvidas nesse processo e que são apresentadas a seguir.

Para se ter uma estimativa do volume de água de chuva que pode ser captado é necessário conhecer os índices de pluviosidade para o local em questão e do potencial de aproveitamento das águas captadas. A partir da precipitação acumulada durante os anos de 2002 a 2006 (dados não apresentados), calculou-se a média de precipitação anual para este período, Tabela 3. Os dados de pluviometria foram fornecidos pelo próprio AISP.

Tabela 3: Precipitações e média anual de chuva de 2002 a 2006.

Ano	2002	2003	2004	2005	2006	Média
-----	------	------	------	------	------	-------

Precipitação Anual (mm)	994	877	1.256	1.324	1.521	1.194
-------------------------	-----	-----	-------	-------	-------	-------

As chuvas na região do Aeroporto de Guarulhos são mais concentradas entre os meses de outubro e março. Esse período é o ideal para que seja aproveitada a água de chuva, pois, com chuvas periódicas, as superfícies de captação acumulam menos poluição e a água captada é de melhor qualidade além de se ter um maior volume. Contudo, deve-se manter um sistema de abastecimento em paralelo para os períodos de escassez de chuvas.

Para o cálculo da precipitação aproveitável nos telhados, considerou-se o descarte de 1 mm de chuva por m² de telhado (Tomaz, 2003). Dessa forma, considerando-se apenas dias com pluviosidade acima de 1 mm e o descarte do primeiro milímetro de cada chuva, tem-se a seguinte quantidade de chuva aproveitável na Tabela 4.

Tabela 4: Quantidade de precipitação aproveitável nos telhados.

Ano	2002	2003	2004	2005	2006	Média
Precipitação Anual (mm)	904	789	1.146	1.213	1.399	1.090

Para o caso de pátios e pistas, como a superfície é mais poluída, considerou-se chuvas com precipitações apenas acima de 2 mm e que seriam descartados os 2 mm iniciais de cada chuva. Deste modo, as precipitações aproveitáveis estão descritas na Tabela 5. O cálculo do potencial de aproveitamento das águas de chuvas está apresentado na Tabela 6.

Tabela 5: Quantidade de precipitação aproveitável nos pátios e pistas.

Ano	2002	2003	2004	2005	2006	Média
Precipitação Anual (mm)	827	712	1.056	1.121	1.300	1.003

Tabela 6: Cálculo do volume de escoamento potencial por ano.

Local	Área (m ²)	Coefficiente de Run-Off	Precipitação aproveitável (mm)	Volume de Escoamento/ano (m ³)
Telhados	201.981,60	0,8	1.090	176.127,96
Pátio de aeronaves	867.487,50	0,75	1.003	652.567,47

Pistas	872.665,40	0,75	1.003	656.462,55
Total				1.485.157,97

Utilizou-se coeficientes de run-off conservadores, de modo a minimizar o risco de superestimar o potencial de água para aproveitamento. No caso dos telhados (de amianto), há menor absorção e evaporação que nos pátios e pistas (Concreto e CBUQ), tanto pelo material quanto pelas temperaturas de superfície. Por isso, foram considerados coeficientes de run-off baixos (0,8-0,75). Como o consumo médio do aeroporto é de 658.000 m³/ano (média 2000-2008) nota-se que, potencialmente pode-se suprir toda a demanda com apenas 44% do potencial de aproveitamento de água de chuva sem considerar os fins de utilização, pois parte da água potencialmente aproveitável tem restrições de utilização devido a sua qualidade. Então, pode-se utilizar toda a água do telhado (que tem melhor qualidade) e parte das águas dos pátios e pistas.

Qualidade da água de chuva e aspectos legais

Na ausência de um arcabouço legal para as atividades de reuso no Brasil, tem-se recorrido ao Manual de Conservação e Reuso de Águas em Edificações (2005) elaborado pela Agência Nacional das Águas (ANA), Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) e o Sindicato das Indústrias do Estado de São Paulo (SindusCon-SP), que divide as águas de reuso em quatro classes em função de exigências mínimas de qualidade, e a NBR 15527/07 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Na Tabela 7 são apresentados os resultados das análises de qualidade das águas escoadas do telhado e pátio do AISP comparando-os com os padrões de qualidade considerados no manual Ana, Fiesp & SindusCon (2005) e a NBR 15527/05. Considerando a primeira diretriz para análise, os padrões de qualidade da Classe 1, que tem uso preponderante para descarga sanitária, lavagem de pisos, veículos, roupas e fins ornamentais, observa-se que mesmo sem tratamento boa parte dos parâmetros analisados ficaram dentro dos padrões preconizados. Situação idêntica ocorreu na comparação das variáveis medidas com a NBR 15527/07.

Esses resultados estão em consonância com estudos realizados em outros aeroportos como o de Camberra na Austrália, que monitora a qualidade das águas pluviais desde 1998, tendo em vista o seu aproveitamento em atividades que requerem águas de menor qualidade. Os dados

obtidos a partir desse monitoramento têm indicado que as atividades do aeroporto não produzem efeito negativo na qualidade das águas (Camberra Airport, 2009). Na Alemanha, o Terminal 2 do aeroporto de Frankfurt utiliza água de chuva no resfriamento do ar condicionado, em fontes e em 800 lavatórios que consomem aproximadamente 8000m³ de água de chuva por ano. Antes do uso essas águas são quimicamente tratadas e purificadas em filtros de areia (Kazda e Caves, 2007).

Tabela 7: Comparação de valores sugeridos pelo Manual de Conservação e Reuso de Água em Edificações e NBR 15527 com valores medidos no presente estudo.

Parâmetros	Ensaio de simulação no telhado	Ensaio de simulação no pátio	Ensaio com chuva real no telhado	Classe 1*	Padrão NBR 15527**
pH	5,89	8,07	7,44	6,0 a 9,0	6,0 a 8,0
Turbidez (UT)	20,4	5,13	1,92	≤ 2	< 2 ou < 5
Cor (UH)	10 ^A	11	54	≤ 10	< 15
DBO (mg/L)	10 ^A	10 ^A	10 ^A	≤ 10	
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	-	-	≤ 20	
Nitrato (mg/L)	5,28	0,26	0,25	< 10	
Nitrito (mg/L)	0,05	0,042	< Lq	≤ 1	
Fósforo (mg/L)	1,08	< Lq	< Lq	≤ 0,1	
STS (mg/L)	86	42	7,0	≤ 5	
STD (mg/L)	65	170	4,0	≤ 500	
Coli. Termotolerantes (NMP/100 mL)	2,0x10 ⁴	Não detectado	47	Não detectável	-
Coli. Fecais (NMP/100 mL)	-	-	-	Não detectável	
Coli. Total (NMP/100 mL)	1,0x10 ⁵	Não detectado	5,4x10 ²	Não detectável	Ausente

Legenda: * Valores recomendados pelo Manual de Conservação e Reuso de Água em Edificações (2005) para águas de Classe 1, utilizadas para descarga sanitária, lavagem de pisos, veículos, roupas e fins ornamentais. ** Parâmetros de qualidade da água de chuva para usos restritivos não

potáveis. Células destacadas: correspondem aos parâmetros em desacordo com as diretrizes comparadas. ^A: valor muito próximo ao recomendado.

A comparação das variáveis medidas no presente estudo com o padrão recomendado para as águas de Classe 3, cuja aplicação é irrigação de áreas verdes e rega de jardins, pode ser vista na Tabela 8. Dos parâmetros constantes no manual Ana, Fiesp & SindusCon (2005) e que foram analisados no presente estudo, grande parte ficou dentro dos limites recomendados para essa classe.

Tabela 8: Comparação de valores sugeridos pelo Manual de Conservação e Reuso de Água em Edificações, para irrigação de áreas verdes e jardins, com valores medidos no presente estudo.

Parâmetros		Água Classe 3	Ensaio de simulação no telhado	Ensaio de simulação no pátio	Ensaio chuva real
pH		6,0-9,0	5,89	8,07	7,44
Turbidez (UT)		< 5	20,4	5,13	1,92
Salinidade		0,7 < EC(dS/m) <100 450 <SDT(mg/L) <1500	-	-	-
Cor aparente (UH)		<30 (UH)	73,0	59	21,0
Toxicidade por íons específicos	Para irrigação superficial	Sódio (SAR)	6,0-9,0	-	-
		Cloretos (mg/L)	< 350	1,0	0,62
		Cloro Residual (mg/L)	Máximo 1,0	-	-
	Para irrigação com aspersores	Sódio (SAR)	≥ 0,3	-	-
		Cloretos (mg/L)	< 100	1,0	0,62
		Cloro Residual (mg/L)	< 1,0	-	-

Boro (mg/L)	Irrigação de culturas alimentícias		0,7	-	-	-
	Regas de jardins e similares		3,0	-	-	-
DBO (mg/L)			< 20	10	10	10
Nitrogênio Total (mg/L)			5,0-30	0.05	0,66	1,30
STS (mg/L)			< 20	86	42	7,0
Coliformes fecais NMP/100 mL			≤ 200/100mL	-	-	-

Legenda: células destacadas - correspondem aos parâmetros em desacordo com as diretrizes comparadas.

Conforme os resultados obtidos e apresentados acima, a utilização das águas de chuva para os fins considerados nas Classes 1 e 3 do manual Ana, Fiesp & SindusCon (2005) e da NBR 15527 é uma alternativa viável. No entanto, como pode ocorrer variações nas concentrações de alguns poluentes ao longo do tempo, é recomendável a adoção de um tratamento para assegurar a qualidade das águas. Uma alternativa de tratamento é a utilização de filtros de areia e desinfecção com ozônio para adequar parâmetros em desacordo com as diretrizes.

No aspecto da legislação, o Brasil carece urgentemente de parâmetros legais para o aproveitamento das águas de chuva e reuso de efluentes, pois ambos já vêm sendo praticados com parâmetros importados de outros países ou até mesmo sem critério algum colocando em risco à saúde pública.

Ressalta-se aqui a iniciativas para elaboração de critérios e normas visando o aproveitamento das águas de chuva. O primeiro caso é do aeroporto de Manchester nos Estados Unidos que em 1995 estabeleceu limites máximos de 10 mg/L de DBO, 50 mg/L de SS, 2 mg/L de nitrogênio amoniacal e sem óleos visíveis (Kazda e Caves, 2007). Em janeiro deste ano, 2009, foi criado em Portugal uma especificação técnica para sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios (ETA 0701, 2009) regulando vários aspectos dessa prática. No Brasil, em 09 de junho de 2009 foi promulgada a Lei 6.511 no município de Guarulhos/SP, instituindo o Programa Municipal de Uso Racional da Água Potável, o qual prevê a implantação de reservatórios para captação da água de chuva.

CONCLUSÕES



De acordo com os levantamentos efetuados sobre o potencial de aproveitamento das águas de chuva no AISP, 40% das águas captadas seriam suficientes para atender 100% da demanda deste aeroporto. No entanto, devido aos períodos de estiagem, as águas de chuva não devem ser a única fonte de abastecimento, um sistema paralelo de abastecimento, como o que está em uso atualmente, deve ser mantido para atuar nessas ocasiões. Em favor dessa prática coopera a boa qualidade encontrada nas águas coletadas no telhado e pátio do AISP. Entretanto, necessita-se adotar um sistema de tratamento para as águas de chuva de forma que a sua qualidade seja garantida. Por outro lado, é necessário e urgente a instituição de normas com padrões de qualidade específicos para regular a prática de aproveitamento da água de chuva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO E SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Manual de Conservação e Reuso em Edificações. Prol ed. São Paulo. 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - requisitos. RJ. 2007.
- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. American Water Works Association Water Pollution Control Federation. 21^a ed. Washington: American Public Health Association, 2005.
- CAMBERRA AIRPORT. Summarised Water Management Plan. Disponível em: http://www.caberraairport.com.au/PDF/WMP09_Summary.pdf. Acesso em 28 jul., 2009.
- DEMPSEY, P. S. Airport Planning & Development Handbook: a global survey. McGrawHill HandBooks. 1999.
- DINIZ, H. N. Estudo do potencial hidrogeológico da bacia hidrográfica do Rio Baquirívu-Guaçu, municípios de Guarulhos e Arujá, São Paulo. 296 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1996.
- ETA – Especificação Técnica ANQIP 0701. Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios (SAAP). Portugal. 23p. (2009).
- GUARULHOS. Lei no 6.511, de 09 de junho de 2009. Institui o programa municipal de uso racional da água potável e dá outras providências. Diário Oficial do Município, Guarulhos, 10 jun., 2009.



INFRAERO. Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes-Gilberto Freyre. Disponível em: <http://www.infraero.gov.br/link_gera.php?lgi=83&menuid=aero>. Acesso em: 27 nov. 2007.

KAZDA, A.; CAVES, R. E. Airport Design and Operation. 2ª ed. 538 p., 2007.

OKPALA W. O. (2005). Prospecção de tecnologias para a implantação da prática de reúso de água no Aeroporto Internacional Governador André Franco Montoro em Guarulhos. 112f. Dissertação (Dissertação em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PORTO, M. Série Água Brasil 3. Recursos Hídricos e Saneamento na Região Metropolitana de São Paulo: um desafio do tamanho da cidade. Banco Mundial, Brasília/DF, 84 p., 2003.

TOMAZ, P. Aproveitamento da água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar. 180p., 2003.

VITALUX, EFICIÊNCIA ENERGÉTICA LTDA. Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos – Governador André Franco Montoro – Relatório do Plano de Gestão de Recursos Hídricos. 149 p. 2006.



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



MONITORAMENTO E SIMULAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO EM CISTERNAS RURAIS NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

*Dennyale Alves Gama¹; Marília Silva Dantas¹; Rodolfo Luiz Bezerra Nóbrega¹ & Carlos de
Oliveira Galvão¹*

RESUMO – Os sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, através de cisternas, são cada vez mais comuns nas áreas rurais do Nordeste brasileiro. Sua eficiência, no entanto, está diretamente associada às condições de manejo e manutenção de cada um dos seus componentes. Através da simulação do comportamento do sistema, fazendo uso de equações de balanço hídrico de reservatório e de séries históricas de precipitação, é possível avaliar se o sistema simulado é adequado para atender à demanda da família usuária. Entretanto, para que esta simulação seja precisa, é necessário parametrizar estas equações, ou seja, ajustá-la ao sistema simulado. Este artigo apresenta o processo de monitoramento e avaliação de dois sistemas localizados no semiárido paraibano. As simulações mostraram que os erros podem ser significativos quando da estimativa regional de riscos de desabastecimento por sistemas de alerta antecipado para ações de defesa civil. Entretanto, os simuladores podem e devem ser utilizados, desde que se leve em consideração a magnitude dos erros associados.

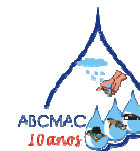
Palavras chaves: captação de água de chuva, monitoramento, semiárido.

1) Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande, Caixa Postal 505, Campina Grande – PB, 58.400-971, [dennyale, marília, rodolfo, galvao]@hidro.ufcg.edu.br.



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



INTRODUÇÃO

Com uma área de quase 1 milhão de quilômetros quadrados (Brasil, 2005), o Semiárido Brasileiro é caracterizado por uma grande variabilidade climática, que está associada à má distribuição espacial e temporal da precipitação, assim como aos altos índices de evapotranspiração e à pequena capacidade de retenção de água no solo. O período chuvoso na região compreende um período de 4 meses e totais pluviométricos anuais variam aproximadamente entre 300 e 1000 mm.

Ao longo dos anos, diversas estratégias têm sido utilizadas para efeito de minimização dos danos causados pela irregularidade pluviométrica aos moradores da região. A captação e o armazenamento de água de chuva em cisternas tem sido uma dessas alternativas, que pode garantir abastecimento de água familiar por todo o ano. Seu uso e aceitação foram ampliados com o programa P1MC, coordenado pela Articulação do Semi-Árido (ASA), que propõe a construção de 1 milhão de cisternas na região semi-árida brasileira. O P1MC, para proporcionar às famílias contempladas pelo programa água em quantidade suficiente para consumo doméstico de uma família de cinco pessoas (beber e cozinhar) por um período de um ano, definiu que as características mínimas para cada sistema de captação de água de chuva (SCAC) seriam: uma cisterna de 16 m³ de capacidade e uma área de captação de 40 m² (ASA, 2003).

Dada à dimensão ampla e regional de um programa de abastecimento de água deste porte, é desejável a implementação de sistemas de monitoramento e simulação do seu comportamento, de modo a antecipar eventuais crises de desabastecimento decorrentes de secas severas ou uso inadequado. A simulação do balanço hídrico de SCACs individuais é parte central de qualquer sistema de alerta antecipado em escala regional. É preciso, entretanto, avaliar se as informações cadastrais dos SCACs são suficientes para a sua simulação realista e a ordem de grandeza dos erros associados, comparando, em áreas piloto, os valores simulados com observados em campo.

Este artigo apresenta uma primeira contribuição neste propósito: a simulação e monitoramento, por 16 meses, de dois sistemas de captação de água de chuva instalados em comunidades do município de São João do Cariri, na Paraíba.

METODOLOGIA

Área de estudo

Foram estudadas as comunidades Curral do Meio e Malhada da Roça, localizadas no município de São João do Cariri, que está inserido no centro do Estado da Paraíba, onde a precipitação média anual é de 500 mm/ano. A fim de avaliar a estrutura de captação e armazenamento da água dos



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



sistemas, foram analisadas duas cisternas, uma em cada comunidade.

Dimensões dos sistemas

As características levantadas sobre os sistemas foram as seguintes: dimensões das cisternas e telhados, presença de rachaduras ou vazamentos, condições de manutenção do telhado e cisterna, finalidade da água captada, volume de água retirado diariamente e ocorrência eventual de aporte de água de carro-pipa. Na estimativa da quantidade de água retirada diariamente pelos usuários, levando em consideração que nos dois casos a retirada era feita com balde, mediu-se o volume destes, e registrou-se quantos eram retirados por dia. Esta quantidade, então, foi relacionada ao número de pessoas utilizando a água da cisterna em cada mês (para o sistema localizado na comunidade de Curral do Meio variou em alguns meses do período de observação), obtendo assim o valor da demanda per capita em m^3/dia . Para o cálculo da capacidade de armazenamento a cisterna, mediu-se o diâmetro interno e a altura total (h), diminuindo desta a altura do tubo de extravasamento (Figura 1).

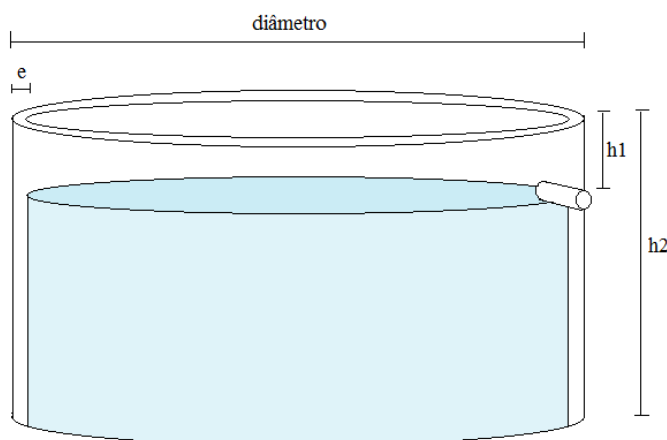


Figura 1. Capacidade de armazenamento da cisterna – onde e é a espessura, $h1$ é a altura do tubo de extravasamento e $h2$ é a altura total da cisterna.

Perdas na captação

As perdas no processo de captação, desde o telhado, passando pelas calhas e tubos, até a entrada da cisterna, foram calculadas a partir de dados de um sistema, onde foi medido o volume de água da cisterna antes e após eventos de chuva, durante dias consecutivos. Desta forma, calculou-se a quantidade de água captada no telhado e a quantidade armazenada na cisterna, obtendo-se assim que apenas 73% da água captada foi armazenada, significando que 27% desta foi desviada durante o

seu percurso até ser retida na cisterna.

Monitoramento dos volumes armazenados

No acompanhamento volumétrico das cisternas, que ocorreu no período de fevereiro de 2008 a maio de 2009 (16 meses), foi medida mensalmente a altura da coluna de água para posterior cálculo do volume armazenado. As datas para realização destas medições foram pré-estabelecidas de forma que fossem realizadas em intervalos de 25 a 30 dias. Das duas cisternas monitoradas, nenhuma delas teve aporte de água de carro-pipa durante o período dos 16 meses, utilizando, portanto, apenas a água de chuva captada nos telhados.

A série histórica pluviométrica referente ao período de observação foi obtida por meio do banco de dados da Bacia Escola da Universidade Federal de Campina Grande, situada em São João do Cariri.

Balanço hídrico

O modelo de balanço hídrico relaciona a quantidade de água precipitada, captada e utilizada, resultando no total de água armazenada pela cisterna. Para o cálculo usa-se a seguinte equação, expressa em unidades volumétricas:

$$V_{cap} = A_c \times C \times P_t \quad (1)$$

onde A_c é a área de captação; C é o coeficiente de perdas na captação; P_t é a precipitação ocorrida entre os dias $t-1$ e t .

$$V_{d_t} = V_{cap_t} + V_{d_{t-1}} - V_{con_t} \quad (2)$$

onde V_{olc} é a capacidade da cisterna; V_{d_t} é o volume disponível no dia t ; $V_{d_{t-1}}$ é o volume disponível no dia $t-1$; V_{cap_t} é o volume captado entre os dias $t-1$ e t ; V_{con_t} é o volume consumido entre os dias $t-1$ e t . V_{d_t} deve ser positivo e menor que a capacidade da cisterna, V_{olc} .

Considera-se que a demanda é consumida ao mesmo passo em que o volume captado abastece a cisterna. Deste modo, o cálculo do volume disponível é realizado com o uso destes dois valores calculados numa mesma etapa, sendo que esta pode ser variável em determinados meses do ano. Ocorrendo essa variação, o novo valor da demanda é inserido no início do mês em questão e calculado para este; assim, ocorrendo variação em meses consecutivos, os novos valores são inseridos a partir do primeiro dia de cada mês.

Feito isto, o valor do volume armazenado na cisterna obtido no monitoramento é comparado ao valor calculado através do balanço na mesma data, sendo possível comparar os resultados e analisar

possíveis erros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dadas as medições realizadas nas cisternas, obtiveram-se as informações sobre as características físicas do sistema como área de captação, volume aproveitável da cisterna, demanda de acordo com a quantidade de água retirada diariamente pelo usuário, etc. Estas informações são mostradas nas Tabelas 1 e 2. Além destas, foram feitas observações quanto ao manejo ou uso inadequado do sistema, como falta de manutenção na cisterna ou telhado. Ambas possuíam bom estado de conservação, porém, como explicitado anteriormente, nenhuma delas utiliza bomba como forma de retirar a água da cisterna, sendo usado o balde.

Tabela 1. Dados da cisterna de Curral do Meio.

Área Captação (m ²)	86,43
Voluma da Calha 1 (m ³)	0,09
Voluma da Calha 2 (m ³)	0,08
Volume ext. Cisterna (m ³)	18,35
Volume int. Cisterna (m ³)	16,63
Capacidade Cisterna (m ³)	14,90
Demanda (m ³ /dia)	0,0171

Tabela 2. Dados da cisterna de Malhada da Roça.

Área Captação (m ²)	102,31
Voluma da Calha 1 (m ³)	0,09
Voluma da Calha 2 (m ³)	0,11
Voluma da Calha 3 (m ³)	0,13
Voluma da Calha 4 (m ³)	0,03
Volume ext. Cisterna (m ³)	19,54
Volume int. Cisterna (m ³)	17,18
Capacidade Cisterna (m ³)	15,76
Demanda (m ³ /dia)	0,0151

Na cisterna localizada na comunidade de Curral do Meio foi registrada uma variação na quantidade de pessoas utilizando a água da cisterna durante alguns meses do período de acompanhamento (Tabela 3). Esta variação foi inserida no balanço hídrico deste sistema no dia 1º do mês em questão.

Tabela 3. Variação da demanda hídrica do sistema monitorado na comunidade de Curral do Meio.

Mês	Nº pessoas	Demanda calculada (m ³)
Fev/08	4	0,017143
Mar/08	4	0,017143
Abr/08	4	0,017143
Mai/08	5	0,021428
Jun/08	4	0,017143



7º
Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



Jul/08	5	0,021428
Ago/08	6	0,025714
Set/08	6	0,025714
Out/08	6	0,025714
Nov/08	6	0,025714
Dez/08	6	0,025714
Jan/09	6	0,025714
Fev/09	4	0,017143
Mar/09	4	0,017143
Abr/09	4	0,017143
Mai/09	4	0,017143

As medições realizadas para monitoramento volumétrico são mostradas na Figura 2. É possível avaliar a destreza do modelo quanto à reprodução da situação real observada, comparando estes valores com os calculados.

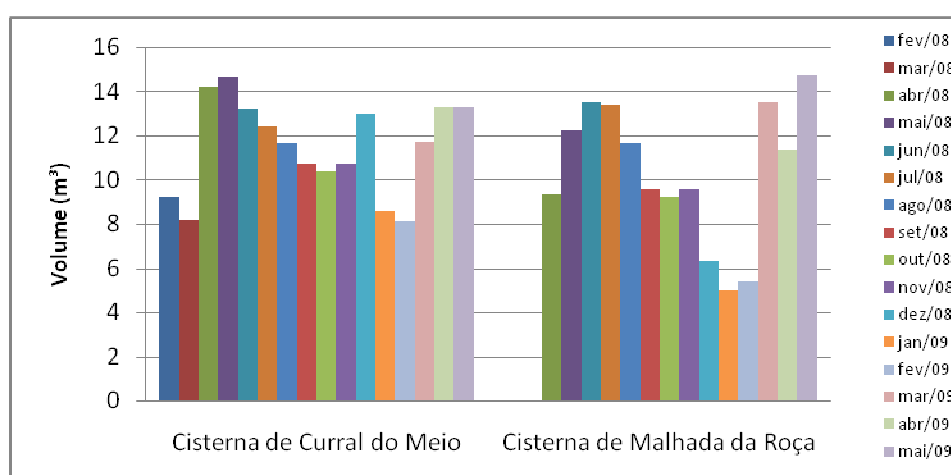


Figura 2. Volumes armazenados nas cisternas durante 16 meses de monitoramento

No sistema da comunidade de Curral do Meio (Figura 3), foi verificado um aumento na quantidade de pessoas utilizando a água da cisterna entre os meses de maio de 2008 a janeiro de 2009 (Tabela 3). A cisterna não recebeu água de carro-pipa durante todo o período em que foi monitorada. Observa-se que o modelo de balanço hídrico segue a tendência observada de enchimento/esvaziamento da cisterna, porém superestimando o volume real do sistema, principalmente entre os meses de julho e novembro de 2008 (período caracterizado por baixos índices pluviométricos). A quantidade de água utilizada pode ter sido maior do que a considerada na simulação mesmo levando em consideração a variação da quantidade de usuários neste período; já nos meses de janeiro e fevereiro de 2009 o valor calculado se aproxima bem do observado (cisterna



em sua capacidade máxima) e, após este, volta a ser superestimado pelo modelo.

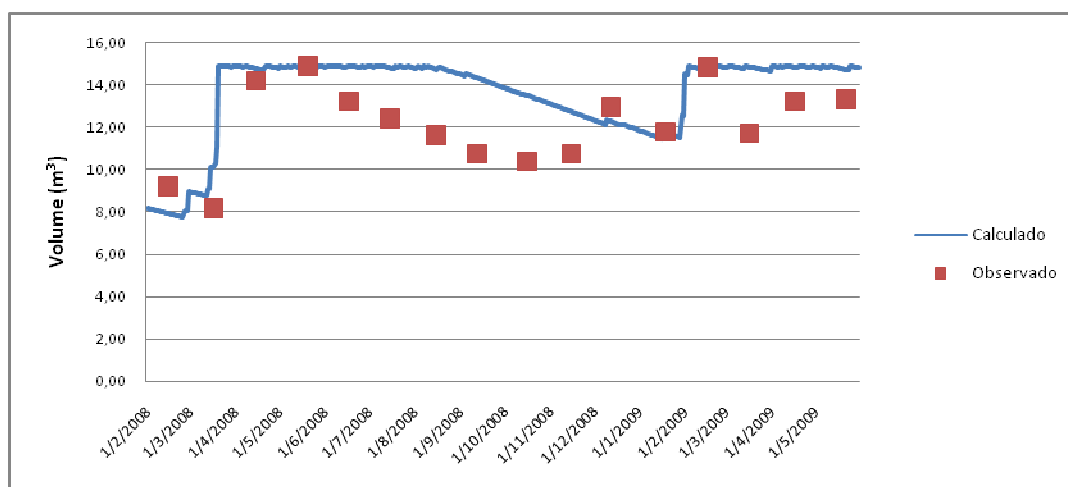


Figura 3. Cálculo Diário e Volume observado para a cisterna localizada na comunidade de Curral do Meio.

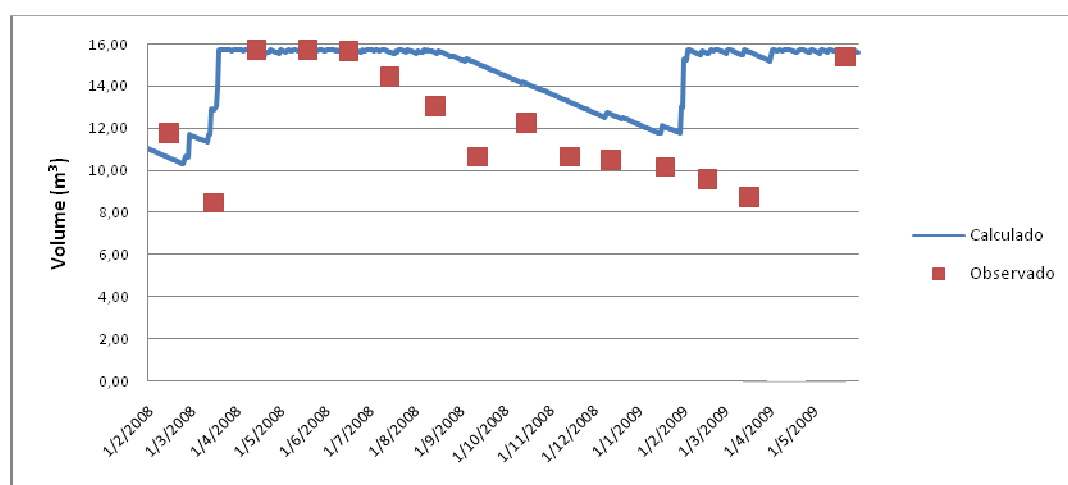


Figura 4. Cálculo diário e volume observado para a cisterna localizada na comunidade de Malhada da Roça.

No sistema da comunidade de Malhada da Roça (Figura 4) não foi registrada variação na quantidade de usuários durante o período em que foi monitorado. Observa-se que o modelo, assim como na Figura 3, segue a tendência do que foi observado, também superestimando os valores em alguns meses. Isto pode ser observado entre os meses de julho de 2008 e abril de 2009. Entre os meses de agosto e outubro de 2008 houve grande diferença entre os valores observado e calculado chegando a diferenças de mais de 4m^3 .

Tais discrepâncias nos resultados podem ser atribuídos a: (a) variações do volume de água retirada durante alguns dias dos meses (sendo maior que o considerado), (b) maiores perdas na

captação e (c) diferenças entre a precipitação local e a medida na estação climatológica.

CONCLUSÕES

A simulação do balanço hídrico realizada em dois SCAC apresentou erros que podem ser significativos quando da estimativa regional de riscos de desabastecimento por sistemas de alerta antecipado para ações de defesa civil. Cada SCAC possui sua individualidade e cada usuário uma forma própria de uso e manejo da água disponível e cuidados com os componentes do sistema. Esta variabilidade influi no resultado em relação à quantidade de água que vai ser disponibilizada através da cisterna. Entretanto, os simuladores podem e devem ser utilizados, desde que se leve em consideração a magnitude dos erros associados.

A continuidade do monitoramento desses SCAC e a ampliação para outras comunidades são importantes para melhor caracterização das causas dos erros e, assim, melhor calibrar as estimativas dos sistemas de alerta antecipado.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve o suporte do MCT, através dos projetos CISTERNAS (MCT/CT-HIDRO/FINEP) e SegHidro (MCT) e de bolsas concedidas pelo CNPq.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, H. A.; SILVA, L. **Estimativa do potencial de captação de água de chuva no brejo paraibano**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 2003, Juazeiro, BA, CD ROM. Juazeiro,: Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva (ABCMAC), 2003.

ASA. **Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: Um Milhão de Cisternas Rurais – P1MC**; sumário executivo. 2003.

BRASIL- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro**. 2005.

BRITO, L. T. de L. *et al* (2007). **Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro**. In: Luiza Teixeira de Lima Brito; Magna Soelma Beserra de Moura; Gislene Feitosa Brito Gama. (Org.). 1ª ed. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, v. 1.

CÁRITAS BRASILEIRA (2001). **Água de chuva: o segredo da convivência com o Semi-Árido brasileiro**. Cáritas Brasileira, Comissão Pastoral da Terra, Fian/Brasil – São Paulo: Paulinas, 2001.



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



il. 104p.



DIMENSIONAMENTO SUSTENTÁVEL DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

Paulo Frasinete de Araújo Filho¹

Resumo - A escassez de água para o consumo humano é um drama social vivido pela população de regiões onde a disponibilidade hídrica não é suficiente. O semi-árido Nordeste apresenta elevadas evaporação provocando sérios problemas de armazenamento de água. A precipitação pluviométrica tem comportamento irregular e o total anual é inferior a 900 mm. A distribuição espacial da população é homogênea. Esta dispersão dos habitantes dificulta o atendimento de água para as necessidades mínimas da população. Tendo em vista o contexto da região, é preciso criar alternativas de melhoria das condições de vida dos cidadãos levando em consideração as suas peculiaridades. Uma forma de armazenamento que vem sendo utilizada há alguns séculos é a utilização de cisterna para armazenar a água da chuva. As cisternas representam a solução de melhor custo-benefício em relação a outras alternativas de combate à escassez de água na região. Nos anos de seca é uma alternativa eficaz, do ponto de vista da segurança hídrica. A cisterna propicia o acesso descentralizado à água para consumo humano e a convivência sustentável e solidária com o semi-árido. O volume da cisterna é função da precipitação pluviométrica, da área de captação e das perdas ocorridas no sistema de captação. As perdas podem ser reduzidas, mas não aumentar significativamente o volume. Já a área de captação é a variável mais significativa do sistema que poderá viabilizar a utilização da cisterna para todo o período de estiagem e que pode sofrer alterações em suas dimensões. Como a demanda, a probabilidade da precipitação e as perdas são parâmetros, pode-se relacionar estes parâmetros com a área de captação para que se tenha um sistema sustentável. A metodologia foi aplicada a 18 postos do estado de Pernambuco onde mostra que mesmo com baixa precipitação a cisterna pode ser uma alternativa viável.

Palavra chaves: Cisterna, desenvolvimento sustentável, precipitação.

¹

Professor Adjunto do Núcleo de Tecnologia, Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Rodovia BR-104, Km 59, Sítio Juriti - Zona Rural, 55.002-970 – Caruaru, PE. Fone: (81) 2126-7773. C-Elet.: pfaf@ufpe.br



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



INTRODUÇÃO

A Região Nordeste ocupa 18,27 % do território brasileiro, com uma área de 1.561.178 km². O Semi-Árido ocupa 841.261 km² de área no Nordeste e 54.670 km² em Minas Gerais e caracteriza-se por apresentar reservas insuficientes de água em seus mananciais. Esta região é conhecida como o polígono da seca.

O semi-árido apresenta forte insolação e elevadas taxas de evaporação. A precipitação pluviométrica tem comportamento irregular e o total anual é inferior a 900 mm. A irregularidade das chuvas pode chegar a condições extremas que configuram os anos de seca. O período chuvoso tem uma duração de poucos meses, em torno de 4 a 5 meses, e caracteriza-se por registrar mais de 60 % da precipitação pluviométrica anual. A precipitação pluviométrica é má distribuída espacialmente e temporalmente, mas sua média é suficiente para atender as necessidades da região. O problema grave da região é o armazenamento de água devido ao alto índice de evaporação.

Um aspecto que difere a região semi-árida do Nordeste das outras zonas semi-áridas do mundo é o seu alto grau de povoamento (sendo considerada a “região semi-árida mais povoada do mundo”, aproximadamente 18 milhões de pessoas), e a distribuição espacial da população que se espalha por toda região de modo mais ou menos homogêneo, excetuando-se os grandes aglomerados urbanos. Esta dispersão dos habitantes dentro da região dificulta o atendimento de água para satisfazer as necessidades mínimas da população.

A situação é mais crítica na zona rural e nos pequenos municípios, em que o abastecimento de água, nas épocas de estiagem mais severa, só é garantido através de carros-pipa. Tendo em vista o contexto da região, é preciso criar alternativas de melhoria das condições de vida dos cidadãos levando em consideração as suas peculiaridades, (ANA, 2004).

“A sustentabilidade de uma região, no que tange aos recursos hídricos, está diretamente associada à disponibilidade do recurso, em termos de quantidade e qualidade, e à capacidade de suporte permanente que pode oferecer às atividades humanas em geral.” (ANA, 2004)

Uma forma de armazenamento que vem sendo utilizada há alguns séculos e que vêm sendo objeto de ação do governo é a utilização de cisterna para armazenar a água da chuva. As cisternas representam a solução de melhor custo-benefício em relação a outras alternativas de combate à escassez de água na região (poços, micro-barragens, barragens subterrâneas). Do ponto de vista da segurança hídrica nos anos de seca, é uma alternativa eficaz.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



A cisterna rural propicia o acesso descentralizado à água para consumo humano garantindo a quantidade de água mínima necessária à sobrevivência da população nos períodos de estiagem prolongada e a convivência sustentável e solidária com o ecossistema do semi-árido.

A Cisterna Rural de Placas é conhecida como um tanque de alvenaria para armazenar a água de chuva que escoar dos telhados das casas e é canalizada através de calhas (Netto, 2005).

O Governo Federal criou o programa de 1 milhão de cisternas (P1MC) para construir 1 milhão de cisternas na região semi-árida do nordeste brasileiro. Este programa realizou um estudo levando em consideração uma precipitação pluviométrica de 400 mm, uma área de telhado (captação) de 40 m² e que deveria atender a uma família de 5 pessoas, 9 l/pessoa. O P1MC determinou que a cisterna a ser construída deveria ter capacidade para armazenar 16 m³ (ANA, 2007).

Para que a cisterna atenda as expectativas é necessário que o volume que chegue a mesma seja suficiente para encher o volume máximo armazenado pela cisterna, ou seja, o volume que a população irá consumir durante a estiagem. A capacidade da cisterna, volume máximo armazenado, é função da população a ser atendida.

O volume que chega a cisterna é função da precipitação pluviométrica, da área de captação e das perdas ocorridas no sistema de captação. As perdas podem ocorrer por absorção da água pelas telhas, vazamentos no telhado ou sistema de calhas e desvio das primeiras águas. Como a precipitação pluviométrica é função da localidade onde fica a área de captação e as perdas como variáveis que irão influenciar o volume de água que chega a cisterna.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o cálculo do volume que chega a cisterna deve-se considerar a chuva que cai sobre uma área de captação e as perdas no sistema de captação.

Para cada localidade existe uma distribuição de probabilidade para precipitação pluviométrica. A distribuição probabilística utilizada foi a distribuição Normal (Naghettini, 2007 e Benjamin & Cornell, 1970). A série utilizada no estudo probabilístico foi a do total pluviométrico ocorrido em 12 meses, para isto foram somadas as precipitações diárias a partir do mês anterior ao início do período chuvoso. Este procedimento deve-se ao fato que a cisterna acumula água no período chuvoso e tem que armazenar água suficiente para até o próximo período chuvoso. Devido a irregularidade do início do período chuvoso optou-se por iniciar os 12 meses de acumulação no mês anterior ao início do mesmo.

Como o volume que chega a cisterna é menor que o volume precipitado na área de captação, foi feita uma correlação entre a série precipitada na área de captação e a que chega a cisterna. A série



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



que chega a cisterna foi criada a partir da série precipitada na área de captação menos as perdas. Para isto foram somados os volumes diários onde a diferença entre a precipitação e as perdas fossem positiva. Com isto pode-se estimar para uma determinada probabilidade de precipitação o volume que chega a cisterna para cada valor de perdas do sistema de captação.

O volume máximo de armazenamento da cisterna é função da demanda, tornando-se invariável para uma determinada população. A precipitação é função da localidade, portanto não muda para a localidade. Portanto o volume máximo de armazenamento da cisterna e a precipitação são considerados com parâmetro. Restando somente as perdas e a área de captação para serem consideradas como variáveis para que o volume que chegue a cisterna alcance o volume máximo de armazenamento da mesma.

As perdas podem ser reduzidas, mas mesmo assim podem não aumentar significativamente o volume de água que chega a cisterna. Já a área de captação é a variável mais significativa do sistema que poderá viabilizar a utilização da cisterna para todo o período de estiagem.

Com a determinação do volume que chega a cisterna em função da precipitação na área de captação (probabilidade) e do valor das perdas pode-se determinar a área mínima de captação para que o volume que chegue a cisterna seja igual ao armazenamento máximo da mesma. Este valor é obtido dividindo o volume máximo de armazenamento da cisterna pela precipitação pluviométrica associada a uma determinada probabilidade. Portanto para uma determinada probabilidade de precipitação em uma localidade e conhecendo as perdas no sistema de captação pode-se determinar a área mínima para que a cisterna consiga armazenar água suficiente para 12 meses.

RESULTADOS

A metodologia de determinação da área mínima de captação foi testada em localidades do estado de Pernambuco onde existem dados de precipitação pluviométrica com mais de 50 anos consecutivos segundo o critério de início dos 12 meses, figura 1 e tabela 1, totalizando 18 postos.

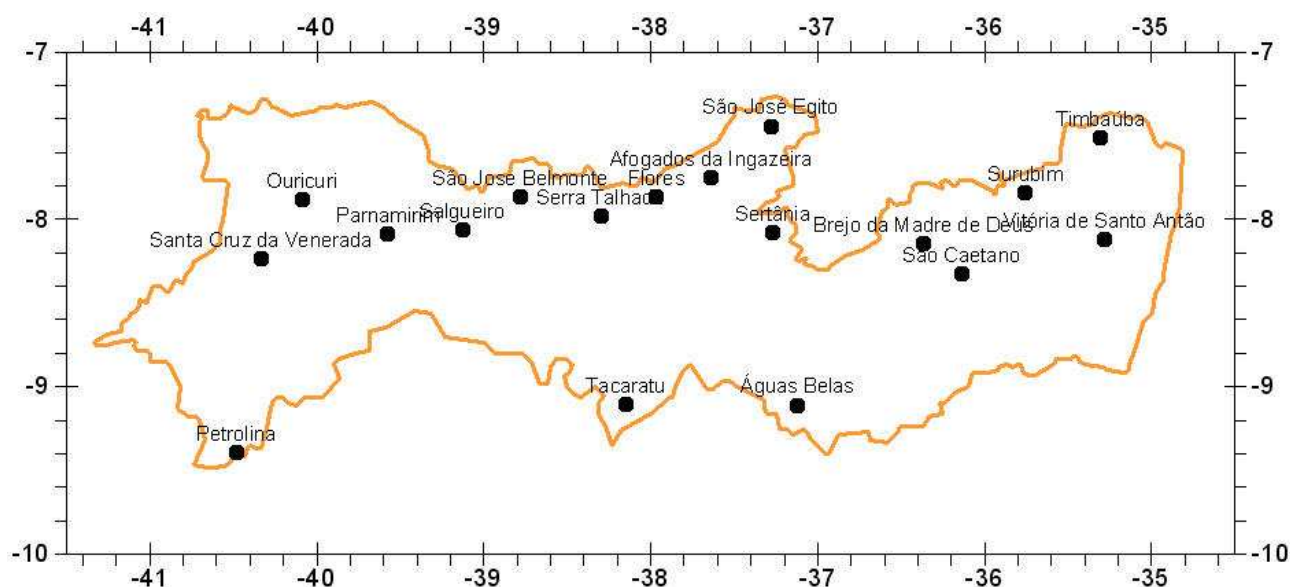


Figura 1 - Localização dos postos pluviométricos com mais de 50 anos.

Tabela 1 - Postos pluviométricos com mais de 50 anos.

Posto	Anos
São José Egito	84
Timbaúba	82
Salgueiro	78
Serra Talhada	76
Tacaratu	76
São Jose Belmonte	74
Ouricuri	72
Petrolina	72
Afogados da Ingazeira	71
Águas Belas	70
Surubim	69
Parnamirim	68
Vitória de Santo Antão	68
Sertânia	66
Brejo da Madre de Deus	64
São Caetano	55
Santa Cruz da Venerada	54



Foi realizado o ajuste da série de precipitação pluviométrica através da distribuição Normal para os 18 postos. Nas figuras de 2 a 4 é mostrada o ajuste da distribuição Normal para os postos de Petrolina, Afogados da Ingazeira e Vitória de Santo Antão, respectivamente.

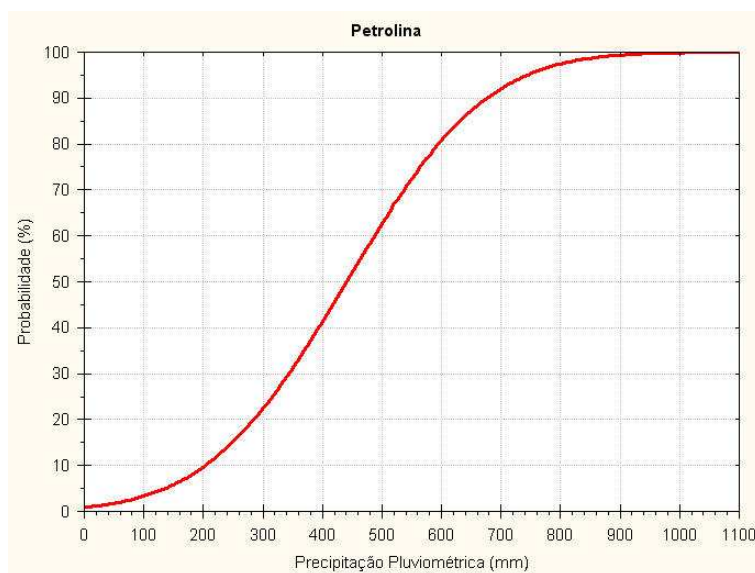


Figura 2 - Distribuição de probabilidade em Petrolina.

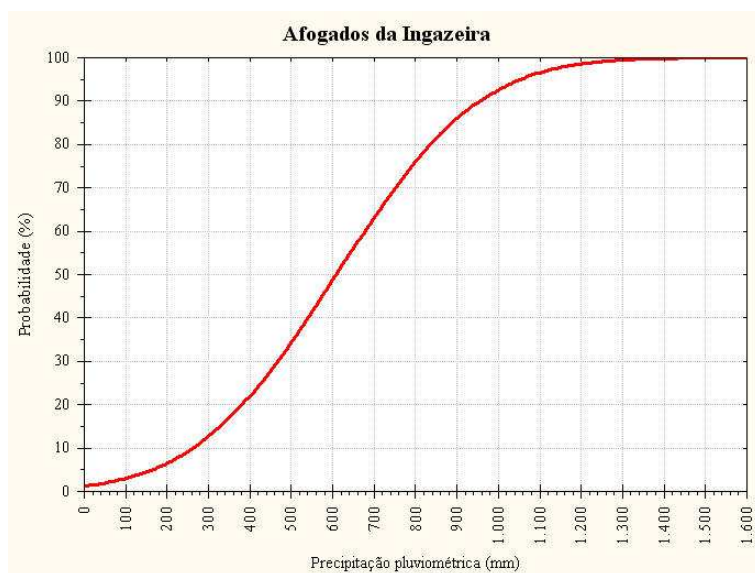


Figura 3 - Distribuição de probabilidade em Afogados da Ingazeira.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE

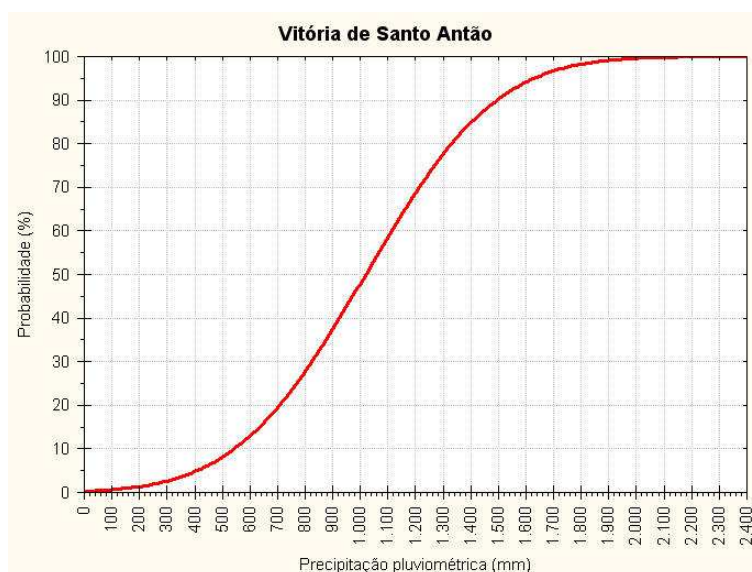


Figura 4 - Distribuição de probabilidade em Vitória de Santo Antão.

Após ajustar a distribuição para os 18 postos estudados obteve a curva de probabilidade para cada posto, figura 5.

Segundo o ajuste, a probabilidade de precipitar mais que 200 mm é de 85,5 % em Petrolina, 93 % em Afogados da Ingazeira e 98,5 % em Vitória de Santo Antão, conforme figura 5. Já a probabilidade de precipitar mais que 300 mm é de 76 % em Petrolina, 87 % em Afogados da Ingazeira e 97,5 % em Vitória de Santo Antão.

A correlação entre a precipitação na área de captação e o volume que chega na cisterna descontando as perdas no sistema de captação foi ajustado para os 18 postos com perdas de 1,0 mm e 2,0 mm, figura 6 e 7.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE

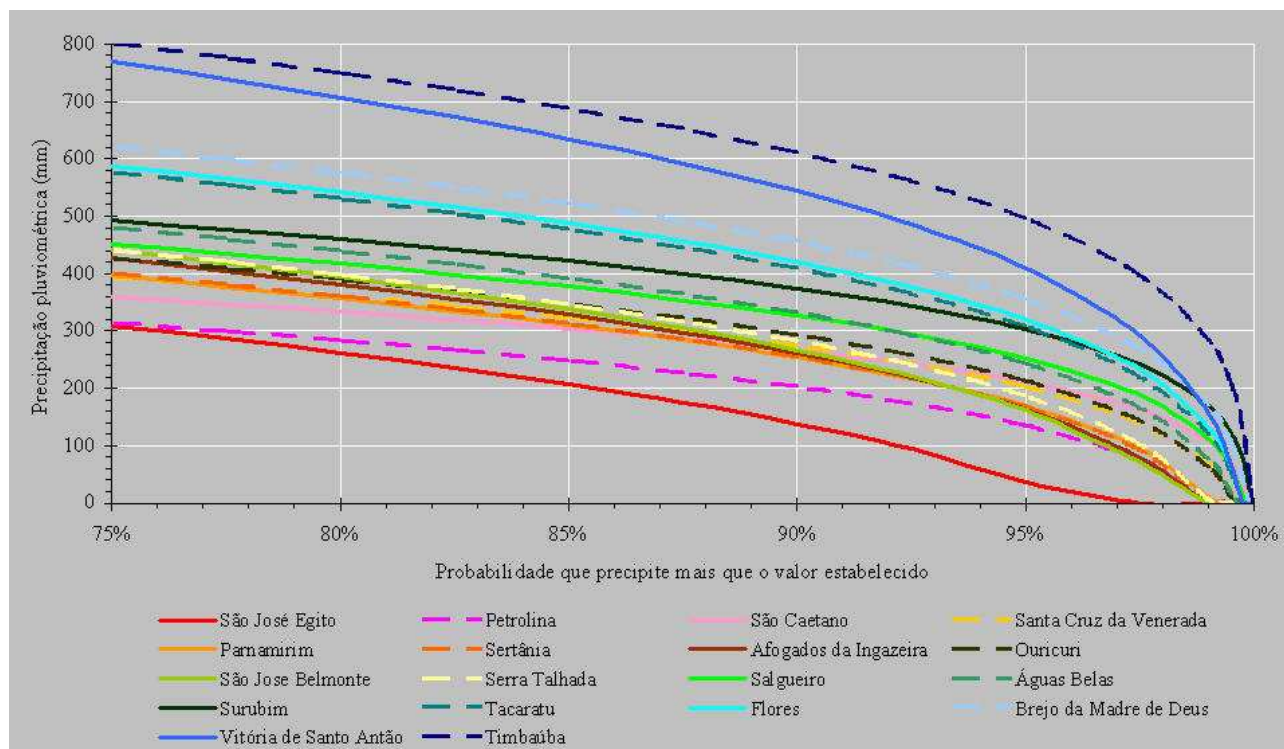


Figura 5 - Distribuição de probabilidade para todos os 18 postos.

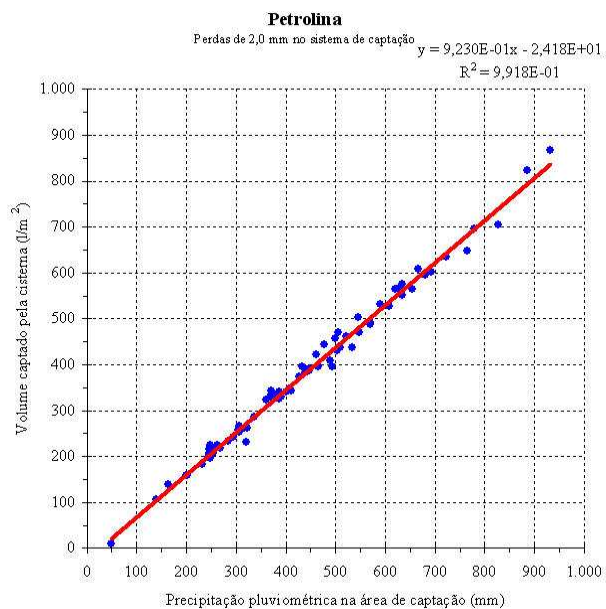
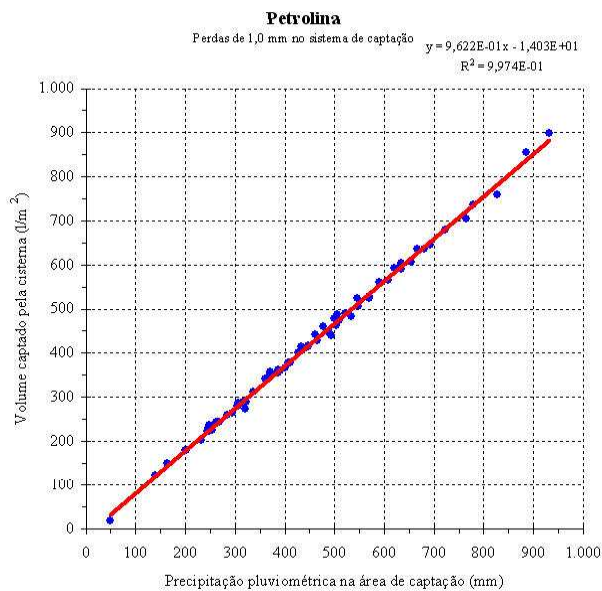


Figura - Correlação entre a precipitação pluviométrica e o volume que chega na cisterna em Petrolina.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



Admitindo a capacidade máxima da cisterna em 16 m^3 , conforme o programa P1MC, pode-se montar uma relação entre a probabilidade da precipitação pluviométrica e a área mínima de captação, conforme figura 8 e 9, para cada valor de perdas no sistema de captação.

Por exemplo, para encher uma cisterna de 16 m^3 em uma localidade com uma probabilidade de 85 % da precipitação pluviométrica precisasse de uma área de captação de 71 m^2 em Petrolina, 53 m^2 em Afogados da Ingazeira e 30 m^2 em Vitória de Santo Antão, com perdas no sistema de captação de 1,0 mm, conforme figura 10. Já para perdas no sistema de captação de 2,0 mm, tem-se uma área de captação de 78 m^2 em Petrolina, 57 m^2 em Afogados da Ingazeira e 35 m^2 em Vitória de Santo Antão.

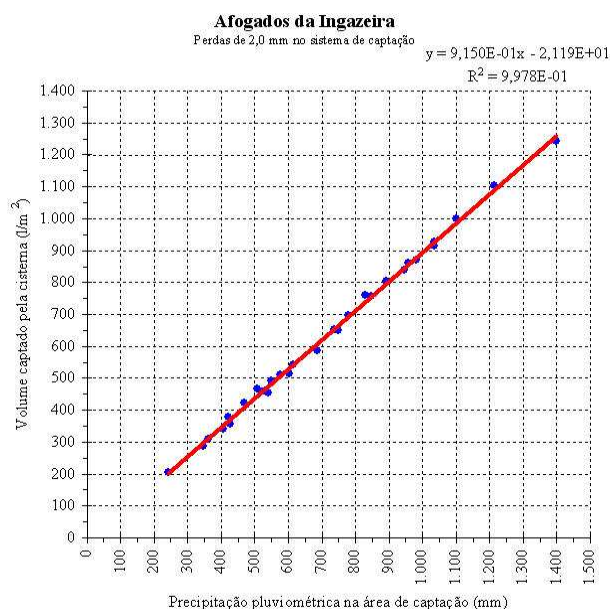
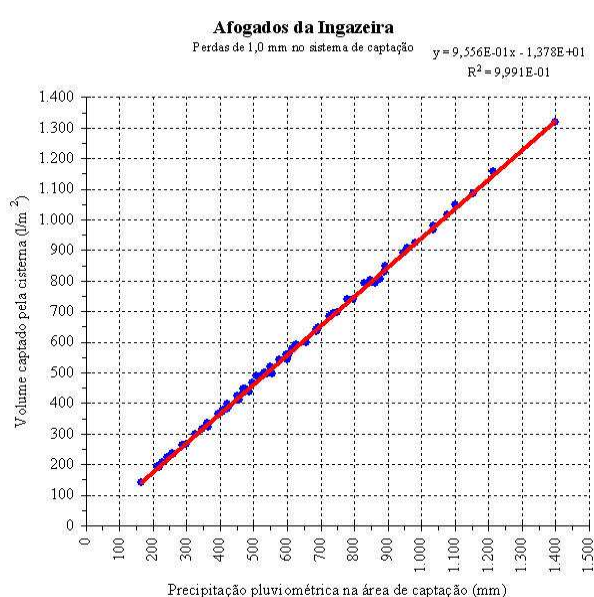


Figura - Correlação entre a precipitação pluviométrica e o volume que chega na cisterna em Afogados da Ingazeira.



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva
27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE

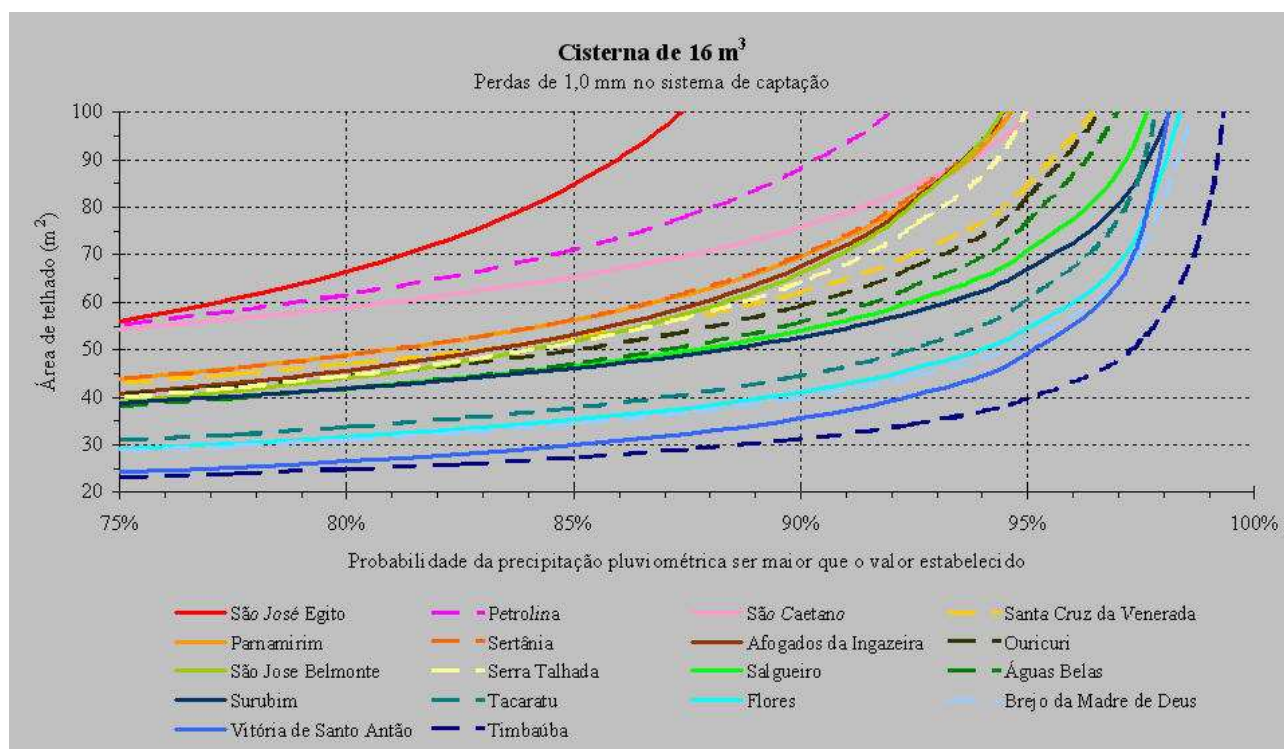


Figura 8 - Relação entre a probabilidade de precipitação e a área mínima de captação para 1,0 mm de perdas no sistema de captação.

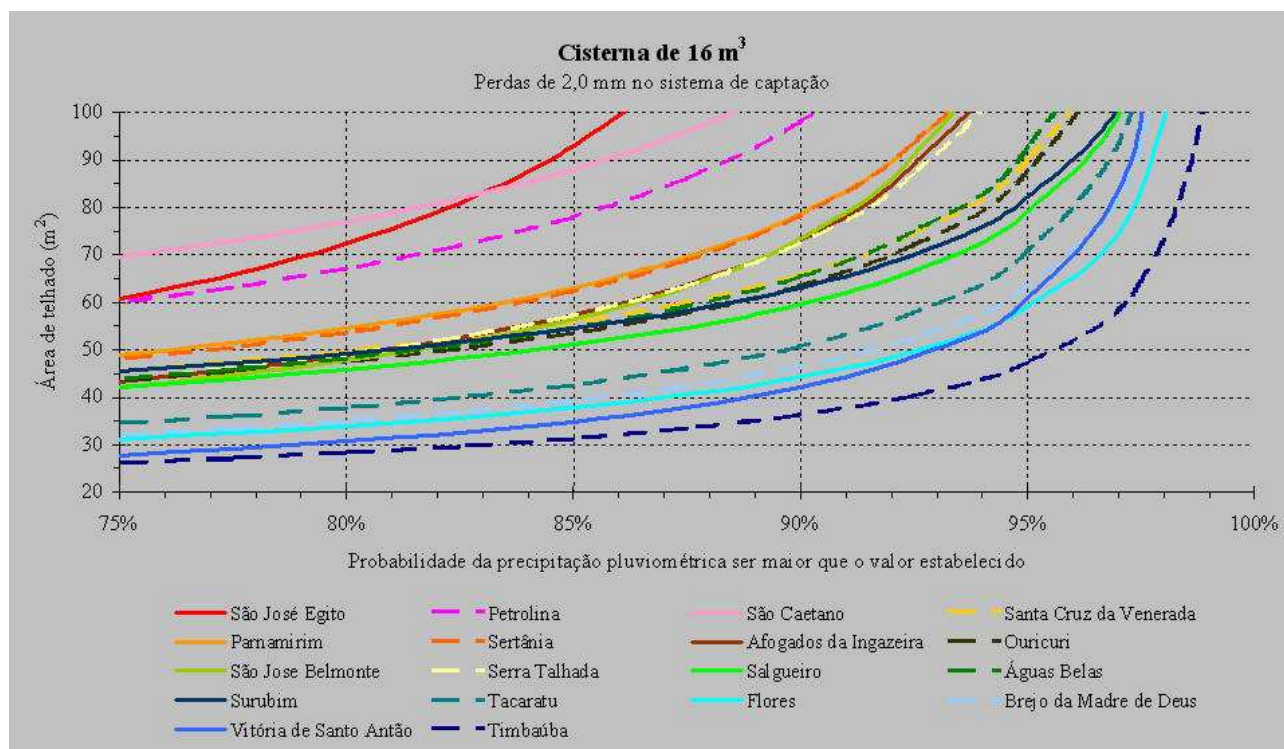


Figura 9 - Relação entre a probabilidade de precipitação e a área mínima de captação para 2,0 mm de perdas no sistema de captação.

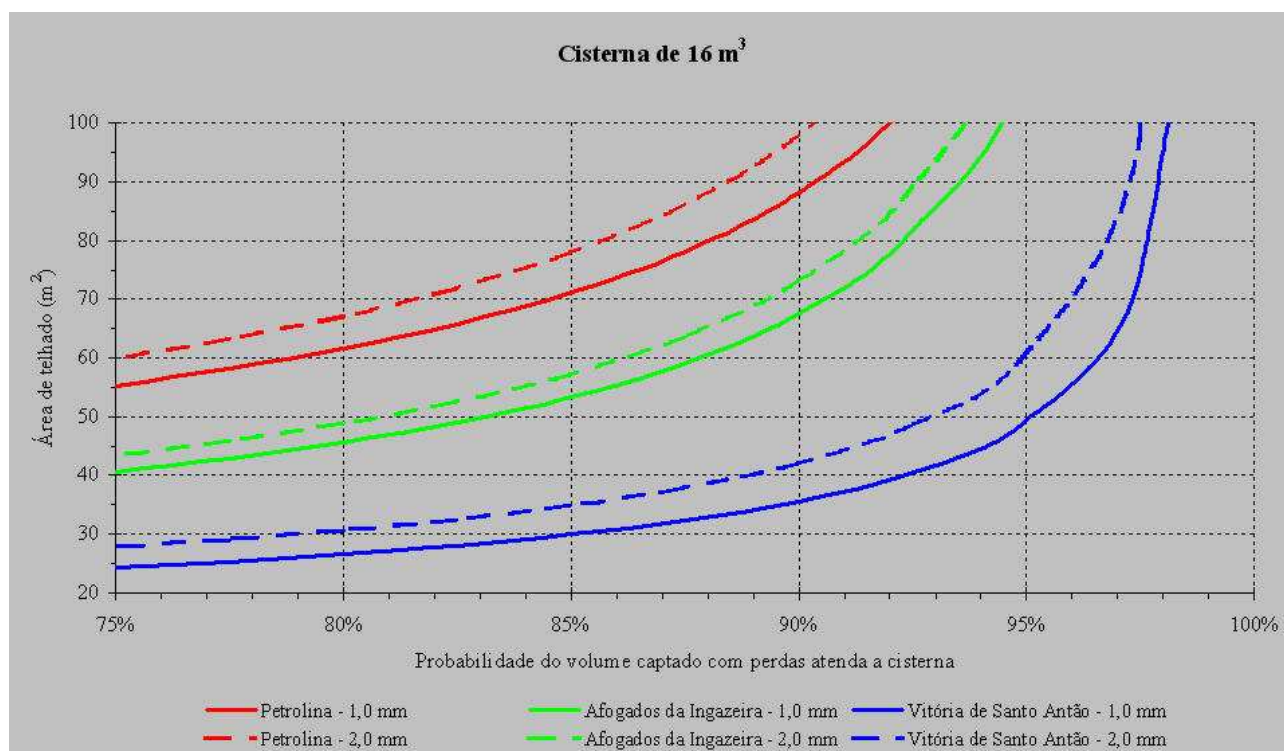


Figura 10 - Relação entre a probabilidade e a área mínima de captação.

CONCLUSÃO

Como em muitos casos não existe outra fonte de água no período seco, é essencial que a cisterna consiga armazenar água suficiente para que a população consiga ter segurança alimentar até que o próximo período chuvoso chegue. Fica constatado que para uma determinada localidade a única variável significativa que vai proporcionar um aumento do volume armazenado na cisterna é a área de captação.

Esta metodologia vai auxiliar na viabilidade sustentável da cisterna proporcionando confiança a população neste tipo de sistema simples de armazenamento de água potável.

A cisterna é entendida como uma necessidade básica e que antecede a qualquer outra iniciativa de desenvolvimento sustentável.

AGRADECIMENTOS

Ao CT-Hidro e a FINEP pelo apoio financeiro ao projeto “Melhoramentos Tecnológicos e Educação Ambiental para a Sustentabilidade dos Projetos de Armazenamento de Água de Chuva em Cisternas do Nordeste Semi-Árido”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



- ANA. (2004) Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.
- ANA. www.ana.gov.br, consultado em 10 de junho de 2007.
- BENJAMIN, J. R. & CORNELL, C. A. (1970) Probability, Statistics, and Decision for Civil Engineers. 673 p.
- NAGHETTINI, M. & PINTO, É. J. A. (2007) Hidrologia estatística. CPRM Belo Horizonte, 552 p.
- NETTO, OSCAR M. C. (2005) Água: Um Problema de Segurança Alimentar. VIII Congresso Brasileiro de Higienistas de Alimentos. Armação de Búzios, RJ.

Tailândia para o Semi-Árido Brasileiro: Lições de um projeto de captação de Água de Chuva em larga escala

João Gnadlinger¹

¹Gestor Ambiental, Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada-IRPAA, Juazeiro-BA, joao@irpaa.org

RESUMO: O presente trabalho descreve o sucesso do Programa Nacional de Água Potável - PNJAP, executado na Tailândia nos anos 80 e 90 do século passado, utilizando Jarras, como parte de programa de abastecimento integral de água em comunidades rurais. Partindo de uma iniciativa do governo tailandês, as jarras que coletam água de chuva foram culturalmente aceitas e sua execução foi aos poucos assumida pelo setor privado. Estima-se, hoje, em 10 milhões o número destas jarras que servem para mais da metade do povo na área rural como reservatório para armazenar água de beber. As possíveis razões deste desenvolvimento são descritas, mas também vários aspectos que devem ser considerados a partir do início de um projeto implementado em grande escala. Finalmente, tenta-se descobrir pontos paralelos e/ou diferentes com outros programas de abastecimento de água de chuva potável.

PALAVRAS-CHAVE: água de chuva, tecnologia de cisterna, desenvolvimento rural

Introdução

Ao redor de 1,1 bilhão de pessoas foram contempladas com água potável entre 1990 e 2002, sobretudo no Sudeste da Ásia. Por outro lado, no mundo atual continua existindo ainda a mesma quantidade de pessoas sem acesso à água adequada para o uso doméstico e 2,6 bilhões de pessoas sem acesso ao saneamento básico (UN-WATER, 2005). Neste contexto, a captação de água de chuva, mesmo um sucesso desde milhares de anos, ainda é sub-utilizada como fonte de água. Não aproveitar esta fonte significa perder oportunidades para melhorar a vida de muitas pessoas. Apesar das variações em clima e geografia de cada área afetada pela escassez de água, faz-se útil considerar as tecnologias e políticas acessíveis de abastecimento de água e articular seus custos e benefícios para os consumidores. No seu pronunciamento de abertura na 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, realizado em Petrolina, PE, em Julho de 1999, A. Appan, de Singapura, comentou "as tecnologias de sistemas de captação de água de chuva são tão antigas quanto as montanhas. O senso comum diz - como em todos os projetos de abastecimento de água - armazene a água (em tanques/reservatórios) durante a estação chuvosa para que ela possa ser usada quando mais se precisa dela, que é durante o verão. Em outras palavras: 'guarde-a para o dia da seca!' As tecnologias, os métodos de construção, uso e manutenção estão disponíveis. Além disso, o mais importante é que existem muitos modelos financeiros que vêm ao encontro das necessidades de países desenvolvidos e em desenvolvimento. O que mais precisamos é de uma aceitação geral dessas tecnologias e vontade política de pôr em prática estes sistemas (GNADLINGER, 2000)". Por isso vale a pena avaliar os não tão numerosos programas de larga escala existentes e ver a possibilidade de sua

aplicabilidade para outras áreas, sobretudo quando se quer diminuir pela metade o número de pessoas sem acesso à água até 2015, para conseguir uma das Metas do Milênio.



O Programa Nacional de Jarras de Água Potável (PNJAP), implantado na região de Buriram, no Nordeste do país, foi visitado durante a 14ª Conferência sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva em Kuala Lumpur, que ocorreu na Malásia, de 3 a 6 de agosto de 2009. Nesta região, a ONG local HOAT (Agricultural Relief Organisation Thailand), trabalha com famílias (criação de porcos) e escolas (introdução de cabras, educação sobre qualidade da água). Além disso, foi visitado também, uma pesquisa de campo sobre este programa na mesma região, desenvolvida pela EnterpriseWorks/VITA, financiado pela Fundação Bill e Melinda Gates. O objetivo desta pesquisa foi desenvolver uma abordagem baseada em pequenas empresas para a promoção de captação de água de chuva para uso familiar que pudesse servir para outras regiões do mundo, onde o povo ainda não tem acesso à água potável. De resto não é fácil achar hoje testemunhas oculares que acompanharam o programa no início, quase 30 anos.

A História do Programa Tailandês de Jarras de Água Potável

A Tailândia está situada no Sudeste da Ásia, é um país com 517 000 km² e 62 milhões de habitantes. O país tem uma pluviosidade entre 720 e 2000 mm por ano (Figura 1) com dois climas principais: um clima tropical úmido nas costas do Sudeste e Sudoeste com pluviosidade alta e, por outro lado, um clima tropical semi-árido de Savana com fortes chuvas na estação dos Monções e uma estação seca acentuada de 5 a 7 meses nas partes Central, Norte e Nordeste do país. Em 1979, o Governo Real da Tailândia lançou a política de

desenvolvimento de recursos hídricos para áreas rurais. Foram planejados projetos descentralizados, em que a coordenação e o planejamento foram entregues a autoridades locais com participação dos usuários. Três tecnologias de pequeno porte foram introduzidas: 1) a construção de jarras e tanques para armazenar água potável, 2) poços rasos para uso doméstico e comunitário e 3) pequenas barragens para a agricultura (ARIYABANDU, 2001). No decorrer dos últimos 30 anos estas “estruturas para abastecimento de água de povoados” foram implantadas em 63.796 povoados dos 74.398 existentes nas áreas rurais do país. Segundo a Autoridade Provincial de Obras de Água, 90 % destas estruturas deveriam estar funcionando (HARTUNG & NAUGLE, 2008).

O PNJAP teve início na Década de Abastecimento de Água e Saneamento das Nações Unidas (1981-1990), como parte de abastecimento de água de povoados. O objetivo do programa foi a promoção do uso de jarras de 2m³ pelas famílias rurais como meio de armazenar água potável. Logo no início estabeleceu-se 50 litros por dia como quantidade de água necessária para uma pessoa na área rural, 5 litros para consumo humano e 45 litros para outros usos domésticos. Isso criou a possibilidade de satisfazer as necessidades de água de beber com água de chuva. A participação dos usuários foi encorajada. O governo subsidiou os custos de pesquisa (para definir desenhos e técnicas de fabricação adequadas), treinamentos, e o material de construção. Funcionava também um fundo rotativo em que as comunidades apoiadas devolviam o dinheiro no período de três anos. Hoje, pode ser usado um microcrédito do Fundo Nacional para Áreas Rurais para este fim. Em casos de extrema necessidade as jarras eram fornecidas sem custo para as famílias. Nos anos 80 houve também o envolvimento de ONGs - Associação para o Desenvolvimento Comunitário que incluiu educação, treinamento e suporte financeiro e a construção de 20.000 jarras. Apesar do projeto inicial não ter previsto qualquer envolvimento da iniciativa privada, a produção comercial de

jarras acabou substituindo as jarras subsidiadas pelo Governo, o que

beneficiou todos os envolvidos no processo. Esta privatização continua e desde 1995 o Governo não está mais envolvido na produção de jarras nem de telhados, calhas e bicas.

Como o nome já indica, o programa era nacional, todas as regiões da Tailândia foram cobertas, inclusive as regiões com clima tropical úmido, mas o PNJAP se espalhou sobretudo no Norte e Nordeste do país



Fig. 2: Casa com instalação de jarras de água de chuva potável em Buriram, Foto: Gnadlinger, 2009.

onde tem uma acentuada estação seca. Além do mais, esta região semi-árida pertencia entre os séculos 9 e 13 ao Reino Khmer, em que para garantir um abastecimento de água estável, estabilizar a produção na agricultura e controlar enchentes, os engenheiros daquele tempo formaram uma rede de canais, barragens, aguadas e cisternas, começando nas montanhas até o litoral, viabilizando a produção de arroz (STONE, 2009). Como herança cultural desta época, jarras de pequenas dimensões ($0,5\text{m}^3$) foram usadas pelas famílias há gerações, sem nenhuma intervenção governamental. O Programa Nacional de Jarras para Água Potável, no entanto, promoveu o uso de potes maiores (2 m^3), por apresentarem uma melhor relação custo benefício. Seguindo a prática tradicional, os potes de 2 m^3 foram projetados para uso doméstico. Atualmente na área rural do Nordeste da Tailândia, praticamente não existe casa sem jarras para armazenar água de chuva (Figura 2).

Ao lado disso foram construídas cisternas de 11m^3 , utilizando anéis de concreto sobrepostos, sobretudo para comunidades e escolas. Na região de Buriram visitamos três escolas onde HOAT reabilitou as cisternas com problemas e introduziu um sistema de filtros de carvão com ionização de prata (BEEK, 2009) (Figuras 3 e 4). A água das cisternas é usada somente para beber e a água encanada do sistema do abastecimento do poço serve para os outros usos (como lavar roupa, regar horta e dessedentação de cabras). Além disso, a ONG desencadeou um programa de conscientização sobre uso de água e higiene nas escolas da região.



Fig. 3: Escola rural com bateria de 6 cisternas de 11.000 litros Foto: Gnadlinger, 2009



Fig. 4: Filtro de carvão e ionização de prata Foto: Gnadlinger, 2009

Descrição técnica da construção das jarras

Atualmente, a construção de jarras para armazenar água de chuva está sob a administração de pequenos empresários, em pequenas fábricas em Satuk, perto de Buriram. A fábrica encontra-se num galpão em ar livre, coberta com telhado. Jarras bem feitas estão à mostra fora da fábrica. Durante uma visita realizada a esta fábrica, passamos com os construtores um dia de trabalho. Um grupo de 5 operários, dois homens e 3 mulheres, faz 8 jarras por dia, trabalhando das 5 às 10 h da manhã, o resto do dia eles trabalham na roça, principalmente cultivando arroz. O formato da jarra é esférico e, portanto, apresenta o uso mais eficiente de material em termos de resistência por

unidade de massa. Por jarra usa-se 8 baldes (capacidade dos baldes?) de areia grossa, 4 baldes de argila e 1 saco e meio de 50 kg de cimento. Chama-se a atenção que não usa-se ferro na construção. A construção parece muito simples, mas cada passo é bem planejado e mostra que o grupo tem muita experiência e integração (Figuras 5 a 12). Por jarra usa-se uma forma de 8 segmentos de blocos de cimento curvados, com 10 cm de altura colocados em



nove filas circulares. Estes blocos estão colocados numa base de concreto e levantados até uma área plana. Os blocos de cimento são juntados e ligados com argila. A parte rasa de cima da jarra é coberta com tabuas em forma de meia lua e coberta com areia. Depois esta forma de blocos, tábuas e areia é totalmente rebocada com argila na parte de fora. Toda esta forma, depois, é

coberta com argamassa de cimento e areia. Na parte de baixo da parede se coloca um cano para uma torneira para fazer limpeza da jarra. Na parte superior, passa-se cimento com água. A jarra seca em um dia, sem molhá-la com água ou cobrir com uma lona. Depois de secar totalmente, as placas de cimento e as tabuas são removidas e se coloca um acabamento de argamassa no encontro entre a base e a parede e se passa cimento com água também por dentro. Uma jarra de 2 m³ pode ser transportada e colocada em um pequeno caminhão por dois homens com a ajuda de equipamentos simples e disponíveis no local. A técnica se desenvolveu de tal modo que não precisa mais usar tela de arame. Assim uma jarra é vendida por THBs 700,00 (moeda local), o que equivale a R\$ 40,00 (quarenta reais). A oficina dá uma garantia de 5 anos contra rachaduras, mas a vida útil é estimada em 20 anos.

Abrangência do Uso

No início do PNJAP em 1980, foram desenvolvidas pesquisas a respeito do tamanho ideal e das técnicas de construção mais adequadas para as jarras. Sua introdução aconteceu através de vários projetos de construção de jarras em nível de comunidade, com o apoio do Governo (WIROJANAGUD & CHINDAPRASIR, 1987). O projeto enfrentou algum ceticismo inicial por parte da mídia e de algumas personalidades públicas, o que depois foi silenciado por sua ampla aceitação por parte das famílias rurais. Havia também alguns casos de corrupção envolvendo fundos governamentais disponibilizados para a construção de jarras nas comunidades, o que resultou na produção de jarras de qualidade inferior com vazamentos ou quebras. Contudo, a mudança da fabricação de jarras por meio de programas governamentais para o setor privado eliminou tal corrupção. O aniversário de 60 anos do Rei Bhumibol (o dia 5 de dezembro de 1988) foi determinado como marco final para alcançar a meta de implantar as jarras em todo o país. Até então se construiu 6 milhões de jarras. Depois daquela data o Governo se dedicou mais a outras fontes de abastecimento de água como água encanada de poços e rios, mas o povo continuou a construir as jarras, sobretudo porque tinha preferência de tomar água de chuva, por causa do sabor natural da água e porque a água encanada muitas vezes era salobra ou contaminada. De acordo com uma pesquisa da Câmara Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, realizada em 1992, o número de potes de 2 m³ em uso na Tailândia tinha aumentado para quase 8 milhões e deve ser em torno de 10 milhões atualmente. Em 2005, numa pesquisa encomendada pelo UNICEF, 48,3% de moradores em áreas rurais e 10,6% em áreas urbanas tomavam água de chuva. Na área rural do Nordeste da Tailândia 100% das casas tem jarras para armazenar água de chuva (HARTUNG & NAUGLE, 2008).

Operação e Manutenção

O sucesso se deve em parte ao Programa Nacional para Jarras de Água Potável do Governo, mas em maior grau à adoção espontânea da tecnologia por parte da população, como também à ampla promoção da tecnologia pelo setor comercial.

Como acontece com outros bens de uso doméstico, tais como televisores e eletrodomésticos, a operação e manutenção das jarras cabe aos proprietários. Os fabricantes das jarras (antigamente o Governo e hoje fabricantes privados) não têm participação além da venda inicial do produto. As jarras têm tampas de ferro galvanizado ou de concreto. Alguns também têm tela contra mosquitos. A água é coletada por uma calha, que conduz a água a um funil conectado a uma mangueira flexível que pode ser colocada nas diferentes jarras.

As jarras, se bem tampadas e com tela de mosquitos, incluem a prevenção do impacto negativo dos mosquitos, que poderiam se multiplicar em tanques abertos e outras águas paradas. Mas segundo pessoas entrevistadas existem os seguintes problemas: uso de materiais de telhado e calha inadequados, ausência de desvio da primeira água, negligência ao usar a tampa de jarra e a ausência de filtros. Estes problemas sinalizam para uma melhor adequação do programa, que podem ser resolvidos no âmbito das comunidades, por meio de treinamentos e cuidados específicos.

Sustentabilidade do Programa

A Tailândia é mais um exemplo de programa de captação de água de chuva para uso doméstico em larga escala, com perto de 6 milhões de jarras distribuídas para as famílias em um período de aproximadamente 8 anos entre 1980 e 1988 e mais 4 milhões de 1988 até a data atual. Muitas dessas jarras foram produzidas por pequenas empresas privadas, das quais uma parte ainda hoje continuam produzindo potes. É importante entender os fatores que contribuíram permitindo este impacto extraordinário e como o programa se desenvolveu e se tornou sustentável. Os fatores que levaram ao sucesso incluem as avaliações de HARTUNG & NAUGLE, 2008; ARIYABANDU, 2001; SANTIAGO et al, 1992:

1. O estabelecimento de uma meta realista de 5 litros de água potável de alta qualidade por pessoa por dia, em vez da tentativa de suprir toda demanda de água com água de chuva. Precisa-se 1.000 litros de água de beber por pessoas para 200 dias sem chuva, quer dizer uma jarra para suprir a necessidade de água de duas pessoas. Os 45 litros para outros usos domésticos por pessoa por dia devem ser fornecidos por outras fontes (poços, pequenas barragens ou baterias de cisternas).
2. Uma tecnologia bem adaptada e com capacidade de abordar o problema de escassez de água durante os 5 a 7 meses da estação seca, especialmente na região semiárida no Nordeste do país, onde a qualidade da água de subsolo é baixa (salinidade, arsênico, fluor, nitratos e pesticidas) (WIBULPOLPRASERT, 2005) e os rios se encontram muitas vezes longe das residências.
3. A existência de duas condições prévias para o sucesso: chuvas suficientes e telhados com tamanho suficiente (de tela, eternite, chapas de flandres onduladas).

4. A longa tradição tailandesa de captar e beber água de chuva, que data de centenas de anos. O uso de uma técnica nativa, jarras de cimento de 1000 litros e 2000 litros que evoluíram dos potes de cerâmica.
5. O compromisso do governo na melhoria do abastecimento de água no campo, seu forte compromisso com a captação de água de chuva, e sua vontade política em fornecer apoio financeiro para pesquisas, treinamento, material, publicidade, e fundos rotativos / mini-créditos.
6. A intensa mobilização das comunidades pelo governo e por ONGs para treinar moradores na fabricação de jarras e para emprestar recursos financeiros.
7. A influencia da monarquia e a decisão do governo de estabelecer metas promocionais em larga escala a serem cumpridas antes do aniversário de 60 anos do Rei.
8. A disponibilidade de materiais baratos, como cimento, que na Tailândia é relativamente barato quando comparado a outros países (exemplo, R\$ 8,00 por saco de cimento de 50 kg).
9. Uma tecnologia possível de ser dominada no ambiente doméstico e capaz de oferecer adicionais benefícios com pequenos investimentos (comprando novas jarras, consertos de bicas, tela de mosquito, etc.).
10. O fato de empreendedores privados assumirem a fabricação das jarras, como também a fabricação e instalação de calhas e bicas, embora não haja evidência que isto tenha sido previsto pelo governo no início do programa.

Segundo testemunho de pessoas entrevistadas por HARTUNG & NAUGLE (2008), provenientes do governo, de ONGs, empresas, famílias, patrocinadores e universidades que estavam envolvidos nesse esforço, ficou claro que na época houve um esforço grande por muitos atores, o que contribuiu para o sucesso geral. Tailândia é um país socialmente bastante homogênea o que facilita a disseminação de idéias inovadoras. A importância das contribuições produtivas das mulheres é reconhecida. O fato que até hoje as jarras continuam sendo uma importante reservatório para armazenar água nas regiões rurais da Tailândia mesmo com toda a concorrência de tanques de água de metal ou de plástico, carros-pipa, adutoras, a água encanada ou água engarrafada do supermercado, é prova da aceitação, sendo que muitas famílias possuem de 3 até 10 potes e declaram que preferem beber água de chuva devido ao sabor e a qualidade.

Muitas pessoas ouvidas mencionaram preocupações com a qualidade da água. Parte das jarras estavam descobertas, porém a água estava geralmente límpida e poucas pessoas ouvidas expressaram preocupação com a proliferação de algas ou contaminação por insetos ou outros animais que poderiam entrarnas jarras. O potencial das jarras de água de chuva como lugar

de proliferação de mosquitos causa preocupação devido à ocorrência de surtos de dengue. As famílias parecem ter consciência das boas práticas de operação e manutenção de sistemas de captação de água de chuva para uso doméstico, mas havia indícios significantes que algumas dessas práticas não eram adotadas ou então tinham caído em desuso por parte dos proprietários, incluindo aí o uso de tampas e a proteção contra mosquitos. A maioria dos usuários parece conseguir desviar a água da primeira chuva. Instaladores, varejistas e/ou fabricantes podem ter um papel fundamental ao fornecer informações a respeito da operação e manutenção correta para seus clientes, e os programas de captação de água de chuva precisam enfatizar a necessidade do uso correto para garantir a qualidade da água.

CONCLUSÕES

Ao idealizar um projeto de abastecimento com água de chuva para uso doméstico, muitos países não poderão ter condições tão favoráveis quanto estas da Tailândia, e isso terá que ser levado em consideração para qualquer comparação. Será fundamental demonstrar as possibilidades e vantagens da captação de água de chuva para atender consumidores que procuram acesso a uma fonte de água de boa qualidade por razões de saúde, conveniência ou economia. Em outros contextos não haverá condições por parte do governo de oferecer o nível de liderança com políticas, metas, subvenções, e capacitação, da forma que o governo da Tailândia conseguiu. É fundamental que haja apoio político quando se lida com programas em grande escala de captação de água de chuva, e quanto mais favoravelmente a captação de água de chuva é vista na área do governo, maiores são as chances de sucesso. Financiamento e/ou esquemas promocionais, certamente se mostrarão importantes para uma adoção em larga escala.

O Semi-Árido Brasileiro descobriu seu próprio caminho de resolver o problema de fornecimento de água potável para a população rural com o Programa de 1 Milhão de cisternas (P1MC), na maioria com capacidade para 16.000 litros, e tem êxito neste caminho, atualmente com mais de 260.000 cisternas construídas. Como na Tailândia o programa é um sucesso porque a tecnologia é culturalmente aceita, relativamente simples e compreensível para a população rural o que caracteriza no contexto brasileiro uma tecnologia social. O P1MC não é tão barato, por isso não é tão fácil o programa ser assumido totalmente pelos usuários e precisará ainda de um financiamento contínuo pelo governo. À nossa pergunta porque não se constroem cisternas de 11.000 litros também em casas familiares, recebemos a resposta: “É semelhante a tarefa de cuidar de gado ou de cabras; é mais fácil criar cabras e ovelhas. Assim nós achamos ser mais fácil de cuidar de jarras de 2.000 litros do que de cisternas grandes.” A situação social e política do Brasil é diferente da Tailândia, onde o PNJAP partiu de iniciativa oficial. No Brasil o P1MC teve origem (e precisa continuar tendo) com a “luta do povo pela água” por uma distribuição mais justa da água no Semiárido brasileiro. Podemos aprender também das falhas do PNJAP, em que não houve continuidade de formar os usuários na manutenção

e no uso adequado das jarras para armazenar água de chuva, comprometendo a qualidade desta água.

O exemplo da Tailândia mostra que com vontade política, um projeto bem desenhado, promoção maciça, financiamento e um setor privado interessado, a captação de água de chuva para uso doméstico pode alcançar uma escala onde de fato as jarras de captação de água de chuva hoje são numerosas demais para serem contadas.

BIBLIOGRAFIA

ARIYABANDU, R.D.S., **Rain water jar programme in North East Thailand**. UK: Lanka Rain Water Harvesting Forum, 2001

BEEK, R. van, **Thai Schools find the Solution to turn Rainwater into clean, safe Drinking Water**, 14th International Rainwater Catchment Systems Conference, Kuala Lumpur, 2009

GNADLINGER, J., **Rainwater Harvesting for Household and Agricultural Use in Rural Areas**, Palestra no 2º Fórum Mundial da Água, Haia, Holanda, 2000, Acessível em Português em:
http://www.irpaa.org/publicacoes/ebooks/colheita_de_agua_de_chuva_em_areas_rurais.doc

HARTUNG, H., NAUGLE, J., **Domestic Rainwater Harvesting, Field Study Report, Thailand**, Enterprise Works / VITA, December 2008

SANTIAGO, V., STROHMANN, C. & KHAKA, E., **Rainwater harvesting - The Thai rainwater jar**. Source book of alternative technologies for freshwater augmentation in some countries in Asia [online], Available from: <http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/TechPublications/TechPub-8e/jar.asp> [Acesso em 12-09-2009].

STONE, R., **Divining Angkor**, in: National Geographic, vol. 216, Nº 1., 26 – 54, julho 2009, Washington D. C.

UN-WATER, **International Decade for Action, Water for Life, 2005 – 2015, Factsheet on Water and Sanitation, 2005** <http://www.un.org/waterforlifedecade/factsheet.html> [Acesso em 12-09-2009].

WIBULPOLPRASERT, S., **Thailand Health Profile 2001-2004**, Bangkok, 2005, Available from: http://www.moph.go.th/ops/health_48/index_eng.htm [Acesso em 12-09-2009].

WIROJANAGUD, P. & CHINDAPRASIR, P: **Strategies to Provide Drinking Water in the Rural Areas of Thailand**, 3rd International Rainwater Catchment Systems Conference, Khon Kaen, Thailand, 1987.



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



Preliminary Summary: Prevalence of diarrhoea among cistern and non cistern users in Northeast Brazil and further risk factors and prevention strategies.

PASHA MARCYNUK^{1,2}, JAMES FLINT¹, JAN SARGEANT², ANDRIA JONES², ANDRÉ MONTEIRO COSTA³, ANA MARIA DE BRITO³, M. KATE THOMAS^{1,2}, PIA K. MUCHAAL¹, ELIZABETH SZILASSY⁴, TIAGO MARIA LAPA², CARLOS LUNA², YLUSKA ALMEIDA², LUDIMILA RAUPP², KÁTIA CHANG², ENRIQUE PEREZ⁵

¹Public Health Agency of Canada; ²University of Guelph; ³CPqAM/Fiocruz; ⁴Articulação no Semi-Árido; ⁵ Pan American Health Organization

Acknowledgements:

This project would not have been possible without the support and funding from Health Canada and PAHO. Thanks also to the intervPiew supervisors and interview teams and participants in Brazil.

Abstract:

A cross sectional face-to-face survey was conducted from August 20th to September 20th 2007 in the Agreste Central Region of Pernambuco, Brazil to determine the prevalence of diarrhoea among individuals with and without cisterns and determine risk/preventative factors associated with diarrhoea. Results indicated a 30 day period prevalence of diarrhoea of 18% for those that lived in a home without a cistern and 11% for those that lived in a home with a cistern (statistically significant $P < 0.05$). The multivariable analysis indicated that individuals whose household had a cistern and individuals from households that used chlorine to treat their water were independently associated with a reduced risk of diarrhoea compared to individuals whose household did not have a cistern and did not use chlorine respectively. Both of these associations were significant ($P < 0.05$). Therefore cistern and chlorine use appear to reduce the risk of diarrhoea among individuals in northeast Brazil. This study justifies the continuation of building cisterns in this area and the promotion of chlorine use. Further research should be conducted to strengthen these findings both in Brazil and internationally.

Introduction

It is no coincidence that countries without developed water and sanitation infrastructures continue to have high morbidity and mortality rates from diarrhoeal disease and other diseases related to water and sanitation. According to the World Health Organization, an estimated 1.1 billion people still lack access to clean water and 2.2 billion people suffer from water-borne diseases each year, many of whom are children (1).

This problem has been recognized in the rural areas of Northeast Brazil where water sources are often open and thus susceptible to contamination from human, animal and chemical sources. In addition, due to water scarcity and restricted access, Brazilian hinterland families spend as many as 30 hours a month looking for water (2). Often water collection is tasked to women and children. Tin cans containing up to 20 litres of water are commonly transported on their heads leading to long-term adverse health effects including back pain. During dry months, absenteeism from schools increase as children spend increasing amounts of time collecting water. Therefore, the proposed study area is in the semi-arid region of Brazil, stretching to cover nearly 868,000 km² and is home to more than 18 million people. This area is characterized by very shallow soils and a unimodal rain pattern: heavy rainfalls (annual precipitation rates average 750 mm) occur primarily during four months of the year while the other eight months see very little precipitation (2).

Within this region the resourcefulness of its inhabitants and their supporters has lead to the 'one million cisterns project' (P1MC), which is attempting to build one million cisterns that will collect rainwater from rooftops and allow families to have a stable source of water throughout the year. To date, the P1MC has built approximately 260,000 cisterns to families throughout the semi-arid region of Northeast Brazil (3). The partners on this project include the Public Health Agency of Canada (PHAC), the Pan American Health Organization (PAHO) and Articulação no Semi-Arido (ASA), with support from the Brazilian Ministry of Health. ASA has identified a health evaluation survey as a key interest of theirs. As part of this health survey, the impact of cisterns on the occurrence of diarrhoea is of specific interest. To date no investigations of this type have been completed in this region, though much anecdotal evidence of the health benefits has been reported, thus this project will fill an obvious void in scientific knowledge. Evidence of the impact of cisterns on the occurrence of diarrhoea among individuals will provide additional reasons for families to construct cisterns and will also provide justification for further financial support by funders. Therefore the primary objective of this study was to determine the prevalence of diarrhoea among individuals who have a cistern built by the one million cistern project for their household and individuals who do not. Secondary objectives included determining the symptomology and care sought among cases with diarrhoea, and determining additional risk factors or preventative measures associated with the prevalence of diarrhoea among individuals in rural Northeast Brazil.

Methods

The study design for this project was a cross-sectional, face-to-face survey and was conducted between August 20th and September 20th, 2007 in the Agreste Central Region of Pernambuco State, Brazil



Study population:

The Agreste Central Region of Pernambuco State, Brazil has a total population of 824,441 of which 216,861 are considered rural. This study included 21 out of the 23 municipalities as Bonito and Barra de Guibiraba are not part of the semi-arid region. In the Agreste Central region P1MC has been present in over 200 communities with some 3000 families having benefited from the cisterns. The number of families in each community that have had cisterns constructed ranges from 5 to over 100.

Sample selection:

The participants were recruited from the 21 municipalities and their corresponding communities. Recruitment occurred at the household level where households within communities were selected on the basis of having a cistern constructed by P1MC. The inclusion criteria for households with cisterns were that they had to have had a cistern constructed by P1MC prior to May 2006, have at least one child under the age of 5 years residing in the home and were excluded if the household was connected to a water system. Households without cisterns also had the same inclusion/exclusion criteria except that they had to have qualified for a cistern from P1MC but not yet received one. To determine which households had a cistern, a list was provided by ASA. This list was randomized and provided to the survey administrators with instructions to interview a preselected number of households within at least two communities per municipality. Households without a cistern were matched to cistern homes by selecting the next closest home that matched the study criteria. Every person residing in the households were included in the study and were surveyed.

Sample size:

The target sample size was 816 households (408 per group) in order to detect a 10% difference in prevalence among children under 5 years of age in each group based on a 95% confidence level and an 80% power (EpiInfo Version 6.04). Children under 5 years of age were used to calculate the sample size because local surveillance data suggests this age group is at a higher risk for diarrhoea.

Ethics approval:

Ethical approval was obtained from the Comissão Nacional de Ética em Pesquisa and the Health Canada Research Ethics Board.

Survey:

Local interviewers administered the survey, as they were familiar with the communities and culture. Extensive training was conducted prior to survey administration which included an interactive training session and an interviewer's manual. In addition to training, each interviewer was also assigned to a supervisor who acted to oversee data collection, answer questions and ensured uniformity among interviews. The survey was developed using a similar survey as a guide (NSAGI study (4) and reviewed and adapted for local appropriateness. Each survey took approximately 30-40 minutes to complete. All interviews were conducted face-to-face in Portuguese.

Survey Content:

The survey was part of a larger household Health Survey which was undertaken to evaluate the effectiveness and impact of the P1MC cisterns on health outcomes (diarrhoea, dengue fever, respiratory disease, fever, skin conditions, red eye, and intestinal worms). Questions were asked regarding demographics, health conditions, social impact of P1MC, and hygiene behaviours. In addition, households with cisterns answered questions regarding the upkeep and maintenance of their cistern, and their mosquito control knowledge and behaviours.

This study focused on the prevalence of diarrhoea and the potential risk/preventative factors and practices that can affect the 30 day period prevalence of diarrhoea. The head of the household was asked questions regarding the households: water storage, treatment and consumption practices (How water is stored, how often containers are washed during the week, the method(s) used to treat the water, how often chlorine is used, and how often treated water is used for drinking cooking and brushing teeth); Sanitation practices (Where people in the home urinate/defecate, where human waste is disposed of, where garbage is disposed of, if there is piped water in the home and where); Household descriptions (total number of rooms in household, type of walls, type of floors, pets, and household possessions); and Demographic information (household mother and father's literacy status and education level, and source(s) of income for the household) Each member of the household was asked whether they had experienced diarrhoea in the previous 30 days, their age and gender. Interviewers also inspected the house and recorded the cleanliness of the bathroom and if there was soap available.

Case definition

Diarrhoea was defined as three or more loose/liquid stools in a period of 24 hours with or without vomiting that was not due to a long-term illness, medication, overindulgence of alcohol, or related to pregnancy.

Analysis

Surveys were recorded on paper at the homes of the participants, checked for errors by the supervisors and coordinators and entered into a database using Epi-Info. Data were analysed using Stata 11 (StataCorp LP, College Station, TX). Significance between groups were calculated using two tailed t-tests and ninety-five percent confidence intervals for period prevalence's estimates were calculated using a binomial distribution. Following the assessment of potential confounders and interaction variables, the final model to determine potential risk/preventative factors associated with diarrhoea was generated using xtmelogit with random effects for municipality, community, and household with 7 integration points. The level of statistical significance was $P \leq 0.05$.

Results:

Response Rate:

The response rate was 100%. Twenty people were not included in the analysis because of missing data, data recording or entry errors leaving a total of 3747 people from 789 households for analysis (1912 people from 388 households with cisterns and 1835 people from 401 households without cisterns).

Prevalence:

Of the 3740 respondents who answered the question regarding diarrhoea, 546 reported experiencing at least one episode of diarrhoea during the 30 days prior to the interview giving an overall period prevalence of 14.6%. Participants from a household with a cistern had a period prevalence of 11.0%, while those from a household that did not have a cistern period prevalence of 18.3%. This was significant ($p < 0.001$). Among children 5 years old and younger, the overall period prevalence was 21.0%. Those children 5 and younger, from families with a cistern, had period prevalence of 16.1% compared to children 5 years old and younger without a cistern who had a period prevalence of 25.7%. This was also significant ($p < 0.001$).

Symptomology, Duration and Care:

There were no significant differences between individuals with cisterns and those without cisterns in terms of symptoms, duration of diarrhoeal illness, number of episodes, treatment and care sought among cases (Table 1).

Frequency Distributions:

The individual frequency distribution for each category: water storage, treatment and consumption; sanitation practices; household variables; and demographic characteristics, are reported in Table 2. Briefly, the majority of participants came from households that stored their water in a clay jar/pot (89.6%), urinated and defecated behind bushes or trees (62.2%), disposed of human waste in their yard (62.3%), did not have piped water in their home (87.9%), had electricity (96.7%), lived in homes with cement floors (89.5%) and walls made from plastered brick (59.9%), and burned their garbage (77.2%). Mothers of the household had a literacy rate of 69.2%, while 50.0% of fathers were literate. The main sources of income for the household included self employed farming (69.0%), and/or family assistance (71.6%). Approximately half of the participants were male (49.8%) and half were female (50.3%).

Multivariable model:

Several risk factors were identified as being independently associated with diarrhoea (having a cistern, using chlorine to treat water, owning certain pets, age of individual, specific types of employment, years lived in house, and garbage disposal practices) but only cisterns, chlorine use, and age are discussed in this paper. The odds of experiencing diarrhoea at least once during the 30 day study period is:

- 2.07 times higher among individuals whose household does not have a cistern compared to individuals whose household does have a cistern.
- 1.81 times higher among individuals whose household uses chlorine to treat their water compared to individuals whose household does not use chlorine to treat their water.
- Age group was a risk factor with children under 5 years of age having a risk of experiencing diarrhoea compared to all other age groups except those individuals 51 years old and older.

Discussions and Conclusions:

This study determined that the 30 day period prevalence of acute diarrhoea was significantly higher among individuals living in households without cisterns (18.3%) when compared to individuals living in households with cisterns (11.0%). The reduction of diarrhoea with the use of cisterns is supported by results from two existing trials conducted to investigate the relationship between rainwater use and diarrhoea (5, 6). The first study was conducted in rural villages in Kenya and although it did not specifically look at cisterns, did find that the use of harvested rainwater (which is what water cisterns collect and store) significantly reduced the risk of diarrhoea (5). A study in Australia found no significant difference in gastroenteritis rates between

children who consumed public mains water compared to rainwater compared those who drank household cistern water (6).

Symptomology, duration and type of care sought, if any was not significantly different between those with and without cisterns. This suggests that although the number of episodes appears to be lower in individuals with cisterns, it does not appear to affect the length and severity of their illness.

Participants whose household reported using chlorine to treat their water was associated with a decreased odds of diarrhoea. This finding is supported by a review that showed diarrhoea in children was significantly reduced with the use of point-of-use chlorination (7). It is interesting to note that not only was chlorine use associated with a decreased odds of diarrhoea but it was also a fairly common practice among this study group with 70.7% of individuals reporting the use of this method. If chlorine use is common practice among individuals in northeast Brazil, it may indicate that it is a culturally acceptable method to reduce diarrhoea at the household level. Future research could involve focus groups to ensure chlorination is an acceptable method with regards to cultural practices, availability, and water taste and clarity.

We feel that this study provides justification for the continuation of the One Million Cistern project in northeast Brazil, and for future studies to further investigate this association and the association between chlorine use and diarrhoea.

Table 1: Symptoms, duration, number of episodes, treatment, and care sought among acute self reported cases of diarrhoea in individuals living in households with and without cisterns in the Agreste Central Region of Pernambuco State, Brazil, August 20 – September 20, 2007 (n=546).

	<u>Cases with Cisterns</u> (n=211)		<u>Cases without Cisterns</u> (n=335)		<u>Significance*</u>
Symptoms					
	Number of People	Percent	Number of People	Percent	
Blood in stool	26/209	12.4%	39/333	11.7%	Not significantly different
Liquid/watery stool	184/205	89.8%	285/322	88.5%	Not significantly different
Duration (Per month)					
	Mean		Mean		
Number of days with acute diarrhoea	3.6		4.1		Not significantly different
Number of acute diarrhoeal episodes	1.6		1.5		Not significantly different
Treatment					
	Number of	Percent	Number of	Percent	

	People		People		
Took medication or home therapy	110/209	52.6%	156/332	47.0%	Not significantly different
Care Sought					
	Number of People	Percent	Number of People	Percent	
None	120/211	56.9%	194/335	57.9%	Not significantly different
Community Health Agent (ACS)	22/211	10.4%	32/335	9.6%	Not significantly different
Referral to Health Post	47/211	22.3%	78/335	23.3%	Not significantly different
Referral to hospital	27/211	12.8%	34/335	10.2%	Not significantly different
Other	2/211	1.0%	4/335	1.2%	Not significantly different

**Significance was determined using 95% Confidence Intervals and two-tailed t-tests using a binomial distribution to determine if there was a difference between individuals with and without cisterns.*

Table 2: Frequency distribution of potential risk/protective factors with the occurrence of at least one episode of acute diarrhoea (within the 30 day study period) among individuals in the Agreste Central Region of Pernambuco State, Brazil (n=3747).

	Participants	
	Number of People	Percent
Water Storage, Treatment and Consumption		
Cistern (n=3747)		
No	1835	49.0%
Yes	1912	51.0%
How is water stored† (n=3740):		
Clay jar/pot	3357	89.6%
Bucket	1220	32.6%
Small clay jar	15	0.4%
Filter	1192	31.8%
Large barrel/can	242	6.5%
Cooking pot	26	0.7%
Other	7	0.2%
Do not store water	0	0.0%
How often are water containers washed during the week (n=3709)	Mean=2.74	
Method used to treat water † (n=3735)		
None	367	9.8%
Chlorine	2644	70.7%

Bleach	236	6.3%
Boil	45	1.2%
Sieve through cloth	1916	51.2%
Filter	551	14.7%
Other	40	1.1%
How often do you use chlorine (n=3737)		
Not used	982	26.2%
Continuously	1250	33.4%
Frequently	371	9.9%
Only when supplied by the Secretary of Health	1141	30.5%
How often do you treat water used for drinking, cooking, and brushing teeth (n=3740)		
Never	368	9.8%
Almost never	228	6.1%
Sometimes	655	17.5%
Most of the time	714	19.1%
Always	1782	47.6%
Sanitation		
Where do people living in this home usually urinate or defecate (n=3735)		
Latrine used only by household members	1087	29.0%
Bathroom (latrine + shower)	294	7.9%
Behind bushes/trees	2332	62.2%
By a pond or stream	29	0.8%
Other	5	0.1%
Where is human waste disposed of (n=3691)		
Dry latrine	628	17.0%
Septic tank	695	18.8%
By a river, pond or stream	63	1.7%
Yard	2305	62.3%
Other	7	0.2%
Piped water in home (n=3740)		
No	3295	87.9%
Yes	452	12.1%
Piped water† (n=3740)		
For the shower	256	6.8%
For the toilet	276	7.4%
In the kitchen (sink)	253	6.8%
Other	5	0.1%
Household Inspection		
Cleanliness of bathroom (n=1403)		
Very bad	22	1.6%
Bad	178	12.7%
Normal	421	29.9%
Good	736	52.4%

Very good	49	3.5%
Soap available (n=3529)		
No	1194	33.8%
Yes	2342	66.2%
Household Variables		
Total number of rooms in house (n=3616)	Mean=4.97	
Type of walls the house is made from (n=3719)		
Bricks	792	21.1%
Mud stick	107	2.9%
Plastered mud stick	93	2.5%
Unplastered bricks	491	13.1%
Plastered bricks	2243	59.9%
Other	21	0.6%
Type of floor(s) in house† (n=3740)		
Cement	3354	89.5%
Ceramic tile	27	0.7%
Dirt	461	12.3%
Other	17	0.5%
Garbage (n=3734)		
Burned	2892	77.2%
Buried	39	1.0%
Left in the open	670	17.9%
Collect by public service	140	3.7%
Other	6	0.2%
Pets† (n=3729)		
Dog	1874	50.2%
Cat	1614	43.2%
Chicken	1831	49.0%
Pig	245	6.6%
Goat	390	10.4%
Bird	592	15.9%
Cattle	424	11.4%
Other	53	1.4%
Household Possessions† (n=3740)		
Radio	3017	80.5%
Television	3421	91.3%
Satellite dish	1924	51.4%
Sound system	943	25.2%
Refrigerator	2058	54.9%
Electricity	3622	96.7%
Stove (gas)	3149	84.0%
Microwave oven	0	0.0%
Cell phone	894	23.9%
Transportation (car/motorcycle)	459	12.3%
Other	29	0.8%

Demographic		
Sex (n=3740)		
Male	1864	49.8%
Female	1883	50.3%
Age (years) (n=3740)		
≤5	1055	28.2%
6-10	496	13.2%
11-20	626	16.7%
21-30	663	17.7%
31-40	483	12.9%
41-50	213	5.7%
51-65	128	3.4%
>65	83	2.2%
Mother's literacy (n=3735)		
Illiterate	1154	30.8%
Literate	2588	69.2%
Mother's Education Level if Literate (n=2530)		
Grades 1-3	814	32.1%
Grades 4-8	1580	62.3%
Grades 9-university	142	5.60%
Father's Literacy (n=3626)		
Illiterate	1818	50.0%
Literate	1815	50.0%
Father's Education Level if Literate (n=1720)		
Grades 1-3	759	44.1%
Grades 4-8	899	52.2%
Grades 9-university	63	3.7%
Number of people in household	Mean=5.55	
Number of children under 5 in household	Mean=1.39	
Number of children in school in household	Mean=0.39	
Length of time family has resided in house (years)	Mean=12.04	
Source of Income† (n=3740)		
Government worker	152	4.1%
Salaried rural worker	169	4.5%
Self employed farmer	2585	69.0%
Sales and service	43	1.2%
Skilled labourer	98	2.6%
Unskilled labourer	264	7.1%
Family assistance	2683	71.6%
Old age pension	546	14.6%
Other	169	4.5%
Don't know	0	0.0%

† Respondents could select more than one response

References

1. World Health Organization. Water, sanitation and hygiene links to health. Facts and figures. World Health Organization; 2004.
2. Poletto I. From the industry of drought to coexistence with the semi-arid region of Brazil. In: Rainwater. Brazil: Caritas of Brazil, Pastoral Land; 2001. p. 11.
3. Programa de formação e mobilização social para convivência com o semi-árido: Um milhão de cisternas rurais (P1MC) [homepage on the Internet]. ASA.
4. Sargeant JM, Majowicz SE, Snelgrove J. The burden of acute gastrointestinal illness in Ontario, Canada, 2005-2006. *Epidemiol Infect.* 2008 Apr;136(4):451-60.
5. Garrett V, Ogutu P, Mabonga P, Ombeki S, Mwaki A, Aluoch G, et al. Diarrhoea prevention in a high-risk rural Kenyan population through point-of-use chlorination, safe water storage, sanitation, and rainwater harvesting. *Epidemiol Infect.* 2008 Nov;136(11):1463-71.
6. Heyworth JS, Glonek G, Maynard EJ, Baghurst PA, Finlay-Jones J. Consumption of untreated tank rainwater and gastroenteritis among young children in South Australia. *Int J Epidemiol.* 2006 Aug;35(4):1051-8.
7. Arnold BF, Colford JM, Jr. Treating water with chlorine at point-of-use to improve water quality and reduce child diarrhea in developing countries: A systematic review and meta-analysis. *Am J Trop Med Hyg.* 2007 Feb;76(2):354-64.



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



A sustentabilidade dos programas e políticas públicas de captação e manejo de água de chuva para a garantia da soberania e segurança alimentar no semi-árido brasileiro.

Igor Arsky¹

¹Coordenador do Programa Cisternas/Secretaria Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SESAN)/Ministério do Desenvolvimento Social e Combate a Fome (MDS). Especialista em Políticas Públicas e Gestão Governamental (EPPGG).

1. Introdução

A captação de água de chuva tem sido referência fundamental para as políticas de segurança alimentar apoiadas pelo Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS) no semi-árido brasileiro.

O aproveitamento racional da água da chuva por estruturas descentralizadas de abastecimento, notadamente a tecnologia social de cisternas de placas, tem se constituído como alternativa técnica viável de promoção da Segurança Alimentar e Nutricional das famílias pobres que se encontram dispersas em toda a extensa zona rural do semi-árido.

Nos primeiros anos de existência do MDS, foi priorizado o investimento na “primeira água” ou “água de beber”, ou seja, a água considerada como alimento fundamental para manutenção da vida. Em 2007, o MDS passou apoiar projetos de “segunda água” ou “água de comer”, nos quais a água da chuva é utilizada para pequena produção familiar de alimentos. Neste contexto, o acesso à água é visto como recurso fundamental de processos produtivos locais que podem contribuir para a segurança alimentar tanto pelo aumento da quantidade de alimentos produzidos como de sua qualidade e diversificação.

Finalmente em 2009 o MDS, em conjunto com o Ministério da Educação (MEC), apostou novamente na captação de água de chuva para atender escolas da zona rural da região. A água, neste caso, deverá melhorar as condições de ensino das escolas sem acesso regular à água na região. É a chamada “Água de Educar”. Esta ação piloto apoiada pelo MDS, em parceria com o Governo do Estado da Bahia, sintetiza a concepção que vem se adotando nas ações de Acesso à Água para Segurança Alimentar, na qual a cisterna de captação de água de chuva é o elemento mobilizador de um processo educativo mais ambicioso e de resgate da cidadania.

Assim, a sustentabilidade dos programas de captação e manejo de água da chuva e de segurança alimentar e nutricional assumem um papel de destaque pelo caráter de contemporaneidade, descentralização e participação social e se constitui em objetivo estratégico para o desenvolvimento social e à soberania alimentar no semi-árido brasileiro.



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



2. As Políticas Públicas de Segurança Alimentar e Nutricional

O direito humano à alimentação adequada é um direito que possibilita outros direitos, uma vez que está relacionado à própria manutenção da vida. Não é preciso ir longe para perceber os diversos problemas que uma alimentação insuficiente e inadequada pode causar na vida de uma pessoa, comprometendo a sua saúde e a capacidade de seu desenvolvimento.

A garantia deste direito a toda a população demanda uma política abrangente e intersetorial que atente tanto para o acesso ao alimento como para a sua produção, processamento, abastecimento, comercialização e consumo.

É nesta perspectiva que o Governo Federal vem atuando desde 2003 ao implementar uma expressiva política de Segurança Alimentar e Nutricional, cujos princípios norteadores estão agora consolidados na Lei nº 11.346, de 15 de setembro de 2006, que cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional –SISAN e consagra os princípios do direito humano à alimentação adequada e da soberania alimentar.

A segurança alimentar e nutricional consiste, conforme artigo 3º da citada lei, na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras da saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis.

A consecução do direito humano à alimentação adequada e da segurança alimentar e nutricional requer o direito à soberania, princípio que confere aos países o primado de suas decisões sobre a produção e o consumo de alimentos. A Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) se constitui, portanto, como direito social a ser assegurado pelo Estado, um direito cidadão que afaste a ameaça de fome (Freitas, 2003).

Neste sentido, é necessário destacar o papel exercido pelo Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (Consea) como importante espaço de articulação entre governo e sociedade civil na proposição de diretrizes para a política de SAN. Neste momento, o Conselho se empenha em garantir a aprovação do Projeto de Emenda Constitucional (PEC), que visa levar ao texto constitucional o direito humano à alimentação.

Ao longo destes quase sete anos o MDS, por meio da Secretaria Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, tem apoiado ações e projetos que envolvem todas as dimensões citadas, das quais destacamos: O Programa de Aquisição de Alimentos da Agricultura Familiar (PAA), as Ações de Acesso à Água para Segurança Alimentar, o apoio a implementação de sistemas descentralizados de SAN envolvendo a implementação de banco de alimentos, feiras públicas, cozinhas comunitárias, restaurantes populares, agricultura urbana, educação alimentar e nutricional, apoio a



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



grupos vulneráveis como indígenas e quilombolas e apoio a consórcios intermunicipais de segurança alimentar e nutricional (CONSAD).

Obtido o status constitucional, a sustentabilidade dos programas e políticas de SAN dependerão fundamentalmente do êxito na implementação do Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SISAN), a exemplo de sistemas de outras políticas setoriais como o Sistema Único de Saúde (SUS) e o Sistema Único de Assistência Social (SUAS).

3. As políticas públicas de Segurança Alimentar e Nutricional no Semi-Árido Brasileiro

O Semi-Árido Brasileiro é caracterizado pela concentração e irregularidade das chuvas, que associado ao elevado escoamento superficial das águas e às altas taxas de evapotranspiração, resultam em déficit no balanço hídrico da região.

O semi-árido brasileiro apresenta um dos piores indicadores sociais do Brasil. Cerca de 2/3 das famílias pobres da zona rural do Brasil estão no semi-árido. É nessa região também que estão os maiores riscos de insegurança alimentar e fome. Pesquisa recente que envolveu 17 mil crianças com até cinco anos apontou uma taxa de desnutrição de 6,6% na região do semi-árido, enquanto que o índice internacionalmente aceitável é de 2,5% (Monteiro *et al.*, 2006).

Guardando coerência com a missão institucional, o Ministério elegeu, nessa região, o segmento social que apresentava a maior fragilidade em termos de segurança alimentar e nutricional: os pequenos agricultores familiares, um significativo contingente populacional difuso e excluído da maioria das políticas de promoção da cidadania, devido, em parte, à sua dispersão no espaço rural.

É preciso que se diga “em parte”, por que as verdadeiras causas da ausência histórica de políticas efetivas para essa população decorrem da adoção de políticas inadequadas ou da captura privada dos recursos públicos direcionados a essa população.

Ao lado das políticas já mencionadas de SAN¹, o MDS fomentou e apoiou projetos nos quais o acesso à água é o elemento chave para a garantia da segurança alimentar e nutricional. Neste caso, a Política de SAN interage com outro paradigma circunscrito à região: o paradigma da convivência com o semi-árido.

Tabela I. Investimento realizado pela SESAN no Semi-Árido (R\$ 1,00)

Programas	AL	BA	CE	MG	PB	PE	PI	RN	SE	TOTAL
-----------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-------

¹ Vale registrar que no escopo da Segurança Alimentar, o Programa Bolsa Família embora caracterizado como uma política de transferência de renda, tem tido um papel preponderante no sentido do alcance do objetivo de assegurar a todos os brasileiros o direito à alimentação.



70º Simposio Brasileiro de Engenharia e Manejo de Água de Chuva
27 de setembro a 01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



Agricultura Urbana	1.100.987	1.493.766	3.284.371	1.584.128	2.488.461	1.384.755		745.362	182.102	12.263.932
Apoio à Grupos Vulneráveis			55.000			54.873			126.533	236.405
Apoio à projetos inovadores		115.904		428.169		395.959		18.169	50.907	1.009.107
Banco de Alimentos		458.027	689.920	192.378	310.918	129.475				1.780.718
Comercialização			80.000		80.000	80.000				240.000
CONSAD				230.072		41.143		263.439	113.353	648.007
Cozinhas Comunitárias	23.000	857.418	4.284.280	349.112	1.923.252	1.385.831		353.602		9.176.495
Educação Alimentar e Nutricional		78.499	276.183		236.444					591.126
PAA Estados e CONAB	11.049.172	56.293.002	36.487.834	9.724.845	14.951.091	31.153.608	30.871.286	44.538.084	17.098.479	252.167.403
PAA - Municipal	4.446.231	9.847.322	14.553.089	3.387.538	12.751.268	8.379.099		169.071	620.238	54.153.856
Restaurantes populares públicos	1.121.480	5.757.318	5.596.490		2.731.365	755.565				15.962.218
TOTAL	17.740.870	74.901.257	65.307.167	15.896.243	35.472.798	43.760.307	30.871.286	46.087.727	18.191.611	348.229.267

Os recursos representam investimentos realizados de 2003 até dez/2008 e não incluem as ações de Acesso Água.

Fonte: SESAN/MDS.

4. Convivência como mudança de paradigma no semi-árido

A sustentabilidade exige que as proposições e as práticas sejam contextualizadas, considerando as especificidades da realidade onde irá incidir, considerando as suas várias dimensões: ambiental, econômica, política, social e cultural. Decorre daí a explicação do fracasso de algumas das concepções e políticas de intervenção que prevaleceram historicamente no semi-árido.

A convivência com o semi-árido, ao contrário, vem se caracterizando como uma perspectiva cultural orientadora de um desenvolvimento cuja finalidade é a melhoria das condições de vida e a promoção da cidadania, por meio de iniciativas socioeconômicas e tecnológicas ambientalmente apropriadas (Silva, 2006). Nesse sentido, embora esteja



70º Simposio
Brasileiro
de Engenharia
e Manejo
de Água
de Chuva
27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



ainda em processo de consolidação, suas propostas buscam contextualizar os princípios da sustentabilidade, possibilitando a harmonização entre a justiça social, a prudência ecológica, a eficiência econômica e a cidadania política.

O paradigma de convivência com o semi-árido está ancorado num movimento político e social amplo, com apoio de governos estaduais e da sociedade civil, que tem na Articulação do Semi-Árido – ASA Brasil sua mais atuante expressão.

Como “braço operacional” da ASA foi criada a Associação Programa Um Milhão de Cisternas (AP1MC), uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP) que se estruturou para atuar em todo o espaço do Semi-Árido, abrangendo diversas ONGs locais e regionais. Por meio de Termos de Parceria com a AP1MC o MDS vem, desde 2003, contribuindo significativamente para o fortalecimento da estratégia política de convivência com o semi-árido. Posteriormente o MDS firmou convênios com Governos Estaduais e Municipais, estimulando os entes federados a adotar também tal estratégia.

A proposta de convivência do semi-árido formulada como estratégia da sociedade civil de mudança de paradigma de desenvolvimento sustentável, assim como a política de segurança alimentar e nutricional do governo federal, que visa assegurar os direitos básicos à alimentação das populações vulneráveis formam um binômio capaz de transformar a realidade social da região. As ações de acesso à água, voltadas para a população de baixa renda difusa da zona rural tem sido orientada por esse binômio estratégico, tendo a captação de água de chuva como elemento central.

Tabela II. Execução Física - Programa Cisternas

UNIDADE DA FEDERAÇÃO	Água de Beber ³	Água de Comer ¹	Água de Educar ²
ALAGOAS	10.604	123	-
BAHIA	68.308	275	43
CEARÁ	43.790	95	-
ESPIRITO SANTO	388	-	-
MARANHÃO	1.107	-	-
MINAS GERAIS	11.849	215	-
PARAÍBA	42.927	5	-
PERNAMBUCO	42.932	367	-
PIAUÍ	31.414	200	-
RIO GRANDE DO NORTE	30.551	1	-
SERGIPE	8.184	111	-
TOTAL	292.054	1.392	43

¹ As implementações de Segunda Água apoiadas pelo MDS (Água de Comer) são: Cisterna Calçadão, Barragem Subterrânea, Barraginhas, Cisternas de Enxurradas, Tanques de Pedra/Caldeirão e Bombas D águas Populares, envolvendo a meta de 8.900 unidades até 2010.. Cabe ressaltar que ação conta com a parceria e recursos da Companhia Nacional de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e Parnaíba (Codevasf).

² O projeto tem com parceria o MDS e o MEC para a implementação de cisternas em escolas localizadas na zona rural da região do semi-árido baiano, tanto para consumo da escola como para implementação de hortas escolares.

³ Reflete o investimento realizado com recursos do orçamento da união (MDS) e recursos oriundo de doações ao Fome



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



Zero para a construção de cisternas de placas domiciliares de 16 mil litros.
Fonte: CGAIP/SESAN/MDS

Tabela III Execução Financeira - Programa Cisternas

Executor	Água de Beber	Água de Comer ¹	Água de Educar ²
APIMC/ASA	319.093.571	45.734.023	-
ESTADOS	91.629.229	13.231.791	2.913.640
MUNICÍPIOS	29.035.135	-	-
TOTAL	439.757.935	58.965.814	2.913.640

Fonte: CGAIP/SESAN/MDS

5. A sustentabilidade dos programas e políticas públicas de captação e manejo de água de chuva para a garantia da soberania e segurança alimentar no semi-árido brasileiro: algumas considerações.

Em uma região de deficiência hídrica e no contexto das mudanças climáticas e da eminente escassez de água a nível global, fica evidente a dimensão ambiental da sustentabilidade das políticas de captação e manejo de água de chuva. Reduções de chuva aparecem na maioria dos modelos globais do IPCC AR4², assim como um aquecimento que pode chegar até 3-4°C para a segunda metade do século XXI (Marengo, 2007).

A dimensão social da sustentabilidade é sem dúvida a mais evidente, uma vez que promove a redução da desigualdade social e o aumento da coesão social, na medida em que garante direitos fundamentais aos mais vulneráveis, facilitando a fixação do homem na região, evitando o êxodo rural e conferindo às famílias alternativas concretas para o desenvolvimento de uma agricultura rural sustentável.

A sustentabilidade econômica, por sua vez, é refletida no baixo valor unitário do investimento, na durabilidade e facilidade de manutenção do equipamento, e nos benefícios economicamente mensuráveis obtidos pelos beneficiários.

Embora eminentemente alinhados com os preceitos do desenvolvimento sustentável, os programas e projetos de captação de água de chuva para segurança alimentar possuem características que interferem negativamente na sustentabilidade

²

Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas. O IPCC é a instância que congrega pesquisadores de vários os países, no âmbito do Protocolo de Quioto, responsável pelos estudos técnicos e cenários de aquecimento global.



destes programas e projetos ao longo do tempo. No caso dos projetos operados em parceria com a sociedade civil (ASA/APIMC) a fragilidade consiste na ausência de um marco legal consolidado que oriente de maneira eficaz a relação do terceiro setor com o Estado na implementação de políticas. Essa fragilidade ficou evidente quando da obrigatoriedade da utilização do pregão eletrônico³ pelas entidades que recebiam recursos do governo federal e quando da interpretação da impossibilidade de se realizar aditivos de metas em termos de parcerias⁴. Ambos os casos levaram à paralisação da parceria, desmobilizando equipes, desestruturando processos de trabalho e desestimulando atores sociais envolvidos.

No caso das parcerias com Estados e Municípios, a fragilidade consiste na adoção dos instrumentos de repasse de recursos discricionários do Governo Federal que são realizados por meio de convênios. Embora flexível o bastante para abrigar projetos inovadores e em fase inicial de experimentação, os convênios não se mostram como meios capazes de garantir estabilidade e institucionalização da política. De novo temos que destacar a importância do desenvolvimento do Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SISAN), que deverá permitir que Estados e Municípios assumam papéis mais relevantes e autônomos na consecução dos objetivos da Segurança Alimentar.

Embora existam riscos é preciso apontar, por fim, alguns fatores que contribuem positivamente com a sustentabilidade dos projetos e políticas, entre as quais destacamos: a aceitação social e o envolvimento da sociedade civil organizada, a adoção de práticas transparentes de prestação de contas e o reconhecimento público dos resultados sociais alcançados.

Referências bibliográficas

FREITAS, M. C. S. *Agonia da Fome*. Salvador/ RJ Edufba/Fiocruz, 2003.

MARENGO, J, 2007: Possíveis impactos da mudança de clima decorrente de aquecimento global no Nordeste: Aridização, desertificação e eventos extremos de seca no futuro. *Com Ciência, Revista Eletrônica de Jornalismo Científico*, 10 mar. 2007.

³ Pregão é uma modalidade de Licitação relativamente nova, instituída pela Lei 10.520, de 17 de julho de 2002, que consiste basicamente em um leilão às avessas. A Portaria Interministerial MF/MPOG nº 217, de 31 de julho de 2007 estabeleceu que as Oscips que recebem recursos públicos deveriam adotar a modalidade pregão a partir de 31 de dezembro 2006. Tal imposição provocou a paralisação do Programa Um Milhão de Cisternas durante cerca cinco meses.

⁴ O MDS operou com a APIMC, entre 2003 e 2007, por intermédio de um único Termo de Parceria que recebeu nove aditivos para a contratação de novas metas. A partir de 2008, nova interpretação jurídica, considerou que para contratação de novas metas seriam necessário sempre a celebração de novos termos de parceria. Por isso o MDS mantém hoje quatro termos de parcerias vigentes com a APIMC.



**Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva**

**27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE**



MONTEIRO C. A., CONDE W. L., KONNO S. C. Análise do inquérito Chamada Nutricional 2005. In: Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação, Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, organizador. Chamada Nutricional: um estudo sobre a situação nutricional das crianças no semi-árido brasileiro. Brasília: Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação, Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome; 2006. (Cadernos de Estudos: Desenvolvimento Social em Debate, 4).

SILVA, R. M. A. 2006. Entre o combate a seca e a convivência com o semi-árido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento. Brasília: UNB – Centro de Desenvolvimento Sustentável, (Tese de doutorado).



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



UMA MANEIRA SUSTENTÁVEL PARA DESENVOLVIMENTO RURAL INTEGRADO NA ÁREA MONTANHOSA DA CHINA

Zhu Qiang Li Yuanhong

Instituto de Pesquisa de Gansu para Conservação de Água, Lanzhou 730000, China

Email: zhuq70@163.com

RESUMO

PALAVRAS CHAVES

Captação de água de chuva, abastecimento d'água doméstica, irrigação suplementar, desenvolvimento rural

CONTEXTO DOS PROJETOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA NA CHINA

O país da China tem a sexta maior quantidade de recursos hídricos no mundo. Mas, devido a sua enorme população, a disponibilidade de recursos de água per capita é de apenas um quarto da média do nível mundial. A distribuição desigual dos recursos hídricos, tanto nos aspectos temporal e espacial, torna a situação em algumas áreas críticas muito pior. As áreas que sofrem com a escassez de água são: o planalto de Loess no noroeste do país, as áreas montanhosas semi-árido no norte do país, a montanha rochosa Karst, no sudoeste, e as áreas montanhosas sub-úmido da região central da China. As características comuns dessas áreas críticas são as seguintes:

- Grave escassez de água em base anual ou sazonal; Há séculos, dezenas de milhões de pessoas nessas áreas não podem acessar uma fonte de água confiável para o abastecimento;
- Topografia montanhosa com ravinas e voçorocas atravessadas faz a construção de estruturas de abastecimento de água muito difícil;
- Agricultura de sequeira completamente dependente na água de chuva, onde a distribuição desfavorável provoca um grande intervalo de tempo entre a chuva e a demanda das culturas e, portanto, a baixa produtividade;
- A monocultura provoca pobreza nas populações locais;
- A degradação crescente do meio ambiente com grave problema de erosão dos solos.

Entre estas áreas, o planalto de loess de Gansu é uma dos mais pobres e secas. A precipitação anual varia entre 250-500 mm, dos quais 56-67% está concentrada de julho a setembro. Secas ocorreram com frequência. As estatísticas mostram que nos 40 anos, de 1951 a 1990, houve 36 secas que aconteceu na área. Antes de 1990, o rendimento das lavouras foi de apenas 2 T / ha. Noventa e cinco por cento das terras foram plantadas com culturas de cereais. Devido à falta de água, hortaliças e outras culturas de alto valor não poderiam ser cultivadas. A renda anual per capita era inferior a \$ US 100. Outras ações nas encostas montanhosas causaram grave erosão dos solos. O módulo de erosão atingiu 5000-10.000 T/ Km², indicando que 5

milímetros da superfície do solo com nutrientes valiosos são removidos cada ano. Mais de um milhão de pessoas da população rural não têm acesso a abastecimento de água potável. Muitas vezes contam com a ajuda de água trazida por carros pipas. A escassez de água colocou em risco a existência dos seres humanos.

Durante muito tempo, as autoridades e as pessoas locais têm feito muito esforço para mudar a situação. As principais atividades foram tomadas no âmbito da agricultura tradicional de sequeiro, como:

Técnicas agrícolas como aração, cobertura morta, etc., para manter a umidade do solo e evitar a perda por evaporação;

- Técnica de conservação para reter mais umidade no solo, como terraçamento, plantio em curva de nível;
- Adubação para aumentar a resistência da cultura ao estresse hídrico;
- Melhoramento genético para produzir variedades novas que podem ter maior resistência ao estresse hídrico e a capacidade de adaptação às condições climáticas;
- Colheita de enxurradas e irrigação por inundação;

Todas estas medidas são eficazes no aumento da produtividade das lavouras. No entanto, seus efeitos ainda não são suficientes para compensar a escassez de água, quando uma seca grave acontece. Mais a razão principal é que não pode completamente preencher o déficit hídrico entre o momento em que ocorre a chuva e a época quando a cultura precisa de água. Quanto maior o intervalo de tempo de falta de água, mais a cultura sofre estresse hídrico, resultando em produtividade reduzida. Experiências nas últimas décadas mostram que a água é o fator principal para mudar a produtividade e apenas com o abastecimento de água artificial à lavoura a produção agrícola poderá ser aumentada para um nível elevado.

No planalto de loess, a maioria dos rios tem água salgada e, além disso, a maioria dos rios fica num vale profundo, centenas de metros mais baixo que as margens. As águas subterrâneas também não são disponíveis na maioria das áreas. Há um plano para desviar a água de um rio próximo à área. No entanto, a topografia torna a construção do sistema de tubulação muito difícil. A fonte d'água com maior potencial e mais fácil de ser explorada é a água de chuva.

A população local tem a tradição de usar a água da chuva como a principal fonte para uso doméstico. Embora tenham construídas inúmeras cisternas subterrâneas, devido à baixa eficiência na captação e armazenamento de água de chuva, está longe de ser suficiente para o uso doméstico. Basta dizer que não havia água para a irrigação das lavouras.

RESUMO DO DESENVOLVIMENTO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NOS ÚLTIMOS 20 ANOS

Pesquisa e demonstração

A captação de águas chuva na China foi iniciada a partir de uma investigação, demonstração e projeto de extensão sobre a Captação de Água de Chuva CAC em 1988-1994 conduzido pelo



Simpósio
Brasileiro
de Captação
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



Instituto de Pesquisa de Gansu para Conservação de Água (GRIWAC) com o apoio do Governo da Província de Gansu e o Conselho de Recursos Hídricos de Gansu (GBWR). O projeto visava aumentar a CAC e a eficiência da utilização para atender a demanda de uso doméstico e produção. Durante o estudo, foi realizada a investigação experimental sistemática sobre a relação entre a precipitação e o escoamento superficial em diferentes tipos de captação. Assim, foi elaborado o processo de concepção do sistema de CAC. Então, o padrão de abastecimento de água de uso doméstico da água da chuva como a única fonte tem sido recomendada. Eram justificadas com viabilidade técnica e econômica a captação e utilização de água de chuva, tanto para o abastecimento de água rural nacional e a valorização da agricultura de sequeiro na região semi-árida. No final do ano 1994, os resultados da pesquisa foram replicados por meio de demonstração subsidiados pelo governo e projetos de extensão que têm resolvido os problemas do consumo de cerca de 30.000 famílias. Os projetos foram bem aceitos pelos agricultores locais e os resultados foram muito bem sucedidos.

O projeto 1-2-1 de Captação de Água de Chuva (CAC)

Em 1995, uma grave seca considerada a acontecer uma vez em 60 anos ocorreu no noroeste da China. Milhões de população e os animais estavam sob a ameaça de sede. Com base nos resultados positivos do projeto GRIWAC, o “1-2-1” Projeto de Captação de Água de Chuva foi lançado pelo Governo na Província de Gansu de julho de 1995 ao final de 1996, visando solucionar os problemas de consumo para a população rural na região onde a superfície e águas subterrâneas não estão disponíveis e as pessoas confiam inteiramente na água da chuva. O governo apoiou a família com o fornecimento de 1,5 toneladas de cimento para construir uma superfície de captação composto por telhas e concreto pátio revestido, dois tanques de armazenamento para uso doméstico e irrigação da horta e um pedaço de terra para cultivar hortaliças e árvores frutíferas. Para obter recursos suficientes para o projeto, o governo provincial gastou apenas 53 milhões de financiamento CNY (6,5 milhões de USD) e o saldo remanescente de 56,4 milhões de RMB (6,9 milhões de dólares) necessários para os projetos foram provenientes de um movimento de doação de toda a sociedade. O “1-2-1” Projeto cumpriu integralmente o seu objetivo. Dentro de um ano e meio, 37,2 milhões de m² de telhado e pátio revestido de concreto foram construídos como área de captação e 284.000 cisternas de água com capacidade total de cerca de 5 milhões de m³. O projeto permite segurança hídrica para 1,3 milhões da população rural. Além disso, a pequena escala de sistemas de irrigação suplementar com água da chuva em 1,4 ha de terra foi desenvolvida, incluindo 16 estufas produtoras de hortaliças de alto valor. O projeto de CAC para abastecimento doméstico de água foi desenvolvido sob o apoio da Federação das Mulheres de Estado e de outras empresas. Para o final de 2005, a população rural beneficiada com a água da chuva como sua principal fonte de uso doméstico aumentou para 1,4 milhões.

Irrigação de Captação de Água de Chuva

O papel mais importante do Projeto 1-2-1, além da grande conquista do fornecimento de água para milhões de populações rurais, talvez, é que ele levou as autoridades e as pessoas reconhecer a importância da água de chuva. Encorajados pelo êxito dos projetos 1-2-1, o

governo deu início ao novo projeto de irrigação proveniente da água da chuva no final de 1996. O governo definiu como meta desenvolver o sistema de CAC para irrigação suplementar em 500.000 Mu (33.333 ha) de terra cada ano, durante o nono plano de cinco anos (1996-2000). O governo aumentou o fundo para subsidiar as famílias a participar no projeto. Sob o apoio do governo, o GRIWAC Gansu e da Academia de Ciências da Agricultura (GAAS) realizou muitos projetos de demonstração para mostrar como a construção e o funcionamento do projeto de irrigação tem um custo eficiente de CAC. Foram utilizadas como áreas de captação, superfícies menos permeáveis de estruturas já existentes, como rodovias asfaltadas, estradas vicinais, terreiros de secagem, quadros esportivo, etc. Cisternas subterrâneas com maior capacidade doméstica foram construídas ao lado das lavouras. Até o final de 2005, 2,08 milhões de cisternas foram construídas com volume de armazenamento de cerca de 62 milhões de m³. As áreas de captação são compostas principalmente de rodovias (cerca de 80% da área total) e estradas de barro. O sistema de CAC tem a capacidade de fornecer água de irrigação suplementar para 80.500 ha de terra, dos quais, equipamentos de gotejamento e micro foram instalados em 38.600 ha de terra.

Concentração de Água de Chuva

Outra forma de aumentar a eficiência do uso da água da chuva é o emprego de mini áreas de captação no roçado. A precipitação concentra-se por duas maneiras. Uma é para preparar o solo com leirões e valas em alternância. A cultura é plantada na vala e o leirão é coberto com filme plástico como uma mini área de captação de chuva. O escoamento do leirão aumenta a umidade na vala. O grau de concentração depende da relação entre a largura do leirão e a da vala. Outra maneira é para cobrir a maior parte da área cultivada com lona plástica para evitar ou reduzir a evaporação do solo. A água de chuva entra no solo através de furos, onde as plantas crescem para fora. Até agora, essa técnica foi adotada em quase 80% das áreas cultivadas de sequeiro na região de Gansu. O governo fornece ou parcialmente fornece as lonas plásticas para os agricultores, que custou cerca de 1000-1200 CNY (E.U. \$ 150-175) por hectare. De acordo com testes, o rendimento pode ser aumentado por 20-30%.

O bem sucedido projeto de Gansu abriu a cortina de grandes projetos de CAC na China. O projeto “Cisterna para Irrigação” em Ningxia, o projeto “1-1-2 Economia D’água” no interior de Mongólia, o projeto “Água para Matar a Sede” em Guizhou, o projeto “Doce Orvalho” em Sichuan, e o projeto “Tanque de Irrigação” em Guangxi, etc. foram realizados um após o outro desde a década de 1990. Até agora, o projeto CAC foi aumentado para até 18 de um total de 31 províncias (regiões autônomas) em China. Os beneficiários dos projetos chegam a 30 milhões. CAC promoveu o desenvolvimento econômico e social e a preservação ambiental nas áreas rurais montanhosas, onde existe escassez de água grave.

AVALIAÇÃO DO PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA EM GANSU

Em 2006, autorizada pelo GBWR, o GRIWAC realizou uma avaliação interino do projeto de Captação de Água de Chuva (CAC). Os principais resultados são os seguintes.

Avaliação econômica



Simpósio
Brasileiro
de Engenharia
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



A avaliação da economia nacional foi realizada para o projeto de CAC, tanto para uso doméstico e irrigação suplementar. Como a forma internacional de rotina, o valor atual líquido econômico (EPNV), taxa de retorno econômico interno (TIR) e relação custo benefício econômico (RBC) foram os principais critérios de avaliação. De acordo com o Código Nacional da China, a taxa de desconto social foi tomada como 7%. O período de cálculo foi tomado como 20 anos.

Para a CAC para uso doméstico, o benefício inclui: o trabalho economizado para ir buscar água antes do projeto e a economia no custo de abastecimento de água para as famílias através do sistema de CAC. Segundo a investigação, o trabalho de buscar água é de cerca de 70 dias de trabalho antes do projeto, em média, que pode ser economizado depois que o sistema de CAC é construído. O custo de abastecimento de água com o sistema municipal é de cerca de 2,5 CNY/m³ (E.U. \$ 0,365), mas com a CAC é quase de graça, porque a propriedade do sistema pertence à família. O custo consiste em investimento, incluindo os subsídios do governo (principalmente cimento), os materiais de construção locais fornecidos pelos agricultores, bem como o custo de O & M. Segundo as estatísticas, a contribuição do governo para o projeto foi de CNY 107,9 milhões (E.U. \$ 92 milhões e na redução de imposto sobre os lucros das empresas); a contribuição das famílias (principalmente em forma de mão de obra) foi de cerca de 400 CNY milhões de euros (E.U. 57,6 milhões dólares). Os resultados da avaliação são: EPNV = CNY 676,5 milhões (E.U. 99,5 milhões dólares), TIR = 19,7% e RBC = 1,56 RMB Yuan. Conclui-se que o projeto de CAC para abastecimento doméstico de água em Gansu é economicamente viável.

Para o projeto de irrigação suplementar, o benefício é o aumento de rendimento comparando antes e depois do projeto. Uma vez que o benefício é tanto da CAC e agrícola, apenas 40% (para estufa e pomar) ou 80% (para roçado) dos benefícios são compartilhados. O custo inclui da implantação do sistema de CAC e as instalações de irrigação, bem como o custo de O & M. Segundo as estatísticas, a contribuição total do governo para o projeto é de CNY 573 milhões (E.U. \$ 83,6 milhões) e a contribuição das famílias atinge CNY 1,3 bilhões (E.U. \$ 184 milhões). Os resultados da avaliação são: EPNV = CNY 1,8 bilhões (E.U. 263 milhões dólares), TIR = 20,9% e RBC = 1,25. O projeto de irrigação com CAC é concluído a ser também economicamente viável.

Avaliação do impacto social

Com a implementação dos projetos de CAC, uma tremenda mudança aconteceu no abastecimento doméstico de água para 1,4 milhões de populações rurais. No início, o tanque de armazenamento era pequeno e o sistema só pode satisfazer suas necessidades básicas. Com a melhoria da sua situação financeira e com o apoio do governo para o "Programa de Construção de uma Nova Aldeia", muitas famílias tiveram a sua habitação reconstruída e ampliada a superfície de CAC e capacidade dos tanques. A água nos reservatórios não é usada apenas para beber e cozinhar, mas também para lavar roupa. Algumas famílias agora têm água suficiente para a utilização de máquinas de lavar roupa e banheiros. A nítida melhoria no padrão de vida das populações locais permitiu a aldeias empobrecidas a acompanhar o restante do país.



Simpósio
Brasileiro
de Gestão
e Manejo
de Água
de Chuva

27 de setembro a
01 de outubro de 2009
Caruaru - PE



No aspecto da qualidade d'água, de acordo com os testes, embora a maioria dos índices atenda as exigências das normas nacionais, a turbidez, DBO, o número de bactérias totais e o E Coli, excedem em muito, o limite máximo admissível. Os agricultores são aconselhados a ferver a água antes de beber. Para evitar o uso da queima de lenha, um fogão solar foi desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa de Energia Natural de Gansu. Pode ferver 2 litros de água sob a luz do sol em 20 minutos. O fogão solar custa apenas 200 CNY e é acessível pela maioria das famílias. O fogão solar é fabricado por várias fábricas locais, com capacidade anual de produção de 200.000 aparelhos. Nos últimos 20 anos não há nenhum relatório sobre o surto de doenças transmitidas pela água.

O projeto de CAC para abastecimento doméstico de água evita o árduo trabalho de mulheres e crianças para buscar água. Algumas famílias têm água encanada. As crianças agora têm tempo para ir à escola. As mulheres têm mais oportunidade de participação em atividades públicas e domésticas.

A quantidade d'água coletada do sistema de CAC para irrigação é estimada no valor de 36 milhões de m³ por ano. Esta quantidade de água corresponde a 45 milímetros de água aplicada sobre o total de 80.500 ha de terras. De acordo com os testes, é suficiente para uma aguação durante o plantio e outras 2-3 aguações durante períodos críticos de crescimento e utilizando o sistema de irrigação de alta eficiência. É possível vencer o déficit hídrico e aumentar a produtividade das lavouras em 40% na área de sequeiro. As experiências são importantes para o desenvolvimento da agricultura na China, onde a agricultura de sequeiro conta para 55,6% do total de terras cultivadas. Além disso, o projeto de irrigação CAC cria segurança hídrica para as famílias mudar o seu padrão de produção de acordo com a necessidade do mercado. Se bem gerido, cada m³ de água da chuva pode gerar renda de E.U. \$ 5 - 10. A CAC pode, portanto, ajudar os agricultores pobres aumentar sua renda e sair da pobreza.

Outra importante contribuição do sistema de CAC é o aumento da eficiência do uso da água da chuva (WUE). Segundo a medição, o índice WUE na agricultura tradicional de sequeiro é apenas 0,39 kg/m³ para trigo e 1,7-1,9 kg/m³ para milho. Enquanto que, com a irrigação de CAC, que adota os métodos de irrigação altamente eficiente, os índices WUE são 0,48-0,62 kg/m³ para trigo e 1,96-2,4 kg/m³ para milho, um aumento de 23-59% e 14,6-34,6%, respectivamente. Além disso, quando mudar o sistema de produção para maximizar o resultado por unidade de água, por exemplo, para cultivar pepino, tomate e pimentão numa estufa, em seguida, o índice WUE, convertido em dinheiro pode atingir \$ E.U. 7/m³, equivalente ao valor de 40 kg de trigo. Este fato é muito significativo quando o mundo está enfrentando o desafio a atender à demanda de segurança alimentar e hídrica, mas ao mesmo tempo para manter a exploração de água sob uma margem de segurança. A única maneira de enfrentar o desafio é aumentar a produção "por gota", ou o índice WUE.

Impacto Ambiental

Um dos efeitos do projeto de CAC sobre a conservação do meio ambiente é que o Estado promoveu a implementação do "Programa Conversão de Terras" com o objetivo de reconstruir ecossistema na China ocidental. Quando os agricultores têm segurança alimentar após o aumento da produtividade das lavouras com a irrigação de CAC, eles começaram a pensar em

mudar o padrão do seu sistema de produção agrícola do extensivo para o intensivo. No âmbito da política favorável do Programa Conversão de Terras, os agricultores modificaram em áreas montanhosas o cultivo de lavouras anuais para o cultivo de árvores e forragens (principalmente o trevo e alfafa), melhorando assim o ecossistema e a conservação do meio ambiente.

A nova situação hídrica criada pelo sistema de CAC permitiu aos agricultores diversificar o seu padrão de produção. Mais pomares e pastagens para pecuária foram cultivados. Todos esses melhoram a vegetação nas áreas montanhosas.

Quando os projetos de CAC em grande escala foram implementados na década de 1990, houve discussão sobre se CAC iria acelerar a redução da vazão a jusante do rio Amarelo. As práticas de CAC nos últimos 20 anos não mostraram nenhuma evidência disso. Pelo contrário, embora a CAC tenha se desenvolvido rapidamente, após a alocação de recursos para o desenvolvimento de recursos hídricos, controle para o Rio Amarelo e a aplicação de técnicas de conservação de água na bacia do rio, o fenômeno da redução de vazão no rio abaixo nunca aconteceu em mais de 10 anos. Na verdade, a água captada pelos projetos de CAC ocupa menos de 1% do total de chuva. É impossível ter um impacto visível sobre a vazão a jusante do rio.

PROGRESSO CIENTÍFICO E TÉCNICO EM CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

Com o desenvolvimento da CAC nos últimos 20 anos, a ciência e a tecnologia também têm feito grande progresso neste campo, principalmente sobre os seguintes aspectos.

Estudo experimental na relação ao escoamento da água de chuva

No projeto de pesquisa sobre a CAC realizada por GRIWAC em 1988 e 1992, foi testada a relação entre a Eficiência de CAC (RCE) e as características da precipitação (intensidade da chuva) em diferentes superfícies de captação, incluindo telhado (telha de cimento e telha de barro), superfície forrada com concreto, solo cimento e cal do solo, a superfície coberta com lona plástica enterrada, o solo compactado e a inclinação natural. Com esses dados da experiência, foi calculado a RCE versus quantidade de precipitação e intensidade para o referido sistema de captação no semi-árido, que é a base do processo de design para o sistema de CAC.

Formulação do procedimento do desenho para o sistema de Captação de Água de Chuva (CAC)

Com base nos resultados, foi formulado o procedimento de projeto para o dimensionamento do sistema de CAC. Para facilitar que os técnicos locais entendessem a metodologia, foram fornecidos métodos simplificados usando tabelas / gráficos para a determinação da área de captação. Para determinar a capacidade de armazenamento, foi elaborado um modelo simplificado de calcular o volume de coeficiente sob diferentes condições (condição de clima e objetivos do projeto). Para o departamento técnico de ensino superior, foi desenvolvido o modelo de simulação de anos típicos e de longo prazo para o dimensionamento de capacidade

de armazenamento. Com o modelo de simulação, poderá calcular o coeficiente de volume para áreas climáticas diferentes.

Resumo do tipo de reservatório e estrutura

As experiências práticas sobre a CAC na China foram resumidas para formar uma coleção integrada de água de chuva e sistema de armazenamento sob diferentes condições naturais. A CAC na China é composta principalmente de três tipos: de captação utilizando a superfície menos permeável das estruturas existentes, a inclinação natural (barro e rochas) e a construção de áreas de captação (principalmente a superfície de concreto revestida). A instalação inclui o armazenamento de água subterrânea e cisterna subterrânea, o reservatório de superfície, a lagoa, o reservatório de água e a rede de canais. São identificados critérios para a escolha destes diferentes tipos de armazenamento. A instalação inclui bacias auxiliares de sedimentação, tela e filtração, equipamentos de distribuição de água, etc.

Inovação em Irrigação através da Captação de Água de Chuva (CAC)

Com a pesquisa e atividades práticas em CAC irrigação em mais de dez anos, foi apresentado um novo conceito de "baixa taxa de irrigação" (LORI). O LORI é um tipo especial de economia de água de irrigação utilizando água da chuva como sua fonte. O abastecimento de água de irrigação ocupa apenas 10-15% do consumo total de água das culturas, mas seu papel na melhoria da produtividade das culturas é considerável. Somente com o LORI, a irrigação suplementar é acessível pelo sistema de CAC com uma quantidade muito limitada de água disponível. O princípio de LORI é baseado na teoria do déficit de irrigação que leva a maximização da WUE e WSE (eficiência do abastecimento de água) como seu objetivo. A aplicação de água é realizada em certos períodos críticos de crescimento das culturas para atender parcialmente a demanda de água da cultura. A aplicação de água é apenas para umedecer a zona radicular da cultura. São utilizados métodos altamente eficientes. A WUE e WSE de LORI são, portanto, muito superior à irrigação convencional.

Assunto do código técnico e publicação do livro sobre Captação de Água de Chuva

Em 2001, o "Código Técnico de Boas Práticas para Captação, Armazenamento e Utilização de Água da Chuva" foi formulado e emitido pelo Ministério de Recursos Hídricos. O código é um resumo da realização da técnica de CAC desde a década de 1980 na China. Em 2008, o código foi atualizado para um padrão emitido pelo Estado. Foram publicados muitos livros sobre o sistema de CAC. Para a divulgação das experiências sobre CAC com os países em vias de desenvolvimento, desde 2003, o Ministério do Comércio tem patrocinado o Curso Internacional de Lanzhou sobre Captação e Manejo de Água de Chuva. Até agora, cinco cursos foram organizados pela GRIWAC com mais de 200 participantes da África, Ásia, América do Sul e do Caribe. Foi publicado um livro intitulado "Captação de Água de Chuva", baseado no currículo do curso.

PRINCIPAIS EXPERIÊNCIAS E LIÇÕES

Há uma série de razões para o grande sucesso do projeto de CAC em Gansu. A primeira é que a CAC encaixa bem na realidade em Gansu. Como anteriormente apontado, a chuva tem o maior potencial e é fácil de explorar fontes de água no planalto Loess de Gansu. A CAC é a única opção para a população local para alterar as condições fundamentais da sua vida e da produção agrícola. Por outro lado, há também razões relacionadas com a mobilização, organização e execução do projeto.

Vontade política autêntica é essencial

Entre os fatores que fez a CAC progredir tão rapidamente e em tão grande escala, o mais importante foi o apoio governamental aos projetos. O governo tem feito grandes esforços para o financiamento dos projetos. Imediatamente antes do projeto “1-2-1”, o governador de Gansu escreveu um artigo no jornal diário de Gansu afirmando o sucesso do projeto do GRIWAC de demonstração e pedindo ao governo em vários níveis para replicar essa experiência bem-sucedida. A decisão de implementar o projeto 1-2-1 foi emitida pelo governo provincial. Depois disso, um vice-governador foi nomeado responsável pela execução do projeto e as agências governamentais relevantes em nível das províncias, conselho municipal, estadual e municipal foram mobilizadas para a organização dos projetos.

Motivação das famílias é a base do sucesso

Foi possível cumprir a tarefa de construir uma quantidade tão grande de áreas de captação (telha do telhado e no pátio revestido com concreto) e cisternas dentro de um período de um ano e meio, apenas através da mobilização de todas as famílias que participaram na execução do projeto. Na verdade, quase todos os projetos foram construídos pelos próprios agricultores, sem envolver qualquer contratação de equipes profissionais. Uma vez que a população local tem sofrido tanto sede, eles colocaram a construção do sistema de CAC com a mesma importância como a construção de sua casa. As famílias tiveram ainda mais motivação para implementar o sistema de CAC quando o governo definiu o regulamento indicando que o sistema de CAC pertence à família que o construiu e emitiu a política de subsídios para implementação do projeto.

Preparação da base científica para os projetos

Os projetos de investigação e demonstração realizados por GRIWAC têm fornecido uma base sólida para a implementação do projeto. Por causa do projeto de demonstração de 4 anos, as autoridades e as populações locais têm visto os benefícios da CAC positivamente. O sistema de CAC estava pronto para execução em climas e solos diferentes, após a aprendizagem de muitos anos de experiência em layout e design. Equipes técnicas foram treinadas nos distritos, através de projetos-piloto, assim apoiando os agricultores na construção dos seus sistemas de CAC. A técnica foi baseada na tradição, com algumas alterações de design, por isso, de fácil compreensão pelos agricultores.

Mais atenção em manejo posterior é a lição a aprender

A construção de área de CAC tem sido muito bem sucedida. No entanto, parece que o

acompanhamento de gestão do projeto não foi bem feito. Os pontos fracos são o abastecimento doméstico de água, monitoramento e melhoria da qualidade. Embora os agricultores tomem muito cuidado na limpeza da área antes da chuva, na captação e armazenamento das chuvas, bem como na manutenção das cisternas, eles não se importam muito sobre a questão da qualidade. Os próprios usuários não prestaram muita atenção às sugestões para melhorar a qualidade da água. Quanto ao aspecto de irrigação, o problema de gestão foi uma das principais razões para a baixa eficiência da utilização dos projetos de irrigação. Os agricultores locais na área têm como tradição a agricultura de sequeiro dependendo na chuva. A irrigação é uma coisa completamente nova para eles. Eles também demoram em aceitar novas idéias. Embora houvesse muitos exemplos que mostram como o uso da água pode ajudar o agricultor no aumento da produção agrícola e geração de renda, esses casos não eram conhecidos pela maioria dos agricultores. Não foi realizada entre os agricultores a sensibilização e capacitação em irrigação com sistema de CAC.

DESAFIO E PERSPECTIVAS

Apesar do grande avanço que foi alcançado, a China ainda enfrenta grandes desafios nos projetos de captação de água de chuva (CAC).

Abastecimento d'água doméstica

O abastecimento de água com o projeto de CAC não pode satisfazer plenamente os critérios de "segurança hídrica rural", criado pela Secretaria Estadual de Recursos Hídricos, tanto em quantidade e qualidade. Em áreas onde a precipitação anual é inferior a 400 mm, a capacidade do sistema de CAC é insuficiente para garantir a fiabilidade e quotas de fornecimento estipuladas nos critérios.

A qualidade da água dos consumidores domésticos em algumas áreas não pode satisfazer a norma nacional de saúde, principalmente sobre os índices biológicos. É devido a: no noroeste e norte da China, a água do telhado é misturada com o escoamento superficial do solo, não foram adotadas algumas medidas eficazes de gestão de qualidade como o descarte das primeiras chuvas, uso da calha, etc., e filtros são raramente usados devido a dificuldades financeiros. A educação em saúde é necessária para ajudar os agricultores a entender a necessidade de melhorar a qualidade da água.

Projeto de irrigação

Uma grande parte dos sistemas de irrigação CAC não foi trazida para plenitude. A sensibilização e capacitação sobre a utilização de água de chuva para irrigação ainda é baixa na maioria dos agricultores. É urgentemente necessário o uso de unidades demonstrativas UD's para autoridades e agricultores, mas muitas vezes recebe menos prioridade comparada à elaboração do projeto.

A falta de fornecimento de água e de equipamentos de irrigação são duas das razões para a baixa taxa de utilização do projeto de irrigação de CAC. Os agricultores não têm condições financeiras para comprar o equipamento antes da adoção do sistema de irrigação CAC. São

necessários a alocação de micro crédito e apoio pelo governo.

Pesquisa, desenvolvimento e serviço técnico

O trabalho de investigação é um ponto fraco no projeto. Falta monitoramento da qualidade da água do escoamento de diferentes áreas de captação. Ainda necessita estudos sobre fatores que afetam a qualidade da água como a temperatura, luz, método de armazenamento, bem como o desenvolvimento de um sistema de tratamento eficiente e eficaz.

O conjunto completo de equipamentos e materiais para a construção do projeto de CAC (doméstico e irrigação) não está disponível no mercado. É urgente a necessidade de melhorar os serviços de extensão, proporcionando uma padronização do conjunto de produtos para o sistema de CAC para os usuários.

Conclusões e perspectivas

O autor conduziu e implementou a primeira pesquisa e o projeto-piloto sobre a CAC na China. No Relatório Final do referido projeto, concluiu-se que o projeto de CAC, não só ia resolver o problema de água potável para a população local, mas também como serviria como fonte de irrigação suplementar para as lavouras para ajudar no desenvolvimento das áreas empobrecidas. A conclusão foi agora comprovada pelas práticas de CAC realizadas nos últimos 20 anos. O papel da área de CAC na agricultura de sequeiro não é apenas para o aumento da produtividade da cultura. Além disso, ela cria segurança hídrica, modificando a estrutura da agricultura, permitindo o uso de água da chuva mais eficiente e rentável. O projeto de CAC também desempenha um papel importante na preservação ecológica e ambiental. Para resumir, a CAC é o caminho sustentável para o desenvolvimento rural integrado, especialmente na região montanhosa com grave escassez de água. Um olhar ao passado aumenta a nossa confiança na perspectiva do desenvolvimento do projeto de CAC em Gansu, na China.

Nós também precisamos ter uma compreensão clara de quais os desafios que estamos enfrentando com o desenvolvimento de CAC na China. As questões mais urgentes são: aumentar o nível de CAC para satisfazer plenamente os critérios de abastecimento de água potável instituído pelo Estado, aumentar o índice de utilização do projeto de irrigação com CAC através da realização de projetos demonstrativos, fortalecimento da consciência e da capacidade de construção, e melhoria do serviço de extensão para os agricultores, solicitando ao governo a criação de um fundo para apoiar o desenvolvimento de CAC na China.

REFERÊNCIAS

Ministério de Recursos Hídricos e Ministério da Saúde, 2004, Notícia dos Critérios de Segurança e Saúde de Uso Doméstica de Água na Área Rural (em Chinês)

Ministério de Recursos Hídricos, 2008, Código Técnico da Prática para Captação de Água de Chuva, Armazenamento e Utilização (revisado), para ser publicado (em Chinês)



Comissão de Desenvolvimento e Reforma do Estado e Ministério de Obras, 2006, *Metodologia e Parâmetros para Avaliação Econômica do Projeto de Construção*, Imprensa de Planejamento da China, Beijing (em Chinês)

Zhu, Q. et al, 2007, Co- autor e Editor chefe, *Captação de Água de Chuva*, Casa de Publicação Educacional de Anhui, Hefei

A SUSTAINABLE WAY FOR INTEGRATED RURAL DEVELOPMENT IN THE MOUNTAINOUS AREA IN CHINA

Zhu Qiang Li Yuanhong

Gansu Research Institute for Water Conservancy, Lanzhou 730000, China

Email: zhuq70@163.com

ABSTRACT

KEY WORDS

Rainwater catchment, domestic water supply, supplemental irrigation, rural development

BACKGROUND OF THE RAINWATER CATCHMENT PROJECTS IN CHINA

China is the sixth largest country for its water resources in the world. But owing to its huge population, the water resources per capita is only 1/4 of the world level. The uneven distribution of the water resources both in temporal and spatial makes the situation in some critical areas much worse. The loess plateau in the northwest, the semi-arid mountainous areas in the north, the Karst rocky mountain in the southwest, the sub-humid hilly areas in the middle China are the areas that suffer from water shortage most. The common features of these critical areas are:

- Serious water scarcity on yearly or seasonal basis; Tens of millions of people in these areas cannot access to reliable water source for drinking supply in centuries;
- Mountainous topography with crisscrossed ravines and gullies makes construction of water conveyance structures very difficult;
- Agriculture thoroughly relies on the natural rain, of which the unfavorable distribution causes big time gap between the rain and the crop demand and thus the low yield;
- Mono-type agriculture structure causes impoverished life of the local people;
- Increasing environment deterioration with serious soil erosion

Among these areas, the loess plateau of Gansu is one of the drier and poorest. The annual rainfall ranges between 250-500mm, of which 56-67% is concentrated in July to September. Drought occurred frequently. Statistics show that in the 40 years from 1951 to 1990, there were 36 droughts happened in the area. Before 1990s, the crop yield was only round 2 t/ha. Ninety five percent of the lands were planted with cereal crops. Owing to lacking of water, vegetable and other high value crops could not be grown. The yearly income per capita was below 100 USD. The blind reclamation on the mountainous slope caused serious soil erosion. The erosion module reached 5000-10,000 t/km²•a, indicating that 5mm surface soil with valuable nutrients are stripped off each year. More than one million rural populations

have no access to safe water supply. They have often to rely on the relief water sent by the trucks. Water shortage had threatened the existence of human beings.

For a long time the authority and the local people have made many efforts to change the situation. The main activities taken were within the conventional rainfed agriculture, like:

Cultivation measures like plough, tillage, hallowing, mulching, etc to keep the soil moisture from evaporation loss;

Reforming the land to retain more rainfall in the soil, such as terracing, contour planting;

Fertilizing to increase resistance of crop to water stress;

To breed new varieties that can have higher resistance to water stress and adaptability to the rainfall condition;

Floodwater harvesting and spate irrigation

All these measures are effective in enhancing the crop yield. However, their effects are still not enough to mitigate the water shortage when serious drought happens. The main reason is it cannot fully bridge the gap between the time that rain occurs and the time crop needs water most. The longer the time gap is, the more water stress the crop suffers from and the lower yield would be. Experiences in decades show that water is the key factor to change the fundamental condition and only with artificial water supply to the crop the agriculture production can be raised to a high level.

In the loess plateau, the base flow of most of the river is salty and besides, most rivers are in deep valley and lower than the lands by hundreds meters. Groundwater is also unavailable in most areas. There is plan to divert water from neighboring river to the area. However, the crisscross topography condition makes building water conveyance system very difficult. The most potential and easy to exploit water source is rain.

The local people have the tradition to use rainwater as the main source for domestic use. Although they have built numerous water cellar (underground tank), but owing to the low efficiency in collection and storage, the water in the tank is far from enough for the domestic use. Needless to say, there could not be any surplus water for supplying the crops.

REVIEW OF RAINWATER CATCHMENT DEVELOPMENT IN THE PAST 20 YEARS

Research and demonstration

The contemporary rainwater catchment in China was started from a research, demonstration and extension project on the rainwater catchment in 1988 to 1994 conducted by the Gansu Research Institute for Water Conservancy (GRIWAC) under the support of the Gansu Provincial Government and the Gansu Bureau of Water Resources (GBWR). The Project was aiming at to raise the rainwater catchment and utilization efficiency to meet the demand of domestic use and production. During the study, systematic experimental research on the

relation between rainfall and runoff on different kinds of catchment has been conducted and the procedure for designing the rainwater catchment system was worked out. Then the pattern for domestic water supply using rainwater as the sole source has been recommended and the technical and economic feasibility of the rainwater catchment and utilization for both the rural domestic water supply and enhancement of the rainfed agriculture in the semi-arid area was justified. To the end of year 1994, these research findings were replicated through government subsidized demonstration and extension projects that have solved the drinking problems for about 30,000 families. The projects were well accepted by the local farmers and the results were very successful.

1-2-1 rainwater catchment project

In 1995 a serious drought that was considered as a once-in-60-years one occurred in the northwest China. Millions of population and animals were under the threat of thirsty. Based on the successful results of the GRIWAC project, a “1-2-1” Rainwater Catchment Project was launched by the Gansu Provincial Government from July 1995 to the end of 1996 aiming at to solve the drinking problems for the rural population in the area where the surface and ground water is not available and people completely rely on the rainwater. The government supported the household with 1.5 tons of cement to build one catchment surface composed of tiled roof and concrete lined courtyard, two storage tanks for domestic and irrigating the garden and one piece of land to grow vegetables and fruit trees. To raise enough fund for the project, the provincial government made every efforts only financing 53 million CNY (6.5 Million USD) and remaining funds of 56.4 million CNY (6.9 million USD) needed for the projects were from a donation movement in the whole society. The “1-2-1” Project has fully met its goal. Within one and half years, 37.2 million m² of tiled roof and concrete lined courtyard were used as catchment and 284,000 water cellars with total capacity of about 5 million m³ were built. The project enables 1.3 million rural populations meet their basic water need. Besides, small scale supplemental irrigation schemes using rainwater on 1.4 ha of land were developed, including 16 greenhouses producing fine vegetables. The rainwater catchment project for domestic water supply has been further developed under support of the State Women Federation and other enterprises. To the end of 2005, the rural populations using rainwater as their main source for domestic use increased to 1.4 million.

Rainwater harvesting irrigation

The most important role of the 1-2-1 Project, in addition to the great achievement of supplying water to million of rural populations, perhaps is that it helped the authority and the people recognize the significance of the rainwater. Encouraged by the successful 1-2-1 projects, the government again initiated the rainwater harvesting irrigation project in the end of 1996. The goal set by the government was to develop rainwater catchment system for providing supplemental irrigation on 500,000 *Mu* (33,333 ha) of land every year in the 9th five-year plan (1996-2000). The government has raised fund to subsidy the households to participate in the project. Under the support of the government, the GRIWAC and the Gansu

Academy of Agriculture Sciences (GAAS) conducted many demonstration projects to show how to build and operated a cost effective RWH irrigation project. The less permeable surface of the existing structures like the paved highway, the country road, the threshing yard, sport ground, etc were used as catchment. Water cellars with larger capacity than the domestic one were built by the side of the crop field. To the end of 2005, there were 2.08 million of water cellars being built with storage volume of about 62 million m³. The catchment areas are mainly composed of highway (about 80% of the total catchment area), country road and earthen slope. The RWH system has the capacity to provide supplemental irrigation water for 80500 ha of land, of which, the drip and micro spray equipment is installed on 38,600 ha of land.

Rainwater concentration

Another way to raise the rainwater use efficiency is the mini-catchment in the crop field. The rainfall is concentrated by two ways. One is to prepare the land with ridge and ditch in alternation. The crop is planted in the ditch and the ridge is covered with plastic film as mini catchment. Runoff from the ridge increases the moisture in the ditch. The extent of concentration depends on the ratio between the width of ridge and that of the ditch. Another way is to cover most part of the crop field with plastic sheet to prevent/reduce the soil evaporation. Rainwater flows into the soil through holes where the plants grow out. Up to now, this technique has been adopted on almost 80% of the crop field in the rainfed area of Gansu. The government provides or partially provides the plastic films for the farmers, which cost about 1000-1200 CNY (US\$ 150-175) per hectare. According to tests, yield can be increased by 20-30%.

The successful Gansu Project opened the curtain of large-scale rainwater catchment projects in China. The “Water Cellar Irrigation Project” in Ningxia, the “1-1-2 Water Saving Irrigation Project” in Inner Mongolia, the “Thirsting for Water Project” in Guizhou, the “Sweet Dew Project” in Sichuan, and the “Tank Irrigation Project” in Guangxi, etc have been carried out one after another since the 1990’s. Up to now, the RWH project has been extended to 18 out of 31 provinces (autonomous regions or Municipality) in China. The beneficiaries of the RWH Projects amount to 30 million. RWH has greatly promoted the social and economic development and the environment conservation in the rural mountainous areas where serious water shortage exists.

EVALUATION OF THE RAINWATER CATCHMENT PROJECT IN GANSU

In 2006, authorized by the GBWR, GRIWAC has carried out an interim evaluation of the rainwater catchment project in the past years. The main results are as follows.

Economic evaluation

The national economic evaluation is taken for the rainwater catchment project for both

domestic use and supplemental irrigation. As the international routine way, the economic present net value ($EPNV$), economic internal return rate ($EIRR$) and economic benefit cost ratio (R_{BC}) are the main criteria for evaluation. According to the China National Code, the social discount rate is taken as 7%. The calculation period is taken as 20 years.

For the rainwater catchment for domestic use, the benefit includes: the saved labor for fetching water before the project and saving the water supply cost for the households using the rainwater catchment system. According to investigation, the labor for fetching water is about 70 labor-days before the project in average, which can be saved after the rainwater catchment system is built. The water supply cost with the municipal system is about 2.5 CNY/m³ (US\$ 0.365) but with the rainwater catchment it is almost free because the ownership of the system belongs to the household. The cost consists of the investment, including the government subsidies (mainly the cement), the local construction materials prepared by the farmers and the farmers' labor as well as the O&M cost. According to the statistics, the government input for the project was CNY 107.9 million (US\$ 92 million, in shadow price, tax and enterprises profit deducted), the household input (mainly in the form of labor, shadow price) was about CNY 400 million (US\$ 57.6 million). The results of evaluation are: $EPNV$ = CNY 676.5 million (US\$ 99.5 million), $EIRR$ = 19.7% and R_{BC} = 1.56 RMB Yuan. It is concluded that the rainwater catchment project for domestic water supply in Gansu is economically feasible.

For the supplemental irrigation project, the benefit is the yield increase comparing after and before the project. Since the benefit is from both the rainwater catchment and the cultivation measures, only 40% (for the greenhouse and orchard) – 80% (for the field crop) of the benefit is shared for rainwater. The cost includes the input of rainwater catchment system and the irrigation facilities as well as the O&M cost. According to the statistics, the total government input for the project amounts to CNY 573 million (US\$ 83.6 million) and the household input reaches CNY 1.3 billion (US\$ 184 million). The evaluation results are: $EPNV$ = CNY 1.8 billion (US\$ 263 million), $EIRR$ = 20.9% and R_{BC} = 1.25. The RWH irrigation project is also concluded economy feasible.

Social impact evaluation

With the implementation of the rainwater catchment projects, a tremendous change has happened in the domestic water supply for the 1.4 million rural populations. In the beginning, the storage tank is small and the system can only meet their basic needs. With the improvement of their financial situation and the government support to the “New Village Construction Program” many households have rebuilt their dwelling and enlarged the rainwater collection surface and capacity of the tanks. Water in the tanks not only can provide for drinking and cooking but also for wash clothes. Some families now even have enough water for using washing machines and showering room. The distinct improvement of the existence conditions of the local people greatly promoted the impoverished villages to keep pace with the whole country.

On the quality aspect, according to the tests, although most of the indexes meet the national standard the turbidity, BOD, total bacteria number and the colon bacillus exceed the allowable upper limit very much. The farmers are advised to boil the water before drink. To avoid using straw and vegetation for fuel, a solar cooker is developed by the Gansu Natural Energy Research Institute. It can boil 2 liters of water under sunshine within 20 minutes. The solar cooker only costs 200 CNY and is affordable by most households. The solar cooker is manufactured by several local factories with annual production capacity of 200,000 sets. In the past 20 years there is no report on the outbreak of water-borne epidemic disease.

Rainwater catchment project for domestic water supply avoids the hard labor of women and children for fetching water. Some families even can enjoy tap water. Children now can have time to go to school. Women can have more chance of participation in the public and household activities.

Water collected from the rainwater catchment system for irrigation is estimated amounting to 36 million m³ annually. This amount of water corresponds to water depth of 45mm applied on the total 80500 ha of lands. According to the tests, it is enough for one water application during seeding and other 2-3 applications during the critical crop growing seasons using high efficient irrigation method. It can mitigate the drought at considerable extent and increase the crop yield by 40% in the rainfed area. The experiences are important for the agriculture development in China, where the rainfed agriculture accounts for 55.6% of the total cultivated land. Moreover, the RWH irrigation project creates water condition for the households to change their production pattern according to the market need. If well managed, each m³ of rainwater can create value of US\$ 5 – 10. The rainwater catchment can therefore help the impoverished farmers increase their income and be alleviated from poverty.

Another important contribution of the rainwater catchment system is the enhancement of rainwater use efficiency (WUE). According to measurement, WUE in the conventional rainfed agriculture is only 0.39 kg/m³ for wheat and 1.7-1.9 kg/m³ for corn. While with the RWH irrigation adopting the highly efficient irrigation methods, WUE amounts to 0.48-0.62 kg/m³ for wheat and 1.96-2.4 kg/m³ for corn, increases by 23-59% and 14.6-34.6%, respectively. Furthermore, when changing the production pattern to maximize the output value per unit water, for example to grow cucumber, tomato and pepper in a greenhouse, then WUE expressed in cash can be as high as US\$ 7/m³, equivalent to the value of 40 kg of wheat. This fact is very significant when the world is facing challenge of meeting demand of food and water security but at the same time to keep water exploitation under a safe margin. The only way to meet the challenge is to enhance the “crop per drop” or the WUE.

Environment impact

One of the effects of the rainwater catchment project on the environment conservation is it promotes implementation of the State initiated “Land Conversion” Program aiming at

reconstruct ecosystem in the West China. When farmers have enough food products after increase of the crop yield with the RWH irrigation, they started to think of changing their production pattern from extensive reclamation to intensive cultivation. Under the favorable policy of the “Land Conversion” Program, more and more farmers have shifted their land on the slope from cultivation to planting tree and grass (mainly clover and alfalfa) thus improving the ecosystem and conserving the environment.

The water condition created by the rainwater catchment system enables farmers diversifying their production pattern. More fruit trees are planted and grass are grown for husbandry development. All these improve the vegetation in the mountainous areas.

When large scale RWH projects were implemented in the 1990's, there was argument on if RWH would accelerate the drying up of the down stream flow of the Yellow River. The practices of RWH in the past 20 years did not show any evidence of it. On the contrary, although the rainwater catchment has rapidly developed, after an overall water resources allocation and control for the Yellow River and implementation of the water saving techniques in the river basin, the phenomena of flow break in the down stream has never happened in the recent more than 10 years. Actually, the water collected by the RWH projects only occupies less than 1% of the total rainfall. It is impossible to have any visible impact on the down stream river flow.

SCIENCE AND TECHNICAL PROGRESS ON RAINWATER CATCHMENT

With development of the rainwater catchment in the past 20 years, the science and technology have also made great progresses in this field mainly on the following aspects.

Experimental study on the rainfall runoff relationship

In the research project on rainwater catchment carried out by GRIWAC in 1988 to 1992, the relationship between rainwater collection efficiency (RCE) and the rainfall characteristics (rainfall amount and intensity of the rain event) on different catchment surfaces including tiled roof (cement tile and baked clay tile), surface lined with concrete, cement soil and lime soil, surface covered with buried plastic film, the compacted soil and the natural slope have been tested. With these experiment data, the RCE versus rainfall amount and intensity for the above catchment is worked out in the semi-arid areas, which is the base of design procedure for the rainwater catchment system.

Formulation of the design procedure for rainwater catchment system

Based on the results, the design procedure for dimensioning the rainwater catchment system is formulated. To facilitate the technicians at the county and township levels to understand the methodology, simplified methods using tables/graphs are provided for determining the catchment area. For determining the storage capacity, the simplified volume coefficient

model is developed and volume coefficient under different conditions (climate condition and project purposes) was worked out. For the technical department at higher level the simulation model of typical year method and long-series method for dimensioning storage capacity has been developed. With the simulation model, the volume coefficient suitable for different rainfall pattern in different areas can be derived.

Summary of the storage type and structure

The practical experiences on rainwater catchment in China have been summed up to form an integrated rainwater collection and storage system under different natural conditions and developing purposes. The rainwater collection in China is mainly composed of three types: catchment using the less permeable surface of the existing structures, the natural slope (earthen and rocky) and the purpose built catchment (mostly the concrete lined surface). The storage facility includes the underground water cellar and water cave, the surface tank, the pond, the water container and the channel network. The suitable condition for these different types of storage is identified. The auxiliary facility includes sedimentation basin, screen and filtration, water delivery equipment, etc.

Innovation in the RWH irrigation

With the research and practical activities on RWH irrigation in more than ten years, a new concept of “Low rate irrigation” (LORI) has been put forward. LORI is a special kind of water-saving irrigation using harvested rainwater as its source. The irrigation water supply only occupies 10-15% of the total crop water consumption but its role on enhancing the crop yield is considerable. Only with LORI, supplemental irrigation is affordable by the rainwater catchment system with very limited amount of available water. Principle of LORI is based on the deficit irrigation theory that takes maximization of the WUE and WSE (water supply efficiency) as its goal. Water application is taken place at some critical crop growth periods to partially the crop water demand. Water application is only to moisten the crop root zone. The highly efficient methods are used. The WUE and WSE of LORI are therefore much higher than the conventional irrigation.

Issue of the Technical code and book publication

In 2001, the “Technical Code of Practice for Rainwater Collection, Storage and Utilization” was formulated and issued by the Ministry of Water Resources. The code is the summary of the technical achievement on rainwater catchment since the late 1980s in China. In 2008, the code has been updated to a standard to be issued by the State. Meantime, many books on introduction of the rainwater catchment system have been published. For sharing the experiences on rainwater catchment with the developing countries, since 2003, the Ministry of Commerce has sponsored the Lanzhou International Training Course on Rainwater Harvesting and Utilization for the Developing Countries. Up to now there were 5 courses being organized by GRIWAC with over 200 participants from Africa, Asia, South America and

Caribbean areas. An English book titled “Rainwater Harvesting” based on the curriculum of the course has been published.

MAIN EXPERIENCES AND LESSONS

There are a number of reasons for the great success of the rainwater catchment project in Gansu. The first one is that the rainwater catchment suits the Gansu's real situations. As pointed before, rain is the most potential and easy to explore water source in the loess plateau of Gansu. Rainwater catchment is the only choice for the local people to change the fundamental conditions of their living and the agriculture production. On the other hand, there are also reasons related to the mobilization, organization and implementation of the project.

Sound political will is essential

Among the factors that made the rainwater catchment progressing so rapidly and in such a large scale, the most important is the government support to the projects. The government has made great efforts to finance fund for the projects. Right before the 1-2-1 project, the Governor of Gansu wrote an article on the Gansu Daily affirming the success of the GRIWAC's demonstration project and asking the government at various levels to replicate this successful experience. The decision of implementing the 1-2-1 projects was issued by the provincial government. After that, a vice governor was appointed responsible for the project implementation and the relevant government agencies at the provincial, municipal, county and township levels were all mobilized for organization of the projects.

Households' motivation is the base of success

To fulfill the huge job of building so large amount of collection surfaces (tiling the roof and lined the courtyard with concrete) and water cellars within one and half year period, only to mobilize all the households taking part in the project implementation is possible. Actually almost all the projects were built by the farmers themselves without engaging any professional construction teams. Since the local people have suffered from thirsty so much, they take construction of the rainwater catchment system as the same important as building their houses. When the government set the regulation that the ownership of the rainwater catchment system belongs to the household who built it and issued the subsidy policy for project implementation, all the households have very high motivation.

Preparation of the scientific base for the projects

The research and demonstration projects carried out by GRIWAC have provided a firm base for the project implementation. Because of the 4-year demonstration, the authorities and the local people have seen the benefits of rainwater catchment and well accepted it. Through practices in years, layout and design of the rainwater catchment system for different climate and soil conditions were ready for application. Technical staffs in the counties and townships

were trained through the pilot projects and they became the technical instructor for the farmers to build their systems. The technique was based on the tradition with some design modifications so it is easy understood by the farmers.

Less attention to the follow-up management is the lesson to learn

Construction of the rainwater catchment has been very successful. However, it seems the follow up management of the project has not been well done. On the domestic water supply, quality monitoring and improvement are the weak points. Although the farmers are very careful in cleaning the courtyard before rain, collecting and storing the rainfall as well as maintaining the water cellars but they don't care much about the quality issue. Suggestions on improving the water quality have not been paid enough attention by the users. On the irrigation aspect, the management problem was one of the main reasons for the low efficiency of the utilization of irrigation projects. The local farmers in the area have been used to the dry farming: just relying on the natural rain. Irrigation is a completely new thing to them. They are also conservative in accepting new ideas. Although there were many examples showing how use of the valuable water can help farmer in enhancing the crop yields and generating income but these cases were not well known by most of the farmers. Awareness and capacity building on irrigation with RWH system has not been carried out among the farmers.

CHALLENGES AND PROSPECT

Although great progress has been achieved, China still faces with big challenges on the rainwater catchment projects.

Domestic water supply

Water supply with the rainwater catchment project cannot fully meet the criteria of "safe rural water supply" set up by the State Ministry of Water Resources both in quantity and quality. In areas where the annual rainfall is less than 400mm, capacity of the rainwater catchment system is inadequate to ensure the reliability and supply quota stipulated in the criteria.

Water quality of the domestic in some areas cannot meet the national health standard, mainly on the biological indexes. It is due to: in the northwest and north China, the roof water is mixed with ground runoff, some effective measures for quality management like the first flush, using of gutter, etc, were not adopted, and the fine filtering equipment is seldom used owing to the fund problem. Health education is needed to help the farmers understand the necessity of improving the water quality.

Irrigation project

A large part of the RWH irrigation systems have not been brought to full play. The awareness

and capacity building on using rainwater for irrigation is still poor in most of the farmers. Demonstration for the authority and farmers are urgently needed but often paid less attention compared to constructing the project.

Lack of water delivery and irrigation equipment is one of the reasons for the low utilization ratio of the RWH irrigation project. Farmers are unaffordable to buy the equipment before their income is increased with adopting RWH irrigation. Small credit and government support is necessary.

Research, development and technical service

Research work is a weak point in the project. Monitoring of water quality of runoff from different catchment is lacking of. Factors affecting the water quality like the temperature, light, storage method as well as the cost effective quality treatment are to be studied.

The complete set of equipment and materials for building the RWH project (domestic and irrigation) is not available on the market. Improve the extension service by providing standardized and complete set products for the RWH system to the users is an urgent task.

Conclusion and prospects

The author has led and implemented the first research and pilot project on rainwater catchment in China and in the Final Report of that project it was concluded that the rainwater catchment project would not only solve the drinking problem for the local people so as to improve the existence condition but would also supply supplemental irrigation to the crops to help developing of the impoverished area. The conclusion is now proved to be true by the rainwater catchment practices in the past 20 years. The role of rainwater catchment on the rainfed agriculture is not only on increasing the crop yield. What is more, it creates water condition for modifying the agriculture structure enabling more efficient and profitable rainwater use. The rainwater catchment project also plays important role in the ecological and environmental conservation. To sum up, rainwater catchment is the sustainable way for the integrated rural development especially in the mountainous area with serious water shortage. Review of the past greatly increases our confidence for the prospect of the further development of the rainwater catchment project in Gansu and in China.

We also need to have a clear understanding what challenges we are facing with the rainwater catchment development in China. The most urgent issues are: to enhance the level of rainwater catchment to fully meet the safe water supply criteria set up by the State; to raise the utilization ratio of the RWH irrigation project by carrying out demonstration project, strengthening awareness and capacity building and improving extension service to the farmers; to urge the government setting up a normal fund channel to support the further development of rainwater catchment in China.



REFERENCE

Ministry of Water Resources and Ministry of Health, 2004, Notice on the Safety and Health Criteria of the Domestic Water Use in the Rural Area (in Chinese)

Ministry of Water Resources, 2008, Technical Code of Practice for the Rainwater Collection, Storage and Utilization (updated), to be published (in Chinese)

State Development and Reform Commission and Ministry of Construction, 2006, *Methodology and Parameters for Economy Evaluation of the Construction Project*, China Planning Press, Beijing (in Chinese)

Zhu, Q. et al, 2007, Co-author and Chief edited, Rainwater Harvesting, Anhui Education Publishing House, Hefei